

SKRYPT DO PRZEDMIOTU

PODSTAWY ANATOMII I FIZJOLOGII

autor:

dr n. med. Jacek Grudziński

Gdańsk, 2011

Spis treści

1. Wprowadzenie do anatomii, fizjologii i nauk pokrewnych.	8
Podstawowe pojęcia anatomii i fizjologii, rys historii anatomii i fizjologii.	8
1.1. Podstawowe pojęcia anatomii i fizjologii	8
1.1.1. Nauki pokrewne	8
1.2. Rys historii anatomii i fizjologii	8
2. Postać człowieka jako całość	11
2.1. Części i okolice ciała	11
2.1.1. Części głowy czaszka (<i>cranium</i>) i twarz (<i>facies</i>)	11
2.1.2. Szyja (<i>collum</i>)	11
2.1.3. Części i okolice ciała – tułów	11
2.1.4. Części i okolice ciała - Kończyny	11
3. Plan budowy ciała ludzkiego	12
3.1. Płaszczyzny, osie i linie ciała	12
3.2. Jamy ciała (<i>cava corporis</i>)	12
4. Rys rozwoju osobniczego człowieka – podstawy embriologii	13
4.1. Rozwój organizmu osobniczego człowieka	13
4.2. Rozród i jego rodzaje	13
4.2.1. Okresy rozwoju organizmu osobniczego człowieka	13
4.3. Kształtowanie narządów pierwotnych	14
5. Organizm jako zbiór układów: komórka, tkanka, narząd, organ	16
5.1. Narządy i ich funkcje w organizmie człowieka	16
6. Komórki organizmu człowieka: budowa i czynność	17
6.1. Budowa komórki	17
6.1.1. Błona komórkowa	17
6.1.2. Rodzaje transportu	17
6.2. Siateczka śródplazmatyczna	18
6.3. Aparat Golgiego	18
6.4. Mitochondria	18
6.5. Lizosomy	18
6.6. Jądro komórkowe	19
7. Czynności komórek organizmu człowieka	20
7.1. Przemiana materii	20
7.2. Przemiana energii	21
7.3. Ruchy komórki	21
7.4. Wrażliwość komórek	22
7.5. Podział komórki	22
8. Tkanki - różnicowanie i podział tkanek, ich rodzaje i właściwości	23
8.1. Tkanka nabłonkowa	23
8.2. Tkanka łączna	24
8.2.1. Tkanki łączne właściwe	24
8.3. Tkanki szkieletowe	25
8.3.1. Tkanka chrzęstna	25
8.3.2. Tkanka kostna	26
8.4. Tkanka mięśniowa	26
8.4.1. Tkanka mięśniowa gładka	27

8.4.2. Tkankę mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego	27
8.4.3. Tkanka mięśniowa prążkowana sercowa.....	27
8.4.4. Pobudliwość i metabolizm komórek mięśniowych.....	28
8.5. Tkanka nerwowa i glej.....	29
9. Anatomia układ kostnego i połączeń kości.....	31
9.1. Kości – ogólny podział i budowa kości.....	31
9.1.1. Podział kości ze względu na kształt	31
9.2. Podział kości ze względu na ich rozwój, budowę i czynność	31
9.3. Układ kostny.....	31
10. Połączenia kości.....	34
11. Anatomia układu mięśniowego. Fizjologia układu mięśniowo – szkieletowego.....	37
11.1.1. Narządy pomocnicze mięśni.....	37
11.2. Unaczynienie i unerwienie mięśni.....	37
11.3. Szczegółowa budowa mięśni.....	38
11.3.1. Mięśnie grzbietu	38
11.3.2. Mięśnie klatki piersiowej.....	38
11.3.3. Mięśnie kończyny górnej.....	39
11.3.4. Mięśnie ściany brzucha.....	39
11.3.5. Mięśnie kończyny dolnej.....	40
11.3.6. Mięśnie głowy.....	41
11.3.7. Mięśnie szyi	41
12. Fizjologia układu mięśniowo - szkieletowego	43
12.1. Synapsa nerwowo – mięśniowa	43
12.2. Czynność mięśni poprzecznie prążkowanych. Przewodnictwo nerwowo- mięśniowe	43
12.3. Skurcze pojedyncze i tężcowe	43
12.4. Jednostka motoryczna.....	43
12.5. Przewodnictwo nerwowo-mięśniowe	44
12.6. Regulacja napięcia mięśniowego.....	44
12.7. Postawa ciała i chód	44
12.8. Czynność mięśni gładkich.....	45
13. Anatomia układu krążenia. Rola układu krążenia	47
13.1. Krew	47
13.1.1. Krwinki czerwone.....	47
13.1.2. Krwinki białe.....	48
13.1.3. Płytki krwi.....	49
13.1.4. Osocze krwi.....	49
13.1.5. Grupy krwi	51
13.1.6. Hemostaza.....	51
14. Anatomia serca, tętnic i żył	53
14.1. Anatomia serca	53
14.2. Naczynia krwionośne.....	54
15. Fizjologia układu krążenia.....	60
15.1. Czynność serca	60
15.2. Czynność bioelektryczna serca – EKG.....	60
15.3. Czynność mechaniczna przedsionków i komór serca.....	62
15.4. Tony serca.....	63
15.5. Krążenie krwi	63
15.5.1. Krążenie krwi w krążeniu dużym.....	64
15.5.2. Krążenie krwi w krążeniu małym	65
15.5.3. Krążenie krwi w naczyniach włosowatych	65

15.6. Regulacja krążenia krwi	65
15.6.1. Regulacja pracy serca	65
15.6.2. Regulacja ciśnienia tętniczego krwi	66
15.6.3. Regulacja humoralna pracy serca i ciśnienia tętniczego krwi.....	67
15.6.4. Miejscowa regulacja przepływu krwi przez tkanki	67
15.6.5. Przepływ krwi przez mięsień sercowy	67
16. Anatomia układu oddechowego.....	69
16.1. Rozwój układu oddechowego.....	69
16.2. Budowa układu oddechowego	69
16.2.1. Nos zewnętrzny i jama nosowa.....	69
16.2.2. Krtań.....	70
16.2.3. Tchawica i oskrzela główne.....	71
16.2.4. Płuca i opłucna	71
16.2.5. Budowa ściany pęcherzyka płucnego.....	72
17. Fizjologia układu oddechowego.....	74
17.1. Wentylacja płuc	74
17.2. Wymiana gazów w płucach.....	75
17.3. Transport gazów.....	75
17.4. Dyfuzja gazów w tkankach.....	76
17.5. Regulacja oddychania.....	76
18. Anatomia układu trawiennego	78
18.1. Budowa układu trawiennego.....	78
18.1.1. Jama ustna.....	78
18.1.2. Gardziel i gardło.....	80
18.1.3. Przełyk.....	80
18.1.4. Żołądek.....	80
18.1.5. Budowa komórek gruczołów żołądkowych właściwych.....	81
18.1.6. Jelito cienkie	81
18.1.7. Dalsza część jelita cienkiego	82
18.1.8. Budowa komórki nabłonkowej jelita cienkiego	82
18.1.9. Jelito grube.....	83
19. Fizjologia układu pokarmowego.....	85
19.1. Trawienie i wchłanianie pokarmów	85
19.1.1. Trawienie w jamie ustnej.....	85
19.1.2. Czynność żołądka.....	85
19.1.3. Czynność jelita cienkiego	86
19.1.4. Czynność jelita grubego.....	87
19.1.5. Hormony żołądkowo - jelitowe	87
19.1.6. Wchłanianie w przewodzie pokarmowym.....	88
19.2. Trzustka.....	89
19.2.1. Budowa komórek zewnątrzwydzielniczej trzustki.....	90
19.2.2. Czynność zewnątrzwydzielnicza trzustki.....	90
19.3. Wątroba	90
19.3.1. Budowa komórki wątrobowej.....	91
19.3.2. Czynność wątroby.....	92
20. Anatomia i fizjologia układu moczowego	95
20.1. Rozwój narządów moczowych.....	95
20.2. Budowa narządów moczowych.....	95
20.2.1. Nerki	95
20.2.2. Budowa nefronu	96
20.2.3. Aparat przykłębuszkowy.....	96

20.2.4. Miedniczki nerkowe.....	97
20.2.5. Moczowody.....	97
20.2.6. Pęcherz moczowy.....	97
20.2.7. Cewka moczowa.....	97
20.3. Czynność układu moczowego.....	98
20.3.1. Czynność nerek.....	98
20.3.2. Wytwarzanie moczu.....	98
20.3.3. Czynność wewnątrzwydzielnicza nerek.....	100
20.3.4. Wydalanie moczu.....	100
21. Anatomia i fizjologia układu płciowego.....	101
21.1. Rozwój narządów płciowych.....	101
21.2. Budowa narządów płciowych.....	101
21.2.1. Narządy płciowe męskie.....	101
21.2.2. Jądra i moszna.....	102
21.2.3. Budowa kanalików nasiennych.....	102
21.2.4. Komórki śródmiąższowe.....	103
21.2.5. Najądrza.....	103
21.2.6. Nasieniowody.....	103
21.2.7. Pęcherzyki nasienne.....	104
21.2.8. Gruczoł krokowy.....	104
21.2.9. Gruczoły opuszkowo-cewkowe.....	104
21.2.10. Prącie.....	104
21.2.11. Czynność wewnątrzwydzielnicza jąder.....	105
21.3. Narządy płciowe żeńskie.....	105
21.3.1. Jajniki.....	105
21.3.2. Budowa pęcherzyków jajnikowych i ciała żółtego.....	106
21.3.3. Komórki śródmiąższowe jajników.....	107
21.3.4. Jajowody.....	107
21.3.5. Macica.....	107
21.3.6. Pochwa.....	108
21.3.7. Srom niewieści.....	108
21.3.8. Łechtaczka.....	108
21.4. Cykl płciowy żeński.....	109
21.4.1. Cykl jajnikowy i maciczny.....	109
21.4.2. Czynność wewnątrzwydzielnicza jajników.....	110
21.4.3. Hormonalne sprzężenia zwrotne w cyklu płciowym.....	110
21.5. Ciąża, poród i połóg.....	111
21.5.1. Okres płodowy.....	112
21.5.2. Błony płodowe.....	112
21.5.3. Implantacja i łożysko.....	112
21.5.4. Budowa kosmka łożyskowego.....	113
21.5.5. Czynność łożyska.....	114
21.5.6. Krążenie płodowe.....	114
21.5.7. Porody wielopłodowe.....	115
22. Anatomia i fizjologia gruczołów dokrewnych.....	116
22.1. Rozwój i podział gruczołów dokrewnych.....	116
22.2. Czynność gruczołów dokrewnych.....	116
22.3. Układ podwzgórzowo - przysadkowy.....	116
22.3.1. Komórki neurosekrecyjne podwzgórza i płat tylny przysadki.....	116
22.3.2. Neurohormony podwzgórzowe.....	117
22.3.3. Podwzgórzowe hormony uwalniające i hamujące wydzielanie hormonów z płata gruczołowego przysadki.....	117
22.4. Przysadka.....	118

22.4.1. Budowa komórek gruczołowych płata przedniego przysadki	118
22.4.2. Czynność płata gruczołowego przysadki	119
22.5. Szyszynka	121
22.5.1. Budowa komórek szyszynki	121
22.5.2. Czynność szyszynki	121
22.6. Gruczoły nadnerczowe	121
22.6.1. Kora gruczołów nadnerczowych	122
22.6.2. Budowa komórek kory gruczołów nadnerczowych	122
22.6.3. Rdzeń gruczołów nadnerczowych	122
22.6.4. Budowa komórek gruczołów nadnerczowych	122
22.6.5. Czynność gruczołów nadnerczowych	123
22.6.6. Czynność kory gruczołów nadnerczowych	123
22.6.7. Czynność rdzenia gruczołów nadnerczowych	123
22.6.8. Skupienia komórek chromochłonnych	124
22.6.9. Czynność kłębka szyjnego	124
22.7. Gruczoł tarczowy	124
22.7.1. Budowa komórek pęcherzyków gruczołu tarczowego	125
22.7.2. Czynność gruczołu tarczowego	125
22.7.3. Kalcitonina	126
22.8. Gruczoły przytarczyczne	126
22.8.1. Budowa komórek gruczołów przytarczycznych	126
22.8.2. Czynność gruczołów przytarczycznych	127
22.9. Część wewnątrzwydzielnicza trzustki	127
22.9.1. Budowa komórek wysp trzustkowych	127
22.9.2. Czynność wewnątrzwydzielnicza trzustki	127
22.10. Grasica	128
22.10.1. Czynność hormonalna grasicy	128
23. Anatomia i fizjologia układu nerwowego centralnego	130
23.1. Rozwój układu nerwowego	130
23.2. Podział układu nerwowego	130
23.3. Tkanka nerwowa	131
23.4. Budowa ogólna ośrodkowego układu nerwowego	131
23.5. Budowa szczegółowa układu nerwowego	131
23.5.1. Kresomózgowie	132
23.5.2. Mięzymózgowie	133
23.5.3. Śródmózgowie	134
23.5.4. Tyłomózgowie wtórne	134
23.5.5. Rdzeniomózgowie	135
23.5.6. Rdzeń kręgowy	136
23.5.7. Drogi nerwowe	136
23.6. Czynność ośrodkowego układu nerwowego	137
23.6.1. Odruchy	138
23.6.2. Łuk odruchowy	138
23.6.3. Ośrodki nerwowe	139
23.6.4. Czucie i percepcja	139
23.6.5. Powonienie	139
23.6.6. Wzrok	140
23.6.7. Słuch	140
23.6.8. Czucie dotyku i ucisku	141
23.6.9. Czucie ciepła i zimna oraz czucie bólu	141
23.6.10. Czucie smaku	141
23.6.11. Czucie proprioceptywne i czucie równowagi	141
23.6.12. Czucie interoceptywne i czucie bólu trzewnego	142

23.6.13. Czucie bólu	142
23.6.14. Percepcja bodźców	143
23.7. Ruchy dowolne i zachowanie się człowieka	143
23.7.1. Czynność układu piramidowego.....	143
23.7.2. Czynność układu pozapiramidowego.....	144
23.7.3. Czynność mózdzku	144
23.7.4. Układ siatkowaty pnia mózgu.....	145
23.7.5. Ośrodki motywacyjne.....	145
23.7.6. Uczenie się i zapamiętywanie	146
23.7.7. Czynność bioelektryczna mózgu.....	146
23.7.8. Czuwanie i sen.....	147
23.7.9. Schemat czynnościowy ośrodkowego układu nerwowego	147
23.8. Opony.....	148
23.8.1. Płyn mózgowo-rdzeniowy i jego krążenie.....	148
24. Anatomia i fizjologia układu nerwowego obwodowego.....	150
24.1. Nerwy czaszkowe	150
24.2. Nerwy rdzeniowe	152
24.3. Sploty nerwowe rdzeniowe	152
25. Anatomia i fizjologia układu nerwowego autonomicznego	154
25.1. Część współczulna.....	154
25.2. Część przywspółczulna.....	156
25.3. Sploty nerwowe autonomiczne.....	157
25.4. Czynność autonomicznego układu nerwowego	157
25.5. Czynność części przywspółczulnej.....	158
25.5.1. Mediator cholinergiczny.....	158
25.5.2. Receptory cholinergiczne	158
25.6. Czynność części współczulnej.....	158
25.6.1. Mediator noradrenergiczny.....	158
25.6.2. Receptory adrenergiczne.....	159
25.6.3. Przewodzenie w zwojach współczulnych.....	159
25.7. Działanie na efekторы impulsacji współczulnej i przywspółczulnej.....	159
26. Anatomia i fizjologia narządów zmysłu.....	161
26.1. Receptory	161
26.2. Zmysły	161
26.2.1. Narząd powonienia	161
26.2.2. Narząd smaku	161
26.2.3. Narząd wzroku	162
26.2.4. Narządy dodatkowe gałki ocznej.....	163
26.2.5. Odbieranie fal świetlnych	164
26.3. Narząd przedsionkowo-ślimakowy	165
26.4. Odbieranie fal akustycznych.....	166
26.5. Odbieranie ruchów ciała przez receptory zmysłu równowagi.....	167
27. Anatomia i fizjologia powłoki wspólnej – skóry.....	168
27.1. Rozwój powłoki wspólnej	168
27.2. Skóra	168
27.3. Włosy	168
27.4. Paznokcie	169
27.5. Gruczoły skóry	169
27.6. Sutki	170

1. Wprowadzenie do anatomii, fizjologii i nauk pokrewnych.

Podstawowe pojęcia anatomii i fizjologii, rys historii anatomii i fizjologii.

1.1. Podstawowe pojęcia anatomii i fizjologii

Definicja przedmiotu anatomia – nauka o makroskopowej budowie ciała (nazwa pochodzi od greckiego słowa *anatemnein* – co znaczy rozcinać, rozczłonkować)

Wyróżniamy – anatomie roślin - fitotomia, anatomie zwierząt - zootomia, anatomie człowieka – antropotomia, anatomia opisowa, anatomia topograficzna, anatomia plastyczna, anatomia czynnościowa. Ponadto wyróżniamy anatomie człowieka żywego czyli anatomie rztów lub powierzchni, anatomie rentgenowska, anatomie chirurgiczna – anatomie kliniczna lub stosowaną.

Definicja przedmiotu fizjologia – opisuje czynność ustroju żywego (*physis* – natura, przyroda) - stanowi zbiór praw czynnościowych, jakim podlega żywy organizm oraz jego układy, narządy, tkanki, komórki.

Wyróżniamy – fizjologię roślin i zwierząt.

1.1.1. Nauki pokrewne

Histologia – nauka o mikroskopowej budowie ciała. Dzieli się na cytologię – nauka o komórce, histologię ogólną nauka o tkankach, histologię szczegółową – nauka o budowie narządów. Z histologii powstały i rozwinęły się – histofizjologia – zajmuje się związkami pomiędzy budową a czynnością i histochemia – zajmuje się zawartością związków chemicznych i ich rozmieszczeniem w strukturach narządów i ich udziałem w procesach życiowych

Ontogeneza – zajmuje się rozwojem organizmu

Embriologia – zajmuje się rozwojem organizmu w życiu zarodkowym i płodowym.

Dzieli się na trzy działy – embriologia opisowa – opisuje zmiany morfologiczne w rozwoju zarodka i płodu, mechanikę rozwoju – zajmuje się przyczynami zmian w rozwojowych w narządach i układach, embriologie fizjologiczną – poznaje czynność zarodka.

Embriologia opisowa – dzieli się na embriologie ogólną, embriologie szczegółową – zajmuje się różnicowaniem tkanek i organogenezę – zajmuje się rozwojem narządów.

1.2. Rys historii anatomii i fizjologii

Okresy rozwoju anatomii i fizjologii

Okresy pierwszy historii anatomii – do śmierci Galena (r. 201 n.e.)

Hipokrates z wyspy Kos 460-377 p.n.e. - pierwsze zbiory wiadomości anatomicznych - zna budowę kości ludzkich, ma pojęcie o przebiegu wielu mięśni, opisuje budowę przewodu pokarmowego i łączących się z nim gruczołów, zna tchawicę, oskrzela i płatową budowę płuc
Szkola aleksandryjska – Herofilos i Erasistratos pierwsza połowa III wieku p.n.e.
Galen 130-201 n.e. - dzieła jego były źródłem anatomii do XVI wieku. Dzieło *Anatomikai encheireseis* – oparte na anatomii małp.

Okres drugi historii anatomii – od śmierci Galena do wystąpienia Wesaliusza(r.201-1543)

Nauka na dworze wschodnio-rzymskich cesarzy Oribasius IV w. n.e. - Oribasius wydaje encyklopedie lekarską kompilacja z nauki Galena z działem anatomii opartej na anatomii Galena
Nauka arabska IX,X,XI w. n.e. - ich wiara zabrania badania zwłok - Hossein ben Ishak, Razes (konie IX początek X wieku), Awicenna(980-1037)

Konstatyn Afrykański zmarł 1087 roku południe europy - osiada w klasztorze na Monte Cassino, objaśnia naukę Galena, tłumaczy medyczne teksty arabskie na język łaciński

XIV wiek – Mundino de Lucci 1275-1326 - Anatomia Mundini – oparte na sekcji podczas, której odczytywano Galena lub Awicena – uroczyste sekcje, brały w nich udział dwory książęce i znamienici

obywatele miasta, budowano amfiteatry specjalnie do tych celów – teatry anatomiczne, po Mundinie katedrę anatomii w Bolonii obejmuje Bertucci
XV wiek - Jakub Dubois - odkrywca zastawek żylnych, Leonardo da Vinci (1452-1519) - liczba sekcji zwłok zwiększa się, bardzo dokładne rysunki anatomiczne, Henryk de Mondeville, Aleksander Achillini, Marek Antonio della Torre.

Okres trzeci historii anatomii – od wystąpienia Wesaliusza do czasów najnowszych

Wiek XV - rozkwit nauki we Włoszech i rozkwit anatomii – Leonardo da Vinci – poprzednik Wesaliusza – *il umaniismo medico*

Wiek XVI

Andrzej Wesaliusz (1515-1564) – wykonywał sekcje straconych i skazańców, sekcjonuje ciała ludzkie w prosektorium, bada zwłoki na cmentarzu - poprawia błędy Galena – jednak darzy go czcią – anatomia Galena anatomia małpy a nie człowieka - wykazał ponad 200 błędów Galena – wydaje w 1541 roku epokowe dzieło *De humani corporis libri septum*
Gabriel Falopio (1523-1562), Bartłomiej Eustachi – precyzyjne badanie ciała.

Wiek XVII

William Harvey(1578-1657)- profesor anatomii, chirurg, lekarz nadworny króla angielskiego, jako lekarz uczestniczył w bitwach – odkrył i opisał anatomię i fizjologię układu krążenia, oraz podał, że wszystkie zwierzęta pochodzą z jaja: *omne vivum ex ovo*

Układ krążenia w tym czasie badali – Mikołaj Stenon (1641-1715), Antonii Maria Valsalva (1556-1723),

Kasper Aselli (1581-1626), Jan Pacquet(1622-1674) – odkrywają układ naczyń chłonnych
Przewód pokarmowy – badają Teodor Kerkring (1640-1693), Tomasz Warton (1610-1673), Jerzy Wirsung (1643)

Narządy płciowe – Regnier de Graaf(1641-1673) - pęcherzyki Graafa, Jan Dominik Santorini(1681-1737) - ciała żółte, Mikołaj Stenon (1641-1715) opisał jajnik jako gruczoł płciowy, Kasper Batholin młodszy(1655-1738) i William Cowper(1666-1709) – opisał narządy płciowe męskie

Mózg badali – Franciszek de le Boe Sylvius(1614-1687), Tomasz Willis(1622-1675)

Koniec wieku XVII – Antoni von Leeuwenhoek (1632-1723) - wynajduje mikroskop

Kasper Aselli (1581-1626), Jan Pacquet(1622-1674) – odkrywają układ naczyń chłonnych

Jan Ham w 1667 odkrywa przypadkowo w nasieniu męskim plemniki – uważa je za samoistne zwierzątka

Marceli Malpighi(1628-1694) – odkrył krążenie włosowate, ciała krwi, badał budowę nerek – kłębki Malpighiego, śledzionę – grudki Malpighiego, skórę – warstwa Malpighiego, sklasyfikował gruczoły

Wiek XVIII

Okres oddzielania się nowych gałęzi nauki z anatomii -późniejsze działy nauki lekarskiej

Jan Chrzyciel Morgani(1682-1771) – twórca anatomii patologicznej – jego uczniowie – Antoni Scarpa(1752-1832), Ludwik Galvani (1737-1798)

Francja- anatomia praktyczna zastosowana w chirurgii – Jakub Vinslow(1669-1760) – opisał otrzewną, Antoni Petit(1718-1794), Jan Descemet(1730-1810) – badali oko, Feliks Vicq d Azyr – badacz mózgu

Jan Chrzyciel Morgani(1682-1771) – twórca anatomii patologicznej – jego uczniowie – Antoni Scarpa(1752-1832), Ludwik Galvani (1737-1798)

Anglia – Jakub Douglas(1678-1742) – bada mięśnie miednicy, Aleksander Monro(1697-1767) – układ nerwowy, William(1718-1783) i Jan(1728-1793) – macicę ciężarną i zstępowanie jąder

Holandia - Bernard Albina(1697-1770) – bada kości, mięśnie i stawy

Niemcy – Kasper Fryderyk Wolff(1733-1794) – *Theoria generationis* – twórca nowożytnej embriologii

Szwajcaria – Albrecht Haller – stwierdza, że budowa jest wyrazem czynności

Wiek XVIII – XIX

Anatomia porównawcza, badania anatomiczno-fizjologiczne , embriologia

Anatomia porównawcza – Jan Lamarck(1744-1829) i Jerzy Cuvier(1779-1832)

Embriologia – Karol Baer(1792-1876 – twórca teorii listków zarodkowych

Badania anatomiczno-fizjologiczne – Jan Muller(1801-1858) – doprowadza do rozdzielenie anatomii i fizjologii.

Anglia – Jakub Douglas(1678-1742) – bada mięśnie miednicy, Aleksander Monro(1697-1767) – układ nerwowy, William(1718-1783) i Jan(1728-1793) – macicę ciężarną i zstępowanie jąder

Holandia - Bernard Albina(1697-1770) – bada kości, mięśnie i stawy

Niemcy – Kasper Fryderyk Wolff(1733-1794) – *Theoria generationis* – twórca nowożytnej embriologii

Szwajcaria – Albrecht Haller – stwierdza, że budowa jest wyrazem czynności

Kierunek fizjologiczny prezentują w Anglii Karol Bell(1774-1842), w Szwecji Andrzej Retzius(1796-1860), Francja Juliusz Cloquet(1790-1883), i Jan Cruveilhier(1791-1874)

Anatomia mikroskopowa- Ksawery Bichat(1771-1802) – tworzy nowoczesne pojęcie tkanki – kontynuuje badania Leeuwenhoeka i Morgagniego

Schleiden(1838) i Schwann(1839) opisują i definiują komórkę – powstają nowe działy anatomii - anatomia mikroskopowa, histologia, cytologia

Teoria Karola Darwina (1809-1882), Thomas Huxley(1825-1895) i Ernest Haeckel(1834-1919) rozciągają teorie Darwina na człowieka – filogeneza gatunków i narządów stają się podstawą badań anatomicznych.

Wiek XX

Nowoczesne techniki naukowe – mikrochemia – myśl fizjologiczno-biochemiczna, mikroskopia elektronowa.

2. Postać człowieka jako całość

2.1. Części i okolice ciała

Części – (*pars corporis*) pojęcie trójwymiarowe i oznacza wycinek organizmu jako całości

Okolice – (*regio corporis*) pojęcie dwuwymiarowe i oznacza wycinek powierzchni ciała

Części ciała – **głowa, szyja, tułów, kończyny.**

2.1.1. Części głowy czaszka (*cranium*) i twarz (*facies*)

Czaszka – części nieparzyste przód głowy (czoło), szczyt, potylica – leżą pośrodku
części parzyste – skronie, małżowiny uszne – leżące bocznie

Twarz – oczy(brwi, powieki górne i dolne), szpary powiek, gałki oczne, nos – grzbiet i wierzchołek nosa, usta – warga dolna i górna, szpara ust, jama ustna, policzki, bródka

Okolice głowy – czołowa, ciemieniowe, potyliczna, skroniowe, nosowa, ust, bródkowa, oczodołowe, podoczodołowe, policzkowe, jarzmowe, przyuszniczo - żwaczowe

2.1.2. Szyja (*collum*)

Części szyi – przednia i tylna karkiem (*nucha*)

Okolice szyi – okolica przednia szyi, okolica mostkowo - obojczykowo – sutkowa, boczne szyi, okolice tylne szyi.

2.1.3. Części i okolice ciała – tułów

Części tułowia – klatka piersiowa, brzuch, miednica mniejsza

Klatka piersiowa (*thorax*)

Części klatki piersiowej – **przednia** (zwana piersiową) należą do niej sutki, **tylna** – zwana grzbietem należy do niego kręgosłup. Wewnątrz klatki piersiowej znajduje się **jama klatki piersiowej**

Okolice klatki piersiowej – **podobojczykowe, sutkowe, pachowe, łopatkowe, okolica kręgową i lędźwiowe.**

Brzuch (*abdomen*) - **dół nadbrzuszy, boki, lędźwie, pachwiny** - **wewnątrz brzucha znajduje się jama brzuszna, do brzucha należy miednica większa**

Okolice **podżebrowe, nadbrzusza, boczne, pępkowa, pachwinowe, łonowa, krzyżowa.**

Miednica mniejsza (*pelvis minor*) – **wzgórek łonowy, biodra, pośladki, krocze** – wewnątrz jama miednicy. Okolicą miednicy mniejszej jest okolica kroczoowa.

2.1.4. Części i okolice ciała - Kończyny

Kończyna górna (*membrum superioris*) – dzieli się na pachę, wyrostek barkowy, ramię, łokieć, przedramię i rękę (nadgarstek, śródrezcze, palce ręki), palce ręki nazywa się I- kciuk, II – wskazujący, III – środkowy, IV – obrączkowy, V – mały.

Okolice kończyny górnej – naramienna, przednia i tylna ramienia, łokciowa przednia i tylna, przedramienia przednia i tylna, grzbiet reki i dłoń.

Kończyna dolna (*membrum inferius*) – dzieli się na udo, kolano, goleń(podudzie), stopę (stępie, śródstopie, palce stopy - nazywa się I- paluch, palce II, III, IV, V - mały

Okolicami kończyny dolnej są – pośladkowa, przednia i tylna uda, przednia i tylna kolana, przednia i tylna goleni, piętowa, grzbiet stopy i podeszwa

3. Plan budowy ciała ludzkiego

3.1. Płaszczyzny, osie i linie ciała

Płaszczyzny (*plana*)

Strzałkowe (*plana sagittalia*) – dzielą ciało na część prawą i lewą (antymery) przebiegają między przodem i tyłem. Czołową (*plana frontalia*) biegną równolegle do czoła, a prostopadle do płaszczyzn strzałkowych, dzieląc ciało na część przednią i tylną (*polumery*). Poziome (*plana horizontalia*) przebiegają prostopadle do poprzednich płaszczyzn, dzieląc ciało na część górną i dolną (*metamery*).

Osie (*axis*)

Strzałkowe (*axis sagittales*) lub przednio-tylne biegną w płaszczyznach strzałkowych, dookoła tych osi odbywa się ruch przywiedzenia i odwiedzenia. Poziome (*axis horizontales*) biegną w płaszczyznach poziomych prostopadle do poprzednich płaszczyzn, dookoła tych osi odbywa się ruch zginania i prostowania.

Podłużne (*axis flongitudonale*) – lub czaszkowo-ogonowe, biegną prostopadle do płaszczyzny poziomej, dookoła tych osi odbywa się obrotowy.

Linie topograficzne – ułatwiają rzutowanie narządów.

3.2. Jamy ciała (*cava corporis*)

Jama klatki piersiowej (*cava thoracis*) – przestrzeń w klatce piersiowej ograniczona jej ścianami i wysłana powięzią wewnątrzpiersiową - dzieli się na parzyste jamy opłucnowo-płucne prawą i lewą, oraz nieparzystą przestrzeń środkową – zwaną śródpiersiem.

Jama brzuszna (*cava abdominis*) – przestrzeń ograniczona ścianami brzucha jej ściana jest wysłana powięzią wewnątrzbrzuszną i błona surowiczą - otrzewną – otrzewna ścienna i otrzewna trzewna

Jama miednicy mniejszej przestrzeń w obrębie miednicy mniejszej (*pelvis minoris*)

najniżej położona część tułowia, której ściany tworzą kości miedniczne (z wyjątkiem talerza kości biodrowej), kość krzyżowa, kość guziczna, mięśnie dna miednicy. Znajduje się w niej końcowa część okrężnicy esowatej, odbytnica, część moczowodów, pęcherz moczowy, jajniki, jajowody, macica, nasieniowody, gruczoł krokowy, pęcherzyki nasienne, gruczoły opuszkowo-cewkowe.

4. Rys rozwoju osobniczego człowieka – podstawy embriologii

4.1. Rozwój organizmu osobniczego człowieka

Ontogeneza – nauka o rozwoju organizmu (*ontos* – byt, *genesis* – pochodzenie).

Embriologia (endogeneza; *embryon* – zarodek) – zajmuje się rozwojem zarodkowym i płodowym.

1. Embriologia opisowa – zmiany morfologiczne w przebiegu rozwoju zarodka i płodu
2. Embriologia ogólna – zajmuje się gametami, zygotą, listkami zarodkowymi i tworzeniem narządów pierwotnych
3. Embriologia szczegółowa – to histogeneza – różnicowanie poszczególnych tkanek i organogeneza – rozwój poszczególnych narządów
4. Mechanikę rozwoju- zajmuje się przyczynami zmian rozwojowych w narządach i układach
5. Embriologia fizjologiczna – zajmuje się poxnawaniem czynności zarodka i płodu

Postembrilologia (egzogeneza) zajmuje się rozwojem po urodzeniu.

4.2. Rozród i jego rodzaje

Rozród – cecha organizmów żywych, jego celem jest przedłużenie życia gatunków

Rodzaje rozrodu

1. Wegetatywny, monogeniczny – nowy organizm powstaje z macierzystego przez podział (*fissio*) lub pączkowanie (*gemmatio*)

2. Partenogenetyczny, dzieworidny – gdy nowy organizm powstaje z niezapłodnionej komórki jajowej

3. Płciowy, digeniczny – gdy nowy organizm powstaje z zespolenia dwóch odmiennych komórek płciowych (*gamet*), męskiej i żeńskiej (*reproductio gametica*)

Komórki płciowe człowieka – to komórki płciowe męskie – plemniki i komórki płciowe żeńskie – jajo.

4.2.1. Okresy rozwoju organizmu osobniczego człowieka

Zaplemienie - (*inseminatio*) – umożliwienie kontaktu z jajem – złożenie nasienia w bliskim sąsiedztwie jaja, co występuje w czasie spółkowania (*coitus*).

Zapłodnienie – (*fertilisatio*) – połączenie plemnika z komórką jajową – powstaje zygota – zapłodniona komórka jajowa.

Okres zarodkowy (*tempus embryonicum*) – od zapłodnienia do końca drugiego miesiąca – obejmuje bruzdkowanie, gastrulację i kształtowanie narządów pierwotnych

Okres płodowy – (*tempus fetale*) – od trzeciego miesiąca ciąży do jej zakończenia obejmuje kształtowanie narządów wtórnych, zewnętrznych cech płciowych, powstanie łożyska

Bruzdkowanie – (*gradus fissionis*) – proces prowadzący do powstania głębokich bruzd przewężających zygotę na 2,4,8 itd. Nie zawsze jednakowych części -

blastomerów - mikro i makroblastomerów – ten okres zarodka nosi nazwę moruli (*morula*).

Blastula (*blastula*) – powstanie w wyniku podziałów rodzaju pęcherza – którego część blastomerów tworzy warstwę zewnętrzną - **trofoblast**.

Wnętrze pęcherza – **jamę blastocysty** wypełnia płyn – nie dokońca o znanym pochodzeniu .

Węzeł zarodkowy – skupienie komórek przy jednym z biegunów, wpuklające się do jamy blastocysty.

Tarcza zarodkowa – przekształca się w nią węzeł zarodkowy, tworząc

dwuwarstwową płaską, owalną płytkę zbudowaną z **epiblastu i entoblastu**.

Gastrulacja – tworzenie listków zarodkowych – komórki przemieszczając się w części środkowej tworzą zagęszczenie komórkowe określane jako smuga pierwotna (*linea primitiva*), rozszerzona w części tylnej – węzeł tylny, oraz przedniej – węzeł pierwotny (Hansena)

Węzeł pierwotny - wyrasta przedłużenie głowowe.

Struna grzbietowa - wyrasta z grzbietowej części smugi pierwotnej

Przedłużenie głowowe – epiblast przemienia się w **ektoderme zarodkową**, a **entoblast w endoderme zarodkową**, natomiast **mezoderma powstaje z komórek leżących po bokach struny grzbietowej** - **mezoderma przyosiowa** (*mezoderma paraaxialis*) i **mezoderma boczna** (*mezoderma lateralis*).

Ektoderma przed struną grzbietową – powstają z niej **płyta nerwowa** i **faldy nerwowe**, przekształcają się one w **rynienkę**, a następnie w **cewę nerwową** (*tubus neuralis*). Część środkowa ektodermy nosi nazwę **neuroblastu**, a część obwodowa **epiblastu**. Okres różnicowania ektodermy nosi nazwę **neuruli**.

4.3. Kształtowanie narządów pierwotnych

Somity – powstają z mezodermy trzyosiowej.

Wtórna jama śródzarodkowa – otoczona powstałymi z mezodermy bocznej blaszkami – ścienną i trzewną.

Mezenchyma – czwarty listek zarodkowy, powstały z wywędrowujących z mezodermy komórek gwiaździstych. Komórki te wnikają pomiędzy pozostałe listki zarodkowe i najdłużej zachowują charakter mało zróżnicowanej tkanki zarodkowej. Mezenchyma powstaje również z innych listków zarodkowych.

Fragmentacja listków zarodkowych prowadzi do powstania narządów pierwotnych, a nich narządów wtórnych.

Histogeneza – towarzyszące tworzeniu się narządów różnicowanie i specjalizacja komórek, prowadząca do wytworzenia tkanek.

Somity – różnicują się w **sklerotomy** – zawiązek szkieletu osiowego, dermatomy – zawiązek powłoki wspólnej, miotom – zawiązek mięśni poprzecznie prążkowanych.

Śródzarodkowa jama ciała – połączona początkowo z **jamą ciała pozazarodkową**, a następnie przekształca się w **jamę otrzewnej, jamę opłucnej, jamę osierdzia**.

Blaszka trzewna i blaszka ścienna mezodermy bocznej przekształca się w **blony surowicze**. Z blaszki ścienniej powstają **zawiązki kończyn górnych i dolnych**, a z blaszki trzewnej tkanka łączna i **mięśnie gładkie jelit i układu moczowo – płciowego**.

Mezoderma sercowotwórcza – tworzy **cewę wsierdziową**, która zostaje otoczona **komórkami mezenchymy**, które różnicują się w **komórki mięśnia sercowego**.

Naczynia krwionośne – powstają z **wysp krwiotwórczych (insulae sanguineae) w mezodermie bocznej**.

Nefrotomy – oddzielają się od somitów i mezodermy bocznej – tworzą w każdej połowie ciała płytę nerkotwórczą z której powstają przednercze, pranercze, nerka ostateczna i pozostałe narządy moczowe i płciowe.

Ektoderma – okrywająca zarodek przekształca się początkowo w jednowarstwową naskórek – **perydermę**, a następnie w naskórek rogowaciejący, a także w pochodne naskórka – włosy, paznokcie i niektóre części narządów zmysłów – soczewka oka .

Z cewy nerwowej rozwija się mózgowie i rdzeń kręgowy, a z grzebieni nerwowych zwoje rdzeniowe, zwoje i nerwy układu autonomicznego, rdzeń gruczołów nadnerczowych i mezenchyma głowy. Endoderma pod tarczą zarodkową jest związkiem cewy jelitowej, z przodu powstaje ektodermalne zagłębienie stykające się z jej przednią częścią – zatoka gębowa (*stomatodeum*) – oddzielone błoną gardłową od pozostałych części cewy. W tylnej zaś części zarodka powstaje zgłębienie zwane zatoką moczowo-płciową lub stekiem, oddzielone od tylnej części cewy błoną stekową. Po pęknięciu błon cewa różnicuje się w części jelita, a w jej części przedniej wytwarza się pięć parzystych

endodermalnych **kieszonek skrzelowych** przedzielonych przegrodami , w których tworzą mezenchymatyczne **łuki skrzelowe**. Z endodermy rozwijają się także gruczoły przewodu pokarmowego, wątroba i trzustka.

5. Organizm jako zbiór układów: komórka, tkanka, narząd, organ

5.1. Narządy i ich funkcje w organizmie człowieka

Narządy (*organum*) – zbiór tkanek ułożonych według określonego planu, przystosowany do wykonywania konkretnych czynności.

Narządy grupują się w **układy** (*systemata*) – które, tworzą organizm i zapewniają mu wykonywanie złożonych funkcji fizjologicznych.

Wyróżniamy układy:

układ kostny – grupuje kości - osteologia

połączenia kości – grupuje wszystkie połączenia i więzadła – artrologia i syndesmologia

układ mięśniowy – grupuje mięśnie poprzecznie prążkowane – miologia - narządy ruchu bierne i narządy ruchu czynne

układ trawienny – służy do pobierania ze środowiska zewnętrznego składników odżywczych i energetycznych, ich trawienia i wydalania

układ oddechowy – służy do wymiany gazowej - dostarczania organizmowi tlenu i wydalania dwutlenku węgla

układ moczowo – pęciowy - tworzą go narządy pozostające w zależności rozwojowej i topograficznej, ale różnią się czynnością. Narządy usuwają z organizmu produkty azotowe powstałe podczas przemiany materii. Narządy pęciowe służą do podtrzymania życia gatunku.

gruczoły dokrewne – nie tworzą układu - ich wydzielina dostaje się bezpośrednio do krwi, chłonki, płynu mózgowo – rdzeniowego i innych środowisk bez specjalnych przewodów wyprowadzających , z układem nerwowym korelują pracę innych narządów i układów

układ krążenia – doprowadza do tkanek tlenu i składników odżywczych, a odprowadzania dwutlenku węgla i zużytych składników przemiany materii

układ chłonny - odprowadza z tkanek niektóre składniki przemiany materii i odgrywa rolę obronną

układ nerwowy - składa się z ośrodków i dróg nerwowych. Dzieli się topograficznie na układ nerwowy ośrodkowy, układ nerwowy obwodowy. A czynnościowo na układ nerwowy somatyczny i układ nerwowy autonomiczny. Jest siedzibą czynności intelektualnych i z gruczołami dokrewnymi odgrywa nadrzędną i kierowniczą rolę w sterowaniu czynnością innych układów i narządów

narządy zmysłów – nie tworzą układów, należą do nich narząd powonienia, narząd smaku, narząd wzroku, narząd przedślonkowo-ślimakowy i zakończenia nerwów w powłoce wspólnej - służą do

6. Komórki organizmu człowieka: budowa i czynność

Komórka – najdrobniejsza cząstka organizmu zdolna do samodzielnego wykonywania zasadniczych funkcji życiowych. Wielkość komórki - od kilkudziesięciu nanometrów do kilkudziesięciu centymetrów (jajo strusia) – największa komórka u człowieka to – komórka jajowa 360 μm – a przeciętny wymiar to 10 do 25 μm . Kształt komórki – liczne zmiany w zależności od współdziałania z otaczającym środowiskiem – nabłonek - spłaszczony, komórki tkanki łącznej liczne rozgałęzienia, krwinki – kuliste. Liczba komórek w organizmie człowieka 10^{12} – 10^{14} . Zróżnicowanie pod względem czynnościowym – wysoka specjalizacja.

6.1. Budowa komórki

Struktury występujące w komórce

Cytoplazma to – egzoplazma - pozbawiona ziarnistości i endoplazma zawierająca liczne ziarnistości.

Cytoplazma zawiera elementy strukturalne - organella komórkowe i ziarnistości – wtręty komórkowe.

Cytoplazmatyczny system wakuolarny - błona jądrowa, aparat Golgiego, siateczka srodplazmatyczna.

Cytoplazma podstawowa – środowisko wewnętrzne komórki, którym zawieszono sa jego elementy strukturalne.

6.1.1. Błona komórkowa

Błona komórkowa – jej grubość wynosi 7,4-10 nm.

Według modelu budowy Daniellego i Dawsona z 1935 roku, dwucząsteczkowy pokład lipidowego otoczonego z obydwu stron przez warstwy białkowe. Taka struktura błony komórkowej została potwierdzona obrazem z mikroskopu elektronowego przez Robertsona w 1959. Model płynnej mozaikowej struktury błon komórkowych przedstawił Singer i Nicols – wg niego składa się z dwóch warstw fosfolipidów ustawionych długą osią do powierzchni błony – hydrofobowe bieguny lipidowe obu warstw skierowane są do siebie do wewnątrz błony, bieguny fosfatydowe, hydrofilne od siebie na zewnątrz błony. Białka globularne - pływają w błonie komórkowej zajmując zarówno warstwę zewnętrzną lub wewnętrzną fosfolipidową jak i całą grubość.

Białka błony komórkowej - białka integralne – bieguny hydrofilne ustawione na zewnątrz błony, białka nośnikowe – tworzą kanały aktywnego transportu cząsteczek przez błonę komórkową, białka tworzące kanały jonowe, białka receptorowe wiążące swoiście cząsteczki chemiczne (ligandy) tj. przekaźniki chemiczne i inne substancje z płynu zewnątrzkomórkowego. Błony otaczające jądro komórkowe, siateczkę srodplazmatyczną, lizosomy, mitochondria, - budowa zbliżona do błony komórkowej - różnica w ilości warstw fosfolipidowych i jakością osadzonych białek.

Podstawową właściwością, konieczną dla funkcjonowania komórki jest przepuszczalność błony komórkowej. Decyduje to, jakie substancje wnikają do komórki.

6.1.2. Rodzaje transportu – bierne przenikanie, ułatwiona dyfuzja, aktywny transport, fagocytoza – substancje stałe i pinocytozą substancje płynne.

Bierne przenikanie – bez energii, decyduje gradient stężeń w poprzek błony substancje rozpuszczalne w tłuszczach O_2 , CO_2 , kwasy tłuszczowe, steroidy, rozpuszczalniki organiczne (alkohole, estry).

Ułatwiona dyfuzja – dodatkowy czynnik wspomaga dyfuzję zgodną z gradientem stężeń, ujemny ładunek wewnątrz komórki ułatwia transport dodatnich jonów.

Aktywny transport – odbywa się z wydatkowaniem energii, wbrew gradientowi stężeń, energia czerpana jest z rozpadu ATP, substancje nierozpuszczalne w tłuszczach.

Powyższe sposoby transportu uzupełnione są - **fagocytoza – substancje stałe i pinocytozą substancje płynne** – bez ich przechodzenia przez błonę.

6.2. Siateczka śródplazmatyczna

Siateczka śródplazmatyczna – złożony układ kanalików w cytoplazmie tworzący trójwymiarową sieć, średnica kanalików 40 – 70 nm, otoczone błoną o grubości 5 nm

Wyróżniamy siateczkę śródplazmatyczna ziarnistą i siateczka śródplazmatyczna gładką.

Siateczka śródplazmatyczna ziarnista – rozwinięta w komórkach wytwarzających wydzielinę białkową. Z zewnętrzną powierzchnią błon otaczających jej kanaliki związane są ziarnistości o średnicy 1,5 – 2,5 nm – rybosomy, które występują także w postaci wolnej w cytoplazmie podstawowej. Rybosomy są odpowiedzialne za produkcję białka – wolne rybosomy – produkują białko dla potrzeb komórki, a związane z siateczką białko wydzielane z komórki

Polirybosomy – poukładane w grupy rybosomy, najczęściej od kilku do kilkudziesięciu, ułożone w formie rozetek lub spiral i połączonych włókiem o średnicy 1,5 nm – nici informacyjnego RNA (mRNA), tworzony w jądrze komórkowym i zawierający informacje o sekwencji aminokwasów. Rybosomy zbudowane są z 2 podjednostek małej i dużej. W skład rybosomu wchodzi rybosomalny RNA (rRNA) i RNA białek.

Siateczka śródplazmatyczna gładka – składa się szczelin i pęcherzyków otoczonych błonami gładkimi, pozbawionymi rybosomów. Rozwinięta w komórkach produkujących intensywnie lipidy, wydzielających hormony steroidowe oraz transportujące elektrolity. Bierze udział w syntezie kwasów tłuszczowych, fosfolipidów, cholesterolu i steroidów (jądra, jajniki, kora nadnerczy) oraz w przemianie węglowodanów (wątroba – glikogen), mięśnie poprzecznie prążkowane (jony wapnia).

6.3. Aparat Golgiego

Aparat Golgiego - występuje we wszystkich komórkach. Składa się z zespołu równolegle ułożonych, spłaszczonych woreczków o szerokości około 20nm, często z rozdętymi częściami zewnętrznymi, otoczony od strony wewnętrznej i na obwodzie pęcherzykami i wakuolami.

Kojarzony z czynnością wydzielniczą komórki. W nim odbywa się ostateczne formowanie i otaczanie błoną wydzieliny białkowej wytwarzanej przez ziarnistą siateczkę śródplazmatyczną substancji tj. polisacharydy i mukopolisacharydy.

6.4. Mitochondria

Mitochondria – drobne struktury ziarniste w cytoplazmie średnicy 0,2- 2,0 μm i długości 5 μm.

Otoczone dwoma błonami o grubości 6 nm każda, oddzielone jasną przestrzenią o szerokości 6-8 nm.

Błona zewnętrzna gładka odpowiada kształtowi mitochondrium, a wewnętrzna wpukła się do wnętrza wytwarzając liczne fałdy zwane grzebieniami. Na powierzchni grzebieni występują drobne cząstki o wymiarach 9 nm, z cienką szypułką 4 nm i podstawką 5 nm - cząstki F – rozmieszczone co 10 nm. Wnętrze wypełnia macierz zawierające liczne ziarenka – cząstki Mg i Ca, DNA i RNA.

Główne zadanie mitochondrium – wytwarzanie energii w procesach utleniania biologicznego - oddychanie komórkowe i fosforylacji tlenowej.

6.5. Lizosomy

Lizosomy – kuliste lub owalne struktury o średnicy 0,2- 0,8 μm otoczone pojedynczą błoną, o zawartości ziarnistej. Zawierają enzymy hydrolityczne tj. fosfatazę kwaśną, β- glukurynidazę, katepsyny, rybonukleazę, dezoksyrybonukleazę i sulfatazę. Bierą udział w procesie trawienia wewnątrz komórkowego materiału egzogenego i endogenego. Materiał zewnątrzkomórkowy, który wniknął do komórki drogą endocytozy - endosom - łączy się z lizosomem **pierwotnym** lub **wtórny** ulega trawieniu przez enzymy lizosomalne - heterofagia. Podobnie odbywa się trawienie

materiału z rozpadu struktur cytoplazmatycznych – autofagia - wakuole autofagalne - ponowne ich wykorzystanie lub wydzielanie w postaci ciał reszkowych

6.6. Jądro komórkowe

Jądro komórkowe – wyodrębniona z cytoplazmy struktura, otoczona błoną jądrową. W większości komórek pojedyncze, kształtu owalnego, kulistego lub pałeczkowatego niekiedy nieregularnego o różnej wielkości. Zawiera kwas dezoksyrybonukleinowy (DNA) – determinuje specyficzne cechy morfologiczne i biochemiczne danej komórki i jej aktywność metaboliczną.

Błona jądrowa - zbudowana z dwóch błon elementarnych (7,5 nm), przedzielonych jasną przestrzenią (10-15 nm). Błona jądrowa zawiera liczne pory o kształcie ośmiokąta (60 nm), liczba porów waha się w zależności od rodzaju komórki. Pory otoczone pierścieniami (zewnątrzna średnica 120 nm, wewnętrzna 20-40 nm) – odpowiadają za selektywną przepuszczalność błony – przesłaniając całkowicie lub częściowo pory. Kontaktuje się z siateczką śródplazmatyczną.

Plazma jądrowa – otoczony błoną jądrową, główny składnik jądra, zawierający sok jądrowy, w niej leżą pozostałe części jądra – chromatyna i jąderko.

Chromatyna jądrowa – forma istnienia w komórce chromosomów w okresie międzypodziałowym (tzw. prochromosomów) – duża liczba włókien o różnej grubości i długości. Wyróżniamy heterochromatynę – skupione części chromosomów i euchromatynę – rozproszone części chromosomów.

Jąderko komórkowe – najbardziej czynna metabolicznie część jądra komórkowego, w mikroskopie świetlnym jednolite w elektronowym bardziej złożona (część ziarnista, część włóknista, część bezpostaciowa, chromatyna związana z jąderkiem). Struktura zależy od płci, faza cyklu mitotycznego. Wielkość zależy od aktywności metabolicznej – szczególnie duże w komórkach syntetyzujących duże ilości białka. Jąderko wyraźne w stadium międzypodziałowym, z rozpoczęciem podziałów staje się niewidoczne. Jąderko ma związek z syntezą rybosomów

7. Czynności komórek organizmu człowieka

Czynność komórek organizmu człowieka przejawia się: przemianą materii, przemianą energii, ruchem komórki, wrażliwością komórki realizowaną poprzez receptory komórkowe, podziałami komórki.

7.1. Przemiana materii

Przemiana materii – istnieje w każdej żywej komórce, towarzyszy temu jej wymiana ze środowiskiem. Biorą w niej udział wszystkie struktury komórki. Substancje przyswajane są przez komórkę wykorzystywane do budowy i wzrostu, magazynowania zapasów odżywczych i energetycznych, do wytwarzania substancji wydzielanych (komórki gruczołowe) lub wydalanych na zewnątrz.

Przemiana materii to synteza i przemiana białek w komórce.

Transkrypcja odbywa się w jądrze komórkowym – powstają prekursorzy mRNA, tRNA, rRNA

Translacja to synteza polipeptydu odbywa się na rybosomach – elongacja – terminacja translacji. Zsyntetyzowane w rybosomach polipeptydy podlegają potranslacyjnej enzymatycznej modyfikacji w wyniku której powstaje białko strukturalne, białko enzymatyczne, białko wydzielane przez komórkę na zewnątrz.

Białko przed wydzieleniem na zewnątrz gromadzi się w kanalikach siateczki śródplazmatycznej. Przesuwa się do aparatu Golgiego – gdzie zagęszcza się i jest otaczane błoną. Pęcherzyki kierowane są ku powierzchni komórki, po zetknięciu z nią otwierają się i opróżniają na zewnątrz komórki w procesie egzocytozy. Stanowią – podstawowy składnik płynów ustrojowych i soków trawiennych. Są także – nośnikami informacji w organizmie – hormony białkowe i polipeptydowe, jak również modulatory sygnalne.

Synteza i przemiana węglowodanów w komórce.

Glikogeneza – polimeryzacja cząsteczek glukozy – glukoza – 6 - fosforan – uczestniczy w niej enzym heksokinaza, w jej wyniku powstaje polisacharyd glikogen – magazynowany w komórkach wątroby i mięśni poprzecznie prążkowanych.

Glikogenoliza - proces rozpadu glikogenu na cząsteczki glukozy – uczestniczy w niej enzym fosforylaza, a powstała w jej wyniku glukoza jest zużywana w mięśniach poprzecznie prążkowanych lub jest wydalana na zewnątrz i krąży we krwi.

Procesem glikogenolizy steruje cAMP , a przemianą węglowodanów insulina i glukagon.

PRZEMIANA MATERII – Synteza i przemiana węglowodanów w komórce.

Synteza i przemiana tłuszczów

Tłuszcze w komórce tworzą się z wolnych kwasów tłuszczowych przechodzących do wnętrza komórki przez błonę komórkową oraz z węglowodanów za pośrednictwem cyklu kwasów trójkarboksylowych i powstającego acetylo-koenzymu A. Syntetyzowane w mikrosomach z acetylo-koenzymu A wolne kwasy tłuszczowe tworzą cząsteczki zawierające nie więcej niż 16 atomów węgla. Po zestyfikowaniu z glicerolem powstają estry nasyconych lub nienasyconych kwasów tłuszczowych, które są magazynowane w komórkach jako wtręty cytoplazmatyczne w postaci kropli lipidów. Zmagazynowane trójglicerydy w kroplach lipidów mogą podlegać dalszemu metabolizmowi, któremu towarzyszy wyzwolenie energii. Po hydrolizie zmagazynowanych trójglicerydów glicerol jest przekształcany na glukozę lub na dwutlenek węgla i wodę. Wolne kwasy tłuszczowe zaś rozkładane są do acetylo-koenzymu A, który wstępuje w cykl przemian kwasów trójkarboksylowych. Wolne kwasy tłuszczowe są również uwalniane z komórek, krążą we krwi i wnikają do komórek innych narządów i tkanek, gdzie są metabolizowane do dwutlenku węgla i wody lub zostają zmagazynowane w postaci kropli lipidów.

Przemiana tłuszczów w komórkach przebiega pod kontrolą większości hormonów, które działają przyspieszająco lub zwalniająco na ich przemianę.

Wraz z wolnymi kwasami tłuszczowymi do komórek wnika cholesterol i jego pochodne - steroidy. W obrębie siateczki śródplazmatycznej gładkiej może również zachodzić biosynteza cholesterolu i powstawanie jego pochodnych w postaci steroidów.

7.2. Przemiana energii

Przemiana energii to wyzwolenie energii z składników odżywczych odbywa się w procesie odłączenia atomów wodoru od produktów rozpadu składników odżywczych i przenoszenia tych atomów na tlen.

Składniki odżywcze to – glukoza, aminokwasy, kwasy tłuszczowe wnikające do komórki w procesie aktywnego transportu, pinocytozv, fagocytovz.

Wyzwolenie energii ze składników odżywczych odbywa się w procesie odłączenia atomów wodoru od produktów rozpadu składników odżywczych i przenoszenia tych atomów na atomy tlenu. W wyniku dyfuzji poprzez błonę komórkową stale są dostarczane atomy tlenu z zewnątrz, czyli z płynu międzykomórkowego, do wnętrza komórki.

Prężność cząsteczek tlenu w każdej komórce jest wypadkową szybkości, z jaką są one dostarczane oraz szybkości, z jaką są zużywane wewnątrz komórki. Przy jednakowej liczbie cząsteczek tlenu wnikających do komórek niska prężność tlenu występuje w komórkach wytwarzających dużo energii, a więc intensywnie pracujących.

Produkcja energii w komórce jest istotą oddychania wewnętrznego, czyli oddychania wewnątrzkomórkowego. Proces oddychania wewnątrzkomórkowego przebiega w dwóch fazach, w pierwszej fazie - beztlenowej, i w drugiej fazie - tlenowej. W fazie beztlenowej z głównego składnika odżywczego, jakim jest glukoza, powstaje mleczan. W fazie drugiej, tlenowej, pirogronian powodziaciw mleczan w procesie glikolizy, podlega przemianie do produktów końcowych, jakimi są dwutlenek węgla i woda.

Proces glikolizy i powstawanie mleczanu przebiega w cytoplazmie komórkowej. Natomiast w mitochondriach następuje włączenie do cyklu kwasów trójkarboksylowych zarówno pirogronianu, który jest wcześniejszym ogniwem glikolizy, jak i innych reszt kwasów trójkarboksylowych wytworzonych w procesie hydrolizy aminokwasów i kwasów tłuszczowych.

Mitochondria wyposażone są w podwójną błonę zewnętrzną i wewnętrzną. Błona wewnętrzna jest silnie pofalowana, tworzy grzebienie mitochondrialne i otacza przestrzeń zamkniętą wypełnioną macierzą. W obrębie błon mitochondrialnych znajdują się wszystkie enzymy cyklu kwasów trójkarboksylowych, enzymy łańcucha oddechowego oraz enzym monoaminoooksydaza. Mitochondria są głównymi producentami energii w komórce. W obrębie mitochondriów są syntetyzowane adenozynotrójfosforany, które są uniwersalnymi przenośnikami energii w komórce.

Enzymy cyklu kwasów trójkarboksylowych osadzone są na zewnętrznej błonie mitochondrialnej, enzymy łańcucha oddechowego znajdują się zaś na wewnętrznej błonie mitochondrialnej. W czasie przemian w cyklu kwasu cytrynowego uwalniane są atomy wodoru oraz cząsteczki dwutlenku węgla. Atomy wodoru są transportowane przez enzymy łańcucha oddechowego aż do momentu połączenia z tlenem i powstania cząsteczek wody. Energia wyzwolona w czasie rozpadu glukozy do mleczanu zużyta jest do syntezy adenozynotrójfosforanu - ATP. Adenozynotrójfosforan - ATP syntetyzowany jest z adenozyndwufosforanu ADP i ortofosforanu. ATP jest bogaty w energię, która uwalnia się w czasie jego rozpadu na ADP i ortofosforan pod wpływem adenozynotrójfosfatazy.

Energia wyzwolona w czasie rozpadu ATP zostaje zużyta do transportu aktywnego jonów i substancji małowczątkowych przez błonę komórkową, do transportu wewnątrzkomórkowego, do syntezy składników komórkowych i na prace mechaniczną komórki, polegającą na ruchu cytoplazmy komórkowej lub skurczu włókien kurczliwych w komórkach mięśniowych.

Uwolniony w komórce ADP powraca do mitochondriów, gdzie ponownie uczestniczy w resyntezie ATP. W ten sposób ATP służy jako uniwersalny magazyn i jednocześnie przenośnik energii w komórkach.

W obrębie pojedynczej komórki procesy biosyntezy podlegają samoregulacji. Nadmiar jakiegoś produktu wytworzonego w komórce hamuje jego dalszą syntezę zarówno na etapach końcowych przez inaktywowanie odpowiedniego enzymu, jak również na etapach pośrednich i początkowych, dzięki hamowaniu syntezy tego enzymu. W ten sposób komórka zabezpiecza się przed nagromadzeniem się w niej pewnych związków w nadmiarze przekraczającym granice fizjologiczne. Przekroczenie tej granicy przy niedostatecznie sprawnej samoregulacji może doprowadzić do obumierania komórki.

7.3. Ruchy komórki

Ruchy komórki - może być bierny lub czynny.

Bierny to przesuwalność składników morfotycznych krwi.

Czynny to ruch pełzakowaty powodowany prądami protoplazmatycznymi gdy cytoplazma przelewa się do wytwarzanych przez komórkę wypustek oraz ruch za pomocą migawek lub witek kiedy specjalne narządy czyli kurczliwe miofibryle powodują ruch mięśniowy – kurczliwość włókienek cząstek białkowych wywołuje fałdowanie się i ich prostowanie.

7.4. Wrażliwość komórek

Wrażliwość komórki to odpowiedź na działanie pewnych czynników, bodźców – mechanicznych, chemicznych - polegająca na oddziaływaniu zmianami w zachowaniu np. przewodzenie stanu pobudzenia komórki z miejsca zadziałania bodźca na dalsze części komórki, co występuje w komórkach nerwowych jako przewodzenie stanu czynnego.

Realizowane jest to dzięki receptorom komórkowym, cytoplazmatycznym lub błonowym które mają zdolność odpowiadania na bodźce chemiczne i fizyczne. Liczba receptorów błonowych wynosi od 1000 do 10 000. Informacja przekazywana jest drogą nerwową lub humoralną. Odbieranie i przetwarzanie informacji przez błonę komórkową – odbywa się w trzech etapach: rozróżnianie, odróżnianie cząstek chemicznych dzięki receptorom błony komórkowej, przenoszenie czyli wędrówka informacji poprzez błonę komórkową, a następnie wzmacnianie sygnału po odebraniu ich przez komórkę. Sygnały muszą ulec wzmocnieniu, ponieważ są zbyt słabe by wpłynąć na metabolizm wewnątrzkomórkowy. Uniwersalnym wzmocniaczem jest cyklaza adenylowa. W wyniku jej działania z ATP powstaje cykliczny AMP. Efektem tego jest wzrost lub zahamowanie aktywności enzymów wewnątrz komórki, w błonie otwierają się lub zamykają kanały dla do- lub odkomórkowych prądów jonowych.

7.5. Podział komórki

Podział komórki umożliwia wzrost i regenerację.

Podział może być :

bezpośredni – amitoza – bez zmian morfologicznych w jądrze lub cytoplazmie- przewężenie oraz podział jądra na dwie komórki potomne o tej samej liczbie chromosomów, tak jak komórka macierzysta w komórkach zarodka, komórki wątroby;

pośredni – mitoza – ze zmianami morfologicznymi i wyróżnia się fazy: profaza – wyodrębniają się chromosomy z nici chromatynowych, metafaza – chromosomy przemieszczają się do środka komórki (wrzecziono podziałowe), i rozszczepiają się wzdłuż długiej osi, anafaza – rozszczepione chromosomy (chromatydy) rozchodzą się do przeciwległych biegunów komórki, telofaza – odwrotność profazy, pod koniec tego okresu komórka macierzysta dzieli się na dwie komórki potomne, interfaza – okres międzypodziałowy (interkinezy) procesy przemiany materii mające na celu odnowę komórki.

redukcyjny - mejoza - z redukcją liczby chromosomów – chromosomy układają się parami co po podziale prowadzi do redukcji ich liczby.

Zdolność podziału mają komórki nabłonka, komórki krwiotwórcze, komórki tkanki łącznej.

Nie dzielą się – komórki nerwowe i komórki mięśni poprzecznie prążkowanych.

Fazy podziału to: faza G_0 spoczynek – faza G_1 – rozpoczęcie cyklu komórkowego, faza – S – replikacja łańcuchów DNA – faza G_2 – podwójna liczba chromosomów i łańcuchów DNA – faza – M – mitoza – chromosomy rozdzielają się do dwóch komórek potomnych – faza G_0 spoczynku lub kolejny cykl komórkowy – faza G_1

Nekroza to śmierć komórki czyli samostrawienie.

Apoptoza to zaprogramowana śmierć komórki - ekspresja genów i zwiększenie aktywności innych enzymów komórkowych.

8. Tkanki - różnicowanie i podział tkanek, ich rodzaje i właściwości

Anatomia mikroskopowa pozwoliła Ksaweremu Bichatowi (1771-1802) stworzyć nowoczesne pojęcie tkanki, był on kontynuatorem badań Leeuwenhoek'a i Morgagniego.

Tkanka (*textus*) – zespół komórek jednakowego pochodzenia i budowy, spełniających tę samą czynność.

Wyróżniamy – tkankę nabłonkową, tkankę łączną, krew, tkankę mięśniową i tkankę nerwową.

Wszystkie tkanki są zdeterminowane – mają ustalone właściwości, które w warunkach normalnych przejawiają się zawsze takimi samymi reakcjami morfologicznymi i czynnościowymi.

W skład tkanki wchodzi – komórki i różnego rodzaju włókna i istota międzykomórkowa.

Narząd zbudowany jest z większej liczby tkanek co wynika z definicji narządu - zbiór tkanek ułożonych według określonego planu, przystosowany do wykonywania konkretnych czynności – jedna z tkanek jest tkanką główną – odpowiedzialna za właściwą czynność narządu np. mięśniowa w mięśniach, nerwowa w nerwach. Ponadto występuje tkanka pomocnicza wiążąca struktury tkanki głównej w charakterystyczną dla narządu całość – funkcję tę spełnia zwykle tkanka łączna.

8.1. Tkanka nabłonkowa

Tkanka nabłonkowa inaczej nabłonek (*epithelium*) jest to tkanka zbudowana ze ściśle do siebie przylegających komórek.

Pokrywa lub okrywa ciało (naskórek), wyściela jamy ciała (nabłonek surowiczy), naczynia (śródbłonek) i przewody oraz tworzy gruczoły.

Pochodzi ze wszystkich listków zarodkowych – nabłonek ektodermalny, endodermalny, mezodermalnym.

Nabłonki pod względem czynności dzielą się na: powierzchniowe (okrywające), gruczołowe (wydzielnicze), zmysłowe (receptorowe).

Ze względu na liczbę warstw lub rzędów nabłonki dzielą się na: nabłonki **jedno- lub wielowarstwowe, jedno- lub wielorzędowe**

Komórki nabłonka mogą być wyposażone w mikrokosmki (rąbek szczoteczkowy), lub kosmki o dużych rozmiarach czyli rzęski.

Nabłonek wielowarstwowy płaski – odgrywa rolę ochronną, rogowacieje, zawiera ziarenka melaniny – jest częścią powłoki wspólnej ciała, może być nabłonek wielowarstwowy nierogowaciejący, nabłonek przejściowy – występuje w niektórych fragmentach dróg moczowych

Nabłonek gruczołowy ma zdolność wytwarzania wydzieliny, która jest pochodzenia jądrowego lub plazmatycznego

Sposób powstawania wydzieliny:

wydzielanie merokrynowe – wytwór komórki bez jej uszkodzenia

wydzielanie apokrynowe – częściowy rozpad komórki,

wydzielanie holokrynowe – całkowity rozpad komórki

W zależności od dalszego losu wydzieliny wyróżnia się wydzielanie:

zewnątrzne (sekrecja) - wydzielina wydostaje się na zewnątrz narządu poprzez przewody odprowadzające

wewnętrzne (inkrecja) wydzielina wydostaje bezpośrednio do krwi, nie ma przewodów wyprowadzających

Gruzoły mogą być cewkowe, pęcherzykowe, cewkowo-pęcherzykowe.

8.2. Tkanka łączna

Pochodzenie tkanek łącznych jest wspólne – powstają z tkanki zarodkowej czyli z **mezenchymy**. Charakteryzuje się przewagą **substancji międzykomórkowej**, w której **komórki** rozmieszczone są luźno oraz zawiera trzy rodzaje **włókien** – włókna **kolagenowe** (klejodajne), włókna **sprężyste** (elastyczne), włókna **siateczkowe** (retikulinowe).

Substancja międzykomórkowa

Substancję międzykomórkową tworzą: glikozoaminoglikany – kwas hialuronowy, siarczan chondroityny – A, C, E, B – siarczan dermatanu, siarczan keratanu - disacharyd+amiodukier; **proteoglikany** – glikozoaminoglikany+białko – agrekan, versikan, dekoryna, biglikan, fibronodulina, perlekan, syndekan; **białka substancji pozakomórkowej** – fibronektyna, laminina, trombospandyna, undulina, vitronectyna, tenascyna, sparkenaktyna.

Włókna tkani łącznej - są rodzaje włókien: włókna kolagenowe (klejodajne) zbudowane z tropokolagru, który składa się z 3 łańcuchów polipeptydowych α_1 , α_2 , α_3 , wyróżniamy kolageny od I do XIV; **włókna sprężyste** (elastyczne) zbudowane z elastyny (białko skleroprotyny) i włókienka – mikrofibryle – glikoproteiny; **włókna siateczkowe** (retikulinowe) – kolagen typu III, proteoglikany, glikoproteiny – zrąb narządów limfatycznych.

Komórki tkanki łącznej rozmieszczone są luźno, wyróżniamy: fibroblasty, fibrocyty, miofibroblasty, perycyty (komórki przydanki), histiocyty (makrofagi w stanie spoczynku) i makrofagi pobudzone, komórki plazmatyczne, komórki tuczne, krwinki białe, komórki siateczki, komórki tłuszczowe, chondrocyty, chondroblasty, osteocyty, osteoblasty, chondroklasty, osteoklasty, synowicyty.

Wyróżnia się trzy główne grupy tkanek łącznych: tkanki łączne właściwe; tkanki łączne wyspecjalizowane o czynnościach swoistych; tkanki szkieletowe – tkankę kostną i chrzęstną.

8.2.1. Tkanki łączne właściwe

Tkanki łączne właściwe to: zarodkowa, łączna włóknista luźna, tkanka łączna włóknista zbita nieukształtowana, włóknista zbita ukształtowana oraz tkanki wyspecjalizowane o czynnościach swoistych takie jak barwnikowa, tłuszczowa, siateczkowata.

Tkanka łączna włóknista luźna – zbudowana głównie z mukopolisacharydów kwaśnych, mających liczne szczeliny, umożliwiające wędrówkę komórek, włókien kolagenowych i sprężystych oraz licznych komórek – histiocyty, które w zależności od stanu czynnościowego ustroju i zmian miejscowych ulegają przekształceniom w fibroblasty, fibrocyty, makrofagi, komórki tuczne, komórki plazmatyczne, komórki tłuszczowe, komórki barwnikowe i inne. Występuje we wszystkich narządach, styka się z komórkami innych tkanek, oplata je i wypełnia przestrzenie międzykomórkowe, pośredniczy pomiędzy naczyniami krwionośnymi a komórkami w transporcie składników odżywczych i produktów przemiany materii, powstają w niej stany zapalne i odczyny alergiczne, stale odradza swe elementy komórkowe i włókna, stanowi niewyczerpalny magazyn komórek. Ma zdolność fagocytozy, wytwarzania ciał odpornościowych, aktywacji leków. Umożliwia przesuwanie się różnych struktur wobec siebie.

Tkanka łączna włóknista zbita nieukształtowana - jakościowo zawiera te same składniki jak tkanka łączna włóknista luźna, ale ilościowo dominują w niej włókna kolagenowe, są trójwymiarowe ale nie mają regularnego układu, natomiast mniejsza jest liczba komórek, dominują w niej fibrocyty. Tkanka ta jest mniej giętka i bardziej odporna na rozciąganie.

Zbudowane są z niej powięzie, rozciągną. Występuje w skórze, w torebkach otaczających różne narządy np. śledzionę lub w przewodzie pokarmowym w błonie podśluzowej .

Tkanka łączna włóknista zbita ukształtowana - jakościowo zawiera te same składniki jak tkanka łączna włóknista luźna, ilościowo dominują w niej włókna kolagenowe, są trójwymiarowe i mają regularny układ - ułożone są zgodnie z długą osią ścięgną , natomiast mniejsza jest liczba komórek, dominują także fibrocyty. Z tkanki tej zbudowane są ścięgna struktury łącznikowe pomiędzy kośćmi i mięśniami, a także więzadła, błoniaste powięzie, torebki stawowe. Ścięgna sprężyste zbudowane są z tkanki łącznej zbitej sprężystej - w więzadłach żółtych kręgosłupa i w więzadłach karkowych.

Tkanki wyspecjalizowanych o czynnościach swoistych

Tkanka barwnikowa – zawiera liczne komórki barwnikowe, melanocyty – wytwarzają melaninę i wywodzą się z komórek grzebieni nerwowych zarodka i histiocyty które pobrały i nagromadziły ten barwnik ze swego otoczenia (melanofagi) - tworzy blaszkę brunatną twardówki.

Tkanka tłuszczowa – zawiera komórki tłuszczowe – powstają z komórek mezenchymy, tworzą się z fibroblastów i histiocyty. Mają zdolność do gromadzenia w cytoplazmie tłuszczu w postaci kropelek, które łączą się w jedną dużą kroplę tłuszczu, wypełniającą całą komórkę. Występuje w tkance podskórnej zmieniając luźną tkankę łączną w tkankę tłuszczową.

Tkanka tłuszczowa brunatna(drobne kropelki tłuszczu nie łączą się w jedna dużą kroplę tłuszczu) i jest żółta.

Tkanka siateczkowata – zbudowana z komórek gwiazdkowatych - podobne do histiocyty zdolne do fagocytozy i pinocytozy gromadzenia tych substancji . Komórki tworzą ze swymi wypustkami sieci. Występuje w narządach limfatycznych - tkanka limfatyczna. W niej rodzą się limfocyty, w szpiku czerwonym młode morfotyczne elementy krwi. Zalicza się ją do układu obronnego ustroju.

8.3. Tkanki szkieletowe

Tkanki szkieletowe to tkanka chrzęstna i kostna.

8.3.1. Tkanka chrzęstna

Tkanka chrzęstna – powstaje z tkanki łącznej zarodkowej już w piątym tygodniu życia zarodka. W ogniskach chrzęstnienia komórki mezenchymy tracą wypustki i łączą w układy zwarte, po czym znów wyodrębniają poprzez wytwarzanie istoty międzykomórkowej. Większość szkieletu przechodzi przez stadium chrzęstne. W organizmie dojrzałym występują trzy rodzaje chrząstek: szklista, sprężysta, włóknista.

Tkanka chrzęstna szklista – występuje w przymostkowych częściach żeber, na stawowych powierzchniach kości i w ścianach dróg oddechowych. Ma stałą konsystencję, nieznaczny stopień twardości, giętkość i sprężystość. Poza chrząstką stawów pokryta jest ochrzęstną – tkanka łączna zbita, unaczyniona. Chrząstka nie posiada własnych naczyń i nerwów.

Zbudowana jest z : komórek chrzęstnych (chondrocyty) i istoty międzykomórkowej, zwierającej istotę podstawną i gęste utkanie włókien kolagenowych – cienkich i gęsto utkanych. Zbudowana jest z : komórek chrzęstnych (chondrocyty) i istoty międzykomórkowej, zwierającej istotę podstawną i gęste utkanie włókien kolagenowych – cienkich i gęsto utkanych. Sposób wzrostu – śródmiąższowe i od ochrzęstnej (z włóknistej zbitej tkanki łącznej). Poza okresem wzrastania z ochrzęstna zachowuje zdolność wytwarzania chrząstki – regeneracji

Tkanka chrzęstna sprężysta

Różni się od szklistej tym, że w istocie międzykomórkowej, znajdują się głównie włókna sprężyste – tworząc gęste siateczki. Występuje w małżowinie usznej, trąbce słuchowej i niektóre chrząstki krtani.

Tkanka chrzęstna włóknista – budową zbliżona do zbitej tkanki łącznej – wśród grubych pęczków włókien klejodajnych, znajdują się komórki chrzęstne najczęściej ułożonych szeregami i otoczone torebkami. Występuje w krążkach międzykręgowych, spojeniu łonowym, niektórych więzadłach.

8.3.2. Tkanka kostna

Tkanka kostna to główny składnik szkieletu.

W zarodku pojawia się około 2 miesiąca jego rozwoju. Powstaje z tkanki łącznej zarodkowej lub na podłożu tkanki chrzęstnej.

Ma wysoki stopień twardości (60-70% składników mineralnych) i ma dużą wytrzymałość mechaniczną.

Rozwój kości - kość włóknista, występująca w niedojrzałej kości zarodka – w istocie międzykomórkowej zawiera nieregularnie utkane pęczki grubych włókien klejodajnych – kość dojrzała zbudowana jest z blaszek kostnych – blaszki łączą się ze sobą w struktury dwójakiego rodzaju – istotę kostną gąbczastą i istotę kostną zbitą. Całość prócz powierzchni stawowych okrywa włóknista okostna o budowie jak chrzęstna, jest obficie unaczyniona. Pod nią leży tkanka kostna zbita, a pod nią w kościach krótkich i płaskich oraz w nasadach kości długich znajduje się istota kostna gąbczasta.

Tkanka kostna – Budowa kości - blaszki kostne – istota międzykomórkowa – pęczki włókien klejodajnych + istota podstawna spajająca je, zawierająca sole mineralne. W istocie międzykomórkowej rozmieszczone są owalne spłaszczone – osteocyty, poumieszczone w jamkach kostnych – jamki połączone są ze sobą kanalikami kostnymi – wnikają w nie wypustki komórek kostnych.

Tkanka kostna – tkanka kostna gąbczasta – blaszki kostne istoty gąbczastej, łącząc się ściśle z sobą tworzą grube beleczki, płytki i różnokształtne bryły, te zaś wiążą się w sieci o strukturze uwarunkowanej działaniem sił mechanicznych, którym podlega kość. W jamkach stanowiących oczka tej jest szpik

Tkanka kostna zbita – posiada zwarty układ swych blaszek kostnych. W miejsce nieregularnych jam szpikowych znajdujemy liczne kanały, którymi biegną naczynia krwionośne kości. Naczynia biegną z okostnej - **kanalami wnikającymi** – **podłużny kanał osteonu** – układ blaszek jest ściśle związany z przebiegiem kanałów osteonu – każdy kanał otoczony jest kilkoma (do 20) blaszkami o kształcie cienkościennych rur, ułożonych współśrodkowo, ściśle ze sobą zespolonych – osteon – blaszki międzysystemowe – blaszki podstawne wewnętrzne i zewnętrzne – kanaliki kostne mają kierunek promienisty i łączą jamki całego osteonu między sobą i ze światłem jego kanału. **Tkanka kostna zbita –kanaliki kostne mają kierunek promienisty** i łączą jamki całego osteonu między sobą i ze światłem jego kanału, stąd z naczyń przebiegających w kanale osteonu pobierają i rozprowadzają substancje odżywcze do komórek kostnych.

Układ **włókien kolagenowych w poszczególnych blaszkach mają przebieg odmienny** – przeważnie **spiralny, przemienny w jednej bardziej podłużny w następnej bardziej okrężny, czasem promienisty**. Włókna w miejscach przyczepów więzadeł i ścięgien od strony okostnej łączą się z zewnętrznymi blaszkami podstawnymi – spajają one okostna z tkanką kostną.

Okostna – błona włóknista, posiada dwie warstwy – **zewnętrzna** – bogata w włókna kolagenowe i sprężyste - i **wewnętrzną rozrodczą (kambialną)** – zawierającą **osteoblasty** – mogą wytwarzać tkankę kostną - kość dzięki niej może rosnąć na grubość i odtwarzać ubytki.

8.4. Tkanka mięśniowa

Tkanka mięśniowa – czynna część narządu ruchu – kurczy się i rozkurcza.

Wyróżniamy – **tkankę mięśniową gładką, tkankę mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego, tkankę mięśniową poprzecznie prążkowaną sercową.**

Tkanka mięśniowa gładka i sercowa jest niezależna od woli, podczas gdy szkieletowa podlega naszej woli.

8.4.1. Tkanka mięśniowa gładka – powstaje z elementów mezenchymy. Występuje w **ścianach naczyń krwionośnych, przewodu pokarmowego, narządach układu moczowo- płciowego, a także wielu innych narządach wewnętrznych i w skórze.** Komórki kształtu wrzecionowatego, długości od kilkunastu do paruset μm . Zbudowane jest z jądra – owalnego, cytoplazmy – sarkoplazma – mitochondria, aparat Golgiego, włókna kurczliwe zbudowane z widocznych w mikroskopie elektronowym – miofilamentami, łączące się w obwodowej części komórki w grubsze miofibryle zbudowane z białek – **aktynotroponiny, tropomiozyny, miozyny.**

Komórki mięśniowe gładkie układają się w pęczki lub błony mięśniowe – tworząc mięśnie gładkie, unerwione przez autonomiczny układ nerwowy. Skurcze są powolne, lecz długotrwałe, zmęczenie następuje powoli. W czasie skurczu komórka ulega skróceniu i pogrubieniu.

Mięśnie gładkie występują np. w ścianie naczyń krwionośnych i chłonnych, w ścianie przewodu pokarmowego, w narządach układu moczowo-płciowego, a także w innych narządach.

8.4.2. Tkankę mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego – powstaje z elementów mezenchymy, z mioblastów – elementów komórkowych miotomów, albo w somitach.

Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana zawdzięcza swą nazwę naprzemiennemu występowaniu w miocytach ciemniejszych i jaśniejszych prążków. Jednostka strukturalna tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej jest miocyt poprzecznie prążkowany, będący wielojądrowym syncytium. Liczba jąder w poszczególnym miocycie może dochodzić do kilkuset. Długość miocytu może być różna, przeciętnie od 4 do 5 cm, chociaż może dochodzić nawet do kilkunastu centymetrów, a ich średnica wynosi od 10 do 150 μm . Występuje w mięśniach szkieletowych.

Miocyt pokryty jest błoną zwaną sarkolemą, zbudowany jest z licznych jąder położonych na obwodzie w pobliżu sarkolemy. W cytoplazmie – sarkoplazmie występują liczne mitochondria, aparat Golgiego, system błon cytoplazmatycznych tworzących system kanalików gęsto oplatających włókna kurczliwe – odpowiada gładkiej siateczce śródplazmatycznej innych komórek – siateczka sarkoplazmatyczna. Wewnątrz miocytu wypełnione jest przez włókna kurczliwe – wykazujące poprzeczne prążkowanie – odcinki jaśniejsze i ciemniejsze. Prażki ciemne – załamują światło podwójnie – prążki anizotropowe – A. Prażki jasne – załamują światło pojedynczo – prążki izotropowe – I. Prażki A i I leżą w włókienku kurczliwym naprzemiennie. W mikroskopie elektronowym – prążek A – podzielony jest linia M – błona środkowa po jej obydwa stronach znajdują się jaśniejsze prążki H. Prażek I – podzielony jest linia graniczna Z – błona graniczna Sarkomer – część włókna kurczliwego zawarta między dwoma liniami granicznymi Z - jest jednostką budowy włókienka kurczliwego. Co można przedstawić następującym wzorem:

sarkomer = Z + 1/2 I + 1/2 A + 1/2 H + M + 1/2 H + 1/2 A + 1/2 I + Z.

Każde włókienko kurczliwe składa się z licznych drobniejszych włókiełek zwanych **miofilamentami**. Wyróżniamy miofilamenty grube o średnicy 15 nm i cienkie o średnicy około 5 nm. **Miofilamenty grube**, utworzone z białka – miozyny znajdują się jedynie w prążkach A, natomiast **miofilamenty cienkie**, zbudowane z aktyny, tropomiozyny i troponiny występują zarówno w prążkach A, jak i prążkach I. Między obydwoimi typami miofilamentów istnieją połączenia w postaci poprzecznych mostków.

Mięsień szkieletowy zbudowany jest z szeregu pęczków mięśniowych.

Włókna białe – ubogie w sarkoplazmę – bogate w włókna kurczliwe – szybko się kurczą ale szybko się męczą

Włókna czerwone – bogate w sarkoplazmę – ubogie w włókna – kurczą się wolniej ale wolniej się męczą.

8.4.3. Tkanka mięśniowa prążkowana sercowa

Tkanka mięśniowa serca zbudowana jest z miocytów poprzecznie prążkowanych mających rozgałęzienia, za pośrednictwem których łączą się one ze sobą i wytwarzają przestrzenną sieć. Granice między poszczególnymi komórkami mięśniowymi sercowymi tworzą poprzeczne, silnie

pozazębiane błonki zwane wstawkami. Komórki mięśniowe sercowe zawierają dużo sarkoplazmy, zwłaszcza w części środkowej, w której znajdują się jądra komórkowe. Włókienka kurczliwe, których liczba jest mniejsza niż w komórkach mięśniowych poprzecznie prążkowanych szkieletowych, gromadzą się głównie na obwodzie komórek. Miofibryle komórek mięśnia sercowego zbudowane są podobnie jak w mięśniach szkieletowych z odcinków izo- i anizotropowych.

Specjalnym rodzajem komórek mięśniowych serca są komórki układu przewodzącego. Cechują się zawartością dużej ilości sarkoplazmy i bardzo małej liczby miofibryli, ułożonych głównie w części obwodowej. Sarkoplazma komórek zawiera szczególnie dużą ilość glikogenu.

8.4.4. Pobudliwość i metabolizm komórek mięśniowych

Pobudliwość i pobudzenie są to cechy żywych komórek ściśle związane z ich metabolizmem. Pobudliwość jest to zdolność reagowania na bodźce. Czasteczki związków chemicznych występujące w płynie zewnątrzkomórkowym przede wszystkim działają na błonę komórkową i zmieniając jej właściwości w ten sposób oddziałują na metabolizm komórkowy.

Pobudzenie jest to zmiana metabolizmu komórkowego pod wpływem czynników działających z zewnątrz komórki, czyli pod wpływem bodźców. W warunkach fizjologicznych bodźcami działającymi na komórki są czasteczki związków chemicznych zarówno nieorganicznych, jak i organicznych. Bodźce fizjologiczne są to takie bodźce, które nie uszkadzają komórki wywołują zmiany metabolizmu. Komórki mięśniowe poprzecznie prążkowane odbierają w czasie życia człowieka kilka miliardów bodźców, zmieniając za każdym razem swój metabolizm.

W komórkach mięśniowych poprzecznie prążkowanych pod wpływem mediatora chemicznego wydzielonego w obrębie synaps nerwowo-mięśniowych dochodzi do krótkotrwałych zmian właściwości błony komórkowej. Wskutek tego występuje wędrowka jonów przez błonę komórkową. Tym szybkim wędrowkom jonów obdarzonych ładunkiem elektrycznym towarzyszą wahania potencjału elektrycznego w komórkach. Dlatego w tkankach pobudliwych pojawienie się wahań potencjałów elektrycznych świadczy o pobudzeniu komórek.

Odmienne stężenie poszczególnych składników w płynie zewnątrz i wewnątrzkomórkowym jest przyczyną **spoczynkowego ujemnego potencjału elektrycznego wewnątrz komórek**. Różnica potencjałów jest spowodowana właściwościami błony komórkowej żywej komórki. Właściwości te zależą od metabolizmu wewnątrzkomórkowego. Nie zmieniają się, jeśli metabolizm nie ulega zmianie i jeśli na błonę komórkową nie działają bodźce z zewnątrz. W tych warunkach wytwarza się równowaga pomiędzy stężeniem poszczególnych jonów na zewnątrz i wewnątrz komórek. Równowaga ta jest wypadkową gradientów stężenia i gradientów ładunków elektrycznych poszczególnych jonów płynu zewnątrz- i wewnątrzkomórkowego. Utrudniona przepuszczalność błony komórkowej dla jonów o dodatnim ładunku a w szczególności dla Na^+ powoduje, że: wewnątrz komórek tkanek pobudliwych ma ujemny potencjał elektryczny; wewnątrz komórek jony K^+ występują

W znacznej przewadze w porównaniu z jonami Na^+ .

Utrzymanie wewnątrz komórek dużego stężenia K^+ i małego stężenia Na^+ wymaga aktywnego transportu obu tych kationów przez błonę komórkową wbrew gradientowi stężenia. Kationy sodowe napływające do wnętrza komórki przez tzw. **kanały dla jonów sodowych w błonie komórkowej** zostają po stronie wewnętrznej błony komórkowej związane z enzymem. Znajduje się on w samej błonie komórkowej i transportuje Na^+ na zewnątrz błony. Jednocześnie ten sam enzym zabiera ze sobą kationy K^+ z zewnętrznej powierzchni błony komórkowej i transportuje je przez tzw. **kanały dla jonów potasowych do wnętrza komórki**. Enzym transportujący Na^+ i K^+ przez błonę komórkową wbrew gradientowi stężenia czerpie energię z hydrolizy adenosynotrójfosforanów (ATP) do adenosynodwufosforanów (ADP). Enzym ten stanowi czasteczkę białka o masie czasteczkowej około 270.000 i jest aktywowany przez Na^+ i K^+ . Stąd pochodzi jego nazwa **adenosynotrójfosfataza aktywowana przez sód i potas** - Na-K ATPaza.

Rozpad ATP do ADP pod wpływem Na-K ATPazy zachodzi w obecności jonów magnezowych zawartych w płynie wewnątrzkomórkowym.

Napęd **pompy sodowo-potasowej** wiąże się z metabolizmem wewnątrzkomórkowym. Prawie 30% całego metabolizmu komórkowego tkanek pobudliwych jest zużywane na napęd pompy sodowo-potasowej.

Optymalna praca pompy sodowo-potasowej i z tym związana optymalna pobudliwość wymaga: stałego dopływu do komórek tlenu i substancji energetycznych; stałej resyntezy ATP z ADP i fosforanu; stałego odprowadzania z komórek dwutlenku węgla; optymalnego stosunku kationów

Na^+ do K^+ w płynie zewnątrzkomórkowym; optymalnej temperatury 37°C dla procesów enzymatycznych wewnątrzkomórkowych.

Wystarczy zmiana jednego z powyższych warunków, aby nastąpiło zwolnienie lub **zatrzymanie pomp sodowo-potasowej**, np. na skutek zatrzymania dopływu tlenu lub obniżenia temperatury tkanek. Po zatrzymaniu pomp następuje wyrównanie stężenia Na^+ i K^+ po obu stronach błony komórkowej i zanika różnica potencjałów elektrycznych pomiędzy wnętrzem komórki a otoczeniem.

Tkanka mięśniowa stanowi znaczny procent masy ciała w organizmie człowieka. W związku z tym zwolnienie lub zatrzymanie pomp sodowo-potasowej prowadzi nie tylko do zmian składu płynu wewnątrzkomórkowego, lecz również do zmian składu płynu zewnątrzkomórkowego, w którym stężenie Na^+ obniża się, a wzrasta stężenie K^+ . Po **wyrównaniu różnic potencjałów** pomiędzy wnętrzem komórki a jej otoczeniem, wskutek zatrzymania pomp sodowo-potasowej, komórki tkanek pobudliwych tracą swoje właściwości. Przystają reagować na bodźce i stają się **niepobudliwe**.

Bezpośrednim źródłem energii potrzebnej do skurczów mięśnia szkieletowego jest adenozyntrotrófosforan - ATP. W czasie skurczu rozkłada się on do adenozyndwufosforanu - ADP i fosforanu. Energia do syntezy ATP czerpana jest w procesie spalania składników odżywczych aż do końcowych produktów, to jest do dwutlenku węgla i wody. Całkowity rozpad podstawowego składnika energetycznego, jakim jest glukoza, do produktów końcowych metabolizmu wewnątrzkomórkowego dostarcza najwięcej energii do syntezy ATP. Zachodzi to podczas glikolizy tlenowej, kiedy przebieg tlenu w komórce jest dostateczny.

W czasie szybko narastającego wysiłku fizycznego dowóz tlenu do komórek mięśniowych nie nadąża za zapotrzebowaniem na energię i przebieg tlenu w komórkach intensywnie pracujących znacznie się obniża. Dochodzi wtedy do dysocjacji mioglobiny - barwnika zbliżonego budową i właściwościami do hemoglobiny, która uwalnia związany tlen. Jest to jedyny magazyn tlenu wewnątrzkomórkowego, z którego komórka może czerpać tlen w czasie zwiększonego zapotrzebowania na energię. Jednakże ilość tlenu uwolniona z mioglobiny jest niewielka w porównaniu z zapotrzebowaniem na tlen. W tym stanie energia do syntezy ATP czerpana jest w procesie glikolizy beztlenowej oraz z hydrolizy fosfokreatyny. Czerpanie energii do syntezy ATP w fazie beztlenowej jest znacznie mniej wydajne w porównaniu z fazą tlenową i jest ograniczone w czasie z uwagi na wzrost stężenia jonów wodorowych w komórce na skutek gromadzenia się kwasu mlekowego. Większa część energii wytworzonej w komórce mięśniowej ze spalania glukozy jest zamieniana w energię cieplną. Na energię mechaniczną związaną ze skracaniem się mięśnia, jest wykorzystywane tylko od 20 do 25% energii spalania.

Mechanizm skurczu mięśnia polega na – wnikaniu włókien aktywnych w włókna miozynowe - skracanie, a podczas rozkurczu włókna aktywne wysuwają się pomiędzy włókien miozynowych

8.5. Tkanka nerwowa i glej

Tkanka nerwowa powstaje w okresie zarodkowym z ektodermalnego nabłonka płyty nerwowej. **Płyta nerwowa – rynienka nerwowa – cewa nerwowa** – z grzebieni (brzezi rynienki) wywędrowują grupy komórek - skupiają się w **dwa symetryczne szeregi pierwotnych zwojów rdzeniowych**, które układają się po obu stronach cewy nerwowej. Z części tych komórek po przemieszczeniu się na brzuszna powierzchnię powstają **zwoje współczulne układu autonomicznego**.

Elementy tkanki nerwowej – neuroblasty – komórki nerwowe i spongioblasty – komórki tkanki glicyjowej ośrodkowego układu nerwowego i komórki pokrewne występujące poza układem – komórki osłonowe – limocyty - obwodowych włókien nerwowych.

Komórka nerwowa to perykarion (ciało komórkowe) i wypustki nerwowe.

Komórka nerwowa – neurocyt – tworzy wypustkę osiową tzw. neuryt lub akson. **Cytoplazma k. nerwowej** - neuroplazma zawiera neurofibryle – neurofilament utworzony z neurotubuli – przewodzą stany czynne, tigroid – grudki substancji zasadochłonnej, utworzony z błonek substancji śródplazmatycznej pokrytych rybosomami, liczne mitochondria i dobrze rozwinięty aparat Golgiego.

Wypustki nerwowa czyli neuryt i dendryt

Neuryt - przekazuje stany czynne, wytworzone w komórce przez działający na nią bodziec, z komórki do zakończenia neurytu – odśrodkowo. Nie zawiera tigroidu, zawiera jak dendryt wiązkę neurofibryli. **Dendryt** – wypustka protoplazmatyczna – doprowadzają bodźce do ciała komórki nerwowej - dośrodkowo.

Typy komórek nerwowych

Wielobiegunowe z długim aksonem – długość aksonu metr i więcej.

Wielobiegunowe z krótkim aksonem - wypustki protoplazmatyczne zawierają tigroid.

Komórki pozornie jednobiegunowe – dendryt podobnie zbudowany jak neuryt - kilkadziesiąt cm długości – wypustka osiowa dośrodkowa.

Oślonki włókien nerwowych – otaczają neuryt - neuryt+oślonka nerwowa tworzy – włókno nerwowe.

W zależności od rodzaju osłonek wyróżniamy – włókna rdzenne – **białe i włókna bezzrdzenne – szare**.

Cylinder osiowy – właściwa wypustka komórki nerwowej – czynnie uczestnicząca w przewodzeniu – składa się z neuroplazmy, neurofibruli i pokryta jest neurolemą (przedłużenie neuroplazmy) ciała komórki.

Włókna rdzenne - pokryte mieliną – złożona z białek i ciał tłuszczowych.

W nerwach obwodowych – nawinięta wielokrotnie na cylinder osiowy podwójnej błonki plazmatycznej komórek osłonkowych (lemocytów), których cytoplazma tworzy zewnętrzną w stosunku do mielinowej osłonkę zawierającą jądro lemocyty. W centralnym układzie nerwowym, rdzeniu i mózgowiu osłonkę produkują komórki oligodendrogleju.

We włóknach rdzennych osłonka mielinowa wraz z lemocytem tworzy przerwy co 50 μm - 1mm zwane węzłem włókna nerwowego. Przestrzeń pomiędzy dwoma węzłami pokrywa cytoplazma jednego lemocyty.

Włókna bezzrdzenne – szare – okryte tylko lemocytami, w których cytoplazmę pogrążony jest cylinder osiowy . Włókna tego typu występują w n. węchowym i w układzie nerwowym autonomicznym.

Ośrodkowy układ nerwowy – proste zakończenie pod postacią synapsy – łączy synapsy – zbudowanej z błony przedsynaptycznej, błony zasynaptycznej, kolbka z mitochondriami i pęcherzykami synaptycznymi, w których znajduje się mediator - acetylocholinę lub noradrenalinę. Neuron – jednostka anatomiczna i funkcjonalna.

Zakończenia nerwowe – mogą być różnej budowy w zależności od rodzaju narządu w jakim występują.

Zakończenie włókien nerwów obwodowych – czuciowe –dendrytów i ruchowe – neurytów.

Zakończenia czuciowe –dendrytów – występują głównie w zwojach rdzeniowych i czaszkowych.

Wyróżniamy zakończenia czuciowe

zakończenia nerwu wolne – zakończenie włókna czuciowego w nabłonku wielowarstwowym.

zakończenia nerwu wolne pod postacią kłębków i splotów - w tkance łącznej – otoczone torebkami z cienkich blaszek łącznotkankowych – ciało blaszkowate.

Zakończenia ruchowe – neurytów komórek ruchowych – w rdzenia i mózgowia – doprowadzające bodźce do włókien mięśni szkieletowych – tworzą na nich stopkę ruchową.

Podział synaps ze względu na czynność – pobudzające i hamujące.

Podział synaps ze względu na rodzaj wydzielanej substancji czynnej (transmitera) – synapsy cholinergiczne, adrenergiczne i peptidergiczne.

9. Anatomia układ kostnego i połączeń kości

9.1. Kości – ogólny podział i budowa kości

Funkcje kości bierne części narządu ruchu to rusztowanie podtrzymujące i osłaniające inne narządy, niektóre pełnią funkcję krwiotwórczą i amortyzującą.

9.1.1. Podział kości ze względu na kształt

- kości długie** – jeden wymiar - długość przewyższa znacznie dwa pozostałe – szerokość i grubość – służą jako dźwignie dla mięśni.
- kości płaskie** – dwa wymiary – długość i szerokość przewyższają trzeci – grubość - służą jako osłona, pełnią funkcję krwiotwórczą.
- kości krótkie** – wszystkie trzy wymiary są mniej więcej jednakowe – tworzą sprężyste człony i sklepienia – kości nadgarstka i stopy – mocna budowa i ograniczona ruchomość.
- kości różnokształtne** – nie mieszczące się w żadnej z poprzednich grup – np. kość podniebienna.
- kości pneumatyczne** – zawierają przestrzenie wysłane błoną śluzową i wypełnione powietrzem – kości czaszki – kość czołowa, kość klinowa.
- trzeszczki** – występują w utkaniu ścięgien – mają wpływ na działanie mięśni.

9.2. Podział kości ze względu na ich rozwój, budowę i czynność

- kości rurowate** – pochodzenie kostnienie chrzęstne, kształt rur zbudowanych z istoty gąbczastej i zbitej, długie lub krótkie, wypełnione szpikiem – pełnią rolę podporową, krwiotwórczą i obronną.
 - kości gąbczaste** – powstają przez kostnienie chrzęstne – zbudowane z istoty gąbczastej pokrytej istota zbitą – wyróżniamy długie – mostek i żebra oraz krótkie – kręgi i trzeszczki, pełnią funkcję krwiotwórczą.
 - kości płaskie** – powstają przez kostnienie chrzęstne lub łącznotkankowe zbudowane z istoty gąbczastej lub zbitej – pełnią funkcję krwiotwórczą lub osłonową.
- Kości długie** - mają trzon, koniec bliższy i dalszy, pokryte okostną.
Trzon kości – walcowata budowa, okostna, istota zbita wyściółka jamy szpikowej, jama szpikowa, szpik.
Koniec kości - zbudowany z istoty zbitej i gąbczastej, wypełniony szpikiem kostnym, powierzchnia stawowa pokryta chrząstką stawową.
Okostna – utworzona z tkanki łącznej włóknistej zwartej – bogato unaczyniona i unerwiona.
Kości płaskie – zbudowane z istoty zbitej, otaczającej istotę gąbczastą zawierającą szpik kostny.
 Kości zbudowane są według zasady maksimum wytrzymałości minimum materiału
 Wytrzymałość kości na rozciąganie jest porównywana do żelaza lanego i jest 10 razy mniejsza na ściskanie – wytrzymałość ta odpowiada wytrzymałości żelaza kutego. Kość ma zdolność regeneracji – zrasta się przy złamaniach. Kość można przeszczepiać – szeroko stosowana w chirurgii. U człowieka dorosłego występuje najczęściej 206 kości, w tym 40 nieparzystych. Masa kości bez szpiku wynosi 12 kg

9.3. Układ kostny

Układ kostny dzieli się na : kręgosłup, kości klatki piersiowej, kości kończyn górnych, kości kończyn dolnych, kości czaszki.

Szczegółowa budowa szkieletu

Kręgosłup

Zbudowany z 31-33 kręgów , w tym 7 kręgów szyjnych, 12 kręgów piersiowych, 5 kręgów lędźwiowych, 5 kręgów krzyżowych i od 1-3 kręgów guzicznych . To ruchomy słup kostny, wygięty w kształcie dwóch połączonych liter S. Kręgi zbudowane są z trzonu – część przednia – trzon kręgu, część tylna - łuk kręgu w którym wyróżnia się nasadę łuku, cieśń łuku, blaszkę łuku. Od łuku odchodzi 7 wyrostków stawowych – nieparzysty kolczysty, parzyste – stawowe górne i dolne,

poprzeczne. Pomiedzy trzonem a łukiem znajduje się otwór kręgowy, a otwory sąsiednich kręgów tworzą kanał kręgowy. Wcięcia kręgowe dwóch sąsiednich kręgów tworzą otwory międzykręgowe.

Kości klatki piersiowej

Stanowią oprócz kręgów piersiowych, 12 par żeber i mostek. Żebro – część tylna – kość żebrowa i część przednia - chrząstka żebrowa. Wyróżnia się głowę, szyję, trzon żebra – łączy się z odpowiednim kręgiem piersiowym. Chrząstka żebrowa – 1-7 łączy się z mostkiem, 8-10 łączy się z chrząstkami wyżej położonych żeber, tworząc łuk żebrowy, 11-12 są wolne nie zrastają się – żebra wolne. Mostek – kość nieparzysta, wyróżnia się rękkojeść, trzon i wyrostek mieczykowaty. Między rękkojeścią i trzonem tworzy się kąt mostka.

Kości kończyn górnych

Kości kończyn górnych to kości obręcz kończyny górnej i kościec kończyny górnej wolnej

Kości obręcz kończyny górnej – obojczyk i łopatką.

Obojczyk – łączy rękkojeść mostka z wyrostkiem barkowym łopatki, wyróżnia się koniec mostkowy, trzon i koniec barkowy.

Łopatką – przylega do grzbietowej ściany klatki piersiowej, przykrywa żebra II – VII – wyróżniamy struktury – grzebień łopatki – kończy się z boku wyrostkiem barkowym, łączącym się z obojczykiem, dzieli on łopatkę na część nad- i pod grzebieniową. Wydrążenie stawowe znajduje się w górno-bocznej części łopatki, pokryte chrząstką stawową, stanowi panewkę stawową dla połączenia z kością ramienną. Ponadto w łopatce wyróżnia się wyrostek kruczy.

Kościec kończyny górnej wolnej : kości ramienna, łokciowa, promieniowa, kości nadgarstka, kości śródręcza, kości palców.

Kości ramienna – ma koniec bliższy zakończony głową, łączącą się w wydrążeniu stawowym łopatki – tworzy staw barkowy. Koniec dalszy tworzy zgrubienie - zwane kłykiem kości ramiennej, który składa się z główki i bloczka oraz mające trzy zagłębienia – dół wyrostka łokciowego, dół dziobiasty, dół promieniowy.

Kości promieniowa i łokciowa – stanowią kości przedramienia,

Kości promieniowa - koniec bliższy stanowi głowa i szyjka, a koniec dalszy tworzy wyrostek rylcowaty i powierzchnia stawowa nadgarstka, na trzonie znajduje się guzowatość kości promieniowej.

Kości łokciowa – na końcu bliższym znajdują się dwa wyrostki od tyłu – wyrostek łokciowy i od przodu wyrostek dziobiasty, oddzielone od siebie wcięciem bloczkowym. Koniec dalszy nosi nazwę głowy kości łokciowej.

Kości nadgarstka – ułożone są w dwóch szeregach po cztery kości w każdym.

W szeregu bliższym od strony kości promieniowej leżą – kość łódeczkowata, kość księżycowata, kość trójgraniasta, kość grochowata, w szeregu dalszym kość czworoboczna większa, kość czworoboczna mniejsza, kość główkowata, kość haczykowata.

Kości śródręcza – w liczbie pięciu, są kośćmi długimi, na każdej wyróżniamy trzon, koniec bliższy – podstawa i koniec dalszy - głowa

Kości palców ręki – stanowią – paliczki. Palec I ma dwa paliczki, a pozostałe cztery po trzy paliczki. Wyróżniamy paliczek bliższy, paliczek środkowy, paliczek dalszy opatrzony na końcu guzowatością paliczka dalszego. Koniec bliższy każdego paliczka to podstawa, koniec dalszy to głowa.

Palec I - kciuk, palec II – wskazujący, palec III – środkowy, palec IV – obrączkowy, palec V - mały

Kości kończyn dolnych

Kości kończyn dolnych to kości obręczy kończyny dolnej i kościec kończyny dolnej wolnej.

Kości obręcz kończyny dolnej – kość miedniczna, powstająca ze zrośnięcia kości – biodrowej, kulszowej i łonowej. W miejscu zrośnięcia wytwarza się panewka stawu biodrowego.

Kość biodrowa – składa się z talerza i trzonu. Górny brzeg talerza nosi nazwę grzebienia biodrowego. Kość kulszowa – dzieli się na trzon i gałąź kości kulszowej, ma dwie wyniosłości kolec kulszowy i guz kości kulszowej. Kość łonowa – utworzona z trzonu, gałęzi górnej i gałęzi dolnej. Na gałęzi górnej występują: wyniosłość biodrowo – łonowa, grzebień łonowy i guzek łonowy, gałęzie kości łonowej i kulszowej ograniczają otwór zastawowy

Kościec kończyny dolnej wolnej – kość udowa, rzepka, kość piszczelowa, kość strzałkowa, kości stępu, kości śródstopia, kości palców stopy.

Kość udowa - jedna kość uda, koniec bliższy – głowa, osadzona na szyjce, ustawionej w stosunku do trzonu pod kątem 130°, część środkowa to trzon, koniec dalszy to kłykiec przyśrodkowy i boczny. Powyżej przejścia końca bliższego w trzon – występują dwie wyniosłości – krętarze – większy i mniejszy.

Rzepka – jedna z największych trzszczek w organizmie, tworzy przednią ścianę jamy stawu kolanowego. Wyróżnia się w niej podstawę i wierzchołek.

Kość piszczelowa i strzałka – tworzą kości goleni.

Kość piszczelowa – na końcu bliższym znajdują się dwa kłykcie – boczny i przyśrodkowy, rozdzielone wyniosłością międzykłykciową. Poniżej końca bliższego znajduje się guzowatość piszczeli. Na końcu dalszym znajduje się powierzchnia stawowa dolna i kostka przyśrodkowa.

Strzałka – koniec bliższy to głowa, a koniec dalszy - kostka boczna

Kości stępu – ułożone w dwóch szeregach. Szereg bliższy - to umieszczone jedna nad drugą kość skokowa – głowa, szyja i trzon. Kość piętowa – guz piętowy i podpórka piętowa. Szereg dalszy kość łódkowata, kości klinowate – przyśrodkowa, pośrednia i boczna oraz kość sześcienna.

Kości śródstopia – jest ich pięć I-V, wyróżniamy – podstawę, głowę, trzon.

Kości palców stopy - stanowią – paliczki. Palec I ma dwa paliczki, a pozostałe cztery po trzy paliczki. Wyróżniamy paliczek bliższy, paliczek środkowy, paliczek dalszy opatrzony na końcu guzowatością paliczka dalszego. Koniec bliższy każdego paliczka to podstawa, koniec dalszy to głowa.

Kości czaszki

Kości czaszki dzielimy na kości mózgowiczaszki i kości trzewioczaszki.

Kości mózgowiczaszki – tworzą puszkę kostną w której znajduje się mózgowie i opony.

Wyróżnia się – sklepienie – część górna, podstawa – część dolna, która dzieli się na dół przedni, środkowy i dolny – leżą w nich płyty czołowe, skroniowe i mózdzek.

Kości mózgowiczaszki – to – kość potyliczna, kość klinowa, kości skroniowe, kości ciemieniowe, kość czołowa i kość sitowa

Kość potyliczna – łuska potyliczna, część boczna i część podstawna, ograniczająca otwór potyliczny wielki – przechodzi przez niego rdzeń kręgowy i naczynia kręgowie. Na częściach bocznych od strony podstawy czaszki znajdują się wyniosłości – kłykcie kości potylicznej – kanał n. podjęzykowego. Kość potyliczna bierze udział w tworzeniu otworu szyjnego.

Kość klinowa – zbudowana z trzech par wyrostków – skrzydeł mniejszych, skrzydeł większych i wyrostków skrzydłowych. W trzonie znajdują się zatoki klinowe, a na jego górnej powierzchni - dół przysadki. Wyrostki biorą udział w tworzeniu – kanału n. wzrokowego, szczeliny oczodołowej górnej, otworu okrągłego i owalnego.

Kości skroniowe – składa się z części – skalistej, bębnekowej, łukowej. W części skalistej znajdują się kanał n. twarzowego, kanał tętnicy szyjnej kanał mięśniowo – trąbkowy. Zawiera również przewód słuchowy wewnętrzny i jamę bębnekową. W części bębnekowej znajduje się przewód słuchowy zewnętrzny, a w części łukowej dół żuchwowy

Kości ciemieniowe – tworzą górną – boczne ograniczenie jamy czaszki.

Kość czołowa – składa się z łuski, części oczodołowych i części nosowej. W jej obrębie znajduje się zatoka czołowa - w miejscu połączenia łuski z częściami oczodołowymi

Kości trzewioczaszki

Kości trzewioczaszki – zawierają początkowe części układu oddechowego i trawiennego.

Twarzoczaszka jest siedzibą narządów zmysłów – wzroku, powonienia i smaku.

W skład twarzoczaszki wchodzi kości – małżowiny nosowe dolne, kości nosowe, kości łzowe, kości jarzmowe, kości szczęki, kości podniebienia, lemiesz i żuchwa.

Kości jarzmowe – zbudowane z trzonu i wyrostków skroniowych i czołowych za ich pośrednictwem łączą się z kośćmi – czołową i skroniową.

Kości podniebienia – składa się z blaszki poziomej – tworzy podniebienie twarde, blaszki pionowej i trzech par wyrostków piramidowych, oczodołowych i klinowych.

Lemiesz - nieparzysta kość wchodząca w skład przegrody nosa.

Żuchwa – kość nieparzysta, kształtu podkowiastego. Składa się z trzonu, gałęzi żuchwy – połączenie trzonu i gałęzi – kąt żuchwy. Od każdej gałęzi odchodzą dwa wyrostki – kłykciowy i dziobiasty. W trzonie żuchwy wyróżnia się część zębodołową – zawierającą zębodoły. Przez trzon i gałąź przebiega kanał żuchwy zawierający naczynia i nerwy żuchwowe.

Kość gnykowa – trzszczka położona w górnej części szyi, miejsce przyczepu mięśni i więzadeł, składa się z trzonu, rogów większych i rogów mniejszych.

W obrębie czaszki wyróżnia się: jamę ustną; dół skroniowy; dół podskroniowy; dół skrzydłowo – podniebienny; dół zażuchwowy.

10. Połączenia kości

Połączenia kości dzielimy na: ściste, półściste, ruchome czyli stawy.

Połączenia ściste to więzozrosty, chrząstkozrosty, kościorosty w zależności jaki rodzaj tkanki łączy kości ze sobą.

Więzozrosty – włókniste i elastyczne, szwy (najczęstsze połączenia kości czaszki) – piłowaty - kość potyliczna z ciemieniową, łuskowaty – kość skroniowa z kością ciemieniową, płaski – między kośćmi nosowymi, na podniebieniu kostnym, wklinowanie - sposób osadzenia zęba w zębodole).

Chrząstkozrosty – szkliste i włókniste – kości spaja chrząstka szklista lub włóknista np.: spojenie – mający wewnątrz jamę – występuje w spojeniu łonowym – łączy kości łonowe – kości miednicy.

Kościorosty powstają wskutek zwapnienia chrząstkozrostów i kościorostów.

Połączenia półściste – stawy płaskie – pomiędzy półścistymi – mała ruchomość a stawami podobna budowa.

Połączenia ruchome czyli stawy (połączenia maziowe) – w nich kości nie łączą się ze sobą, a stykają się powierzchniami stawowymi.

Połączenia kręgosłupa i czaszki

Staw szczytowo – potyliczny - kłykcie kości potylicznej i krąg szczytowy, staw kłykciowy ruchy pochylania i prostowanie głowy, 20 -30 ° , ruchy boczne 10 – 15 ° .
Staw szczytowo – obrotowy pośrodkowy - ząb kręgu obrotowego i łuk przedni kręgu szczytowego ruchy przeczenia – do 35 ° .

Połączenia kręgosłupa między trzonami kręgów za pośrednictwem krążków międzykręgowych – zbudowanych z dwóch części obwodowej – pierścień włóknisty i środkowej – jądro miażdżyste, wzmocnione przez więzadło ruchy pochylania i prostowanie głowy, 20 -30 ° , ruchy boczne 10 – 15 ° .
Połączenia wyrostków stawowych kręgów – półściste część szyjna – ustawienie wyrostków w płaszczyźnie pośredniej między czołową a strzałkową - ruchy boczne i obrotowe część piersiowa - ustawienie wyrostków w płaszczyźnie czołowej ruchy boczne część lędźwiowa - ustawienie wyrostków w płaszczyźnie strzałkowej – ruchy prostowania pochylania

Połączenia kręgosłupa z żebrami – półściste – stawy żebrowo-kręgowe - żebra i trzony i wyrostki poprzeczne kręgów piersiowych.

Połączenia mostka z żebrami - półściste – stawy mostkowo – żebrów – mostek i części chrzęstne żeber.

Połączenia pomiędzy kośćmi czaszki – chrząstkozrosty, ciemiączka, kościorosty – szwy prawdziwe – linia połączeń ząbkowana i szwy rzekome - linia połączeń prosta. Wklinowanie – więzozrost - osadzenie zęba w zębodole.

Staw skroniowo – żuchwowy – wyrostek kłykciowy żuchwy, dół żuchwowy kości skroniowej, krążek stawowy – staw zawiasowo – obrotowy – ruchy żucia, otwierania i zamykania ust (ruchy obrotowe), wysuwania i cofania żuchwy (ruchy saneczkowe).

Połączenia obręczy kończyny górnej

Staw barkowo-obojczykowy – staw półścisty – wyrostek barkowy łopatki i koniec barkowy obojczyka
Staw mostkowo-obojczykowy – staw półścisty – wcięcie obojczykowe mostka z obojczykiem

Połączenia kończyny górnej wolnej

Staw ramienny - staw kulisty – zagłębienie stawowe panewki i głowa kości ramiennej; ruchy odwodzenia (do 170 °) i przywodzenia; ruchy zgięcia do przodu (do 180 °) i do tyłu (do 50 °)
ruch obrotowy wewnętrzny (80 -90 °) i zewnętrzny (50-90 °).

Połączenia kończyny górnej wolnej

Staw łokciowy - staw zawiasowo - obrotowy – kłykieć kości ramiennej, głowa kości promieniowej i wcięcie bloczkowe kości łokciowej; ruchy zgięcia (130 - 140 °) i prostowania (do 180 °); ruch nawracania (60- 80 °) i odwracania (70 -85 °).

Staw promieniowo-nadgarstkowy - staw kłykiowy – powierzchnia stawowa dalszego końca kości promieniowej i szereg bliższy kości nadgarstka; ruchy odwodzenia promieniowego (20-30 °) i odwodzenia łokciowego (30-40°).

Staw śródnadgarstkowy – połączenie półściśle – pomiędzy bliższym i dalszym szeregiem kości nadgarstka.

Staw nadgarstkowo – śródreżne - połączenie półściśle - dalszy szereg kości nadgarstka i podstawy kości śródreżna, staw nadgarstkowo – śródreżny kciuka – staw siodełkowaty ruchy – odwodzenia i przywodzenia kciuka oraz przeciwstawiania (opozycji) oraz repozycji.

Staw śródreżno – palczkowe – stawy kuliste – głowy kości śródreżna i paliczki bliższe ruchy zginania (90 °) prostowania (180°) , odwodzenia od linii przebiegającej wzdłuż osi palca środkowego (przeciętnie 20°), mały palec do 60° przywodzenia.

Staw międzypalczkowe - stawy zawiasowe – powierzchnie stawowe pomiędzy sąsiednimi palczkami; ruchy zginania i prostowania palców.

Połączenia kończyny dolnej

Połączenia obręczy kończyny dolnej

Staw krzyżowo - biodrowy - połączenie półściśle – kości krzyżowe i biodrowe

Spojenie łonowe – chrząstkozrost – utworzony przez kości łonowe prawa i lewą

Połączenia kończyny dolnej wolnej

Staw biodrowy – staw panewkowy - panewka kości miednicznej i głowa kości udowej; ruch zgięcia do przodu (120 -130 °) i zgięcia do tyłu (10°); ruchy odwodzenia (50- 60 °) i przywodzenia ruch obrotowy wewnętrzny (20-35°) i zewnętrzny (30-50 °).

Staw kolanowy – staw zawiasowo – obrotowy – kłykieć kości udowej (głowa) i piszczelowej (panewka) oraz rzepkę, jama stawowa podzielona na piętra : wyższe i niższe przez krążek stawowy – zwany łąkotką – ruchy zginania (130°) i prostowania (180 °) – odbywa się w piętrze wyższym i przy zgiętym kolanie ruch obrotowy wewnętrzny (10 °) i zewnętrzny (40 °) – odbywa się w piętrze niższym.

Staw skokowo -goleniowy- staw zawiasowy– kostka boczna strzałki, kostka przyśrodkowa piszczeli, kość skokowa; ruchy zgięcia grzbietowego (20°) i zgięcia podszwowego(40°).

Staw skokowo - piętowy – staw obrotowy – kość skokowa i piętowa; ruchy odwracania (50°) i nawracania (40°)

Staw międzystępowe – przeważnie połączenia ściśle, między kośćmi stępu.

Staw stępowo-śródstopne- połączenie półściśle – pomiędzy kośćmi stępu i śródstopia.

Staw śródstopno – palczkowe – stawy kuliste – głowy kości śródstopia i paliczki bliższe palców; ruchy zginania, prostowania, odwodzenia od linii przebiegającej wzdłuż osi palca drugiego ,

przywodzenia, zakres ruchów jak w kończynie górnej.

Staw międzypalczkowe - stawy zawiasowe – powierzchnie stawowe pomiędzy sąsiednimi palcami; ruchy zginania i prostowania palców.

11. Anatomia układu mięśniowego. Fizjologia układu mięśniowo – szkieletowego

11.1. Anatomia układu mięśniowego /miologia/ podstawowe pojęcia

Mięśnie poprzecznie prążkowane – zbudowane są z tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej – są czynnymi narządami ruchu. Powodują przemieszczanie czyli zmianę pozycji poszczególnych części ciała wobec siebie np. chód. Powodują także ruchy odkształcenia – skurcz mięśni brzucha powodujący ucisk jelit.

Mięśnie poprzecznie prążkowane – dzielą się na szkieletowe – mające początek i przyczep do kości i mięśnie wyrazowe – skórne, mimiczne – mające przyczep do skóry.

W mięśniach poprzecznie prążkowany można wyróżnić początek – część mniej ruchoma, ścięgno początkowe, brzusiec oraz ścięgno końcowe przyczep – część mięśnia bardziej ruchoma. Ścięgno zbudowane jest z tkanki łącznej włóknistej zwartej, brzusiec z tkanki mięśniowej. Mięsień okryty jest z zewnątrz omięsną – tkanka łączna, a pomiędzy włóknami mięśniowymi omięsna wewnętrzna. Mięsień okryty jest z zewnątrz omięsną (namięsną) zbudowaną z tkanki łącznej, a pomiędzy włóknami mięśniowymi występuje omięsna wewnętrzna i śródmiesna.

Liczba mięśni – nie jest ściśle określona – podaje się ich liczbę na 450 – 500. Masa mięśni – 38% masy ciała – tj. przy 70 kg około 30 kg.

W zależności od ilości sarkoplazmy w stosunku do włókien kurczliwych wyróżniamy mięśnie czerwone (bogate w sarkoplazmę) – kurczą się wolniej, ale są bardziej odporne na zmęczenie i białe (ubogie w sarkoplazmę) – kurczą się szybciej, ale są mniej odporne na zmęczenie. Najciemniejsze mięśnie człowieka, najbardziej wytrzymałe na wysiłek to: serce, przepona i mięśnie gałki ocznej.

Klasyfikacja mięśni

Mięśnie klasyfikujemy w zależności: od kształtu – długie, krótkie, płaskie, zwieracze – okrężne pierścienie dookoła naturalnych otworów ciała; od ukierunkowania włókien w stosunku do ścięgna – wyróżniamy mięśnie - wrzecionowate, półpierzaste, pierzaste; od liczby ścięgien początkowych – dwu-, trój-, czworogłowy; od liczby stawów na które działa – jedno-, dwu-, wielostawowe

Wyróżniamy mięśnie synergistyczne czyli współdziałające przy wykonywaniu jakiegoś ruchu i antagonistyczne wykonujące czynność przeciwną.

11.1.1. Narządy pomocnicze mięśni

Narządami pomocniczymi mięśni są: powięzie, pochewki ścięgien, kaletki maziowe, bloczki mięśni, trzeszczki.

Powięzie – otaczająca mięśnie, grupy mięśni i cała mięśniówkę ciała, błony te zbudowane są z tkanki łącznej włóknistej zwartej ukształtowanej.

Kaletki maziowe – łącznotkankowe woreczki z substancją maziową występujące tam gdzie ścięgna mięśni trą o podłoże.

Pochewki ścięgien – należą do tego samego typu narządów pomocniczych co kaletki maziowe – są to kaletki obejmujące ścięgna, występują w postaci cewy w której przebiega ścięgno – zmniejszają tarcie, ułatwiają ślizganie się ścięgna na kości oraz przytrzymują je we właściwym położeniu w stosunku do kości.

Troczki – odmiana więzadeł pochewek, które przytrzymują przy kościach kilka ścięgien, które zmieniają swój kierunek.

Bloczki mięśni – urządzenie zmieniające kierunek przebiegu ścięgna, są to wyrostki kostne, oczka chrząstkowe lub pętelki ścięgniaste.

Trzeszczki – kostki ruchowe włączone w ścięgna, przerzucające się nad stawem – np. rzepka.

11.2. Unaczynienie i unerwienie mięśni

Naczynia tętnicze i żyłne są dobrze rozwinięte w mięśniach – tym bardziej im intensywniej pracuje dany mięsień. Do mięśnia zwykle wstępuje kilka gałązek tętniczych, której towarzysza zazwyczaj dwie żyły, końcowe części tętnic rozgałęziają się na naczynia włosowate, które gęsta siecią oplatają

włókna mięśniowe, ścięgna są słabo unaczynione. Naczynia chłonne – biegną obok naczyń krwionośnych zarówno w brzuchu jak i w ścięgnie.

Nerwy mięśni, zakończenia nerwowe w mięśniach można podzielić na ruchowe i czuciowe. Zakończenia ruchowe to płytka ruchowa i gronka końcowe (w mięśniach wykonujących skurcze toniczne – mięsień zwieracz zewnętrzny odbytu). Jednostka motoryczna to unerwiona przez jedną komórkę nerwową określona ilość włókien mięśniowych – od 10 -200 – im czynność mięśnia bardziej precyzyjna tym mniej włókien mięśniowych przypada na jedną komórkę nerwową. Zakończenia czuciowe to wrzecionka nerwowo- mięśniowe w mięśniach i wrzecionka nerwowo – ścięgniste w ścięgnach, służą do odbioru czucia proprioceptywnego czyli głębokiego.

11.3. Szczegółowa budowa mięśni

W zależności od przebiegu mięśni dzielimy je na: mięśnie grzbietu; mięśnie klatki piersiowej; mięśnie kończyny górnej; mięśnie brzucha i miednicy; mięśnie kończyny dolnej; mięśnie kończyny górnej

11.3.1. Mięśnie grzbietu

Mięśnie grzbietu dzielą się na mięśnie dochodzące do kończyny górnej i żeber. Wyróżniamy warstwę powierzchowną, do której należą – mięsień czworoboczny, mięsień najszerszy grzbietu oraz warstwę głęboką, do która tworzą – mięsień dźwigacz łopatki, mięsień równoległoboczny większy i mniejszy, mięśnie zębate tylne górny i dolny.

Czynność: ruchy barków i ramienia, ustalają kości obręczy kończyny górnej, działają jako pomocnicze mięśnie wdechowe. Unerwione przez splot szyjny, splot ramienny, n. międzyżebrowe, n. dodatkowy

11.3.2. Mięśnie klatki piersiowej

Mięśnie klatki piersiowej – dzielą się na trzy grupy: mięśnie powierzchowne, środkowe, mięśnie głębokie.

Mięśnie powierzchowne to: m. piersiowy większy, m. piersiowy mniejszy, m. zębaty przedni, m. podobojczykowy. Mięśnie te przyczepiają się do kości klatki piersiowej i do kości obręczy kończyny górnej.

Czynność – współdziałają w ruchach kończyny górnej, a przy ustalonej kończynie górnej są mięśniami pomocniczymi wdechowymi.

Unerwienie – n. piersiowy przyśrodkowy i boczny, n. piersiowy długi, n. podobojczykowy.

Mięśnie środkowe to: m. międzyżebrowe zewnętrzne i wewnętrzne, m. dźwigacze żeber – wypełniają przestrzeń międzyżebrową, uszczelniając jamę kl. piersiowej .

Czynność – działają jako mięśnie wdechowe.

Unerwienie – n. międzyżebrowe, które przebiegają pomiędzy nimi.

Mięśnie głębokie to: przepona i m. poprzeczny klatki piersiowej(szczątkowy).

Przepona – mięsień płaski, oddziela jamę klatki piersiowej od jamy brzusznej. Wyróżniamy w niej części – łędźwiową, żebrową i mostkową. Przyczep stanowi środek ścięgnisty przepony - ścięgno śródmięśniowe – o kształcie trójlistnej koniczyny.

W przeponie wyróżniamy otwory i szczeliny: rozwór przełykowy – przechodzi przez niego – aorta zstępująca, przewód chłonny piersiowy, n. przeponowy lewy; rozwór przełykowy - przechodzi przez niego – przełyk, n. błędny lewy na przedniej i n. błędny prawy na tylnej ścianie przełyku; otwór żyły głównej – przechodzi przez niego – żuła główna dolna i n. przeponowy prawy; szczeliny w części łędźwiowej przepony – przechodzą przez niego – pnie współczulne, n. trzewne większy i mniejszy; szczelina między częścią mostkowa i żebrową – tzw. trójkąt Lareya – przechodzą przez nie gałęzie t. piersiowej wewnętrznej; szczelina między częścią łędźwiową a żebrową przepony – tzw. otwór Bochdaleka – miejsce styku opłucnej z otrzewną

Czynność przepony — najsilniejszy mięsień wdechowy, sterowany przez autonomiczny ośrodek w rdzeniu przedłużonym, kurczy się 16 – 18 razy / minutę, u noworodka 40 razy / minutę. Bezdech trwa maksymalnie 2 minuty. 75% siły wdechowej. Współdziałają z nią m. międzyżebrowe

zewewnętrzne. A pomocniczymi mięśniami wdechowymi są – m. piersiowy większy i mniejszy, m. zębate przednie, m. pochyłe, m. najszerszy grzbietu.

Unerwienie – n. przeponowe i część n. międzyżebrowych.

Przepukliny przeponowe – najczęściej przepuklina rozwoju przełykowego.

11.3.3. Mięśnie kończyny górnej

Mięśnie kończyny górnej dzielimy na mięśnie obręczy kończyny górnej, mięśnie ramienia, mięśnie przedramienia, mięśnie ręki.

Mięśnie obręczy kończyny górnej rozpoczynają się na obojczyku i łopatce a przyczepiają się na kości ramiennej.

Wyróżniamy – m. podgrzebieniowy, m. nadgrzebieniowy, obły większy i mniejszy, m. podłopatkowy i m. naramienny.

Czynność – biorą udział we wszystkich ruchach w stawie ramiennym. Ograniczają przestrzeń zwana dołem pachowym – przez którą przebiegają naczynia i nerwy do kończyny górnej i znajdują się węzły chłonne pachowe.

Unerwienie – część nadobojczykowa splotu ramiennego.

Mięśnie ramienia dzielą się na grupę przednią i grupę tylną.

Grupa przednia – m. kruczo – ramienny, m. dwugłowy ramienia, m. ramienny.

Czynność - mięśnie grupy przedniej to zginacze.

Unerwienie – n. mięśniowo - skórny

Grupa tylna - m. trójgłowy ramienia, m. łokciowy.

Czynność – mięśnie grupy tylnej to prostownik.

Unerwienie – n. promieniowy

Mięśnie przedramienia - dzielą się na grupę przednią i tylną.

Grupa przednia – m. nawrotny obły, m. zginacz promieniowy nadgarstka, m. dłoniowy długi, m. zginacz łokciowy nadgarstka, m. zginacz powierzchowny i głęboki palców, m. dłoniowy długi, m. zginacz długi kciuka, m. nawrotny czworoboczny.

Czynność – mięśnie przedniej grupy przedramienia to zginacze.

Unerwienie – n. łokciowy i promieniowy

Grupa tylna – m. ramiennie – promieniowy, m. prostownik promieniowy długi i krótki nadgarstka, m. prostownik palców, m. prostownik palca małego, m. prostownik wskaziciela, m. m. prostownik długi i krótki kciuka, m. prostownik łokciowy i promieniowy nadgarstka, m. odwracacz i odwodziciel kciuka długi.

Czynność – mięśnie tylnej grupy przedramienia to prostowniki.

Unerwienie - n. promieniowy

Działają jako prostowniki lub zginacze w stawach: łokciowym, promieniowo-nadgarstkowym, międzypaliczkowych. Powodują także ruchy odwracania i nawracania ręki, a także odwodzenie łokciowe i promieniowe.

Mięśnie ręki – wyróżniamy grupy mięśni w obrębie ręki – m. kłębu, m. kłębika i m. środkowe ręki.

Mięśnie kłębu – tworzą wyniosłość poniżej i przyśrodkowo od kciuka – m. zginacz kciuka krótki, m. odwodziciel kciuka krótki, m. przeciwstawiacz kciuka, m. przywodziciel kciuka.

Mięśnie kłębika - tworzą wyniosłość poniżej palca piątego – m. odwodziciel palca małego, m. zginacz krótki palca małego, m. przeciwstawiacz palca małego, m. dłoniowy krótki.

Mięśnie środkowe ręki – m. glistowate – 4 mięśnie zginające w stawach śródrečno – palcowych, a prostujące w stawach międzypaliczkowych, m. międzykostne dłoniowe – 3 mięśnie i międzykostne grzbietowe – 4 mięśnie – odwodzące i przywodzące palce II, IV i V do palca III.

Czynność – zapewniają ruchomość palców ręki.

Unerwienie – n. pośrodkowy i n. łokciowy.

11.3.4. Mięśnie ściany brzucha

Mięśnie ściany brzucha dzielimy na m. podłużne i m. płaskie.

Mięśnie podłużne to m. prosty brzucha, m. czworoboczny lędźwi i m. piramidowy.

Mięsień prosty brzucha – przebiega od górnego brzegu spojenia łonowego do mostka i łuku żebrowego – przebiega w pochewce m. prostego brzucha – tworzy się z rozciągniętych m. płaskich, w dolnej części pochewki znajduje się m. piramidowy.

Mięsień czworoboczny lędźwi – wypełnia przestrzeń pomiędzy grzebieniem biodrowym, najniższym żebrzem i częścią lędźwiową kręgosłupa

Mięśnie płaskie – wypełniają przestrzeń pomiędzy mm podłużnymi, więzadłami pachwinowymi i łukami żebrowymi - m. skośny zewnętrzny brzucha, m. skośny wewnętrzny brzucha, m. poprzeczny brzucha.

Kanał pachwinowy – pierścień pachwinowy głęboki i powierzchowny – przepukliny pachwinowe

Kresa biała - pasmo tkanki łącznej włóknistej zbitej- powstałe w wyniku skrzyżowania rozciągniętych mm płaskich brzucha – przebiega od wyrostka mieczykowatego do spojenia łonowego, w jej połowie znajduje się pępek.

Czynność – spełniają rolę tłoczni brzuszna – jednoczesny skurcz mm podłużnych i płaskich brzucha – wzrost ciśnienia w jamie brzusznej – oddawanie kału, moczu i w czasie porodu, współpracują przy ruchach ciała

Unerwienie – nn. międzyżebrowe, n. biodrowo – podbrzuszy, n. biodrowo – pachwinowy i płciowo – udowy.

Mięśnie miednicy mniejszej – tworzą dwie przepony

Przepona miedniczna – m. dźwigacz odbytu, m. guzicze, m. zwieracz odbytu zewnętrzny.

Przepona moczowo- płciowa – zbudowana z dwóch warstw – głębokiej i powierzchownej.

Warstwę głęboką tworzą – m. poprzeczny krocza głęboki, m. zwieracz cewki moczowej.

Warstwę powierzchowną tworzą – m. poprzeczny krocza powierzchowny, m. kulszowo-jamisty, m. opuszkowo-gąbczasty.

Czynność – podtrzymują narządy miednicy mniejszej, biorą udział w oddawaniu stolca i moczu, biorą udział we wzwodzie prącia i łechtaczki, a także w wytrysku nasienia.

Unerwienie – n. sromowy i n. guziczny.

11.3.5. Mięśnie kończyny dolnej

Mięśnie kończyny dolnej dzielimy na **mięśnie obręczy kończyny dolnej, mięśnie uda, mięśnie goleni, mięśnie stopy.**

Mięśnie obręczy kończyny dolnej dzielimy na mięśnie wewnętrzne i zewnętrzne.

Mięśnie wewnętrzne to m. biodrowo-lędźwiowy i m. zasłaniacz wewnętrzny.

Mięśnie zewnętrzne to m. pośladkowy wielki, m. pośladkowy średni, m. pośladkowy mały, m. gruszkowaty, m. bliźniaczy górny i dolny, m. czworoboczny uda.

Czynność – współdziałają w ruchach w stawie biodrowym, odgrywają dużą rolę w utrzymaniu wyprostowanej budowy ciała.

Unerwienie – n. pośladkowy górny i dolny, gałęzie krótkie splotu krzyżowego

Mięśnie uda – najsilniejsze i największe objętościowo zgrupowanie mięśni w organizmie ludzkim.

Dzielą się na grupę przednią, tylną i przyśrodkową.

Grupa przednia – prostowniki – m. krawiecki, m. czworogłowy uda, m. stawowy kolana.

Czynność – prostują kończynę dolną w stawie kolanowym, współdziałają przy zgięciu w stawie biodrowym.

Unerwienie – n. udowy.

Grupa tylna – zginacze – m. dwugłowy uda, m. półścięgnisty, m. półbłoniasty.

Czynność – zginają kończynę dolną w stawie kolanowym, współdziałają przy zgięciu w stawie biodrowym.

Unerwienie – n. kulszowy.

Grupa przyśrodkowa – przywodziciele – m. przywodziciel wielki, m. grzebieniowy, m. przywodziciel długi i krótki, m. smukły, m. zasłaniacz zewnętrzny.

Czynność – przywodzą wstawie biodrowym.

Unerwienie – n. zasłonowy.

Mięśnie goleni – dzielą się na grupę przednią, tylną i boczną (strzałkową).

Grupa przednia – prostowniki – m. piszczelowy przedni, m. prostownik długi palców, m. prostownik długi palucha.

Czynność – powodują zgięcie grzbietowe stopy w stawie skokowo – goleniowym, współdziałają w ruchu odwracania stopy.

Unerwienie – n. strzałkowy głęboki.

Grupa tylna – zginacze – m. brzuchaty łydki, m. płaszczkowaty, m. piszczelowy tylny, m. zginacz długi palców, m. zginacz długi palucha.

Czynność – powodują zgięcie podeszwowe stopy w stawie skokowo – goleniowym, współdziałają w ruchu nawracania stopy, zginają palce.

Unerwienie – n. kulszowy.

Grupa boczna – strzałkowa – m. strzałkowy długi, m. strzałkowy krótki, m. przywodziciel długi i krótki, m. smukły, m. zasłaniacz zewnętrzny.

Czynność – nawracanie stopy.

Unerwienie – n. strzałkowy powierzchowny.

Mięśnie stopy – dzielimy na mięśnie grzbietu stopy, mięśnie podeszwy stopy.

Mięśnie grzbietu stopy – m. prostownik krótki palucha, m. prostownik krótki palców.

Czynność – prostują palce.

Unerwienie – n. strzałkowy głęboki.

Mięśnie podeszwy stopy – dzielimy na mięśnie palucha, mięśnie palca V, mięśnie grupy środkowej.

Mięśnie palucha – m. odwodziciel palucha, m. zginacz palucha, m. przywodziciel palucha.

Czynność – wynika z nazwy poszczególnych mięśni.

Unerwienie – n. podeszwowy przyśrodkowy.

Mięśnie palca V – m. odwodziciel palca małego, m. zginacz krótki palca małego.

Czynność – wynika z nazwy poszczególnych mięśni.

Unerwienie – n. podeszwowy boczny.

Mięśnie grupy środkowej – m. zginacz krótki palców, m. czworoboczny, m. podeszwowy, m. glistowate, m. międzykostne grzbietowe i podeszwowe.

Unerwienie – n. podeszwowy boczny I przyśrodkowy.

11.3.6. Mięśnie głowy

Mięśnie głowy – dzielimy na mięśnie wyrazowe, mięśnie żuciowe, mięśnie opisywane razem z narządami układu trawiennego i narządów zmysłu.

Mięśnie wyrazowe – to mięśnie sklepienia czaszki, mięśnie szpary powiekowej, mięśnie szpary ustnej, mięśnie nozdrzy i mięśnie małżowiny usznej.

Mięśnie sklepienia czaszki – m. potyliczny, m. czołowy – połączone czepcem ścięgnistym – m. naczasny.

Mięśnie szpary powiekowej – m. okrężny oka – część oczodołową, część powiekową, część łzową, m. marszczący brwi, m. podłużny.

Mięśnie szpary ustnej - m. czworoboczny wargi dolnej i górnej, m. trójkątny, m. śmiechowy, m. dźwigacz kata ust, m. policzkowy (m. trębaczy), m. okrężny ust.

Mięśnie nozdrzy – m. nosowy, m. obniżacz przegrody nosa

Mięśnie małżowiny usznej – m. uszny przedni, górny i tylny.

Czynność – wyrażają stany emocjonalne, powodują mruganie, pomagają w opróżnianiu woreczka łzowego.

Unerwienie – n. twarzowy.

Mięśnie żuciowe – m. żwaczowy, m. skroniowy, m. skrzydłowy boczny i przyśrodkowy.

Czynność – działają w czasie żucia (zwieranie żuchwy i szczęki, zamykanie ust, cofanie żuchwy, ruchy obrotowe) i artykulacji.

Unerwienie – trzecia gałąź n. trójdzielny – n. żuciowy

11.3.7. Mięśnie szyi

Mięśnie szyi dzielą się na mięśnie powierzchowne, mięśnie środkowe, mięśnie głębokie.

Mięśnie powierzchowne – m. mostkowo- obojczykowo – sutkowy, m. szeroki szyi.

Czynność – pochylanie, skręcanie, nadmierne prostowanie głowy, lub jako mięsień pomocniczy wdechowy, mięsień wyrazowy (m. szeroki szyi).

Unerwienie – splot szyjny, n. twarzowy, n. dodatkowy.

Mięśnie środkowe – mm. podgnykowe przebiegają między obręczą kg i kością gnykową – m.

mostkowo – gnykowy, łopatkowo- gnykowy, mostkowo – tarczowy, tarczowo – gnykowy, dźwigacz tarczycy.

Czynność – obniżanie k. gnykowej – w czasie połykania.

Unerwienie – splot szyjny (pętla szyjna).

Mięśnie głębokie - mm. nadgnykowe – przebiegają między k. gnykową a żuchwą i podstawa czaszki – m. dwubrzuścowy, m. rylcowo – gnykowy, m. żuchwowo – gnykowy, m. bródkowo – gnykowy.

Czynność – obniżanie żuchwy po ustaleniu k. gnykowej.

Unerwienie – n. językowo – gardłowy, n. trójdzielny, n. twarzowy.

Przestrzenie szyi – przednia, środkowa i tylna

Mięśnie głębokie szyi – m. długi szyi, m. długi głowy, mięśnie pochyle: przedni, środkowy i tylny.

Czynność – współdziałają przy ruchach głowy i szyi.

12. Fizjologia układu mięśniowo - szkieletowego

12.1. Synapsa nerwowo – mięśniowa

Synapsa nerwowo – mięśniowa – miejsce przejścia impulsu nerwowego z komórki nerwowej na inną komórkę - efektorową. Płytką ruchową – zbudowana z błony presynaptycznej (błona neuronu przylegająca do k. mięśniowej) – błona postsynaptyczna (błona komórkowa k. mięśniowej).

12.2. Czynność mięśni poprzecznie prążkowanych. Przewodnictwo nerwowo- mięśniowe

Czynność mięśni poprzecznie prążkowanych – mięsień poprzecznie prążkowany – tysiące miocytów poprzecznie prążkowanych – komórki mięśniowe poprzecznie prążkowane – włókna mięśniowe – nitki białek kurczliwych – miozyna m.cz. 460 000 – białko o dużej cząsteczce i aktyna (m.cz. 45 000)+ tropomiozyna (m.cz. 70 000)+ troponina (m.cz. 18 000 – 35 000) – białko o małej cząsteczce – cienkie nitki białek.

Czynność mięśni poprzecznie prążkowanych – skurcz mięśnia - mediator chemiczny – acetylocholina – pobudzenie błony komórkowej - depolaryzacja – aktywacja kanałów szybkiego dokomórkowego prądu jonów sodowych.

Skurcz mięśnia powoduje mediator chemiczny – acetylocholina – pobudzenie błony komórkowej - depolaryzacja – aktywacja kanałów szybkiego dokomórkowego prądu jonów sodowych – ze zbiorników siateczki sarkoplazmatycznej uwalniają się jony Ca^{++} - wiążą się z troponiną i zmniejszają jej hamujące działanie na aktyne – aktywne cz. aktyny wiążą się z miozyną – wyzwolana jest jej aktywność enzymatyczna – rozkład ATP do ADP i fosforanu – nitki tropomiozyny i aktyny wsuwają się pomiędzy cząsteczki miozyny –łączenie poprzez mostki – skracanie mięśnia - nasunięcie trwa dopóki wolne jony Ca^{++} są w miofibrylach – rozkurcz następuje gdy jony Ca^{++} wracają do zbiorników siateczki sarkoplazmatycznej – nitki wysuwają się.

Bodziec o sile progowej – komórka mięśniowa ulega depolaryzacji.

Bodziec o sile podprogowej – komórka mięśniowa nie ulega depolaryzacji.

Prawo „wszystko albo nic”- pod wpływem bodźca o sile progowej lub wyższej od progowej komórka mięśniowa odpowiada maksymalnie, nie odpowiada na bodźce podprogowe.

Depolaryzacja trwa – od 1 do 3 milisekund – błona komórkowa w tym czasie jest niewrażliwa – bezwzględna niewrażliwość – bezwzględna refrakcja.

Skurcz mięśnia szybko kurczącego się – trwa 7,5ms, wolno kurczącego się - do 100ms.

12.3. Skurcze pojedyncze i tężcowe

Skurcze izotoniczne – mięsień ulega skróceniu a jego napięcie nie zmienia się – przyczepy mięśni zблиżają się do siebie.

Skurcze izometryczne - mięsień nie zmienia długości, jego napięcie zmienia się.

Skurcze tężcowe – sumowanie skurczów pojedynczych występuje przy pewnej częstości bodźców – skurcze tężcowe zupełne – bodźce w odstępach krótszych niż czas trwania skurczu pojedynczego lub niezupełne - bodźce w odstępach dłuższych niż czas trwania skurczu pojedynczego, następuje częściowy rozkurcz mięśnia pomiędzy bodźcami.

Skurcz tężcowy izotoniczny - mięsień ulega skróceniu a jego napięcie nie zmienia się.

Skurcz tężcowy izometryczny - mięsień nie zmienia długości, jego napięcie zmienia się.

Skurcz aukstotoniczny – skurcz tężcowy - zблиżanie początków i przyczepów ze wzrostem napięcia – ruchy kończyn i ciała.

Optymalne rozciągnięcie – rozciągnięcie mięśnia przy którym mięsień kurczy się maksymalnie, przy dalszym rozciągnięciu mięsień kurczy się z mniejszą siłą.

Skurcz maksymalny – siła bodźca powodująca pobudzenie wszystkich komórek mięśniowych.

12.4. Jednostka motoryczna

Jednostka motoryczna – komórki mięśni poprzecznie prążkowane są pod kontrolą komórek nerwowych w jądrach ruchowych nerwów czaszkowych i nerwów rdzeniowych które - wysyłają aksony – wyrostki nerwowe

Jednostka motoryczna – jedna komórka nerwowa – akson – i wszystkie komórki mięśniowe przez nią unerwiane.

12.5. Przewodnictwo nerwowo-mięśniowe

Akson w pobliżu unerwionego włókna mięśniowego traci osłonkę mielinową i tworzy strukturę, zwana płytka ruchowa. Impuls nerwowy przesuwa się wzdłuż aksonu depolaryzując błonę presynaptyczną zakończeń aksonu. Pod wpływem depolaryzacji otwiera się do przestrzeni synaptycznej pewna liczba receptorów synaptycznych, z których uwalnia się acetylocholina - ACh. Uwolniona do przestrzeni synaptycznej ACh wiąże się z receptorem w błonie postsynaptycznej. Jony Na^+ wnikają do wnętrza komórki mięśniowej i błona komórkowa w miejscu zetknięcia się z płytka ruchowa zostaje zdepolaryzowana. Potencjał płytki ruchowej rozchodzi się wzdłuż komórki mięśniowej depolaryzując jej błonę komórkową a następnie błonę siateczki sarkoplazmatycznej. Wyzwalany jest mechanizm nasuwania się białek kurczliwych, czego końcowym efektem jest skurcz mięśnia.

Receptory w błonie postsynaptycznej wiążące się z ACh mogą być zablokowane przez związki wprowadzone do organizmu z zewnątrz, np. przez kurare. W czasie działania kurary ACh wydzielona do przestrzeni synaptycznej nie łączy się z receptorem i nie wywołuje depolaryzacji błony postsynaptycznej. Przewodzenie nerwowo-mięśniowe jest zablokowane.

W błonie postsynaptycznej znajduje się enzym rozkładający ACh uwolnioną do przestrzeni synaptycznej, którym jest esteraza cholinowa - AChE, rozkładająca acetylocholinę na cholinę i kwas octowy. Związki hamujące działanie esterazy cholinowej inhibitorów esterazy cholinowej - zwiększają wrażliwość błony postsynaptycznej na działanie ACh. Mniejsza liczba cząsteczek ACh jest w stanie zdepolaryzować błonę postsynaptyczną i tym samym wywołać skurcz włókna mięśniowego.

Jony wapniowe i magnezowe oddziałują również na przewodnictwo nerwowo-mięśniowe. Ca^{2+} jest niezbędny w procesie przewodzenia przez synapsę nerwowo-mięśniową. Ułatwia on uwalnianie cząsteczek ACh z płytki ruchowej do przestrzeni synaptycznej. Mg^{2+} ma zaś działanie przeciwne, hamuje uwalnianie ACh.

12.6. Regulacja napięcia mięśniowego

Regulacja napięcia mięśniowego odbywa się poprzez komórki nerwowe – neurony skupione w jądrach ruchowych nerwów czaszkowych i nerwów rdzeniowych – stale wysyłają impulsy do komórek mięśni poprzecznie prążkowanych – stałe napięcie mięśniowe – słaby skurcz tężowy izometryczny.

W mięśniach poprzecznie prążkowanych – występują komórki ekstrasfuzalne i intrafuzalne.

Komórki ekstrasfuzalne – jednolita budowa na całej długości, skupione w pęczki, oba końce przyłączone do ścięgien.

Komórki intrafuzalne – w części środkowej nie mają prążkowania poprzecznego – są skupione w pęczki – tworząc wrzecionka mięśniowe – przyłączają się one do komórek ekstrasfuzalnych – receptory wrażliwe na rozciąganie. Receptory pobudzone we wrzecionkach na skutek rozciągania wysyłają impulsy do neuronów skupionych w jądrach ruchowych nerwów czaszkowych i nerwów rdzeniowych – a pobudzone neurony wysyłają impulsy do komórek ekstrasfuzalnych i kurczą je.

Skurcz izotoniczny komórek ekstrasfuzalnych powoduje zmniejszenie pobudliwości receptorów we wrzecionkach - spadek napięcia. **Skurcz izometryczny** powoduje odwrotną reakcję.

Impulsy krążące po zamkniętej pętli mięśniowo - nerwowej utrzymują samoregulację napięcia mięśni poprzecznie prążkowanych.

12.7. Postawa ciała i chód

Człowiek jest dwunożny.

Korzyści - możliwość wykorzystania kończyn górnych do innych celów, większa szybkość ruchów.

Konsekwencje - zmiany w statyce i dynamice, przyrost wysokości, pełny wyprost w stawach biodrowych i kolanowych, zmniejszenie powierzchni oparcia, uniesienie środka ciężkości i zmniejszenie stabilności równowagi ciała i znaczne obciążenie miednicy stóp.

Postawa pionowa – prowadzi do rozwoju – m. prostowników grzbietu, m. pochyłych, m. prostych brzucha, m. czworogłowych, m. dwugłowych uda.

Chód – zespół ruchów automatycznych i rytmicznych, w których przemieszczenie ciała w przestrzenie osiąga się naprzemiennym ruchem kończyn dolnych, przy czym przy wszystkich fazach tego ruchu ciało opiera się na jednej nodze, w przypadku nie spełnienia tego warunku mówimy o biegu.

Ruch postępowy – następuje dzięki ruchom zginania i prostowania kończyn dolnych w stawach biodrowych i kolanowych.

Fazy chodu

Podporowa – udo i goleń ustawione pionowo, stopa poziomo, k. dolna pełni funkcję filaru podpierającego.

Wylotowa - wysunięcie k. dolnej do przodu na skutek zgięcia w stawie biodrowym i kolanowym, a wyprostowaniu w stawie skokowo-goleniowym. Cały wysiętek jest skierowany na uniesienie kończyny, a fazę kończy opadnięcie stopy na piętę.

Naciskowa – na oparta piętę nasuwa się ciężar ciała, następuje wyprostowanie w stawie biodrowym i kolanowym oraz silne zgięcie w stawie skokowo – goleniowym, co powoduje odepchnięcie się palcami do tyłu i ukierunkowane do przodu wywarcie ciśnienia na obręczy k. dolnej. Bezpośrednim następstwem tego jest zachwianie równowagi ciała, i niebezpieczeństwo upadku ku przodowi, zapobiega temu wysunięcie drugiej k. dolnej do przodu – cykl ruch zaczyna się od nowa.

12.8. Czynność mięśni gładkich

Mięśnie gładkie występujące w organizmie dzieli się na dwie zasadnicze grupy różniące się pod względem czynnościowym. Komórki mięśniowe gładkie występujące w ścianach przewodu pokarmowego, w moczowodach, w pęcherzu moczowym i w macicy tworzą trzewne mięśnie gładkie. Pobudzenie w tych mięśniach przenosi się z jednej komórki mięśniowej na drugą. W ścianach naczyń krwionośnych i w tętnicach występują wielojednostkowe mięśnie gładkie. Komórki w tych mięśniach kurczą się niezależnie od siebie i pobudzenie nie przenosi się z jednej komórki na drugą.

Komórki trzewnych mięśni gładkich wykazują zmiany napięcia i skurcze. Podprogowe zmiany polaryzacji błony komórkowej powodują zmiany napięcia mięśni gładkich. Pobudzenie komórek tych mięśni wyraża się potencjałem czynnościowym trwającym około 50 ms, skurczem osiągniętym swój szczyt po 500 ms i długotrwałym rozkurczem, często przechodzącym w stan przedłużonego wzmożonego napięcia.

Podobnie jak w komórkach mięśniowych poprzecznie prążkowanych, skurcz komórek mięśni gładkich wywołują jony Ca^{2+} , przechodzące w czasie depolaryzacji błony komórkowej z płynu zewnątrzkomórkowego do wnętrza komórek. W komórkach mięśni gładkich jony Ca^{2+} wiązane są przez białko - kalmodulinę, która jest odpowiednikiem troponiny w komórkach mięśniowych poprzecznie prążkowanych.

Komórki mięśni gładkich są unerwione przez neurony zwojowe należące do autonomicznego układu nerwowego. W przeciwieństwie do mięśni poprzecznie prążkowanych unerwienie to ma najczęściej charakter modulujący, nie zaś wywołujący skurcze mięśni gładkich. Działanie acetylocholin wydzielanej na zakończeniach neuronów zwojowych części przewspółczulnej jest antagonistyczne w stosunku do działania noradrenalin wydzielanej na zakończeniach neuronów zwojowych części współczulnej autonomicznego układu nerwowego. Skurcz występuje pod wpływem jonów Ca^{2+} wnikających do wnętrza komórek mięśni gładkich po związaniu się z odpowiednimi receptorami w ich błonie komórkowej mediatorów układu autonomicznego. Skurcz lub rozkurcz mięśni gładkich jest wypadkową działania na nie antagonistycznych mediatorów. Noradrenalina wydzielona z zakończeń neuronów zwojowych współczulnych wywołuje skurcz mięśni gładkich większości naczyń krwionośnych, rozkurcza natomiast mięśnie gładkie w ścianie przewodu pokarmowego. Acetylocholina w stosunku do tych samych mięśni gładkich ma działanie przeciwne.

Mięśnie gładkie są nie tylko wrażliwe na acetylocholinę i noradrenalinę, wydzielane z zakończeń komórek nerwowych układu autonomicznego, ale również kurczą się lub rozkurczają pod wpływem związków chemicznych krążących we krwi i w płynach ustrojowych, do których należą mediatory i modulatory synaptyczne oraz hormony.

13. Anatomia układu krążenia. Rola układu krążenia

Rolą układu krążenia jest rozprowadzanie w obrębie organizmu do prawie wszystkich jego komórek wchłoniętych składników budulcowych, energetycznych, tlenu, hormonów, a odprowadzaniu z tych komórek dwutlenku węgla i produktów przemiany materii. Odgrywa także ważną rolę w powstawaniu i utrzymaniu odporności.

Do układu krążenia należą krew, serce, naczynia krwionośne. Układ krążenia to „zamknięty system rurek”, krążąca w nim krew nie opuszcza w warunkach fizjologicznych naczyń, wyjątek stanowi śledziona i łożysko.

13.1. Krew

Krew powstaje z mezenchymy. Jest to jedyna tkanka płynna, odgraniczona przez jedną warstwę komórek - śródbłonek naczyń - od reszty organizmu. Objętość krwi wypełniającej całe łożysko to 1/13 do 1/20 masy ciała, to jest 5 litrów. Krew zawiera elementy morfotyczne komórki krwi i część płynną, czyli osocze. Elementy morfotyczne to – krwinki czerwone, krwinki białe oraz płytki krwi. Powstają w szpiku kostnym czerwonym, a limfocyty powstają także w grasicy, węzłach chłonnych, w grudkach chłonnych i śledzionie. Wszystkie komórki szpiku kostnego czerwonego – należą do jednej z trzech pul: puli komórek macierzystych - hematoblasty – komórki pnia, inaczej puli komórek mnożących się, puli komórek dojrzewających, puli rezerwy szpikowej. Każda z pul pełni określoną funkcję.

13.1.1. Krwinki czerwone

Cykl powstawania krwinki czerwonej od hematoblasta do erytrocyta trwa 5 dni i jest pod stałym wpływem erytropoetyny, która powstaje z globuliny osocza (wytwarzanej przez wątrobę) na którą działa nerkowy czynnik erytropoetyczny (REF).

Rozwój krwinek czerwonych wiąże się z syntezą hemoglobiny, która stopniowo wypełnia całą komórkę, co wiąże się ostatecznie z utratą jądra przez erytrocyt. Do podziałów jest konieczna – witamina B12, kwas foliowy. Erytrocyty mają średnicę 7,5 μm , grubość 1,8 – 2,4 μm . Krążą we krwi 120 dni, czas ich połowicznego rozpadu wynosi 28 dni. Mają kształt dwuwklęsłego dysku co o 1/3 zwiększa ich powierzchnię. Nie zawierają jądra. Wykazują się dużą wrażliwością na stężenie NaCl. Izotonia stan przy stężeniu 0,9% NaCl. Hipertonia stan przy stężeniu większym od 0,9% NaCl – woda wydostaje się na zewnątrz krwinki – powodując jej obkurczanie się. Hipotonia stan przy stężeniu mniejszym od 0,9% NaCl – woda dostaje się do wnętrza krwinki powodując jej pęknięcia - hemolizę.

Ewolucja erytrocytów – po 120 dniach erytrocyty ulegają rozpadowi w układzie siateczkowo – śródbłonkowym wątroby i śledziony. Hemoglobina jest uwalniana na zewnątrz. Z łańcuchów polipeptydowych uwalniane są aminokwasy, hem jest zamieniany na biliwerdynę i bilirubinę, a żelazo powraca do osocza i jest ponownie wykorzystywane do syntezy hemoglobiny.

Hemoglobina

W krwinkach czerwonych występuje barwnik hemoglobina (Hb) w ilości 0.34 kg/kg krwinek. Hemoglobina jest białkiem o masie cząsteczkowej 64 500, składającym się z 4 łańcuchów polipeptydowych. Każdy z tych łańcuchów połączony jest z jedną cząsteczką hemu. U ludzi dorosłych 0.97 kg/kg stanowi hemoglobina A1, 0.025 kg/kg hemoglobina A2, i około 0.005 kg/kg hemoglobina płodowa F - HbF. W skład hemoglobin A1, wchodzi 2 łańcuchy polipeptydowe typu α , zawierające po 141 aminokwasów, i 2 łańcuchy typu β , z których każdy ma 146 aminokwasów. HbA₂ ma 2 łańcuchy α i 2 łańcuchy σ , a HbF ma 2 łańcuchy α i 2 łańcuchy ν . Każda z czterech cząsteczek hemu, zawierająca atom żelaza dwuwartościowego Fe²⁺, wiąże się z jedną cząsteczką tlenu tworząc hemoglobinę związaną z tlenem, czyli oksyhemoglobinę Hb₄O₈.

Stopień wysycenia hemoglobiny tlenem, czyli równowaga pomiędzy wiązaniem hemoglobiny z tlenem i uwalnianiem O₂ z oksyhemoglobiny, zależy od ciśnienia parcjalnego tlenu i dwutlenku węgla, od temperatury krwi oraz od stężenia jonów wodorowych we krwi.

Wraz ze wzrostem przężności tlenu we krwi wzrasta wysycenie hemoglobiny tlenem. Przy przężności tlenu we krwi, odpowiadającej 12.6 kPa już 0.975 kg/kg hemoglobiny jest całkowicie wysyczone tlenem (ciśnienie parcjalne O₂ w powietrzu wdychanym wynosi 21 kPa).

Wzrost preżności dwutlenku węgla we krwi zmniejsza stopień wysycenia hemoglobiny tlenem. Wzrost stężenia wolnych jonów wodorowych we krwi również zmniejsza stopień wysycenia hemoglobiny tlenem. We krwi w naczyniach włosowatych płucnych prawie cała hemoglobina zostaje wysyciona tlenem.

Zasadnicza rola hemoglobiny jest jej udział w postaci oksyhemoglobiny (Hb_4O_g) w transporcie tlenu z płuc do tkanek, jest ponadto magazynem tlenu - tlen związany z hemoglobiną i mioglobiną. Transportuje ona w pewnym stopniu również dwutlenek węgla z tkanek do płuc. Pod wpływem związków utleniających dwuwartościowy atom żelaza Fe^{2+} w cząsteczce hemu zmienia się w trójwartościowy Fe^{3+} , tworząc methemoglobinę. Nie ma ona zdolności transportu O_2 , czyli jego wiązania i uwalniania. Tlenek węgla - CO, jest związkiem współzawodniczącym z tlenem przy wiązaniu się z hemoglobiną. Ma on prawie 200 razy większe powinowactwo do Hb i wypiera O_2 z oksyhemoglobiny, zajmując jego miejsce i tworząc karboksyhemoglobinę.

13.1.2. Krwinki białe

Krwinki białe powstają w szpiku kostnym czerwonym z komórek macierzystych szpiku, czyli z hemocytoblastów (komórek pnia). W procesie granulocytopoezy w wyniku podziałów komórkowych z części hemocytoblastów tworzą się mieloblasty, tj. najmłodsze komórki układu granulocytowego. Mieloblast i następne dwa jego pokolenia stanowią pulę komórek dzielących się. Charakteryzują się one zdolnością do podziału mitotycznego i jednoczesnego przekształcania się w komórki bardziej dojrzałe, tj. w mielocyty. Dalszy etap rozwoju komórek układu granulocytowego stanowi dojrzewanie bez podziału mitotycznego. Komórki te należą do puli komórek dojrzewających i rezerwy szpikowej. Łączny czas, potrzebny na przejście hemocytoblastu poprzez wszystkie etapy podziału, różnicowania i dojrzewania do postaci granulocytu segmentowego, wynosi średnio około 8-11 dni. Do krwi uwalniane są granulocyty segmentowane – jądro ma 2-5 płatów.

Krwinki białe (leukocyty) znajdują się we krwi obwodowej w liczbie około $7.5 \times 10^9/l$ (7500 w 1 mm^3) krwi. Jako granice fizjologiczne przyjęto wartości od 4 do $10 \times 10^9/l$ krwinek białych w 1 litrze krwi obwodowej (od 4000 do 10.000 w 1 mm^3). Średnica krwinek białych wynosi od 3 do 20 mikrometrów. Zwiększenie liczby krwinek białych nosi nazwę leukocytozy, a zmniejszenie - leukopenii. Ogólną cechą krwinek białych jest zdolność do ruchu pęłzakowatego i zdolność do fagocytozy.

Granulocyty dzielą się na: granulocyty obojętnochłonne – ziarnistości obojętnochłonne – 60% wszystkich, granulocyty kwasochłonne – ziarnistości kwasochłonne – 3% wszystkich, granulocyty zasadochłonne – ziarnistości zasadochłonne – 0,5% wszystkich. Czas krążenia granulocytów we krwi obwodowej wynosi od kilku do kilkunastu godzin. Po przejściu przez ścianę naczynia – diapedeza – do tkanek pozostają już poza krążeniem.

Pule granulocytów – pula swobodnie krążących (mniej niż 50%) i pula przyściennych granulocytów (więcej niż 50%). Wysięk fizyczny i wyrzut hormonów kory nadnerczy powoduje, że pula krążących leukocytów zwiększa się poprzez przesunięcie ich z puli przyściennej. Całkowitą pulę granulocytów zwiększają: toksyny bakteryjne lub czynniki uwalniane przez same granulocyty, skutkuje to kilkukrotnym jej zwiększeniem. W ciągu kilku godzin liczba granulocytów we krwi obwodowej może zwiększyć się kilkakrotnie.

Granulocyty obojętnochłonne utrzymują równowagę pomiędzy makroorganizmem a drobnoustrojami, których inwazja do środowiska wewnętrznego organizmu jest powstrzymywana przez całe życie człowieka. Granulocyty obojętnochłonne realizują to dzięki – właściwością chemotaksji, fagocytozy i diapedezy. Ponadto granulocyty obojętnochłonne – mają zdolność reakcji degranulacji i oddychania wybuchowego. Granulocyty kwasochłonne wykazują te same właściwości chemotaksji, diapedezy i fagocytozy co granulocyty obojętnochłonne. Rola ich jest niszczenie obcych białek, a ich zwiększona ilość występuje w chorobach alergicznych i pasożytniczych. Granulocyty zasadochłonne mają mniej wyrażoną zdolność chemotaksji, diapedezy i fagocytozy. A ich zasadnicza rola jest- wzdzielanie heparyny, która powstrzymuje krzepnięcie krwi.

Limfocyty wytwarzane są w szpiku kostnym czerwonym w komórkach pnia. Po przejściu do krwi krążącej limfocyty dostają się do grasicy oraz grudek chłonnych i węzłów chłonnych, gdzie dojrzewają i różnicują się. Limfocyty powstają także w czerwonym szpiku kostnym, węzłach chłonnych, śledzionie, grasicy i grudkach chłonnych przewodu pokarmowego. Wymienione narządy wraz z naczyniami chłonnymi stanowią tzw. układ limfoidalny, w którym limfocyty krążą pomiędzy krwią i tkankami. Część limfocytów wytwarzanych w szpiku kostnym, kolejno przechodzi

do grasicv i węzłów chłonnych, gdzie dzielą się, dojrzewają i zmieniają w limfocyty T. Pozostałe limfocyty powstające w szpiku kostnym kolejno zatrzymują się w grudkach chłonnych przewodu pokarmowego i węzłach chłonnych. Tam dzielą się, dojrzewają i przekształcają w limfocyty B. Limfocyty T grasiczozależne odpowiedzialne za odpowiedź immunologiczną typu komórkowego, na antygen zawarty w komórkach. Działają poprzez wydzielanie polipeptydowych przekazywaczy humoralnych - cytokin, interleukin, interferonu. Limfocyty T, w związku z ich zróżnicowaną rolą, dzielą się na pięć typów limfocyty T_H, limfocyty T_S, limfocyty T_A, limfocyty T_D i limfocyty T_C. Limfocyty T_H, czyli pomagające, przyspieszają rozwój limfocytów B i wytwarzanie immunoglobulin przez te limfocyty. Limfocyty T_S, czyli tłumiące, mają działanie przeciwne - tłumią aktywność limfocytów T_H. Limfocyty T_A, czyli wzmacniające, różnicują się w kierunku limfocytów T_H lub T_S, tym samym pośrednio pomagają lub tłumią rozwój limfocytów B. Limfocyty T_D, czyli opóźnionej nadwrażliwości, aktywują duże komórki żerne, limfocyty T_C zaś, czyli cytotoksyczne, niszczą obce komórki, tkanki i narządy (np. narządy przeszczepione). **Komórki NK – naturalni niszczyciele – wśród grup mogą znajdować się podgrupy – niszczą komórki w których są wirusy i komórki nowotworowe – perforyna – uszkadza błonę komórkową.**

Limfocyty B szpikozależne odpowiadają za odpowiedź humoralną. W strefie podtorebkowej węzłów chłonnych przekształcają się w komórki plazmatyczne, które syntetyzują immunoglobuliny. Monocyty powstają w szpiku kostnym czerwonym, a ich komórka macierzysta jest hemocytoblast, z którego pochodzi monoblast, różniący się w promocyty i monocyty uwalniany do krwi krążącej. We krwi krążącej monocyty pozostają przez pewien okres, po czym dzięki diapedezie przechodzą do tkanek. Monocyty pozostają w krążeniu 8 – 72 godzin, pula monocytów przewodziennych 3x większa od swobodnie krążących. Po przejściu z krwi do tkanek stają się makrofagami. Szybko poruszają się ruchem amebowym do miejsc uszkodzonych i wykazują zdolności żerne. Pochłaniają znaczne ilości bakterii i fragmenty martwych tkanek. Zawierają liczne enzymy, między innymi lipazę i dzięki jej obecności mogą trawić bakterie mające otoczki lipidowe. Wykazują funkcje w zależności od tkanki do której przeszły np.: makrofagi pecherzkowe w pecherzku płucnym, komórki siateczkowo-śródbłonkowe gwiaździste w wątrobie, komórki kościogubne czyli osteoklasty w kościach i torebkach stawowych.

13.1.3. Płytki krwi

Ze szpiku kostnego czerwonego pochodzą również płytki krwi - trombocyty. Część hemocytoblastów przekształca się w megakarioblasty, te zaś w megakariocyty. Fragmenty cytoplazmy megakariocytów w postaci płytek krwi uwalniane są do krwi krążącej. W 1 l krwi jest ich 250×10^9 (od $140 - 440 \times 10^9$). Krażą we krwi od 8 do 10 dni. Są to najmniejsze elementy morfotyczne krwi o średnicy od 2 do 4 μm . Zatrzymywane w śledzionie, gdzie rozpadają się. Zawierają duże ilości serotoniny (5-hydroksytryptaminy) i tromboksanu oraz niewielkie ilości noradrenaliny, adrenaliny i histaminy. Uczestniczą w hemostazie – w miejscu uszkodzenia śródbłonka naczyń i odślonieciu warstwy naczynia krwionośnego przylepiają się i tworzą czop - zamkając mechanicznie miejsce uszkodzenia. Rozpoznają poprzez receptory białka w warstwie podśródbłonkowej - kolagen, fibronektynę, trombospandynę, witronektynę, czynnik von Willebranda i lamininę – uwalniając ze swych ziarnistości cytoplazmatycznych liczne czynniki, które sprzyjają dalszej agregacji. Po zlepianiu się płytek dochodzi do ich rozpadu i uwolnienia z wnętrza serotoniny i tromboksanu, które zężają światło naczyń krwionośnych oraz do uwolnienia fosfolipidów, czyli czynników płytkowych, biorących udział w krzepnięciu krwi.

13.1.4. Osocze krwi

Osocze krwi należy do płynu zewnątrzkomórkowego i zawiera składniki nieorganiczne i organiczne. Składniki nieorganiczne dzielą się na kationy i aniony. Wśród kationów najwięcej jest jonów sodowych i potasowych. Wśród anionów zaś najliczniejsze są jony chlorkowe i węglanowe. Składniki organiczne osocza dzielą się na: białka osocza, składniki pozabiałkowe osocza z resztą azotową i bez niej oraz na lipidy osocza. Od prawidłowego składu osocza zależy pobudliwość komórek, a więc właściwości błony komórkowej i metabolizm wewnątrzkomórkowy. Szczególne znaczenie ma stosunek jonów sodowych do potasowych. Wzrost stężenia jonów potasowych w osoczu krwi może spowodować utratę pobudliwości przez komórki nerwowe i mięśniowe, a zwłaszcza komórki mięśnia sercowego.

W tkankach organizmu stale wytwarzane są kwasy, takie jak: węglowy, mlekowy, moczowy i inne, dostające się do krwi. W czasie pracy mięśni szkieletowych ilość tworzących się kwasów w organizmie znacznie wzrasta.

Utrzymanie równowagi kwasowo-zasadowej zależy przede wszystkim od właściwości buforowych krwi, które wiążą się z obecnością we krwi:

buforu wodorowęglanowego: $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$

buforu fosforanowego: $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$

W utrzymaniu stałego stężenia jonów wodorowych we krwi biorą również udział białka osocza i krwinki czerwone. Białka osocza mają zdolność do wiązania zarówno kwasów, jak i zasad. Przez otoczki krwinek czerwonych przechodzą swobodnie aniony zwłaszcza aniony Cl^- , wyrównując stężenie jonów wodorowych w osoczu.

Białka osocza osiągają stężenie 70- 75 g / 1l, dzielą się na trzy albuminy, globuliny, fibrynogen.

Albuminy, są wytwarzane w wątrobie, ich podstawową funkcją jest wiązanie wody. Dzięki temu wywierają ciśnienie kolido-osmotyczne, czyli onkotyczne około 3,3 kPa. Przez co woda z przestrzeni zewnątrzkomórkowych wraca do naczyń krwionośnych. Pełnią też funkcje nośnika dla związków drobnocząsteczkowych np. hormonów.

Globuliny to: mukoproteiny i glikoproteiny – połączenie białka z węglowodanami, lipoproteiny – połączenie białka z lipidami, globuliny – wiążące jony metali - transferytyna- wiąże Fe i ceruloplazmina wiążąca Cu, γ – globuliny, czyli immunoglobuliny, które dzielą się na: immunoglobuliny G – IgG, immunoglobuliny A– IgA, immunoglobuliny M – IgM, immunoglobuliny D– IgD, immunoglobuliny E – IgE. γ – globuliny są wytwarzane w węzłach chłonnych, a pozostałe w wątrobie. Ich rola jest inaktywacja antygenów

Fibrynogen, czyli włóknik, jest białkiem o dużej masie cząsteczkowej (około 340 000) i znacznie wydłużonej cząsteczce. Wytwarzany w wątrobie, ma okres połowicznego rozpadu – 4 dni, zbudowany z dwóch podjednostek, każda podjednostka zbudowana jest z trzech łańcuchów polipeptydowych. W osoczu występuje w formie nieaktywnej. Bierze udział w trzeciej fazie krzepnięcia krwi. Pod wpływem trombiny - II aktywnego czynnika krzepnięcia krwi, hydrofilny fibrynogen zamienia się na hydrofobną fibrinę, która tworzy sieć włókien w powstającym skrzepie.

Do składników organicznych pozabiałkowych osocza należą: węglowodany, produkty przemiany białkowej, produkty przemiany hemu oraz inne produkty organiczne przemiany wewnątrzkomórkowej.

We krwi występuje stale glukoza i kwas mlekowy, który jest końcowym produktem glikolizy w fazie beztlenowej.

Aminokwasy są najważniejszym produktem przemiany białkowej. Wchłaniane są z przewodu pokarmowego oraz uwalniane do krwi w tkankach w wyniku proteolizy. We krwi występuje amoniak, który powstaje w tkankach jako produkt dezaminacji aminokwasów. Komórki wątrobowe wychwytyają amoniak we krwi, syntetyzują z niego mocznik i wydzielają go do krwi.

W osoczu stale znajdują się produkty katabolizmu hemu: bilirubina i urobilinogen.

Produktami katabolizmu wewnątrzkomórkowego występującymi stale we krwi są kwas moczowy i kreatynina. Kwas moczowy jest jednym z końcowych produktów katabolizmu kwasu dezoksyrybonukleinowego - DNA i kwasu rybonukleinowego - RNA. Kreatynina powstaje w komórkach mięśniowych z kreatyny.

Zawartość lipidów w osoczu wynosi od 5 do 8 g/l osocza. W ich skład wchodzi: cholesterol, fosfolipidy, trójglicerydy, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (A, D, E i K), hormony steroidowe i wolne kwasy tłuszczowe - FFA. Lipidy we krwi, poza FFA, są związane z białkiem osocza, tworząc lipoproteiny. W czasie trawienia i wchłaniania tłuszczów z przewodu pokarmowego cząsteczki trójglicerydów kondensują się w komórkach nabłonka jelita, a następnie w naczyniach limfatycznych jelit, tworząc tzw. chylomikrony, które dostają się do krwi. Lipoproteiny osocza dzielą się na: chylomikrony, lipoproteiny o bardzo małej gęstości - VLDL, lipoproteiny o pośredniej gęstości – IDL, lipoproteiny o małej gęstości - LDL, lipoproteiny o dużej gęstości - HDL. Zasadniczą funkcją lipoprotein osocza jest transport cholesterolu, fosfolipidów, trójglicerydów, witamin i hormonów steroidowych. Cząsteczki białka są nośnikiem dla tych substancji lipidowych,

13.1.5. Grupy krwi

W otoczce krwinek czerwonych znajdują się cząsteczki polisacharydów stanowiące antygeny grupowe, czyli aglutynogeny A, B i O. Na podstawie występowania aglutynogenów w otoczkach krwinek czerwonych został dokonany podział na cztery główne grupy krwi: A, B, AB i O. U ludzi, u których aglutynogen A znajduje się w otoczce krwinek czerwonych, w osoczu występuje izohemoaglutynina anty-B czyli beta. W grupie B w osoczu występuje izohemoaglutynina anty-A, czyli alfa. W grupie AB oba aglutynogeny A i B znajdują się w otoczce krwinek, a osocze wolne jest od izohemoaglutynin. Antygen O jest bardzo słabym antygenem. W związku z tym osocza wszystkich krwi nie posiadają zazwyczaj izohemoaglutynin skierowanej przeciwko antygenowi O. Natomiast w osoczu grupy O znajdują się izohemoaglutyniny anty-B, czyli beta i anty-A czyli alfa. Antygen A nie jest jednorodny, dzieli się na A₁ i A₂, dlatego w praktyce wyróżnia się sześć grup krwi: A₁, A₂, B, A₁B, A₂B i O. Niezależnie od podziału krwi na sześć grup, opartym na występowaniu antygenów A, B i O, istnieje podział na dwie grupy: Rh-dodatnia i Rh-ujemna. W otoczce krwinek czerwonych ludzi z grupą Rh-dodatnia występuje najważniejszy antygen grupowy D. Klasyfikacji krwi dokonuje się jednocześnie na podstawie występowania antygenów grupowych A, B i O i obecności lub braku antygeny D. W związku z tym oznacza się np. krew grupy A₁Rh+ lub krew grupy A₂B Rh-.

13.1.6. Hemostaza

Zatrzymanie krwi w łożysku krwionośnym, czyli hemostaza zależy od: właściwości samych naczyń krwionośnych - błona mięśniowa uszkodzonych naczyń krwionośnych kurczy się i światło naczyń ulega zamknięciu, obecność płytek krwi i tworzenia się z nich czopu zatykającego uszkodzony śródbłonek naczyń krwionośnych, krzepnięcia krwi, czyli od tworzenia się skrzepu krwi.

Istota procesu krzepnięcia krwi i powstawania skrzepu jest zamiana hydrofilnego fibrynogenu - czynnika I na hydrofobną fibrinę - czynnik Ia. W procesie tym bierze udział enzym - trombina - czynnik IIa, który we krwi występuje w postaci nieaktywnej, czyli protrombiny - czynnika II.

Istnieją dwa mechanizmy aktywacji protrombiny: wewnątrzpoходny i zewnątrzpoходny.

Wewnątrzpoходny mechanizm aktywacji protrombiny ujawnia się wtedy, kiedy krew krzepnie na skutek kontaktu z materiałami lub związkami o ładunku ujemnym. Może to być na przykład szkło ścian szklanych probówek lub butelek, w których przechowywana jest krew pobrana z żył, kolagen w ścianach naczyń krwionośnych lub endotoksyny krążące we krwi. Zewnątrzpoходny mechanizm aktywacji protrombiny występuje po zetknięciu się krwi wpływającej z naczyń krwionośnych z uszkodzonymi tkankami, z których uwalnia się tromboblastyczna tkankowa. Wewnątrzpoходny mechanizm krzepnięcia krwi rozpoczyna się od nieaktywnego czynnika XII, który pod wpływem kalikreiny osoczowej, trombocytów, kolagenu i kininogenów zostaje zamieniony w aktywny czynnik XIIa. W kolejnych „kaskadach” dochodzi do zamiany nieaktywnych czynników: na aktywne, aż do ostatniej kaskady, w której fibrynogen - czynnik I, przekształca się w z fibrinę labilną - czynnik Ia.

Zewnątrzpoходny mechanizm aktywacji protrombiny i krzepnięcia krwi rozpoczyna się od aktywacji czynnika X przez tromboblastyczną tkankową katalizowaną przez czynnik VII. Tromboblastyczna tkankowa stanowią związeki białkowo-lipidowe występujące w ścianach naczyń krwionośnych i w tkankach.

Proces krzepnięcia krwi dzieli się na fazy. I faza krzepnięcia obejmuje aktywację wszystkich czynników niezbędnych do zamiany czynnika II na aktywny czynnik IIa. W II fazie następuje zamiana protrombiny - czynnika II, na trombinę - czynnik IIa, a w III fazie z fibrynogenu - czynnika I, powstaje fibryna stabilna - czynnik Ib.

Fibrynogen stabilny podlega proteolitycznemu rozpadowi, czyli fibrynolizie. Enzymem, który wywołuje fibrynolizę jest plazmina stale występująca we krwi w postaci nieaktywnego prekursora - plazminogenu. Wiele czynników przyspiesza lub hamuje zamianę plazminogenu na plazminę, między innymi toksyny bakteryjne.

Wrodzony brak lub niedobór jednego z czynników krzepnięcia krwi powoduje zwolnienie lub upośledzenie procesu powstawania skrzepu. Wrodzony brak czynnika VIII, IX lub XI jest przyczyną choroby zwanej hemofilią. Wyróżniamy: ch. von Willebranda – niedobór cz. von Willebranda, hemofilię A – niedobór cz. VIII, hemofilię B – niedobór cz. IX, hemofilię C – niedobór cz. XI. Niedobór witaminy K w pokarmach hamuje syntezę w wątrobie protrombiny - cz. II, jak również hamuje syntezę czynników: VII, XI i X. Krew nie krzepnie lub krzepnie znacznie wolniej. We krwi występuje stale heparyna, która hamuje krzepnięcie krwi krążącej w łożysku krwionośnym. Można również nie

dopuszczyć do wystąpienia procesu krzepnięcia krwi pobranej w żyły, np. krwi konserwowanej, przez dodanie słabych kwasów wiążących jony Ca^{2+} .

14. Anatomia serca, tętnic i żył

14.1. Anatomia serca

Mięśniowy narząd układu krążenia o działaniu pompy ssąco – tłoczącej. Kształtu stożka spłaszczonego w wymiarze przednio- tylnym. Wielkości pięści prawej. Masa jest uzależniona od masy ciała i stopnia rozwoju układu mięśniowego - u mężczyzn waha się od 280 – 340 g, u kobiet 230 -280 g. Pojemność serca jest od 510 do 775 cm³.

Serce jest położone w śródpiersiu środkowym – 2/3 na lewo od płaszczyzny środkowej, a 1/3 na prawo od płaszczyzny środkowej. Zajmuje przestrzeń między IV a VIII kręgiem Th. W położeniu tym utrzymuje je: przepona, naczynia tętnicze wychodzące z serca – aorta, pień płucny, naczynia żyłne uchodzące do serca – żyła główna dolna, żyły płucne, pasma tkanki łącznej włóknistej zwartej, przebiegające między mostkiem a osierdziem - więzadła mostkowo – osierdziowe.

Budowa serca

Opisując budowę serca bierzemy pod uwagę: tkankę mięśniową prążkowaną serca, jego części i powierzchnie, jamy serca, ściany serca i jego unerwienie.

Tkanka mięśniowa prążkowana serca zbudowana jest z miocytów poprzecznie prążkowanych mające rozgałęzienia. Za ich pośrednictwem łączą się ze sobą, tworząc sieć. Komórki mięśnia serca mają wstawki, czyli porzeczne, silnie pozazębiane błonki. Mają mniej włókienek kurczliwych niż w mięśniach szkieletowych, które gromadzą się głównie na obwodzie komórek. Specjalnym rodzajem komórek mięśniowych serca są komórki układu przewodzącego, które mają dużą ilość sarkoplazmy, mają bardzo mało miofibrili, ułożone głównie w części obwodowej.

Części i powierzchnie

Wyróżnia się części serca - podstawę serca zwróconą ku górze, tyłowi i w prawo, utworzoną przez przedsionki i naczynia wychodzące lub wchodzące do serca tzw. korona serca oraz wierzchołek serca - zwrócony ku dołowi, ku przodowi i w lewo – utworzone przez kromę lewą.

W sercu opisuje się powierzchnie - powierzchnie mostkowo – żebrowa, na której przebiega bruzda wieńcowa, bruzda międzyskomorowa przedsionkowa i bruzda międzyskomorowa tylna rozdzielająca poszczególne jamy serca. Ponadto w sercu wyróżnia się powierzchnie przeponową i powierzchnie – płucne prawą i lewą, co ma swoje uzasadnienie czynnościowe.

Jamy serca

Serce jest podzielone na cztery jamy dwa przedsionki prawy i lewy i dwie komory prawa i lewą, oddzielone przegrodą międzykomorową . Przedsionki od komór są oddzielone przegrodą przedsionkowo-komorową.

Można również podzielić serce na : serce prawe – przedsionek prawy i komora prawa oraz serce lewe – przedsionek lewy i komora lewa.

Do przedsionka prawego uchodzi: żyła główna górna – od tyłu i od góry, a od przodu znajduje się uszko prawe – z mięśniami grzebieniastymi.

Od tyłu do przedsionka prawego uchodzi żyła główna dolna, a pomiędzy ujściem żyły głównej dolnej a ujściem przedsionkowo-komorowym prawym leży ujście zatoki wieńcowej, zbierającej krew z większości żył serca.

W ścianie tylnej przedsionka lewego znajdują się ujścia żył płucnych, najczęściej czterech.

Jama przedsionka prawego łączy się z jamą komory prawej ujściem przedsionkowo-komorowym prawym (*ostium atrioventriculare dextrum*), w którym znajduje się zastawka przedsionkowo-komorowa prawa, zwana inaczej trójdzielna . Nie pozwala ona na powrót krwi do przedsionka przy skurczu komory. Zastawka zbudowana jest z trzech płatków, które wolnymi brzegami otwierają się w stronę komór. Krew z komory prawej przechodzi do pnia płucnego przez ujście pnia płucnego zawierające zastawkę pnia płucnego która zapobiega cofaniu się krwi z pnia płucnego do komory prawej. Składa się ona z trzech płatków półksiężycowatych .

Komora lewa ma ściany prawie 3 razy grubsze od ścian komory prawej, co wynika z lepszego wykształcenia mięśnia sercowego w związku z większym obciążeniem komory lewej. Otwór wiodący z przedsionka lewego do komory lewej nazywa się ujściem przedsionkowo-komorowym lewym. Znajduje się w nim zastawka przedsionkowo-komorowa lewa, zwana również zastawką dwudzielną lub mitralną zbudowana z dwóch płatków.

W górno-przedniej części komory lewej znajduje się ujście aorty (*ostium aortae*), które zabezpiecza zastawka aorty (*valva aortae*), utworzona z trzech płatków półksiężycowatych.

Ściany serca

Ściana serca składa się z trzech warstw: wsierdza, mięśnia sercowego i otaczającej serce błony surowiczej zwanej osierdziem. Ponadto do ścian serca zaliczamy również szkielet serca i układ przewodzący, omawiane zwykle razem z mięśniem sercowym.

Wsierdzie stanowi najbardziej wewnętrzną warstwę ścian serca, wyścielając jamę serca i stanowiąc główną część zastawek. Składa się ze śródbłonna spoczynkowego na błonie łącznotkankowej, w której rozgałęziają się naczynia, nerwy i końcowe struktury układu przewodzącego. Płatki zastawek przedsionkowo-komorowych są unaczynione, natomiast w płatkach zastawki aorty i pnia płucnego obecności naczyń dotychczas nie stwierdzono.

Mięsień sercowy stanowi warstwę środkową ściany serca, zbudowana z tkanki mięśniowej sercowej. W mięśniu sercowym wyróżniamy dwie części: część przedsionkową - zbudowaną z dwóch warstw (powierzchnowej i głębokiej), oraz część komorową - zbudowaną z trzech warstw (zewnątrzna skośna, środkowa okrężna i wewnętrzna podłużna). Ściany przedsionków są cieńsze, mniej więcej jednakowej grubości od 2 do 3 mm, masa ich wynosi 1/8 masy komór, ściany komór są grubsze, grubość ścian komór prawej wynosi około 5 mm, a komór lewej około 15 mm.

Nazwa szkielet serca określa łącznotkankowe struktury leżące głównie wokół ujęć serca, do których przyczepiają się komórki mięśnia sercowego i zastawki. Zaliczamy tu: pierścienie włókniste przedsionkowo-komorowe prawy i lewy, całkowicie odgraniczające mięsień sercowy przedsionków od mięśnia sercowego komór; pierścienie włókniste pnia płucnego i aorty oraz trójkąty włókniste lewy i prawy, z których pierwszy położony jest między pierścieniem włóknistym przedsionkowo-komorowym lewym a pierścieniem włóknistym aorty, drugi zaś pomiędzy obu pierścieniami włóknistymi przedsionkowo-komorowymi.

Ważna rola w utrzymaniu rytmicznej pracy serca i w koordynacji czynności poszczególnych jego części (prawidłowa kolejność skurczu przedsionków i komór) odgrywa układ przewodzący. Układ ten nie może jednak regulować czynności serca tak, by ją dostosować do każdego zapotrzebowania organizmu, co należy z kolei do układu autonomicznego. Układ przewodzący zbudowany jest ze zmienionych komórek mięśnia sercowego (zawierają więcej sarkoplazmy, a mniej włókienek mięśniowych, tzw. mięsień przewodnictwa), tworzących węzły i peczki. Należy tu wymienić: węzeł zatokowo-predsionkowy położony przy ujęciu żyły głównej do przedsionka prawego; stanowi on najwyższe i najważniejsze „pietro” układu przewodzącego, dlatego nazywany jest również - *rozrusznikiem serca*; węzeł przedsionkowo-komorowy położony w trójkacie ograniczonym przez przegrodę międzypredsionkową, płatek zastawki trójdzielnej i ujęcie zatoki wieńcowej; peczek przedsionkowo-komorowy rozpoczyna się w węźle przedsionkowo-komorowym, przebiega w tylnej części przegrody międzykomorowej (część błoniasta), początkowo jako pień o długości 1-2 cm, który dzieli się na dwie odnogi: prawą i lewą.

14.2. Naczynia krwionośne

Podział i budowa

Do naczyń krwionośnych zaliczamy: tętnic, żył i naczynia krwionośne włosowate. Tętnicami nazywamy naczynia krwionośne, którymi krew płynie od serca do narządów (na obwód), żyłami - naczynia krwionośne, którymi krew płynie z narządów (z obwodu) do serca. Błędne jest natomiast różnicowanie naczyń ze względu na zawartość w nich tlenu (tętnice) lub dwutlenku węgla (żyły), gdyż występują liczne wyjątki od tej reguły (naczynia pępkowe, naczynia płucne). Naczynia krwionośne włosowate zespalają tętnice z żyłami, stanowiąc ważne ogniwo w wewnątrzkomórkowej przemianie materii. Odstępstwo od przedstawionego schematu stanowią nerki, wątroba i śledziona, a także łożysko, w których unaczynienie przedstawia się inaczej.

ODSTĘPSTWA - sieć dziwna tętniczo – tętnicza w nerkach, sieć dziwna żylna – żylna w wątrobie, krażenie otwarte – w śledzionie i łożysku.

Budowa ścian naczyń krwionośnych jest trójwarstwowa. Wyróżnia się błonę wewnętrzną, wysłaną śródbłonką, błonę środkową, zbudowaną z dwóch warstw mięśni gładkich i z włókien sprężystych tworzących rusztowanie, oraz błonę zewnętrzną zbudowaną z tkanki łącznej włóknistej. Stopień wykształcenia warstw i ich budowa są różne w zależności od rodzaju naczynia.

Średnica tętnic zmniejsza się w miarę oddalania się ich od serca. Tętnice, w których w błonie środkowej są dobrze wykształcone włókna sprężyste, nazywa się tętnicami typu sprężystego. Są to tętnice o dużej średnicy, takie jak aorta i jej gałęzie. Zapewniają one głównie szybki przepływ (500 mm/s) dużej ilości krwi wyrzucanej przez serce, co jest możliwe dzięki znacznej ich średnicy i

elastyczności ścian. Sprężystość ta jest tak duża, że można mówić o „mięśniu sprężystym tętnic”. Dzięki takiej budowie aorta może wytrzymać ciśnienie do 20 atmosfer.

Tętnice o przewodzie komórek mięśniowych w błonie środkowej nazywa się tętnicami typu mięśniowego. Są to już tętnice o mniejszej średnicy i elastyczności, które potrzebują skurczu własnej ściany, aby przesunąć krew ku narzodom.

Tętnice o jeszcze mniejszej średnicy, zawierające w błonie środkowej tylko jedną warstwę mięśni gładkich, nazywa się tętniczkami a tętniczki występujące przed przejściem w naczynia krwionośne włosowate - tętniczkami przedwłosowatymi. Odgrywają one istotną rolę w regulacji przepływu krwi..

Naczynia krwionośne włosowate pośredniczą w wymianie gazowej oraz w wymianie składników odżywczych i produktów przemiany materii pomiędzy krwią a komórkami. Ich ściana jest w zasadzie również trójwarstwowa (śródbłonek, błona podstawna, perycytyw), ale bardzo delikatna i przepuszczalna, co ułatwia proces wymian. Ma tu także znaczenie wolny przepływ krwi z prędkością wynosząca 0,5 mm/s. Naczynia włosowate stanowią tę część układu krwionośnego, która znajduje się między naczyniami krwionośnymi doprowadzającymi i odprowadzającymi krew z tkanek i narządów. Ściana naczyń włosowatych wyściłana jest śródbłonkiem. Śródbłonek składa się z komórek płaskich wydłużonych o różnych wymiarach (5-150 μ m). Grubość komórki śródbłonka jest największa w miejscu występowania jądra i ulega znacznemu zmniejszeniu w pozostałej jej części. Śródbłonek spoczywa na jednorodnej błonie podstawnej, pod którą w większości naczyń włosowatych znajdują się specjalne komórki zwane perycytami.

Badania za pomocą mikroskopu elektronowego wykazały, że można wyróżnić trzy podstawowe typy naczyń włosowatych: naczynia włosowate o ścianie ciągłej, naczynia włosowate o ścianie porowatej (okienkowanej), naczynia włosowate o ścianie nieciągłej (naczynia zatokowe).

Naczynia krwionośne włosowate w części przytętnicznej nazywają się naczyniami krwionośnymi włosowatymi tętniczymi, a w dalszym przebiegu w pobliżu przejścia w żyły - naczyniami krwionośnymi włosowatymi żylnymi. Naczynia licznie zspalają się między sobą, tworząc sieci naczyń krwionośnych włosowatych. Stopień wykształcenia tych sieci jest różny. Najgęstsze sieci spostrzega się w skórze, w istocie szarej ośrodkowego układu nerwowego, w gruczołach i mięśniach.

Naczynia krwionośne włosowate żyłne przechodzą w żyłkę pozawłosowatą, a ta w żyłce typu bezmięśniowego, która z kolei przechodzi w żyłkę typu mięśniowego z dobrze rozwiniętymi mięśniami gładkimi w błonie środkowej. W dolnej połowie ciała, gdzie warunki dla odpływu krwi są trudniejsze, przeważają żyły typu mięśniowego. Żyłki także licznie zspalają się między sobą tworząc sieć żylną. Cofaniu się krwi zapobiegają występujące w żyłach zastawki żyłne, zbudowane ze zdwojonego śródbłonka tworzącego od 1 do 3 płatków.

Oprócz połączenia tętnic z żyłami za pośrednictwem naczyń krwionośnych włosowatych występują również bezpośrednie połączenia za pomocą naczyń o większej średnicy, tworzących zespolenia tętniczo-żyłne. Znajdują się one przede wszystkim w narządach czynnych okresowo, takich jak: gruczoły dokrewne, ślinianki itp. Występują także zespolenia tętniczo-tętnicze lub żyłno-żyłne, zapewniające oboczne krążenie krwi w przypadkach jego zakłócenia. Ściana naczyń krwionośnych jest unaczyniona przez specjalne naczynia naczyń i unerwiona autonomicznie. Naczynia krwionośne biorą udział w utworzeniu krążenia małego i krążenia dużego.

Krążenie małe

Krążenie małe, czyli płucne służy wzbogacaniu krwi w tlen w płucach i wydalaniu dwutlenku węgla; jest ono zarazem krążeniem czynnościowym płuc. Rozpoczyna się w komorze prawej pniem płucnym, który dzieli się pod wklęsłym brzegiem łuku aorty na tętnice płucne. Każda z tętnic płucnych dzieli się we wnęce płuca na tętnice płatkowe: trzy po stronie prawej, dwie po stronie lewej, a te z kolei na tętnice segmentowe. Tętnice segmentowe przechodzą w tętnice o jeszcze mniejszej średnicy, a te w naczynia krwionośne włosowate oplatające pęcherzyki płucne. Tu następuje wymiana gazowa, tzw. oddychanie zewnętrzne. Naczynia krwionośne włosowate przechodzą następnie w naczynia żyłne o coraz większej średnicy, a następnie w żyły segmentowe i żyły płucne. Najczęściej występują dwie żyły płucne prawe, niekiedy zspalające się w jeden pień, oraz dwie żyły płucne lewe, również mogące się zspalać w jeden pień. Żyłki płucne uchodzą do przedsionka lewego, gdzie kończy się krążenie małe i skąd krew przepływa do komory lewej, w której rozpoczyna się krążenie duże.

Krążenie duże

Krażenie duże, czyli ogólne, służy dostarczeniu wszystkim narzodom tlenu i składników odżywczych, a odprowadzaniu dwutlenku węgla i składników przemiany materii. Rozpoczyna się w komorze lewej, z której wychodzi aorta, dzieląc się na aortę wstępującą, łuk aorty i aortę zstępującą. W aorticie zstępującej wyróżnia się aortę piersiową i aortę brzuszną.

Aorta wstępująca rozpoczyna się w komorze lewej rozszerzeniem, zwanym opuszką aorty, ma długość od 5 do 6 cm i jest obicieta osierdziem, kończąc się na wysokości przyczepu II prawego żebra do mostka. Odchodzi od niej tętnice wieńcowe serca.

Łuk aorty przebiega łukowato ku tyłowi i w lewo, przechodząc ponad oskrzelem głównym lewym, kończąc się na wysokości T_4 , zwichnięciem zwanym cieśnią aorty, do którego dochodzi więzadło tętnicze będące pozostałością krążenia płodowego. Długość łuku aorty wynosi od 5 do 6 cm.

Od wypukłej strony łuku aorty odchodzą od strony prawej ku lewej: pień ramiennie-główny, tętnica szyjna wspólna lewa i tętnica podobojczykowa lewa, czasami tętnica tarczowa najniższa. Od wklęsłej strony łuku aorty odchodzą gałęzie oskrzelowe.

Pień ramiennie-główny przebiega ku górze i ku tyłowi, oddając zwykle tętnice tarczową najniższą i dzieląc się na wysokości stawu mostkowo-obojczykowego prawego na tętnicę szyjną wspólną prawą i tętnicę podobojczykową prawą.

Tętnica szyjna wspólna nie oddaje gałęzi, lecz dzieli na wysokości górnego brzegu chrząstki tarczowej na tętnicę szyjną wewnętrzną i tętnicę szyjną zewnętrzną. W miejscu podziału występuje rozszerzenie, zwane zatoką szyjną, w pobliżu którego znajduje się kłębek szyjny. Mają w nich swoją siedzibę presoro- i chemoreceptory zaliczane do interoceptorów.

Tętnica szyjna wewnętrzna przebiega w kierunku podstawy czaszki, wnikając do kanału tętnicy sztywnej i do jamy czaszki. W obrębie γ nie oddaje gałęzi. W jamie czaszki oddaje tętnice oczną, unaczyniającą zawartość oczodołu, powiekę, część jamy nosowej, tętnicę naczyniówkową, wytwarzającą spłot naczyniówkowy komory tylnej mózgowia, oraz gałęzie końcowe. Są nimi: tętnica przednia mózgu i tętnica środkowa mózgu, unaczyniające mózgowie i wchodzące w skład koła tętniczego mózgu, występującego na powierzchni dolnej mózgowia. Od koła tętniczego mózgu odchodzą do mózgowia gałęzie korowe, i gałęzie ośrodkowe, w których często występują tętniaki. Pęknięcie tętniaków może doprowadzić do wystąpienia objawów porażenia.

Tętnica szyjna zewnętrzna przebiega w kierunku ślinianki przyusznej, w której dzieli się na gałęzie końcowe. Odchodzi od niej: tętnica tarczowa górna unaczyniająca gruczoł tarczowy i częściowo krtań, tętnica językowa unaczyniająca język, migdałki podniebienne i ślinianki podjęzykowe, tętnica twarzowa, kierująca się w stronę kąta przysrodkowego szparu powiekowej, gdzie kończy się jako tętnica kątowna, zespalać się z gałęziami tętnicy ocznej (zespolecie tętnicy sztywnej zewnętrznej z wewnętrzną), tętnica gardłowa wstępująca, tętnica potyliczna i tętnica uszna tylna. Gałęziami końcowymi są: tętnica skroniowa powierzchowna unaczyniająca mięsień skroniowy i tętnica szczękowa, przebiegająca do dołu skrzydłowo-podniebienne, unaczyniająca jamę bebenkową, oponę twardą zęby żuchwy (tętnica zębodołowa dolna), mięśnie żuciowe, jamę nosową i podniebienie.

Tętnica podobojczykowa przebiega nad osklepkim opłucnej, przechodząc na wysokości I żebra w tętnicę pachową. Odchodzi od niej tętnica kręgową przebiegająca w otworach wyrostków poprzecznych kręgów szyjnych, wnikająca przez otwór wielki do jamy czaszki, gdzie ze spala się z tętnicą kręgową strony przeciwnej, wytwarzając tętnicę podstawną przebiegającą na powierzchni brzusznej mostu. Od tętnicy podstawnej odchodzi tętnica błędnik i tętnica tylna mózgu, dochodząca do koła tętniczego mózgu. Od tętnicy podobojczykowej odchodzi także tętnica piersiowa wewnętrzna przebiegająca w przedniej ścianie klatki piersiowej i dzieląc się na wysokości VII żebra na tętnicę mięśniowo-przeponową i tętnicę nabrzuszną górną, biegnącą w tylnej ścianie pochewki mięśnia prostego brzucha.

Od tętnicy podobojczykowej odchodzą również: pień tarczowo-szyjny, dzielący się na tętnicę tarczową dolną, tętnicę poprzeczną szyi i tętnicę nadłopatkową, oraz pień żebrowo-szyjny dzielący się na tętnicę międzyżebrową najwyższą i tętnicę szyjną głęboką.

Tętnica pachowa jest bezpośrednim przedłużeniem tętnicy podobojczykowej. Przebiega przez dół pachowy, oddając szereg gałęzi unaczyniających ściany klatki piersiowej, obręcz kończyny górnej i ramię, np. tętnica piersiowa boczna, tętnica okalająca ramię przednią i tylną. Na wysokości brzegu dolnego mięśnia piersiowego większego przechodzi w tętnicę ramienną, oddając tętnicę głęboką ramienia i dzieląc się w dole łokciowym na tętnicę łokciową i tętnicę promieniową, przebiegające w obrębie przedramienia. Zespalają się one ze sobą na dłoni łukiem dłoniowym powierzchownym, położonym na wysokości trzonów kości śródreżca, i łukiem dłoniowym głębokim, położonym na wysokości podstaw kości śródreżca. Od łuków odchodzą gałęzie tętnicze do dłoni i do palców. Łuki dłoniowe mają

ważne znaczenie czynnościowe, gdyż mimo ucisku na tętnice przy wykonywaniu różnych ruchów zapewniają dobre ukrwienie ręki i palców.

Aorta piersiowa jest przedłużeniem łuku aorty, przebiega w śródpiersiu tylnym, początkowo na lewo od kręgosłupa, odchylając się następnie w prawo, tak że przy przejściu przez rozwór aortowy przepony na wysokości Th12 przebiega w płaszczyźnie pośrodkowej. Długość jej wynosi od 19 do 22 cm.

Gałęzie aorty piersiowej dzielą się na ścienne i trzewne. Do gałęzi ściennych zalicza się tętnice międzyżebrowe tylne i tętnice przeponowe górne. Unaczyniają one międzyżebra i przeponę. Do gałęzi trzewnych należą: gałęzie przełykowe, gałęzie oskrzelowe, gałęzie osierdziowe i gałęzie śródpiersiowe.

Aorta brzuszna nazywa się część aorty od rozworu aortowego do miejsca podziału na gałęzie końcowe na wysokości IV kręgu lędźwiowego. Długość jej wynosi od 15 do 16 cm.

Gałęzie aorty brzusznej dzielą się również na ścienne i trzewne. Wśród jednych i drugich można wyróżnić gałęzie parzyste i nieparzyste. Do gałęzi ściennych parzystych zalicza się: tętnice przeponowe dolne i tętnice lędźwiowe, zwykle cztery, unaczyniające okolice lędźwiowe. Do gałęzi ściennych nieparzystych należy tętnica krzyżowa pośrodkowa, będąca naczyniem szczerkowym.

Do gałęzi trzewnych parzystych zalicza się, patrząc od przepony ku rozdwojeniu aorty: tętnice nadnerczowa środkowa, biorąca udział wraz z tętnicą nadnerczową górną (od tętnicy przeponowej dolnej) i tętnice nadnerczowa dolna (od tętnicy nerkowej) w unaczynieniu gruczołu nadnerczowego: tętnicę nerkową, zdrażającą w kierunku wnęki nerki; tętnice jądrowa lub tętnice jajnikowa, unaczyniające gonady.

Do gałęzi trzewnych nieparzystych zalicza się pień trzewny, krótkie (2 cm) naczynie dzielące się nad brzegiem górnym trzustki na: tętnice żołądkowa lewa, tętnice wątrobowa wspólna, która po oddaniu tętnicy żołądkowo-dwunastniczej jako tętnica wątrobowa właściwa wnika do wątroby, oraz na tętnicę śledzionową.

Do innych gałęzi trzewnych nieparzystych należy tętnica kręzkowa górna, przebiegająca pomiędzy brzegiem dolnym trzustki a dwunastnicą, która oddaje tętnice jelita czczego, tętnice jelita krętego, przebiegające w liczbie 10-16 naczyń w kręzce do odpowiednich części jelita cienkiego, tętnicę krętniczo-okreźnicza, tętnice okreźnicza prawa i tętnice okreźnicza środkowa.

Tętnica kręzkowa dolna odchodzi od aorty brzusznej nieco powyżej jej podziału końcowego. Oddaje tętnice okreźnicza lewa, tętnice esiczej i tętnice odbytnicza górna.

W wyniku zespoleń, które występują pomiędzy tętnicami okreźniczymi: prawa, środkowa i lewa powstaje wieloodcinkowy łuk tętniczy nazywany tętnicą brzezną, odgrywający ważną rolę przy powstawaniu krążenia obocznego.

Na wysokości IV kręgu lędźwiowego aorta brzuszna dzieli się pod kątem 60-75° na gałęzie końcowe: tętnice biodrowe wspólne prawa i lewa oraz tętnice krzyżowa środkowa.

Tętnica biodrowa wspólna dzieli się z kolei na wysokości stawu krzyżowo-biodrowego na tętnicę biodrową wewnętrzną i tętnicę biodrową zewnętrzną.

Tętnica biodrowa wewnętrzna oddaje szereg gałęzi ściennych (tętnice: biodrowo-lędźwiowa, krzyżowa boczna, zasłonowa, pośladowa górna i dolna) oraz gałęzi trzewnych (tętnice: pępkowa, pęcherzowa dolna, maciczna, pochwowa, odbytnicza środkowa, sromowa wewnętrzna).

Tętnica biodrowa zewnętrzna oddaje gałęzie do ścian brzucha (tętnica na-brzuszna dolna i tętnica okalająca biodro głęboka) i pod wiezadłem pachwinowym przechodzi w tętnicę udową.

Tętnica udowa oddaje tętnicę głęboką uda, unaczyniająca tylną grupę mięśni uda, po czym przez rozwór przwodzicieli przechodzi do dołu podkolanowego w tętnicę podkolanową, która dzieli się na tętnicę piszczelową przednią i tętnicę piszczelową tylną. Tętnica piszczelowa tylna z kolei dzieli się na dwie tętnice końcowe: tętnicę podeszwową przyśrodkową i tętnicę podeszwową boczną. Z zespolenia ich powstaje łuk podeszwy wysyłający tętnice do palców stopy. Największą gałęzią tętnicy piszczelowej przedniej jest tętnica strzałkowa.

Żył krążenia dużego można podzielić na dwie grupy:

1. dopływy żyły głównej górnej, zbierającej krew z głowy, szyi, kończyn górnych, klatki piersiowej i częściowo z tylnej ściany brzucha, a więc z części ciała zaopatrywanych przez gałęzie łuku aorty i aorty piersiowej;

2. dopływ żyły głównej dolnej, zbierającej krew z klatki piersiowej, jamy brzusznej, miednicy mniejszej i kończyn dolnych, a więc z części ciała zaopatrywanych głównie przez gałęzie aorty brzusznej.

Żyła główna górna jest naczyniem o długości od 5 do 6 cm, o średnicy do 2,5 cm, przebiegającym ku tyłowi i bocznie od aorty wstępującej, powstającym z zespolenia żył ramienno-głowych. Żyły te powstały z zespolenia żyły podobojczykowej z żyłą szyną wewnętrzną. Żyła główna dolna jest naczyniem o długości od 20 do 22 cm, o średnicy do 3 cm, przebiegającym na prawo od aorty zstępującej. Powstała na wysokości IV kręgu lędźwiowego z zespolenia dwóch żył biodrowych wspólnych - prawej i lewej). Żyły w zasadzie towarzyszą tętnicom i przebiegają ich miana. Wwiątek stanowią:

1. żyły powierzchowne kończyn mające odrębny przebieg i miana, jak żyła odpromieniowa i żyła odłokciowa w kończynie górnej oraz żyła odpiszczelowa i żyła odstrzałkowa w kończynie dolnej;
2. niektóre żyły klatki piersiowej, jak wymienione uprzednio żyły ramienne- głowe, a ponadto żyła nieparzysta i żyła nieparzysta krótka, przebiegające na tylnej ścianie tułowia i nie mające odpowiednika wśród tętnic. Zespalają poprzez żyły lędźwiowe żyłę główną dolną z żyłą główną górną do której uchodzą;
3. żyła wrotna będąca odpowiednikiem, a właściwie uzupełnieniem odchodzących od aorty brzusznej gałęzi trzewnych nieparzystych.

W krążeniu dużym można wyróżnić ponadto ze względu na ich odrębność: krążenie wieńcowe i krążenie wrotne.

Krążenie wieńcowe

Krążenie wieńcowe, zwane również „trzecim krążeniem”, zapewnia prawidłowe zaopatrzenie serca w składniki odżywcze i tlen, którego mięsień sercowy potrzebuje więcej niż inne narządy. Na jego duże znaczenie wskazuje fakt, że około 10% krwi przepływającej przez aortę trafia do tego krążenia. W skład krążenia wieńcowego wchodzi tętnice wieńcowe i żyły serca.

Naczyniami doprowadzającymi krew do mięśnia sercowego są tętnice wieńcowe - prawa i lewa, rozpoczynające się w rozszerzeniu początkowej części aorty wstępującej, zwanym opuszką aorty, tuż powyżej przyczepu zastawek półksiężycowatych, w wypukleniach ścian aorty, zwanym zatokami aorty. W czasie skurczu komór wejście do tętnic wieńcowych zostaje zakryte przez otwierające się płatki zastawek. Naczynia włosowate krwionośne zostają zamknięte.

Zmniejsza się również średnica tętnic, co pogarsza w tej fazie czynności serca ukrwienie mięśnia sercowego.

Tętnica wieńcowa lewa rozpoczyna się w lewej zatoce aorty i po krótkim przebiegu dzieli się na gałąź międzykomorową przednią i gałąź okalającą. Zaopatruje przedsionek lewy, prawie całą komorę lewą, $\frac{2}{3}$ przedniej przegrody międzykomorowej, mięsień brodawkowaty przedni komory prawej i przylegającą do niego część ścian.

Tętnica wieńcowa prawa rozpoczyna się w prawej zatoce aorty, biegnie w bruzdzie wieńcowej przechodząc na powierzchnię przepony serca, gdzie kończy się jako gałąź międzykomorowa tylna. Zaopatruje przedsionek prawy, przegrodę międzyprzedsionkową prawie całą komorę prawą $\frac{1}{3}$ tylnej przegrody międzykomorowej, mięsień brodawkowaty tylny komory lewej i przylegającą do niego część komór. Układ przewodzący jest unaczyniony z obu źródeł.

Ostra niedrożność tętnic wieńcowych lub ich gałęzi prowadzi do niedokrwienia mięśnia sercowego, który obumiera (zawał mięśnia sercowego).

Oprócz tętnic wieńcowych serce ma jeszcze inne źródła unaczynienia tętniczego. Są to: gałęzie oskrzelowe (od aorty piersiowej,) i tętnica osierdziowo-przeponowa (od tętnicy wewnętrznej).

Naczyniami odprowadzającymi krew z mięśnia sercowego są żyły serca. Odpływ następuje tu trzema drogami: przez żyły uchodzące do zatoki wieńcowej, przez żyły przednie serca i przez żyły najmniejsze serca. Zatoka wieńcowa jest to szeroka, krótka żyła o cienkich ścianach, położona w tylnej części bruzdy wieńcowej, uchodząca do przedsionka prawego. Powstała z zespolenia: żyły wielkiej serca, żyły średniej serca, żyły małej serca, żyły tylnej komory lewej i żyły skośnej przedsionka lewego. Odprowadza ona około 70% krwi.

Żyły przednie serca przebiegają na przedniej powierzchni komory prawej w liczbie 3-4 żył i uchodzą do przedsionka prawego.

Żyły najmniejsze serca są to małe żyły przebiegające w głębi mięśnia sercowego, uchodzące do światła przedsionków i komór.

W przypadku krążenia obocznego w sercu opisano następujące możliwości zespolenia tętniczo-tętnicze, międzywieńcowe, zespolenia tętniczo-tętnicze pozawieńcowe, zespolenia z „naczyniami naczyń” dużych tętnic i żył oraz zespolenia tętniczo-żylna w mięśniu sercowym.

Krążenie wrotne

Krążenie wrotne ma na celu doprowadzenie do watroby wchłoniętych w przewodzie pokarmowym składników pożywienia oraz produktów rozpadu krwi w śledzionie, ich przetworzenie, częściowe zmagazynowanie lub odprowadzenie do krążenia dużego. Tą drogą dostają się również do

krwiobiegu leki: wchłonięte w przewodzie pokarmowym. Krążenie wrotne jest zarazem krążeniem czynnościowym w wątrobie.

Naczyniem doprowadzającym jest żyła wrotna, naczyniami odprowadzającymi krew z wątroby są żyły wątrobowe.

Żyła wrotna jest naczyniem krótkim (5-6 cm), ale o znacznej średnicy (3-3,5 cm), powstaje za głową trzustki z zespolenia żyły śledzionowej i żył kręgowych - górnej i dolnej, do których uchodzi szereg żył z nieparzystych narządów jamy brzusznej; z żołądka, jelita cienkiego, jelita grubego, z trzustki i ze śledziony.

Pień żyły wrotnej przebiega w sieci mniejszej wnikać do wątroby przez jej wnęki, w której dzieli się na gałąź prawą i gałąź lewą, a te z kolei na żyły międzyzrądkowe, żyły okołozrądkowe, żyły środkowe zrądków oraz żyły podzrądkowe, z których powstają żyły wątrobowe odprowadzające krew do żyły głównej dolnej (sieć dziwna żyłno-żylna).

Zespolenia żyły wrotnej i żył głównych

Dopływ żyły wrotnej zespalają się z dopływami żyły głównej górnej i żyły głównej dolnej tworząc tzw. zespolenia porto-cavalne, mające duże znaczenie kliniczne w przypadku utrudnionego odpływu krwi z jednej z tych żył. Występują również zespolenia wyłącznie między dopływami żyły głównej górnej a dopływami żyły głównej dolnej, tzw. zespolenia cavo-cavalne. Szczegółowo wygląda to następująco:

- zespolenia porto-cavalne - zespolenia występujące między żyłami przełyku a żołądka, zespolenia między żyłą odbytniczą górną a żyłami odbytniczymi środkową i dolną zespolenia między dopływami żyły wrotnej a żyłami ledźwiowymi.

- zespolenia cavo-cavalne - zespolenia między żyłami ledźwiowymi a żyłami ledźwiowymi wstępującymi, zespolenia między żyłami ledźwiowymi a żyłami międzykręgowymi,

- zespolenia mieszane - występujące w przedniej ścianie brzucha, w otoczeniu pępka, pomiędzy żyłami przypepkowymi, biegnącymi w więzadle obłym wątroby do żyły wrotnej, a żyłą nabrzuszną górną z obszaru żyły głównej górnej i żyłą nabrzuszną dolną z obszaru żyły głównej dolnej. Przy utrudnieniu odpływu krwi przez żyłę wrotną średnica żył przypepkowych zwiększa się i powstaje tzw. głowa meduzy) w postaci rozszerzonych drobnych żył w otoczeniu pępka.

15. Fizjologia układu krążenia

15.1. Czynność serca

Krażenie płynów w organizmie, a przede wszystkim krążenie krwi, wyrównuje różnice występujące w środowisku wewnętrznym oraz stanowi drogę przenoszenia informacji zakodowanej w postaci cząsteczek chemicznych. **Czynność serca zapewnia utrzymanie różnic ciśnienia pomiędzy zbiornikami krwi i warunkuje jej krążenie.** Ze względu na czynność mięsień sercowy składa się z dwóch mięśni: **mięśnia przedsionków i mięśnia komór**, odgródzonych od siebie pierścieniami włóknistymi. Mięsień przedsionków i mięsień komór stanowią syncytium fizjologiczne. Każdy z tych mięśni odpowiada na bodziec skurczem maksymalnym według prawa „wszystko albo nic”. **Potencjał spoczynkowy komórki mięśnia sercowego** wynosi - 80 miliwoltów. W spoczynku jony potasowe stale wychodzą z komórek mięśnia sercowego na zewnątrz, tworząc **odkomórkowy wolny prąd jonów potasowych** przez tzw. **kanały potasowe w błonie komórkowej**. Jednocześnie jony sodowe stale wchodzi do komórek, tworząc **dokomórkowy wolny prąd jonów sodowych** przez tzw. **kanały sodowe**. Przesunięcia w rozmieszczeniu jonów, spowodowane wolnym prądem jonów K^+ i Na^+ , są wyrównywane przez **pompe jonową** usuwającą jony Na^+ z komórek i wciągającą jony K^+ do wnętrza komórek. Utrzymywanie się potencjału spoczynkowego uwarunkowane jest działaniem pompy jonowej w błonie komórkowej komórek mięśnia sercowego. W czasie pobudzenia komórek mięśnia komór serca występuje czynnościowy potencjał składający się z 4 faz. Rozpoczyna się faza 0 - bardzo szybko zachodząca depolaryzacja, po której występuje repolaryzacja, czyli faza 1 przechodząca w fazę 2 charakteryzująca się utrzymywaniem stałej depolaryzacji w czasie ponad 200 ms. W fazie 3 następuje powrót do potencjału spoczynkowego. Faza 0 potencjału czynnościowego wywołana jest **dokomórkowym szybkim prądem jonów sodowych** i w niewielkim stopniu przez **wolny prąd jonów wapniowych**. Faza 1 wiąże się z **odkomórkowym prądem jonów potasowych**, który zatrzymuje się przy przejściu fazy 1 w fazę 2. W czasie fazy 2 występuje **równowaga** pomiędzy dokomórkowymi (jony wapniowe) i odkomórkowymi prądami jonów dodatnich. W fazie 3 następuje **przewaga odkomórkowych prądów jonów dodatnich**, głównie wywołana przez jony K^+ . **Okres bezwzględnej niewrażliwości**, czyli **bezwzględnej refrakcji** obejmuje depolaryzację oraz fazy 1 i 2 repolaryzacji. **Okres względnej niewrażliwości**, czyli **względnej refrakcji** przypada na fazę 3 repolaryzacji. Łącznie oba te okresy niewrażliwości są dłuższe od skurczu mięśnia sercowego. Dzięki temu w warunkach prawidłowych nie występują skurcze tężcowe w mięśniu sercowym. **Siła skurczu mięśnia sercowego** zależy od początkowej długości jego komórek, podobnie jak to występuje w mięśniach poprzecznie prążkowanych. Przy pewnym optymalnym wypełnieniu jam serca i **optymalnym rozciągnięciu komórek mięśnia sercowego** występują **maksymalne skurcze** zgodnie z prawem Starlinga. Zapotrzebowanie na energię do skurczów mięsień sercowy czerpie ze składników odżywczych, podobnie jak inne mięśnie. Są to tłuszcze, których połowę stanowią wolne kwasy tłuszczowe oraz węglowodany.

Poza komórkami mięśnia przedsionków i mięśnia komór występują w sercu komórki układu przewodzącego. Różnią się one od pozostałych komórek zarówno rod względem morfologicznym, jak i czynnościowym. **Komórki układu przewodzącego** spontanicznie i rytmicznie **pobudzają** się. Tworzą one tym samym rozrusznik dla całego mięśnia sercowego. **Komórki węzła zatokowo-predsionkowego** pobudzają się z częstotliwością średnio 1,2 Hz. Pozostałe komórki układu przewodzącego pobudzają się spontanicznie w rytmie wolniejszym. W związku z tym komórki węzła zatokowo-predsionkowego narzucają swój rytm wszystkim pozostałym komórkom układu przewodzącego i komórkom całego mięśnia sercowego. Skurcze mięśnia przedsionków i mięśnia komór wywołane są wyłącznie stanem i czynnym powstającym w komórkach układu przewodzącego. Komórki nerwowe znajdujące się w samym sercu lub wysyłające swe aksony do serca mogą tylko zmieniać pobudliwość komórek układu przewodzącego i komórek mięśnia sercowego, wpływając w ten sposób na częstość i siłę skurczów serca. **Spontaniczne pobudzenie komórek węzła zatokowo-predsionkowego** wywołane jest **powolną depolaryzacją** błony komórkowej występującą pomiędzy potencjałami czynnościowymi. Jest to tak zwany **potencjał rozrusznika**. Zachodzi on na skutek stopniowo **zanikającego odkomórkowego prądu jonów potasowych** postępującego nasilania się **dokomórkowego prądu jonów wapniowych**, aż do osiągnięcia potencjału progowego, przy którym wyzwala się potencjał czynnościowy. **Potencjał czynnościowy** powstający w węźle zatokowo-predsionkowym rozchodzi się na **mięsień przedsionków**, a następnie na **węzeł i pęczek przedsionkowo-komorowy**, komórki mięśniowe przewodzące (Purkinjego) i **mięsień komór**.

15.2. Czynność bioelektryczna serca – EKG

Rozrusznikiem dla potencjałów czynnościowych mięśnia sercowego, które wyprzedzają skurcz, jest tkanka układu przewodzącego. Komórki tworzące **węzeł zatokowo-przedsionkowy** depolaryzują się najszybciej. W związku z tym węzeł zatokowo-przedsionkowy stanowi **ośrodek pierwszorzędowy**, narzucając swój rytm całemu sercu. Depolaryzacja z węzła zatokowo-przedsionkowego rozchodzi się na mięsień przedsionków obejmując prawy i lewy przedsionek oraz **komórki węzła przedsionkowo-komorowego**. Z tego węzła depolaryzacja przewodzona jest do mięśnia komór za pośrednictwem **peczka przedsionkowo-komorowego**. Peczek przedsionkowo-komorowy stanowi główne połączenie pomiędzy mięśniem przedsionków a mięśniem komór, przez które przewodzony jest stan czynny. Depolaryzacja przewodzona przez peczek przedsionkowo-komorowy zaczyna się szerzyć na komórki mięśnia komorowego począwszy od przegrody międzykomórkowej, w jej dolnej $\frac{1}{3}$ części, bliższej koniuszka serca. Następnie depolaryzacja rozszerza się, obejmując kolejno przegrodę międzykomorową, mięśnie brodawkowate, mięsień sercowy w okolicach koniuszka, i posuwa się od dołu ku górze do podstawy serca. Potencjał czynnościowy obejmuje prawie synchronicznie wszystkie komórki mięśnia przedsionków, a następnie również prawie synchronicznie wszystkie komórki mięśnia komór. **Synchroniczna depolaryzacja komórek mięśnia przedsionków i mięśnia komór** pozwala na odebranie zmian **potencjału elektrycznego** występujących na powierzchni mięśnia sercowego za pomocą elektrod przystawionych bezpośrednio do serca lub do powierzchni skóry. Elektrody przystawione do powierzchni skóry odbierają potencjał czynnościowy mięśnia sercowego o wielokrotnie niższej amplitudzie niż elektrody przystawione bezpośrednio do serca. W celu ujednolicenia metody pomiaru i oceny potencjałów czynnościowych mięśnia sercowego zostały ustalone miejsca na powierzchni skóry, do których przystawia się elektrody rejestrując różnice potencjałów występujące pomiędzy elektrodami, otrzymuje się zapis **czynności bioelektrycznej mięśnia sercowego**, czyli **elektrokardiogram** - EKG. Uzyskuje się EKG z trzech odprowadzeń kończynowych dwubiegunowych, Einthovena, rejestrując różnice potencjałów pomiędzy elektrodami przystawionymi do prawego i lewego przedramienia (I odprowadzenie kończynowe): do prawego przedramienia i lewej goleni (II odprowadzenie kończynowe) i do lewego przedramienia i lewej goleni (III odprowadzenie kończynowe). Kończone spełniają funkcje przewodników elektrycznych odbierających czynność bioelektryczną serca, każdy z innej strony. Elektrody przystawione do kończyn zachowują pełne stałe przestrzenne położenie w stosunku do mięśnia sercowego. W związku z tym każda z elektrod ustawiona jest pod innym kątem względem **wektora siły elektromotorycznej serca**. EKG zarejestrowany z każdego z trzech odprowadzeń kończynowych jest inny, ponieważ stanowi wypadkową potencjałów elektrycznych serca występujących w przestrzeni pomiędzy elektrodami. **Wektor siły elektromotorycznej serca** jest skierowany przestrzennie wewnątrz klatki piersiowej od okolicy prawej pachy do lewego łuku żebrowego. Rzutując na przednią ścianę klatki piersiowej wektor siły elektromotorycznej serca, można sprowadzić potencjały czynnościowe serca występujące w przestrzeni do procesu przebiegającego na płaszczyźnie. Łącząc ze sobą na płaszczyźnie punkty przystawienia elektrod otrzymuje się trójkąt, w którego środku znajduje się rzut serca na płaszczyznę czołową. Wewnątrz rzutu mieści się **rzut wektora siły elektromotorycznej serca**. Każda z trzech elektrod kończynowych ustawiona jest pod innym kątem w stosunku do rzutu wektora siły elektromotorycznej serca, czyli do **osi elektrycznej serca**. W związku z tym załamki EKG zarejestrowane z poszczególnych odprowadzeń mają inną amplitudę i mogą być inaczej skierowane w stosunku do linii izoelektrycznej. Załamki EKG są dodatnie, jeśli są skierowane ponad linię izoelektryczną i są ujemne, jeśli są skierowane w dół od tej linii.

Do pełnej oceny czynności bioelektrycznej serca w medycynie stosuje się 15 odprowadzeń. Są to: trzy odprowadzenia kończynowe dwubiegunowe, sześć jednobiegunowych odprowadzeń przedsercowych (elektrody umieszczone są na skórze klatki piersiowej), trzy odprowadzenia kończynowe jednobiegunowe i trzy odprowadzenia kończynowe jednobiegunowe nasilone. Odprowadzenia jednobiegunowe kończynowe uzyskuje się łącząc ze sobą dwie elektrody kończynowe za pośrednictwem oporników lub łącząc je bezpośrednio (odprowadzenia nasilone). Połączone elektrody tworzą wspólną nieaktywną elektrodę, trzeci zaś elektrodą kończynową jest elektrodą aktywna, odbierająca EKG. **Porównywalność zapisów EKG** wymaga nie tylko stosowania ujednoliconych odprowadzeń, lecz również jednakowych warunków rejestracji. Aparaty - elektrokardiografy zapisują krzywą EKG **przy podstawie czasu** 2 sekundy, **szybkości przesuwu papieru** 25 lub 50 mm/s i **wzmocnieniu** odpowiadającym 1 mV = 10 mm. Elektrokardiogram zarejestrowany za pomocą II odprowadzenia kończynowego dwubiegunowego ma **pieć załameków** oznaczanych kolejno literami: P, Q, R, S i T. Załamek P odpowiada początkowi depolaryzacji mięśnia przedsionków. Załamki Q, R i S występują obok siebie tworząc zespół QRS odpowiadający początkowi depolaryzacji mięśnia komór. Załamek T wiąże się z szybką repolaryzacją mięśnia komór. Przy analizie krzywej EKG bierze się pod uwagę amplitudę załameków, czas ich trwania, częstotliwość występowania i kształt, czas występowania linii izoelektrycznej pomiędzy załamekami, czyli odcinki, oraz odstępy, obejmujące łączny czas trwania załameków i odcinków.

Czas trwania poszczególnych załamków, odcinków i odstępów zależy od czasu trwania potencjałów czynnościowych mięśnia przedsionków i komór: załamek *P* - średnio 100 ms - depolaryzacja mięśnia przedsionków, odstęp *PQ* - średnio 150 ms - czas przewodzenia depolaryzacji od węzła zatokowo-predsionkowego do mięśnia komór, zespół *QRS*- średnio 90 ms - szerzenie się depolaryzacji w mięśniu komór, załamek *T* - średnio 120 ms - repolaryzacja mięśnia komór, odstęp *ST* - średnio 280 ms - wolna i szybka repolaryzacja mięśnia komór, odstęp *QT* - średnio 370 ms - potencjał czynnościowy mięśnia komór, odstęp *RR* - średnio 800 ms - czas trwania jednego cyklu pracy serca. **Amplituda załamków** zależy od szeregu czynników. U ludzi dorosłych jest przede wszystkim wykładnikiem liczby **synchronicznie depolaryzujących się i repolaryzujących się komórek mięśniowych**. Amplituda załamków zależy również od oporu elektrycznego tkanek znajdujących się pomiędzy elektrodą odbierającą i sercem, od budowy ciała i położenia serca w klatce piersiowej. Amplituda poszczególnych załamków w każdym odprowadzeniu jest inna. Mierzona w II odprowadzeniu wynosi dla załamka *P* od 0,1 do 0,25 mV, dla zespołu *QRS*-od 0,7 do 1,8 mV i dla załamka *T*~ od 0,25 do 0,6 mV.

15.3. Czynność mechaniczna przedsionków i komór serca

Skurcz i rozkurcz przedsionków i komór powtarzają się cyklicznie, w spoczynku z częstotliwością 1,2 Hz. Jeden cykl trwa około 800 ms. Skurczowi i rozkurczowi mięśnia sercowego towarzyszy napełnianie się i opróżnianie się z krwi jam serca. Jeden kierunek przepływu krwi od zbiorników żylnych do zbiorników tetnicznych związany jest z samą budową jam serca i obecnością zastawek, które uniemożliwiają cofanie się krwi. Pierwszy kurczy się mięsień przedsionków. Krew wypełniająca jamy przedsionków zostaje wtłoczona do komór przez otwarte prawe i lewe ujście przedsionkowo-komorowe. Następnie faza izowolumetryczna rozpoczyna się skurcz komór. Zastawki przedsionkowo-komorowe zamykają się, a napięcie mięśnia komór szybko wzrasta, czemu towarzyszy szybki wzrost ciśnienia w obu komorach. W momencie kiedy ciśnienie krwi w komorach przewyższy ciśnienie w zbiornikach tetnicznych, zastawki aorty i pnia płucnego otwierają się i krew wtłaczana jest do zbiorników tetnicznych. Otwieranie się zastawek aorty i pnia płucnego rozpoczyna fazę skurczu izotonicznego komór. Faza ta dzieli się na dwa okresy - maksymalnego i zredukowanego wyrzutu. Okres rozkurczu komór rozpoczyna się z chwilą wystąpienia krótkiego okresu protodiastolicznego, w którym ciśnienie w komorach zaczyna opadać. Potem występuje rozkurcz izowolumetryczny komór, podczas którego zastawki aorty i pnia płucnego, jak i przedsionkowo-komorowe są zamknięte. Okres szybkiego wypełniania się komór rozpoczyna się od otworzenia się zastawek przedsionkowo-komorowych. Do komór napływa krew nagromadzona w przedsionkach. Następnie występuje okres przerwy, po którym kurczy się mięsień przedsionków i następna porcja krwi wypełniającej jamy przedsionków zostaje wtłoczona do komór. Objętości krwi tłoczone przez prawa i lewa komora do zbiorników tetnicznych są sobie prawie równe, natomiast ciśnienie skurczowe w lewej komorze jest pięciokrotnie wyższe od ciśnienia w prawej komorze. Objętość wyrzutowa serca jest to ilość krwi wtłaczanej przez jedną z komór serca do odpowiedniego zbiornika tetniczego. U dorosłego mężczyzny o masie 70 kg, w spoczynku, w pozycji leżącej, każda z komór tłoczy około 80 ml krwi w czasie jednego cyklu pracy serca. W końcu skurczu pozostaje w każdej komorze około 50 ml krwi, stanowiącej objętość krwi zalegającej.

Pojemność minutowa serca jest to ilość krwi tłoczonej przez jedną z komór serca w czasie jednej minuty i wynosi w spoczynku około 5,4 litrów krwi. W różnych stanach fizjologicznych pojemność minutowa serca wzrasta dzięki przyspieszeniu częstości skurczów serca i zwiększeniu objętości wyrzutowej serca. W czasie maksymalnego wysiłku fizycznego pojemność minutowa serca zwiększa się kilkakrotnie nawet do 7 razy.

Objętość wyrzutowa serca jest zależna od siły skurczu mięśnia komór, która z kolei jest uwarunkowana: początkowym rozciągnięciem komórek mięśniowych, ciśnieniem panującym w zbiornikach tetnicznych i mediatorami układu autonomicznego wydzielanymi z zakończeń nerwowych w mięśniu sercowym.

Zgodnie z prawem Starlinga, które mówi, że energia skurczu jest proporcjonalna do początkowej długości komórek mięśnia sercowego, objętość wyrzutowa serca zależy od stopnia wypełnienia komór krwią w końcu rozkurczu. Wypełnianie się jam serca zależy od warunków przepływu krwi w zbiorniku żylnym dużym. Wzrost objętości krwi krążącej, obniżanie się ujemnego ciśnienia wewnątrz klatki piersiowej w czasie pogłębiania oddechów, skurcze mięśni szkieletowych uciskających żyły - są to czynniki zwiększające dopływ krwi do prawego przedsionka. Dopływ ten zmniejsza się po zmniejszeniu się objętości krwi krążącej, spłyceniu oddechów i w czasie bezruchu.

Wzrost ciśnienia w zbiorniku tetniczym dużym na skutek wzrostu oporu naczyniowego początkowo zmniejsza objętość wyrzutową i zwiększa objętość krwi zalegającej w komorach. Wzrastająca objętość krwi zalegającej w komorach w końcu skurczu powoduje większe rozciąganie się komórek mięśniowych i w ostatecznym efekcie zwiększenie objętości wyrzutowej i pojemności minutowej

serca. Spadek oporu naczyniowego początkowo zwiększa objętość wyrzutową, a następnie zmniejsza objętość wyrzutową i pojemność minutową serca.

Impulsacja biegnąca przez nerw współczulny i uwalniana na ich zakończeniach noradrenalina zwiększa siłę skurczów komórek mięśniowych mięśnia komorowego. Zwiększa się objętość wyrzutowa serca kosztem zmniejszenia się objętości krwi zalegającej w komorach w końcu skurczu i wzrasta pojemność minutowa.

Czynniki nerwowe i humoralne wpływają na mięsień sercowy, zmieniając: siłę jego skurczów, czyli mają działanie inotropowe, częstotliwość skurczów, czyli mają działanie chronotropowe, przewodzenia stanu czynnego, czyli mają działanie dromotropowe, pobudliwość, czyli mają działanie batmotropowe. Noradrenalina uwalniana z zakończeń nerwów współczulnych ma działanie: dodatnie inotropowe, chronotropowe, dromotropowe i batmotropowe, zwiększając objętość wyrzutową i pojemność minutową serca. Noradrenalina działa w ten sposób na mięsień sercowy za pośrednictwem β -receptora adrenergicznego i cyklicznego adenylosirolu. Działanie przeciwne w stosunku do noradrenaliny ma acetylocholina (ACh) uwalniana z zakończeń nerwów przywspółczulnych. Acetylocholina ma ujemne działanie inotropowe, chronotropowe, dromotropowe i batmotropowe. Ostatecznym efektem wpływu ACh na serce jest zmniejszenie objętości wyrzutowej i pojemności minutowej serca.

W czasie skurczów serce wykonuje niewielki ruch obrotowy wokół swej osi podłużnej. Jednocześnie podstawa serca, utworzona z dwóch pierścieni włóknistych, obniża się w czasie skurczu komór w kierunku koniuszka serca. Oba przedsionki zostają rozciągnięte, co sprzyja ich wypełnieniu się krwią napływającą ze zbiorników żylnych.

Ruch obrotowy serca wokół osi podłużnej i wzrost napięcia mięśnia komór w czasie skurczu są przyczyną występowania w piątym międzyżebrowym po stronie lewej tzw. uderzenia koniuszkowego serca.

15.4. Tony serca

Serce kurcząc się wytwarza **drżania**, które udzielają się sąsiadnym tkankom. Drżania te można usłyszeć przystawiając słuchawkę lekarską do skóry klatki piersiowej, w okolicach serca. Są to dźwięki o niejednorodnej częstotliwości. W praktyce lekarskiej przyjęto nazywać dźwięki stale występujące w warunkach prawidłowych - **tonami serca**, a **dźwięki patologiczne** - **szmerami**. W każdym cyklu pracy serca wysłuchuje się dwa tony. Są to: **pierwszy ton serca**, który jest wywołany zamknięciem się zastawek przedsionkowo-komorowych i początkiem skurczu serca, **drugi ton serca** powstający w czasie zamknięcia się płatków półksiężycowatych zastawki aorty i pnia płucnego.

Drżania występujące w sercu można odebrać i zarejestrować w postaci **fonokardiogramu**. Do skóry w okolicy serca przystawia się specjalny mikrofon. Prądy elektryczne wzbudzone w mikrofonie przez drżania powstające w sercu wzmacnia się i rejestruje za pomocą aparatu do elektrokardiografii.

15.5. Krążenie krwi

Krew krąży w ustroju dzięki pracy serca, składającego się z czterech jam: **dwóch przedsionków i dwóch komór**. Czynność przedsionków można porównać z pracą pomp objętościowych, a czynność komór z pracą pomp ciśnieniowych.

Krew przepływa przez tętnice i żyły krążenia dużego, które tworzą **dwie zbiorniki: tętniczy duży i żylny duży**, oraz przez tętnice i żyły krążenia małego, które również tworzą **dwie zbiorniki: tętniczy płucny i żylny płucny**, oraz przez dwie sieci naczyń włosowatych krwionośnych. Jedna **sieć naczyń włosowatych krwionośnych w krążeniu dużym** łączy zbiornik tętniczy duży ze zbiornikiem żylnym dużym, a druga **sieć naczyń włosowatych w płucach** łączy zbiornik tętniczy płucny ze zbiornikiem żylnym płucnym.

Każdy z czterech zbiorników zawiera inną objętość krwi oraz inne panuje w nim średnie ciśnienie. Mimo tych różnic **pojemność krwi tłoczona w czasie godzin lub doby** do zbiornika tętniczego dużego musi być **równa pojemności krwi odpływającej** ze zbiornika żylnego dużego.

Zasadniczym zadaniem serca jest **stałe pompowanie krwi ze zbiorników żylnych do zbiorników tętnicznych i utrzymywanie w zbiornikach tętnicznych odpowiedniego ciśnienia**. Zbiorniki tętnicze gromadzą krew tłoczona przez serce i dzięki sprężystości ścian oraz panującemu w nich ciśnieniu zapewniają stały przepływ krwi przez sieć naczyń włosowatych krwionośnych, również w czasie rozkurczu serca.

Zbiorniki żyłne, zwłaszcza **zbiornik żylny duży**, w którym stale znajduje się **prawie 50% krwi krążącej**, gromadzą krew niezbędną do wypełniania jam serca i tworzącej jej rezerwy. W chwili zwiększonego zapotrzebowania na krew serce przyspiesza częstotliwość skurczów. Zwiększa się

pojemność minutowa serca, czyli ilość krwi tłoczona przez komory do zbiorników tętnicznych. W tym samym czasie napływa do serca więcej krwi ze zbiorników żylnych.

15.5.1. Krążenie krwi w krążeniu dużym

Krew tłoczona przez lewą komorę do aorty wypełnia **zbiornik tętniczy duży**. Zbiornik tętniczy jest **pojęciem czynnościowym**. Zawiera on krew wypełniająca wszystkie duże, średnie i małe tętnice krążenia dużego. Mieści się w nim około 15% **całkowitej objętości krwi krążącej w organizmie**. W zbiorniku tętniczym dużym krew znajduje się pod ciśnieniem. **Ciśnienie tętnicze krwi** zależy od **dopływu krwi** do zbiornika tętniczego i od **odpływu krwi** z niego. W czasie spoczynku w pozycji leżącej, przy zrównoważonym odpływie i dopływie, średnie ciśnienie panujące w tym zbiorniku nie ulega większym zmianom. Ciśnienie w zbiorniku tętniczym dużym waha się w zależności od okresu cyklu pracy serca. W czasie skurczu serca w okresie maksymalnego wyrzutu lewej komory jest najwyższe i osiąga 16 kPa (120 mm Hg). W czasie rozkurczu serca ciśnienie krwi jest najniższe i wynosi 9,3 kPa (70 mm Hg). W czasie rozkurczu serca ciśnienie krwi nie spada do zera dzięki temu, że **ściany zbiornika tętniczego są sprężyste**. Krew tłoczona przez lewą komorę do aorty w czasie każdego skurczu serca rozciąga ściany zbiornika tętniczego i napięcie sprężyste jego ścian zapewnia utrzymanie ciśnienia w okresach rozkurczu. **Energia skurczów serca jest magazynowana w sprężystych ścianach zbiornika tętniczego**. **Średnie ciśnienie tętnicze** w pozycji leżącej wynosi około 12 kPa (90 mm Hg). Prawidłowe wartości ciśnienia skurczowego/ciśnienia rozkurczowego odnoszą się do pomiaru wykonanego w tętnicy ramiennej na poziomie uścicia-lewej komory u człowieka pozostającego w spoczynku, w pozycji leżącej. Po zmianie pozycji na stojącą w czasie ruchu, a zwłaszcza w czasie pracy fizycznej, ciśnienie skurczowe i rozkurczowe odpowiednio podwyższa się. W ciągu minut w spoczynku dopływa do zbiornika tętniczego dużego około 5,4 litra krwi, co równa się pojemności minutowej lewej komory. Tyle samo krwi odpływa ze zbiornika do sieci naczyń włosowatych krwionośnych. **Krew przepływa** w zbiorniku tętniczym dużym **zgodnie z gradientem ciśnienia** od serca aż do naczyń włosowatych. Przepływ krwi ma charakter pulsujący. Szybkość przepływu wzrasta w czasie skurczu komór i opada do zera w czasie rozkurczu. W miarę oddalania się od serca średnia prędkość przepływu krwi zmniejsza się od 60 cm/s w aortie wstępującej do kilku centymetrów na sekundę w tętnicach o małej średnicy. Odpływ krwi ze zbiornika tętniczego dużego zależy przede wszystkim od **światła naczyń oporowych**, czyli od światła tętniczek oraz od lepkości krwi. Lewa komora wtłaczając do aorty, w czasie jednego skurczu, **objętość wyrzutową krwi** powoduje jednoczesny wzrost ciśnienia i powstanie **fali ciśnieniowej** oraz odkształcenie się ścian tętnic. Fala ciśnieniowa z towarzyszącym jej odkształceniem ścian tętnic nosi nazwę **fali tętna**. Rozchodzi się ona wzdłuż ścian tętnic aż do naczyń przedwłosowatych tętnicznych, a nawet do naczyń włosowatych krwionośnych. **Prędkość rozchodzenia się fali tętna** zależy od elastyczności ścian tętnic i ich przebiegu i waha się od 5 do 9 m/s. Odkształcenie się ścian tętnicy w czasie przechodzenia przez nią fali tętna może być odebrane za pomocą specjalnych przetworników i zarejestrowane na papierze. Zapisana **fala tętna**, czyli **sfigmogram**, charakteryzuje się występowaniem ramienia wstępującego i zstępującego. Na ramieniu zstępującym zaznacza się niewielka oscylacja, zwana falą dykrotyczną, spowodowana odbiciem się słupa krwi o zamykające się zastawki półksiężycowate aorty.

Zbiornik żylny duży jest również **pojęciem czynnościowym**, tak jak zbiornik tętniczy. W zbiorniku tym znajduje się krew wypełniająca duże, średnie i małe żyły krążenia dużego. Gromadzi się w nim około 2,5 litra krwi, czyli **50% całkowitej objętości krwi krążącej w organizmie**. **Ciśnienie krwi w zbiorniku żylnym** zależy od miejsca pomiaru i pozycji ciała. Ciśnienie w żyłach głównej górnej i w żyłach głównej dolnej przy uścieniu do prawego przedsionka wynosi średnio około 0,5 kPa w pozycji leżącej badanego. Jest to **ciśnienie żyłne centralne**, które różni się od **ciśnienia żylnego obwodowego** mierzonych w żyłach odleglejszych od serca. W pozycji stojącej ciśnienie żyłne centralne nie zmienia się istotnie, natomiast występują duże różnice ciśnień w zbiorniku żylnym powyżej i poniżej prawego przedsionka. Poniżej prawego przedsionka ciśnienie wzrasta dzięki sile ciężaru. W żyłach zaś powyżej serca ciśnienie może być nawet niższe od ciśnienia atmosferycznego i żyły te są zapadnięte. **Ciśnienie żyłne centralne** podlega niewielkim wahaniom zależnym od ruchów oddechowych klatki piersiowej i pracy serca. W czasie wdechu w jamie klatki piersiowej, a także w przebiegających tam dużych żyłach, ciśnienie obniża się. W czasie wydechu ciśnienie w jamie klatki piersiowej podwyższa się, a ciśnienie żyłne centralne waha się zgodnie z rytmem oddechowym. Obniżanie się podstawy serca w czasie skurczu izotonicznego komór powoduje rozciąganie przedsionków i napływ do nich krwi z żył. Również w rozkurczu, w okresie szybkiego wypełniania się komór krwią, dochodzi do obniżania się ciśnienia żylnego centralnego i szybkiego, pulsującego przepływu krwi w żyłach wpadających do prawego przedsionka.

Przepływ krwi w zbiorniku żylnym i napływ krwi do prawego przedsionka zależy od: **ssącego działania ruchów oddechowych** klatki piersiowej i **ssącego działania serca**, **resztkowego gradientu**

ciśnienia wytworzonego dzięki skurczom lewej komory serca, **pompv mięśniowej**, czyli skurczów mięśni szkieletowych uciskających żyły i wyciskających krew z żył w kierunku serca. Zastawki żyłne zapewniają jeden kierunek przepływu krwi w żyłach, to jest do serca.

15.5.2. Krążenie krwi w krążeniu małym

Prawa komora serca tłoczy do pnia płucnego około 5,4 litra krwi na minutę, czyli tyle samo co lewa komora do aorty. Pojemność minutowa obu komór serca jest jednakowa zarówno w czasie spoczynku, jak i w czasie wysiłku fizycznego. Natomiast objętość krwi, która wypełnia krążenie małe, jest znacznie mniejsza niż w krążeniu dużym. **W krążeniu małym** znajduje się tylko około **12% całkowitej objętości krwi krążącej** w organizmie.

Ciśnienie w zbiorniku tętniczym płucnym wynosi: skurczowe 3,3 kPa i rozkurczowe 0,9 kPa. W zbiorniku żylnym płucnym ciśnienie jest prawie takie samo jak ciśnienie w lewym przedsionku.

Sieć naczyń krwionośnych włosowatych łączących zbiornik tętniczy z żylnym **opłata pęcherzki płucnej**. Ciśnienie krwi w naczyniach włosowatych zależy od pozycji ciała i części płuc. W pozycji pionowej przez naczynia włosowate w szczytach płuc przepływa mniej krwi niż w części dolnej przylegającej do przepony. **Również** w czasie wydechu ciśnienie powietrza w pęcherzykach płucnych jest wyższe od ciśnienia atmosferycznego, uciska naczynia włosowate i **zmniejsza przepływ krwi**. Tętniczki w płucach, w przeciwieństwie do krążenia dużego, mają słabo rozwinięte mięśnie gładkie i nie spełniają funkcji naczyń oporowych. Krew wtłoczona do zbiornika tętniczego płucnego przepływa do zbiornika żylnego płucnego, natrafiając jedynie na opór ze strony sieci naczyń włosowatych krwionośnych. **W naczyniach włosowatych krwionośnych płuc** w warunkach prawidłowych **nie dochodzi do filtracji** osocza. Ciśnienie onkotyczne białek osocza jest stale wyższe od ciśnienia hydrostatycznego krwi.

15.5.3. Krążenie krwi w naczyniach włosowatych

Predkość przepływu krwi przez naczynia włosowate krwionośne jest mała i **wynosi około 0,05 cm/s**. Naczynia włosowate krwionośne są bardzo krótkie i krew przez nie przepływa w czasie kilku sekund. Zawierają one tylko **około 7% całkowitej objętości krwi krążącej**. Mimo to odgrywają zasadniczą rolę w krążeniu wszystkich związków w organizmie. W obrębie naczyń włosowatych zachodzi cała **wymiana związków pomiędzy krwią** i wszystkimi **tkankami** na zasadzie **dyfuzji, filtracji i resorpcji**. Przez porę w ścianie włosowatych naczyń krwionośnych zachodzi **filtracja wody** i składników małowcząsteczkowych do płynu tkankowego. **Ciśnienie hydrostatyczne krwi** w naczyniach włosowatych krwionośnych tętniczych jest wyższe **od ciśnienia onkotycznego osocza**. Dzięki temu występuje **ciśnienie filtracyjne**. W naczyniach włosowatych krwionośnych żylnych zachodzi proces przeciwny do filtracji. Jest nim **resorpcja wody** i związków w niej rozpuszczonych. **Ciśnienie onkotyczne białek osocza** jest **wyższe od ciśnienia hydrostatycznego** krwi i woda wraz ze składnikami w niej rozpuszczonymi zostaje wciągana czyli resorbowana z płynu tkankowego do krwi dzięki **ciśnieniu resorpcywnemu**. W zależności od stanu mięśni gładkich, małych tętniczek i naczyń krwionośnych przedwłosowatych tętniczych może przeważać filtracja lub resorpcja. Rozszerzenie się małych tętniczek i naczyń przedwłosowatych tętniczych powoduje **przekrwienie**, czyli otwieranie się naczyń włosowatych wypełnienie ich krwią i **przewagę filtracji nad resorpcją**. Przeciwnie, skurcz mięśni gładkich małych tętniczek, i naczyń przedwłosowatych tętniczych prowadzi do niedokrwienia, zamykania się naczyń włosowatych, a w naczyniach otwartych i wypełnionych krwią **resorpcja przeważa nad filtracją**.

15.6. Regulacja krążenia krwi

Regulacja krążenia krwi w organizmie odbywa się za pośrednictwem **kontroli pracy serca i kontroli stanu błony mięśniowej gładkiej w ścianach naczyń krwionośnych** przede wszystkim naczyń przedwłosowatych tętniczych. Te dwa elektory mają własne ośrodki, czyli ośrodek sercowy i ośrodek naczynioruchowy.

15.6.1. Regulacja pracy serca

Serce przyspieszając swoje skurcze zwiększa pojemność minutową krwi przetłaczanej ze zbiorników żylnych do zbiorników tętniczych. **Przyspieszenie częstości skurczów serca** zazwyczaj prowadzi do **zwiększenia pojemności minutowej serca** i wtórnie do **podwyższenia ciśnienia tętniczego**. Zwolnienie częstości skurczów serca przeważnie powoduje zmniejszenie pojemności minutowej serca i obniżenie ciśnienia tętniczego.

Neurony tworzące **ośrodek kontrolujący pracę serca** znajdują się w różnych strukturach układu nerwowego i pod względem czynnościowym dzielą się na neurony przyspieszające i na neurony

zwalniające częstość skurczów serca. **Ośrodek przyspieszający pracę serca** znajduje się w **rogach bocznych rdzenia kręgowego** w części piersiowej w segmentach od pierwszego do piątego. Neurony tego ośrodka wysyła impulsy do serca za pośrednictwem zwojów piersiowych pnia współczulnego i zwojów współczulnych szynnych górnych, środkowych i dolnych. Komórki ze zwojów współczulnych przewodzą impulsy do serca przez swoje wypustki, stanowiące włókna zazwojowe współczulne. Z zakończeń włókien zazwojowych typu Cs uwalnia się **noradrenalina** działająca przyspieszająco na częstość skurczów serca.

Ośrodek zwalniający pracę serca tworzą neurony należące do **jadra przwspółczulnego nerwu błędnego** W rdzeniu przedłużonym. Neurony tego jądra za pośrednictwem nerwów błędnych i przwspółczulnych zwojowych komórek nerwowych znajdujących się w samym sercu zwalniają jego pracę. Pod wpływem impulsacji z jądra przwspółczulnego nerwu błędnego przwspółczulne komórki zwojowe uwalniają ze swych zakończeń **acetylocholine**, która działa na układ przewodzący serca i na pozostałe komórki mięśnia przedsionków i komór. U człowieka ośrodek zwalniający skurcze serca wykazuje stałą przewagę nad ośrodkiem przyspieszającym je.

Ośrodek przyspieszający pracę serca oraz (szczególnie) ośrodek zwalniający pracę serca, stanowi końcowa wspólna droga dla impulsacji biegnącej z ośrodków znajdujących się w mózgowiu i z receptorów w układzie krążenia.

Z kory mózgu i z podwzgórza biegną impulsy nerwowe do ośrodków sercowych. Pobudzenie w korze mózgu i w ośrodkach w podwzgórzu powoduje hamowanie czynności neuronów jądra przwspółczulnego nerwu błędnego. Ośrodek przyspieszający pracę serca, znajdujący się w części piersiowej rdzenia kręgowego, uzyskuje wówczas przewagę i przyspiesza częstość skurczów serca.

Impulsacja z receptorów w układzie krążenia na drodze odruchowej **zwalnia lub przyspiesza częstość skurczów serca**. Rozciągnięcie ścian tetnic przez podwyższone ciśnienie tetnicze krwi pobudza baroreceptory w ścianie łuku aorty i w zatokach tetnic szynnych. Pod wpływem tej impulsacji ośrodek zwalniający pracę serca zostaje pobudzony i częstość skurczów serca maleje. Przeciwnie, spadek ciśnienia tetniczego powoduje przyspieszenie pracy serca na drodze odruchowej izięki temu, że ośrodek zwalniający pracę serca zostaje zahamowany.

15.6.2. Regulacja ciśnienia tętniczego krwi

Skurcz lub rozkurcz mięśni gładkich w ścianie tetniczek zmienia opór naczyniowy. **Skurcz mięśni gładkich tetniczek zwiększa opór naczyniowy**, a tym samym podwyższa ciśnienie tetnicze. Rozkurcz mięśni gładkich tetniczek prowadzi do przeciwnego efektu. Opór naczyniowy zmniejsza się, przepływa więcej krwi z tetnic do żył i ciśnienie tetnicze się obniża.

Światło tetniczek jest kontrolowane na drodze nerwowej przez **ośrodek naczynioruchowy** i na drodze humoralnej przez ośrodki nerwowe kontrolujące wydzielanie hormonów. Również działające miejscowo odruchy i czynniki naczyniorozszerzające i naczyniozężające wpływają na opór naczyniowy.

Ośrodek naczynioruchowy znajduje się w **rdzeniu przedłużonym** w tworze siatkowatym i składa się z **części presyjnej**, zężającej naczynia krwionośne, oraz i **części depresyjnej**, rozszerzającej je.

Neurony **części presyjnej ośrodka naczynioruchowego** wysyła wypustki do neuronów w rogach bocznych rdzenia kręgowego. Neurony te za pośrednictwem zwojów współczulnych przekazują pobudzenie do błony mięśniowej gładkiej w ścianach naczyń krwionośnych. Włókna nerwowe naczyniozweżające typu Cs uwalniają na swych zakończeniach **noradrenalinę** i utrzymują mięśnie gładkie w stałym skurczu.

Pobudzone neurony **części depresyjnej ośrodka naczynioruchowego** hamują aktywność neuronów w rogach bocznych rdzenia kręgowego. Tym samym impulsacja we włóknach nerwowych naczyniozweżających zostaje również zahamowana. Tetniczki rozszerzają się, opór naczyniowy zmniejsza się i więcej krwi przepływa z tetnic do żył. Ciśnienie tetnicze krwi obniża się.

Mięśnie gładkie tetniczek pozostała pod stałym wpływem impulsacji nerwowej z ośrodków naczyniozweżających. W zależności od **zapotrzebowania na tlen** w jakimś obszarze naczyniowym rozszerzają się w nim tetniczki i **wzrasta przepływ krwi**. Jednocześnie w innych obszarach naczyniowych w tym samym czasie dochodzi do dalszego zężenia się światła tetniczek.

Czynność naczyń oporowych, czyli tetniczek w dużym krążeniu można porównać do czynności kurków. Są one stale prawie całkowicie zakrecone i przepuszczają tylko niewielką ilość krwi. W wyniku zapotrzebowania na krew przez poszczególne narządy „kurki” regulujące dopływ krwi zostają „odkrecone”, a w tym samym czasie „kurki” w innych narządach zostają „zakrecone”. Pojemność krwi odpływająca ze zbiornika tetniczego nie ulega zmianie. Jednoczesne odkrecone większej liczby „kurków” zwiększa odpływ krwi i obniża ciśnienie w zbiorniku tetniczym. Mechanizmy kontrolujące układ krążenia przyspieszają natomiast pracę serca i jego pojemność minutowa wzrasta, tak aby

odpływ krwi został zrównoważony przez dopływ.® obrębie naczyń oporowych następuje największy spadek ciśnienia tetniczego krwi//

Całkowity obwodowy opór naczyniowy, jaki pokonuje krew krążąca w warunkach przeciętnych życia człowieka, wynosi **jedną jednostkę oporu naczyniowego**. W czasie skurczu naczyń oporowych całkowity obwodowy opór naczyniowy może wzrosnąć do 4 jednostek, a w czasie ich rozkurczu może się obniżyć do $\frac{1}{4}$ jednostki. Całkowity płucny opór naczyniowy jest około dziesięć razy niższy w porównaniu z całkowitym oporem naczyniowym (w krążeniu dużym).

15.6.3. Regulacja humoralna pracy serca i ciśnienia tętniczego krwi

W regulacji krążenia krwi biorą również udział hormony działające na układ krążenia. Silne emocje, znaczny wysiłek fizyczny, utrata krwi, oziebienie całego ciała wywołują wydzielanie **adrenalin** i **noradrenalin** przez rdzeń nadnerczy. Impulsy z korwy mózgu i układu brzożnego (limbicznego) biegną przez podwzgórze i most do części piersiowej rdzenia kręgowego, gdzie znajdują się neurony wysyłające w nerwach trzewnych włókna eferentne do rdzenia gruczołów nadnerczowych. Pod wpływem wydzielonych do krwi hormonów rdzenia gruczołów nadnerczowych ciśnienie skurczowe w zbiorniku tetniczym podwyższa się.

W czasie silnych emocji lub utraty znacznej objętości krwi, połączonej z dużym obniżeniem ciśnienia w zbiorniku tetniczym, zostaje również wydzielony w większych ilościach hormon podwzgórza - **wazopresyna**. Ośrodki nerwowe powodują uwalnianie wazopresyny z płata tylnego przysadki do krwi.

Obniżenie się ciśnienia tetniczego w tetnicach nerkowych jest przyczyną wydzielania do krwi enzymu proteolitycznego - **reniny**. Enzym ten odłącza z frakcji c-globulin nieczynny dekapetyd w postaci **angiotensynu I**. Inne enzymy, zawarte przede wszystkim w płucach, odłączają dwa aminokwasy od nieczynnego angiotensynu I, zamieniając go na czynny oktapetyd - angiotensynę II.

Pod wpływem angiotensynu II kurczą się mięśnie gładkie naczyń oporowych i wzrasta ciśnienie w zbiorniku tetniczym dużym. **Angiotensyna II** jest związkiem **najsilniej kurczącym mięśnie gładkie naczyń krwionośnych**. Ma kilkakrotnie silniejsze działanie presyjne w porównaniu z noradrenaliną. Szybko jest rozkładana we krwi obwodowej.

15.6.4. Miejscowa regulacja przepływu krwi przez tkanki

Podrażnienie interoceptorów w narządach wywołuje na drodze odruchowej rozszerzenie lub zwichnięcie światła naczyń tetniczych. Zazwyczaj mięśnie gładkie tetnic rozkurczają się.

W tkankach są wytwarzane związki, które działając na mięśnie gładkie rozszerzają lub zwężają światło naczyń tetniczych. W niektórych narządach, a zwłaszcza w gruczołach wydzielania zewnętrznego, powstaje związek rozszerzający naczynia tetnicze - bradykinina. Powstaje ona z krążących w osoczu krwi we frakcji α 2-globulin kininogenów pod wpływem osoczowej kalikreiny. Zaktywowana w narządach kalikreina działa na kininogeny i w końcowym stadium powstaje aktywny nonapeptyd - bradykinina.

Na mięśnie gładkie tetniczek działają rozkurczające liczne związki, takie jak: histamina, prostaglandyny grupy E, prostacykliny, adenozylna, cholina i kwas mlekowy. Również inne czynniki wpływają na rozkurcz mięśni gładkich, takie jak miejscowe obniżenie ciśnienia parcjalego tlenu, podwyższenie ciśnienia parcjalego dwutlenku węgla i podwyższenie temperatury.

Przeciwnie działają związki kurczące mięśnie gładkie tetniczek. Są to miejscowo wytwarzane lub uwalniane: noradrenalina, serotonina, prostaglandyny grupy E i tromboksan. Miejscowe obniżenie temperatury wywołuje również skurcz mięśni gładkich tetniczek.

15.6.5. Przepływ krwi przez mięsień sercowy

Przepływ krwi przez tetnice wieńcowe, a szczególnie przez lewą tetnicę, ściśle zależy od fazy cyklu pracy serca i od ciśnienia w aortie. W fazie rozkurczu krew przepływa swobodnie przez obie tetnice wieńcowe, natomiast na początku skurczów komór **w fazie izowolumetrycznej**, w miarę wzrastania ciśnienia w komorach, **przepływ przez naczynia wieńcowe gwałtownie się zmniejsza**.

W końcu skurczu izowolumetrycznego i na początku okresu maksymalnego wyrzutu ciśnienie w lewej komorze oraz ciśnienie śródścienne w samym mięśniu lewej komory przewyższają ciśnienie w aortie. Odgałęzienia tetniczy wieńcowej lewej zostają zamknięte i krew **cofa się do aorty**. W połowie okresu maksymalnego wyrzutu krew zaczyna przepływać przez lewą tetnicę wieńcową, aby w okresie zredukowanego wyrzutu ponownie zmniejszył się jej przepływ. Na początku rozkurczu przepływ przez lewą tetnicę wieńcową osiąga swoje maksimum.

W tetniczy wieńcowej prawej przepływ krwi podlega podobnym wahaniom, zależnym od fazy cyklu pracy serca z tą różnicą, że nie występuje wsteczny kierunek przepływu krwi. Przyspieszenie częstości skurczów serca jest szczególnie niekorzystne dla utrzymania prawidłowego ciśnienia parcjalego

tlenu w komórkach mięśnia sercowego. W miarę przyspieszenia częstości skurczów wzrasta łączny czas, w którym przepływ wieńcowy krwi zostaje znacznie zmniejszony lub całkowicie zatrzymany. **Niedostateczny przepływ wieńcowy krwi jest przyczyną niedotlenienia mięśnia sercowego.** Zarówno czynniki nerwowe, jak i humoralne zmieniają przepływ krwi przez tętnice wieńcowe. **Ostre niedotlenienie mięśnia sercowego,** w którym nie występują jakiegokolwiek zmian patologicznych, wywołuje kilkukrotny **wzrost przepływu wieńcowego.** Z niedotlenionego mięśnia sercowego uwalniane są **adenozyna i histamina,** które działają silnie rozkurczająco na błonę mięśniową tętnic wieńcowych. **Wzrost ciśnienia krwi** również powoduje wzrost przepływu wieńcowego. **Adrenalina i noradrenalina** zwiększają przepływ wieńcowy. **Wazopresyna** natomiast wyraźnie go zmniejsza. Impulsacja biegnąca przez włókna współczulne zwiększa przepływ wieńcowy. Zwiększenie przepływu wieńcowego występuje również pod wpływem impulsacji przywspółczulnej biegnącej od serca przez nerwy błędne.

Przez tętnice wieńcowe przepływa **około 5% krwi stanowiącej pojemność minutową serca.** Mięsień sercowy jednocześnie w spoczynku zużywa około 5% całego zapotrzebowania organizmu na tlen. Czerpie on energię niezbędną do skurczów ze składników odżywczych dopływających z krwią takich jak: glukoza, mleczany, pirogroniany i wolne kwasy tłuszczowe.

16. Anatomia układu oddechowego

16.1. Rozwój układu oddechowego

Układ oddechowy rozwija się w ścisłym związku z układem pokarmowym. Pierwotna jama ustna zostaje podzielona przegrodą na ostateczną jamę ustną i jamę nosową, a wyścielająca pierwotną jamę nosową ektodenna przekształca się w płytę węchową, a ta w okolice węchową błony śluzowej nosa.

Pozostałe narządy układu oddechowego: krtani, tchawica, oskrzela główne płuca powstają z jednego zawiązka, a mianowicie z brzusznej ściany endodermalnego jelita pierwotnego odsznurowuje się tzw. rwnienka oddechowa. Wprowadza się całkowicie od jelita z wyjątkiem miejsca, od którego odchodzi, będącego skrzyżowaniem drogi oddechowej i pokarmowej. Już w 3 tygodniu życia zarodkowego rwnienka oddechowa różnicuje się na kanał krtaniowo-tchawiczy, a ten na krtani i tchawicę. Jej koniec doogonowy przekształca się natomiast w worek płucny pierwotny, dzielący się na dwa pecherzyki - zawiązki płuc.

Zawiązki płuc wzrastając wnikają do wtórnej jamy ciała i pociągają za sobą listek trzewny mezodermu, który zrasta się z nimi, tworząc opłucną. Wtórna jama ciała przekształca się w jamę opłucną. Jednocześnie do rozwijających się płuc wnika mezenchyma. Z endodermu powstaje nabłonek i gruczoły układu oddechowego, z mezodermu - tkanka łączna międzyrazikowa, naczynia krwionośne oraz w ścianie oskrzeli - chrząstki i mięśnie gładkie.

Okolo 6 miesiąca życia płodowego budowa płuc jest już całkowicie zróżnicowana, jednak ostateczny ich rozwój kończy się dopiero między 7 a 12 rokiem życia.

16.2. Budowa układu oddechowego

Do układu oddechowego należą: nos zewnętrzny, jama nosowa wraz z zatokami przynosowymi, krtani, tchawica, oskrzela główne, płuca wraz z opłucną i jamami opłucnej. Ze względów klinicznych układ oddechowy można podzielić na tzw. drogi oddechowe górne, do których zalicza się nos, gardło i część krtani (przedśionek i kieszonki krtaniowe), oraz na tzw. drogi oddechowe dolne, do których zalicza się pozostała część krtani (jama podgłośniowa), tchawicę i oskrzela. Ponadto powietrze z jamy nosowej do krtani lub z krtani do jamy nosowej musi przejść przez gardło, narząd zaliczony do układu pokarmowego, będący jednak wspólną drogą dla pokarmów i powietrza.

16.2.1. Nos zewnętrzny i jama nosowa

W nosie zewnętrznym wyróżnia się nasadę nosa, grzbiet, koniec i skrzydła nosa. Ściany nosa zewnętrznego są utworzone przez kości nosowe, wyrostki czołowe szczęk, chrząstkę boczną nosa oraz chrząstki skrzydłowe większe i mniejsze, pokryte mięśniami i skórą. Skóra zewnętrznej powierzchni nosa jest gruba, nieelastyczna, zawiera duże gruczoły łojowe. Ze ścian nosa wystają do światła jamy nosowej blaszki kostne pokryte błoną śluzową, zwane małżowinami nosowymi: górna, środkowa i dolna, przy czym dolna jest samodzielną kością, a pozostałe należą do kości sitowej. Ustawione są schodkowo jedna nad drugą. Wejście do jamy nosowej stanowią nozdrza przednie, prowadzące do przedśionka nosa, a następnie do jamy nosowej. Jama nosowa dzieli się na dwie części przegrodą nosa utworzoną przez kości (leńiesz, blaszka pionowa kości sitowej), chrząstki (chrząstka przegrody nosa), a najbardziej do przodu przez skórę i tkankę podskórną (część ruchoma przegrody). Przegroda nosa jest z reguły odchylna w bok od płaszczyzny środkowej, jest to tzw. fizjologiczne skrzywienie przegrody nosa, uważane za stan prawidłowy, będący wyrazem ogólnej asymetrii czaszki.

Małżowiny nosowe dzielą się z kolei każda z dwóch części jamy nosowej na trzy przewody nosowe: przewód nosowy górny, zawarty pomiędzy małżowiną nosową górną i środkową, przewód nosowy środkowy, zawarty pomiędzy małżowiną nosową środkową i dolną, oraz przewód nosowy dolny zawarty pomiędzy małżowiną nosową dolną a podniebieniem twardym. Powyżej małżowiny nosowej górnej znajduje się zachyłek klinowo-sitowy. Nozdrza tylne łączą jamę nosową z częścią nosową gardła.

Do przewodów nosowych uchodzą zatoki przynosowe, które są przestrzeniami w kościach czaszki (kości pneumatyczne) wyścielonymi błoną śluzową i wypełnionymi powietrzem. Wyróżnia się: zatoki

klinowe znajdujące się w trzonie kości klinowej, o objętości około 3 cm^3 . zatoki sitowe: przednia i tylna będące skupieniami komórek sitowych w błedniku kości sitowej. zatoki czołowe znajdujące się w łusce kości czołowej, o objętości od 8 do 23 cm^3 oraz szczekowe, znajdujące się w trzonie szczek cm^3 o objętości około 25 cm^3 . Łączna objętość zatok przynosowych jest określona na około 100 cm^3 . Do przewodu nosowego górnego uchodzą zatoki klinowe i zatoka sitowa tylna, do przewodu nosowego środkowego - zatoka czołowa, szczekowa i zatoka sitowa przednia, do przewodu nosowego dolnego uchodzi przewód nosowo-łzowy. Jama nosowa jest wyścielona błoną śluzową, w której można wyróżnić okolice oddechową i okolice wechową. Okolica oddechowa pokryta nabłonkiem wielowarstwowym migawkowym. Zawiera liczne gruczoły surowicze i mieszane, skupienia tkanki łącznej siateczkowej i pojedyncze grudki chłonne. Okolica wechowa stanowi niewielką część błony śluzowej nosa (małżowina nosowa górna i górna część przegrody nosa) i jest pokryta nabłonkiem wechowym zawierającym preciki wechowe które mają zdolność odbierania wrażeń wechowych. W tej okolicy błony śluzowej występują głównie gruczoły wechowe, których wydzielina rozpuszcza substancje wonne współdziała w odbieraniu wrażeń wechowych. Ukształtowanie jamy nosowej, uwarunkowane przebiegiem i kształtem małżowin, powoduje, że prąd wdychanego powietrza opływa okolice wechową. Podczas wdechania „wir powietrzny” kieruje do okolicy wechowej zwiększona ilość powietrza. Wdychane powietrze jest również ogrzewane przez splety jamiste małżowin, zbudowane z żył, występujące w tkance podśluzowej.

16.2.2. Krtani

Krtani jest narządem łączącym gardło z tchawicą, położonym między IV a VI kręgiem szyjnym, poniżej nasady języka i kości gnykowej. Jest również narządem służącym do wydawania dźwięków. Składa się z chrząstek, więzadeł i mięśni, które tworzą ścianę ograniczającą jamę krtani.

Chrząstki krtani dzielą się na nieparzyste: chrząstka tarczowata, pierścieniowata i nagłośniowa, oraz parzyste: chrząstki nalewkowate, różkowate i klinowate. Zbudowane są z chrząstki szklistej i sprężystej. Chrząstka tarczowata składa się z dwóch płytek - prawej i lewej, łączących się ze sobą w płaszczyźnie pośrodkowej ciała pod kątem $90-120^\circ$. Wyniosłość, jaką tworzy na szyi to połączenie, nosi miano wyniosłości krtaniowej, zwanej jabłkiem Adama. Brzegi tylne płytek przerodzą ku górze w rogi górne, a ku dołowi w rogi dolne chrząstki tarczowatej. Chrząstka pierścieniowata ma kształt pierścienia, którego przednia część, węższa, nosi miano łuku, a tylna, szeroka część - miano płytki. Chrząstka nagłośniowa, która wyglądem przypomina siodełko rowerowe, znajduje się w fałdzie błony śluzowej zamykającym wejście do krtani. Z chrząstek parzystych najistotniejszą rolę odgrywają chrząstki nalewkowate o kształcie trójkątnych ostrosłupów, spoczywających swoją podstawą na płytce chrząstki pierścieniowatej. Ponadto każda z nich ma dwa wyrostki: odchodzący do przodu wyrostek głosowy i odchodzący bocznie i do tyłu wyrostek mięśniowy. Pozostałe chrząstki parzyste, chrząstki różkowate i chrząstki klinowate znajdują się w fałdach błony śluzowej, otaczających wejście do krtani. Chrząstki krtani mogą zmieniać położenie względem siebie w łączących je stawach. Są to stawy pierścieńno-tarczowe - stawy zawiasowe między rogiem dolnym chrząstki tarczowatej a chrząstką pierścieniowatą, w których ruchy następują przy zmianach napięcia fałdów głosowych, oraz stawy pierścienno-nalewkowe - stawy obrotowe pomiędzy płytką chrząstki pierścieniowatej a podstawą chrząstki nalewkowatej, w których ruchy zachodzą przy zważaniu lub rozszerzaniu szpary głośni.

Wieżadła krtani wzmacniają połączenia stawowe i łączą ze sobą poszczególne chrząstki krtani lub krtani z narządami sąsiednimi, np. z kością gnykową. Niekiedy przybierają charakter błon łącznotkankowych wypełniających ściany krtani, jak np. błona tarczowo-gnykowa. Jama krtani jest wyścielona błoną śluzową pokrytą nabłonkiem wielowarstwowym płaskim i wielorzędowym migawkowym.

Błona śluzowa krtani wytwarza szereg fałdów: nagłośnia — nieparzysty fałd zamykający wejście do krtani, zawierający chrząstkę nagłośniową, więzadła i mięśnie. Nagłośnia łączy się od przodu z podstawą języka, natomiast od tyłu i z boku wejście do krtani jest ograniczone przez fałdy nalewkowo-nagłośniowe, biegnące od bocznych brzegów nagłośni do chrząstek nalewkowatych; fałd przedsiódkowy - parzysty fałd na bocznych ścianach krtani, wystający nieznacznie do jej światła, nosi też nazwę fałdu głosowego rzekomego, gdyż nie bierze udziału w tworzeniu głosu; fałd głosowy - parzysty fałd na bocznych ścianach krtani położony poniżej fałdu przedsiódkowego. Fałdy głosowe zawierają mięśnie i więzadła głosowe. Szpara pomiędzy fałdami głosowymi nosi miano szpary głośni, natomiast fałdy głosowe łącznie z zawartą między nimi szparą głośni stanowią głośnię.

W szparze głośni wyróżnia się część przednia - międzwbłoniasta i część tylna - międzchrząstkowa, zawarta między chrząstkami nalewkowatymi. Fałdy głosowe są pokryte nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, który nada im białawe zabarwienie (ryc. 8. 4.). Ich błona śluzowa zawiera gruczoły zwilżające fałdy głosowe.

Wymienione fałdy dzielą jamę krtani na trzy części: przedsionek krtani - przestrzeń od wejścia do krtani do poziomu fałdów przedsionkowych; kieszonki krtaniowe - przestrzeń pomiędzy fałdami przedsionkowymi a fałdami głosowymi, jamę podgłośniową - przestrzeń pomiędzy fałdami głosowymi a miejscem przejścia krtani w tchawicę:

Jamę krtani można obejrzeć za pomocą lusterka laryngologicznego. Błona śluzowa krtani jest unerwiona przez nerw krtaniowy górny i dolny.

Mięśnie krtani można podzielić ze względu na ich położenie lub czynność. Ze względu na położenie dzieli się je na mięśnie powierzchowne (mięsień pierścieniowo-tarczowy) i mięśnie głębokie (pozostałe mięśnie), a ze względu na czynność na: mięśnie napinające fałdy głosowe: mięsień pierścieniowo-tarczowy, mięsień głosowy; mięśnie rozszerzające szparę głośni: mięsień pierścieniowo-nalewkowy tylny; mięśnie zewężające szparę głośni: mięsień pierścieniowo-nalewkowy boczny, mięsień tarczowo-nalewkowy, mięsień nalewkowy skośny i poprzeczny; mięśnie wejścia do krtani: mięsień nalewkowo-nagłośniowy i mięsień tarczowo-nagłośniowy.

Mięśnie te regulują napięcie fałdów głosowych, wpływając w ten sposób na siłę i wysokość głosu, regulują szerokość szparę głośni, która jest inna przy oddychaniu i fonacji, współdziałała przy zamknięciu wejścia do krtani podczas polykania. Krtani jest ruchoma w stosunku do narządów szyi.

16.2.3. Tchawica i oskrzela główne

Tchawica jest narządem stanowiącym przedłużenie krtani ku dołowi. Rozpoczyna się tuż poniżej chrząstki pierścieniowatej, zajmuje przestrzeń między VII kręgiem szyjnym a IV kręgiem piersiowym, gdzie dzieli się pod kątem 75-90° na dwa oskrzela główne, tworząc rozdwojenie tchawicy. Jej długość wynosi od 10 do 12 cm.

W tchawicy można wyróżnić część szyjną, bardzo krótka i część piersiową przebiegająca w śródpiersiu górnym. Tchawica stanowi rodzaj sztywnej rury zbudowanej z 16 do 20 chrząstek tchawicznych, o podkowiaстым kształcie, połączonych wiezadłami pierścieniowatymi zawierającymi liczne włókna sprężyste. Natomiast jej ściana tylna - ściana błoniasta, zawiera mięśnie gładkie. Przy skurczu ścian błoniastej światło tchawicy może się zewężać o $\frac{1}{4}$ swego wymiaru. Występuje to np. podczas silnego kaszlu. Zwiększone ciśnienie w tchawicy powoduje powstawanie silnego prądu powietrza, który ułatwia odkrztuszenie zalegającego śluzu. Od wewnątrz tchawica jest wyścielona błoną śluzową pokrytą nabłonkiem wielorzędowym migawkowym. Błona ta zawiera komórki kubkowe i gruczoły surowiczno-śluzowe.

Oskrzela główne różnią się między sobą. Oskrzele główne prawe jest krótsze, ma większą średnicę i przebiega bardziej pionowo, stanowiąc jak gdyby przedłużenie tchawicy, dlatego częściej trafiają do niego ciała obce. Oskrzele główne lewe jest dłuższe, ma mniejszą średnicę i przebiega bardziej poziomo. Ponad oskrzelem głównym prawym przebiega żyła nieparzysta, a ponad oskrzelem głównym lewym - łuk aorty.

Oskrzela główne są wyścielone również nabłonkiem wielorzędowym migawkowym. Migawki poruszają się w kierunku tchawicy.

16.2.4. Płuca i opłucna

Płuco jest parzystym narządem położonym w klatce piersiowej w tzw. jamach opłucnowo-płucnych. W płucu można wyróżnić podstawę i szczyt. Szczyt płuca leży częściowo w obrębie szyi. Płuco ma trzy powierzchnie: przeponową, żebrową i przysródkową, oraz dwa brzegi: przedni i dolny. Na powierzchni przysródkowej płuca znajduje się wnęk płuca wraz z korzeniem płuca złożonym z oskrzeli, naczyń krwionośnych i chłonnych oraz nerwów. Wielkość płuca jest wprost proporcjonalna do długości tułowia. Objętość płuca prawego wynosi przy pośrednim ustawieniu przepony około 900 cm³ a płuca lewego około 750 cm³. Płuco prawe jest podzielone szczeliną poziomą i szczeliną skośną na trzy płaty: górny, środkowy i dolny. Płuco lewe jest podzielone tylko szczeliną skośną na dwa płaty: górny i dolny. Płaty dzielą się z kolei na mniejsze jednostki morfologiczno-czynnościowe, zwane segmentami oskrzelowo-płucnymi, których jest 10 w płucu prawym i 8 w płucu lewym. Segmenty mają kształt stożka zwróconego wierzchołkiem w kierunku wnęki, mają własne oskrzela i odrębne zaopatrzenie krwionośne i chłonne. Segmenty są zbudowane z płacików, a płaciki z gron.

Oskrzele główne dzieli się we wnęce płuca na oskrzela płatowe - na trzy w płucu prawym i na dwa w płucu lewym. Oskrzele płatowe dzieli się na oskrzela segmentowe, które z kolei dzielą się monopodialnie, tj. na rozgałęzienia o coraz to mniejszej średnicy i dwuchotomicznie, tj. na dwa rozgałęzienia boczne bez pnia głównego, wytwarzając tzw. drzewo oskrzelowe. Takich podziałów dwuchotomicznych jest od 20 do 23. Prowadzą one do powstania, w odległości 6-18 cm od wnęki,

oskrzeli o średnicy 1 mm, tzw. oskrzeli pławikowych, których liczba w obu płucach jest oceniana na około 1000. Rzadziej występują podziały oskrzeli trichotomiczne. Z dalszego podziału oskrzeli powstała oskrzeliki (oskrzelka) oddechowe, o średnicy 0,3 mm, w liczbie około 800 000. W ich ścianie, w przeciwieństwie do oskrzeli, nie występują już chrząstki. Suma przekrojów oskrzelików oddechowych jest 10 razy większa od przekroju tchawicy.

Od oskrzelików oddechowych odchodzą przewodniki pecherzykowe, łączące się z woreczkami pecherzykowymi, od których odchodzą pecherzyki płucne. Liczba pecherzyków płucnych w obu płucach jest oceniana na 300 do 500 milionów, a ich powierzchnia oddechowa na 70 do 120 m². Średnica pecherzyka płucnego w czasie wdechu wynosi 0,3 mm.

Głównym celem występowania tak dużej liczby pecherzyków płucnych i tak złożonego podziału drzewa oskrzelowego jest zwiększenie powierzchni oddechowej, która gdyby nie było pecherzyków, wynosiłaby tylko około 2m², oraz zmniejszenie prędkości dla wdychanego powietrza tak, aby nie dochodziło do uszkodzenia pecherzyków płucnych.

Oskrzela są zbudowane z chrząstek o pierścieniowatym kształcie, połączonych -mieśniami gładkimi o przebiegu określonym. Wyślane są od wewnątrz błona śluzowa pokryta nabłonkiem wielorzędowym migawkowym, a z zewnątrz otoczone tkanką łączną. W błonie śluzowej występują gruczoły śluzowo-surowicze. Znajdują się tu również uchylki błony śluzowej otoczone skupieniami tkanki siateczkowej określane nazwą „migdałka płucnego”. Oskrzeliki nie zawierają już chrząstek, a jedynie mięśnie gładkie i włókna sprężyste. Wyślane są nabłonkiem jednowarstwowym sześciennym.

Pecherzyki płucne mają budowę ścian przystosowaną do wymiany gazowej. Składa się ona z komórek pecherzyka oddechowego tworzących zespólnie komórkową. Komórki pecherzyka oddechowego spoczywają na błonie podstawnej wzmocnionej włóknami siateczkowymi i sprężystymi, oplecionej gęstą siecią naczyń krwionośnych włosowatych. Światła sąsiednich pecherzyków łączą się ze sobą małymi otworami pecherzykowymi ułatwiającymi przepływ powietrza.

Płuca ludzi młodych są jasnoróżowe i ciemnieją z wiekiem. Płuca są bardzo lekkie, ich ciężar właściwy jest mniejszy od ciężaru właściwego wody. Niski ciężar właściwy płuc został wykorzystany w tzw. próbie pływania w przypadku podejrzenia o dzieciobóstwo. Jeżeli noworodek urodził się martwy, a więc jeszcze nie oddychał, to jego płuca toną; jeżeli natomiast jego płuca pływają, to oznacza, że oddychał, a więc że urodził się żywy.

Płuca są otoczone dwiema błonami surowiczej, zwanymi opłucną płucną i opłucną ścienną. Pomiedzy nimi znajduje się szczelinowata przestrzeń - jama opłucnej, zawierająca kilka mililitrów płynu surowiczego, który zmniejsza tarcie przy oddychaniu. W niektórych miejscach, np. w kacie przeponowo-żebrowym, szczelinowata przestrzeń jamy opłucnej rozszerza się i wytwarza ją zachyłki opłucnowe, do których przy wdechu wślizgują się zwiększające swoją objętość płuca. Zachyłki te mają również nazwę przestrzeni dopełniających. Największy spośród nich jest zachyłek żebrowo-przeponowy, który nawet przy maksymalnym wdechu nie jest nigdy w całości wypełniony przez płuca.

Opłucna płuca przechodzi na powierzchnie międzypłatowe płuc. Opłucna ścienna przylega do wewnętrznej powierzchni ścian klatki piersiowej, do narządów śródpiersia i do przepony. W zależności od miejsca przylegania części opłucnej noszą miano: opłucnej żebrowej, opłucnej śródpiersiowej, opłucnej przeponowej. W obrębie wnęki płuca, na korzeniu płuca i w wiezadle płucnym opłucna płucna zrasta się z opłucną ścienną. Opłucna pokrywająca szczyt płuca nosi miano osklepka opłucnej. Osklepek nie stanowi przestrzeni dopełniającej, ponieważ jest stale całkowicie wypełniony przez szczyt płuca.

Opłucna jest błona surowicza pokryta jednowarstwowym nabłonkiem płaskim, pod którym znajdują się pechki włókien siateczkowatych i sprężystych oraz komórki tkanki łącznej włóknistej luźnej. Jest bogato unerwiona czuciowo i unaczyniona.

W płucach podobnie jak w wątrobie, wyróżnia się dwójakiego rodzaju unaczynienie: krążenie czynnościowe i krążenie odżywcze. Krążenie czynnościowe jest zarazem krążeniem małym. Krążenie odżywcze składa się z tętnic i gałęzi odchodzących od wklęsłej strony łuku aorty, od aorty piersiowej i tętnicy piersiowej wewnętrznej, zwanych gałęziami oskrzelowymi. Naczyniami odprowadzającymi w krążeniu odżywczym są żyły oskrzelowe uchodzące do żyły głównej górnej, żyły nieparzystej i żyły piersiowej wewnętrznej. Obydwa krążenia zespala się między sobą.

16.2.5. Budowa ściany pecherzyka płucnego

Pecherzyki płucne są małymi jamkami o kształcie mniej lub bardziej kulistym. W bardzo cienkiej ścianie pecherzyka płucnego głównym składnikiem jest gęsta sieć naczyń krwionośnych, oplecionych przez liczne włókna siateczki. Ponadto w ścianie pecherzyka płucnego występują niezbyt liczne komórki tkanki łącznej, wśród których przeważają fagocyty pecherzykowe oraz sieć włókien sprężystych, a w okolicy ujść pecherzyków do przewodników pecherzykowych także włókna kolagenowe.

Światło pęcherzyków płucnych jest wysłane nabłonkiem oddechowym, który w wielu miejscach jest tak cienki, że powstaje tam obszar największego przylegania do śródbłonka naczyń włosowatych. Taka skrajnie zredukowana strefa ograniczająca się do cienkiej warstwy cytoplazmatycznej komórki nabłonka pęcherzyka, błony podstawnej i cytoplazmy komórki śródbłonka, określana jak „bariera krew - powietrze”, znacznie ułatwia wymianę gazową.

Nabłonek oddechowy utworzony jest z dwóch typów komórek. Są to: komórki pęcherzyka oddechowego płaskie. Te niezwykle cienkie, spłaszczone komórki tworzą mniej lub bardziej ciągłą warstwę wewnętrzną ścian pęcherzyka płucnego, przerywana tylko miejscami przez komórki pęcherzykowe duże, wpuklające się między nimi do światła pęcherzyka. Komórki pęcherzyka oddechowego płaskie mają jądro umieszczone w największym nagromadzeniu cytoplazmy i są ubogie w organelle komórkowe. W ich cytoplazmie występują liczne pęcherzyki pinocytarne; komórki pęcherzyka oddechowego duże. Są to komórki sześciennie lub kuliste, wyższe od poprzednich, leżące w zagłębieniach ścian pęcherzyka. Mogą wystawać do światła pęcherzyka i występują pojedynczo lub w grupach po 2-3. Na swej wolnej powierzchni mają krótkie mikrokosmki. Cytoplazma tych komórek jest bogata w organelle. Zawiera ona liczne, duże mitochondria, dobrze rozwiniętą siateczkę śródplazmatyczną rozległy aparat Golgiego oraz charakterystyczne dla tych komórek liczne gęste, osmofilne ciała, zwane ciałkami blaszkowatymi. Uważa się, że ciała te są odpowiedzialne za magazynowanie oraz uwalnianie materiału, zwanego czynnikiem powierzchniowym - surfaktantem, który pokrywa powierzchnię cienkiej warstwy płynu wyścielającego od wewnątrz światło pęcherzyka płucnego i obniża napięcie powierzchniowe.

17. Fizjologia układu oddechowego

Oddychanie dzieli się na oddychanie zewnętrzne i oddychanie wewnętrzne, czyli komórkowe. Oddychanie zewnętrzne polega na doprowadzeniu tlenu do komórek zgodnie z gradientem ciśnienia parcialnego tlenu. Jednocześnie zostaje usuwany z komórek dwutlenek węgla. Powstaje w wyniku utleniania komórkowego związków organicznych. Dwutlenek węgla jest usuwany również zgodnie z gradientem ciśnienia parcialnego.

Oddychanie zewnętrzne jest procesem złożonym, w którym biera udział: układ oddechowy, mięśnie poprzecznie prążkowane, krew i układ krążenia oraz ośrodki nerwowe sterujące oddychaniem.

Na oddychanie zewnętrzne składają się następujące procesy: wentylacja płuc, dyfuzja gazów pomiędzy powietrzem pęcherzykowym a krwią, transport gazów i dyfuzja gazów pomiędzy krwią a komórkami.

17.1. Wentylacja płuc

Wentylacja płuc zależy od ruchów oddechowych klatki piersiowej. Polega ona na wdechu i wydechu. W czasie wdechu powiększa się objętość klatki piersiowej. Skurcz mięśni wdechowych powoduje powiększenie się trzech wymiarów klatki piersiowej. W czasie wentylacji płuc wciągane jest do pęcherzyków powietrze atmosferyczne zawierające azot, tlen oraz nieznaczna ilość dwutlenku węgla. Powietrze wydychane zawiera mniej tlenu, a zawartość dwutlenku węgla jest w nim znacznie wyższa niż w powietrzu wdychanym.

Opłucna płucna przylega do opłucznej ściennej i w czasie wdechu podąża za nią, wypełniając całą jamę opłucznej. Powoduje to rozciągnięcie płuc, obniżenie ciśnienia w pęcherzykach płucnych, a następnie w oskrzelach i oskrzelikach, oraz napływ powietrza atmosferycznego do płuc w celu wyrównania powstałej różnicy ciśnień.

Na szczycie wdechu mięśnie wdechowe rozkurczają się i klatka piersiowa dzięki sprężystości płuc zaczyna zmniejszać swoją objętość. Ciśnienie w pęcherzykach płucnych wzrasta powyżej ciśnienia atmosferycznego i powietrze jest usuwane na zewnątrz. Spokojny wydech jest aktem biernym, nie wymagającym skurczu mięśni natomiast w czasie nasilonego wydechu kurczą się mięśnie wydechowe. W nasilonych wdechach biorą udział mięśnie wdechowe dodatkowe.

W okresie spoczynku klatka piersiowa wykonuje rytmiczne ruchy wdechowe średnio 16 oddechów na minutę. Na szczycie najgłębszego wdechu u mężczyzny w płucach znajduje się około 6 l. powietrza. Jest to pojemność płuc całkowita. Pojemność płuc całkowita dzieli się na pojemność wdechową i pojemność zalegająca czynnościowa.

Pojemność wdechowa jest to pojemność powietrza wciąganego do płuc w czasie najgłębszego wdechu po spokojnym wydechu. Pojemność zalegająca czynnościowa jest to pojemność powietrza pozostająca w płucach po spokojnym wydechu. Każda z tych dwóch pojemności dzieli się z kolei na dwie objętości.

Pojemność wdechowa tworzą łącznie objętość oddechowa - powietrze wdychane i w wdychane w czasie swobodnego wdechu i wydechu oraz objętość zapasowa wdechowa - powietrze wciągane do płuc w czasie maksymalnego wdechu wykonywanego na szczycie swobodnego wdechu.

Po swobodnym wydechu można wykonać maksymalny wydech usuwając z płuc objętość zapasową wdechową. W czasie maksymalnego wydechu zawsze pozostaje w płucach objętość zalegająca czynnościowa. Objętość zapasowa wdechowa i objętość zalegająca łącznie tworzą pojemność zalegającą czynnościową. Ilość powietrza którą można usunąć z płuc po maksymalnym wydechu w czasie maksymalnego wechu, stanowi pojemność życiową.

W czasie spoczynku jest wdychane i w wdychane około 8 litrów powietrza na minutę, tj. 16 oddechów x 500 ml powietrza objętości oddechowej. Stanowi to wentylację płuc minutową. Wykonując szybkie i głębokie oddechy, uzyskuje się maksymalną, dowolną wentylację płuc, która jest od kilku do dwudziestu kilku razy większa od wentylacji płuc minutowej w czasie spoczynku.

W celach diagnostycznych do badania sprawności układu oddechowego stosuje się pomiar pojemności powietrza wdychanego w czasie pierwszej sekundy po najgłębszym wdechu, czyli natężonej objętości wydechowej w pierwszej sekundzie.

Suche powietrze atmosferyczne, bez par wodnej, wciągane do płuc zawiera 21% tlenu, 78% azotu i 0,04% dwutlenku węgla. Objętość oddechowa powietrza wciąganego do płuc miesza się z powietrzem stanowiącym pojemność zalegającą czynnościową, jednocześnie ogrzewa się i wysysa parę wodną.

W czasie każdego wdechu do pęcherzyków płucnych dostaje się tylko około 350 ml powietrza oddechowego. Pozostała część objętości oddechowej, stanowiąca prawie 150 ml powietrza, wypełnia

przestrzeń martwa anatomiczna, w której nie zachodzi wymiana gazów. Ostatecznie powietrze pęcherzykowe ma średnia prężność gazów: $P_{O_2} = 13$ kPa, $P_{N_2} = 76$ kPa, $P_{H_2O} = 6$ kPa i $P_{CO_2} = 5$ kPa. Powietrze o takim składzie znajduje się w pęcherzykach płucnych, których łączna powierzchnia wynosi od 70 do 120 m².

17.2. Wymiana gazów w płucach

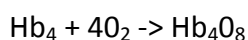
W pęcherzykach płucnych zachodzi wymiana gazów pomiędzy powietrzem pęcherzykowym a krwią przepływająca przez sieć naczyń włosowatych krwionośnych otaczających pęcherzyki. Dyfuzja gazów przez ściany pęcherzyków odbywa się zgodnie z gradientem prężności cząsteczek gazów. Cząsteczki tlenu dyfundują ze światła pęcherzyków do krwi, ponieważ w powietrzu pęcherzykowym prężność tlenu jest większa, średnio $P_{O_2} = 13$ kPa, a mniejsza we krwi dopływającej do pęcherzyków płucnych ze zbiornika tętniczego małego, średnio P_{O_2} wynosi 5 kPa. W przeciwnym kierunku dyfundują cząsteczki dwutlenku węgla. We krwi dopływającej do naczyń włosowatych krwionośnych pęcherzyków $P_{CO_2} = 6$ kPa, a w powietrzu pęcherzykowym $P_{CO_2} = 5$ kPa.

W pęcherzykach w dolnych partiach płuc występuje najsłabsza P_{O_2} i najwyższa P_{CO_2} , a w pęcherzykach w okolicach szczytów najwyższa P_{O_2} i najsłabsza P_{CO_2} . Wskazuje to na intensywność wymiany gazowej, która w pozycji pionowej klatki piersiowej jest najwyższa w dolnych partiach płuc i najsłabsza w okolicach szczytów płuc. Cząsteczki tlenu dyfundując do krwi muszą przenikać przez ściany pęcherzyka płucnego i ściany naczyń włosowatych. Grubość tej przegrody nie przekracza 1 μ m. Cząsteczki tlenu po przejściu przez tę przegrodę rozpuszczają się w osoczu wypełniającym naczynia włosowate na zasadzie rozpuszczalności fizycznej. Rozpuszczone w osoczu cząsteczki tlenu natychmiast dyfundują do krwinek czerwonych. Cząsteczki dwutlenku węgla dyfundują z osocza krwi przepływającej przez naczynia włosowate do światła pęcherzyków, tj. w kierunku przeciwnym niż cząsteczki tlenu.

17.3. Transport gazów

Cząsteczki tlenu dyfundujące do osocza krwi pozostała w nim rozpuszczona na drodze fizycznej tylko w nieznacznej ilości. Przy ciśnieniu parcjalnym tlenu w pęcherzykach, równemu 13 kPa, w 100 ml krwi odpływającej do zbiornika żylnego małego tylko 0,3 ml tlenu jest rozpuszczona na zasadzie rozpuszczalności fizycznej. Jest to ilość niedostateczna do zapewnienia oddychania wewnętrznego na minimalnym poziomie. Podobnie w tkankach przy ciśnieniu parcjalnym dwutlenku węgla, wynoszącym 6 kPa, na drodze fizycznej rozpuszcza się w 100 ml tylko 3,5 ml CO₂.

Zarówno cząsteczki tlenu, jak i dwutlenku węgla wiążą się we krwi na drodze chemicznej i przede wszystkim w tej postaci są transportowane zgodnie z gradientem ciśnienia parcjalnego. Cząsteczki tlenu rozpuszczone w osoczu na drodze fizycznej dyfundują przez otoczki do wnętrza krwinek czerwonych i wiążą się tam z hemoglobina tworząc oksyhemoglobinę. Jedna cząsteczka hemoglobiny Hb₄ wiąże 4 cząsteczki tlenu tworząc oksyhemoglobinę:

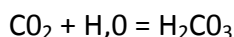


Hemoglobina zwiększa pojemność transportowa tlenu przez krew około 70 razy. Krew w zbiorniku żylnym małym ma $P_{O_2} = 12$ kPa i hemoglobina jest wysyciona tlenem w 97%. Niższe P_{O_2} w zbiorniku żylnym małym w stosunku do P_{O_2} w naczyniach włosowatych pęcherzyków płucnych spowodowane jest przepływem pewnej ilości krwi ze zbiornika tętniczego dużego do zbiornika żylnego małego przez naczynia krwionośne oskrzeli z pominięciem pęcherzyków płucnych, co nosi nazwę przecieku płucnego krwi. Krew zawierająca hemoglobiny wysyciona tlenem Hb₄O₈, odpływa z płuc kierując się przez zbiornik żylny mały, lewy przedsionek serca, lewa komora serca, zbiornik tętniczy duży do sieci naczyń włosowatych krwionośnych krążenia dużego. W tych naczyniach prężność tlenu jest niska i hemoglobina uwalnia około 20% transportowanego tlenu. Krew żylna odpływająca do zbiornika żylnego dużego zawiera średnio hemoglobiny wysyciona tlenem w 75%.

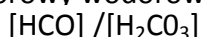
Zależność pomiędzy ciśnieniem parcjalnym tlenu a stopniem wysycenia hemoglobiny tlenem przedstawia krzywa dysocjacji oksyhemoglobiny. Krzywa ta staje się bardziej stroma w miarę obniżania się temperatury, zmniejszania się stężenia jonów wodorowych i obniżania się prężności dwutlenku węgla we krwi. Warunki, w których krzywa dysocjacji oksyhemoglobiny staje się bardziej stroma, panują w naczyniach włosowatych pęcherzyków płucnych. Przy tym samym ciśnieniu parcjalnym tlenu więcej tlenu wiąże się z hemoglobina. Przeciwnie, w sieci naczyń włosowatych krążenia dużego panują warunki sprzyjające krzywą dysocjacji hemoglobiny. Dzięki temu cząsteczki tlenu uwalniają się ze związku z hemoglobina.

We krwi przepływającej przez sieć naczyń włosowatych krwionośnych dużego krążenia wzrasta zawartość dwutlenku węgla i jego ciśnienie parcyjne podwyższa się. Krew tętnicza w zbiorniku tętniczym dużym zawiera około 470 ml CO₂/litr krwi i P_{CO₂} = 5 kPa, a w zbiorniku żylnym dużym krew żylna zawiera około 520 ml CO₂/litr krwi i P_{CO₂} = 6 kPa.

Dwutlenek węgla transportowany jest z tkanek do płuc w postaci CO₂ rozpuszczonego w osoczu na zasadzie rozpuszczalności fizycznej, w postaci jonów HCO₃⁻ związanych przez wodorowęglanowy układ buforowy osocza i krwinek czerwonych oraz w postaci karbaminianów. Dwutlenek węgla transportowany jako karbaminiany połączony jest z wolnymi grupami aminowymi białek osocza i hemoglobiny. Czasteczki CO₂ dyfundujące z tkanek do krwi rozpuszczają się w osoczu na zasadzie rozpuszczalności fizycznej i następnie przenikają w tej postaci do wnętrza krwinek czerwonych. Tam pod wpływem enzymu - anhidrazy węglanowej dwutlenek węgla wiąże się z wodą i powstaje kwas węglowy.



Kwas węglowy dysocjuje na wolne jony H⁺ i HCO₃⁻. Jony H⁺ wiążą się z hemoglobina większość jonów HCO₃⁻ dyfunduje zaś do osocza. Zarówno w osoczu, jak i w krwinkach czerwonych jony HCO₃⁻ zostają wiązane przez układ buforowy wodorowęglanowy:



17.4. Dyfuzja gazów w tkankach

Krew tętnicza dopływająca do wszystkich tkanek ma wyższą prężność tlenu i niższą prężność dwutlenku węgla w porównaniu z odpływającą krwią żylną. Zgodnie z gradientem stężenia uwolniony z hemoglobiny tlen dyfunduje do komórek, dwutlenek węgla zaś dyfunduje w kierunku przeciwnym: z komórek do osocza. Dzięki temu utrzymuje się różnica tętniczo-żylna w zawartości tlenu i dwutlenku węgla we krwi.

W zależności od intensywności metabolizmu wewnątrzkomórkowego występują dość znaczne różnice w prężności tlenu w poszczególnych tkankach. W tkankach o intensywnym metabolizmie prężność tlenu w komórkach jest niska i jednocześnie te tkanki zużywają więcej tlenu. Krew żylna odpływająca od tkanek o intensywnym metabolizmie zawiera mniej tlenu i więcej dwutlenku węgla. Wyraża się to różnicą tętniczo-żylną w zawartości tlenu. Krew tętnicza dopływająca do wszystkich tkanek ma jednakową zawartość tlenu, natomiast krew żylna może zawierać więcej lub mniej tlenu.

17.5. Regulacja oddychania

Regulacja częstości i głębokości oddechów odbywa się za pośrednictwem ośrodka oddechowego znajdującego się w rdzeniu przedłużonym. W skład ośrodka wchodzi dwa rodzaje neuronów o przeciwnej funkcji: neurony wdechowe tworzą grupę neuronów grzbietowo-przysródkowa skupioną wzdłuż jądra pasma samotnego; neurony wydechowe przeważają w grupie neuronów brzuszno-bocznych obejmującej jądro dwuznaczne i jądro tylnodwuznaczne. W grupie neuronów brzuszno-bocznej, pomiędzy neuronami wydechowymi, występują również neurony wdechowe; neurony ośrodka wdechu stanowią rozrusznik dla czynności oddechowej. Kilkaście razy na minutę, średnio 16 razy, neurony ośrodka wdechu pobudzają się i wysyłają salwy impulsów nerwowych, które biegną do neuronów ruchowych w rdzeniu kręgowym dla mięśni wdechowych i jednocześnie przez gałęzki wstępujące do ośrodka pneumatycznego w móście. Ośrodek pneumatyczny hamuje zwrótnie ośrodek wdechu na okres 1-2 s, po czym neurony ośrodka wdechu ponownie pobudzają się i wysyłają nową salwę impulsów. Rytmiczność oddechów wiąże się z występującymi po sobie kolejno okresami pobudzania i hamowania neuronów ośrodka wdechu.

Spontanicznie powstające w ośrodku wdechu pobudzenie podlega pewnym zmianom. Oddechy przyspieszają się i pogłębiają lub zwalniają się i spłycają na skutek impulsów wysyłanych przez szereg receptorów oraz zmian stężenia jonów wodorowych w bezpośrednim sąsiedztwie neuronów wdechowych. Impulsy nerwowe zmieniające aktywność neuronów ośrodka wdechu biegną od: chemoreceptorów kłębków szczykowych i kłębków aortalnych; interoceptorów w płucach; proprioceptorów klatki piersiowej; ośrodków znajdujących się w wyższych piętach mózgowia.

Zasadniczy wpływ na aktywność ośrodka wdechu mają impulsy nerwowe biegnące od chemoreceptorów kłębków szczykowych i kłębków aortalnych. Bodźcem drażniącym chemoreceptory jest nieznaczny wzrost prężności dwutlenku węgla i stężenia jonów wodorowych lub znaczny spadek prężności tlenu we krwi tętniczej. Impulsacja wysyłana przez podrażnione chemoreceptory pobudza ośrodek wdechu i oddechy stają się przyspieszone i pogłębione.

Rozciągnięcie płuc i podrażnienie interoceptorów w płucach hamuje ośrodek wdechu i wywołuje wydech. Przeciwnie, zmniejszenie stopnia rozciągnięcia płuc w czasie wydechu drażni inne interoceptory i pobudza ośrodek wdechu.

Wdechowe lub wydechowe ustawienie klatki piersiowej pobudza odpowiednie proprioceptory i wpływa na częstość i głębokość oddechów. Czym głębszy jest wdech, tym po nim głębszy następuje wydech. W rdzeniu przedłużonym - w jego części brzusznej znajdują się neurony wrażliwe na zmianę stężenia jonów wodorowych w płynie mózgowo-rdzeniowym. Zwiększona dyfuzja CO₂ z krwi do płynu mózgowo-rdzeniowego powoduje wzrost w nim stężenia kwasu węglowego i jonów wodorowych w bezpośrednim otoczeniu chemodetektorów. Podwyższone stężenie jonów wodorowych podrażnia chemodetektory, które z kolei pobudzają ośrodek wdechu. Wrażliwość chemodetektorów na zmianę stężenia jonów wodorowych zmniejsza się w czasie snu oraz w czasie stanu ogólnego znieczulenia.

Ośrodek oddechowy kontrolowany jest również przez nadrzędne ośrodki nerwowe, znajdujące się w korze mózgu, w układzie limbicznym (brzeżnym) oraz w podwzgórzu. Dzięki tym ośrodkom w korze mózgu i w układzie limbicznym można spowodować zatrzymanie oddechów lub ich znaczne pogłębienie i przyspieszenie, lecz w ograniczonym czasie. Człowiek nie może w sposób dowolny zatrzymać oddychania lub znacznie zwiększyć minutowej wentylacji płuc. Maksymalna dowolna wentylacja płuc można zmierzyć. Jest ona od kilkunastu do dwudziestukilku razy większa od wentylacji płuc minutowej w czasie spoczynku.

Neurony podwzgórza kontrolujące częstość i głębokość oddechów tworzą część ośrodka termoregulacji. Wzrost temperatury ciała prowadzi do przyspieszenia oddechów.

18. Anatomia układu trawiennego

18.1. Budowa układu trawiennego

Do układu trawiennego należą: jama ustna (wraz z zawartymi w niej ścianami i narządami), gardziel, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube oraz wątroba i trzustka - dwa gruczoły nie należące bezpośrednio do układu trawiennego, ale związane z nim rozwojowo, topograficznie i czynnościowo.

18.1.1. Jama ustna

Jama ustna stanowi początek układu trawiennego. Rozpoczyna się szparą ust, przechodząc ku tyłowi w gardziel. Ściany jamy ustnej stanowią: wargi, policzki, podniebienie i tzw. dno jamy ustnej. Wargi są to fałdy skórno-mięśniowe utworzone przez: skórę, mięsień okrężny ust, wyścielone od wewnątrz błoną śluzową. W miejscu przejścia skóry warg w błonę śluzową jest widoczna czerwień wargowa, spowodowana przeświecaniem krwionośnych włosowatych przez cienką warstwę nabłonka, pozbawionego w tym miejscu warstwy zrogowaciałej i barwnika. Zarówno wargę górną, jak i dolną są przytrzymywane przez małe więzadła zwane wedzidełkami. Policzki mają również budowę trójwarstwową. Warstwę środkową stanowi tu mięsień policzkowy, a między nim a skórą znajduje się skupienie tkanki tłuszczowej, zwane poduszeczką tłuszczową policzka. Od wewnątrz policzki wystaje błona śluzowa. Podniebienie tworzy górną ścianę jamy ustnej. Wyróżniamy w nim część przednią - podniebienie twarde, utworzone przez wyrostki podniebienne szczęk i blaszki poziome kości podniebnych, oraz część tylną, podniebienie miękkie, będące fałdem błony śluzowej zawierającym mięśnie poprzecznie prążkowane (m. dźwigacz i m. napinacz podniebienia miękkiego, m. języczka, m. podniebieno-językowy, m. podniebieno-gardłowy). Pośrodku tylnego brzegu podniebienia miękkiego znajduje się wyniosłość zwana języczkiem. Dno jamy ustnej stanowią niektóre mięśnie nadgnykowe, głównie mięśnie żuchwowo-gnykowe, tworzące przeponę jamy ustnej. Od strony jamy ustnej dno pokryte jest błoną śluzową wytwarzającą fałd podjęzykowy zawierający ślinianki podjęzykowe, mający brodawkę, zwaną mięskiem podjęzykowym w której znajduje się wspólne ujście ślinianek podjęzykowej i podżuchwowej.

Nabłonek błony śluzowej wyścielającej jamę ustną jest nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. Zawiera ziarenka glikogenu, limfocyty i liczne, drobne gruczoły jamy ustnej (wargowe, policzkowe, podniebienne i językowe).

Do narządów jamy ustnej zalicza się: zęby, język i ślinianki.

Zęby wraz z wyrostkami zębodołowymi dzielą jamę ustną na: przedsionek jamy ustnej i jamę ustną właściwą. Błona śluzowa pokrywająca wyrostki zębodołowe nazywa się dziąsłem. Ogólna budowa zębów. W każdym zębie można wyróżnić: koronę zęba, szyjkę zęba i korzeń lub korzenie zęba. Anatomicznie koronę zęba nazywa się część zęba pokrytą szkliwem, klinicznie koronę zęba stanowi część zęba wystająca z dziąsła. W warunkach prawidłowych korona anatomiczna jest większa od korony klinicznej. Korzeń jest częścią zęba pokrytą kostniwem i schowaną w obrębie zębodołu, a szyjka - częścią zęba znajdującą się w miejscu styku szkliwa z kostniwem. Stosunki anatomiczne w obrębie szyjki bywają różne. W 60% przypadków kostniwo zachodzi na szkliwo. Głębszą warstwę pod szkliwem i kostniwem stanowi zębina. Otacza ona przestrzeń w zębie, zwaną jamą zęba, którą można podzielić na komorę zęba zawartą w koronie i kanał korzenia zęba zawarty w korzeniu i kończący się otworem szczytowym zęba. Wewnątrz jamy zęba znajduje się miazga zęba, na którą składają się: tkanka łączna włóknista luźna (galaretowata), naczynia i nerwy. Na obwodzie miazgi przylegając do wewnętrznej powierzchni zębiny, znajduje się warstwa cylindrycznych komórek, zwanych komórkami zębinotwórczymi - odontoblastami. Wytwarzają one zębinę w okresie wzrostu zębów. Miazga bierze udział w odżywianiu i przemianie materii zęba oraz w jego regeneracji. Naczynia i nerwy wnikają do zęba przez otwór szczytowy korzenia. Szkliwo jest najtwardszą substancją w organizmie. Według skali Mohsa jego twardość odpowiada 6 stopniowi twardości minerałów. Jest zbudowane z bezstrukturalnych pryzmatów, pięcio- lub sześciobocznych, biegnących przez całą szerokość szkliwa. Powierzchnia szkliwa jest pokryta błoną, grubości od 3 do 10 μm , odporną na działanie kwasów i zasad, zwaną oszkliwem. Kostniwo i zębina budową są podobne do tkanki kostnej. Ząb osadzony jest w zębodole i połączony z nim rodzajem więzozrostu zwanym wklinowaniem. Pomiędzy korzeniem a ścianą zębodołu istnieje szczelinowata przestrzeń wypełniona tkanką łączną. Tkanka ta, zwana ozębną, wytwarza więzadła mocujące zęby. Ten sposób umocowania (więzadła okrężne, skośne, szczytowe) umożliwia zębowi niewielką fizjologiczną ruchomość w zębodole. Korona zęba ma następujące powierzchnie: przedsionkową, językową, dwie powierzchnie stykowe - mezialną i distalną oraz powierzchnię zgryzu lub brzeg sieczny.

Szczegółowa budowa zębów. Uzębienie człowieka jest dwupokoleniowe, tzn. zawiera zęby mleczne i stałe, oraz różnokształtne. Cechą jego jest również ściśle przyleganie zębów do siebie, bez występowania luk. Związki zębów stałych zajmują początkowo położenie pod zwijającymi się zębami mlecznymi, we wspólnym zębodole, oddzielone od nich przegrodą kostną. Przed okresem wymiany zębów wyróżnicowują się w zębodole komórki kościogubne, które rozpoczynają zniszczenie przegrody kostnej i korzeni zębów mlecznych, powodując ich wypadanie.

Zęby mleczne występują w liczbie 20.

W każdej połowie zarówno szczeki, jak i żuchwy wyróżnia się; 2 zęby sieczne, 1 kieł i 2 zęby trzonowe. Pomiędzy 6 a 12 rokiem życia w imię ustnej znajdują się zarówno zęby mleczne, jak i stałe, które można od siebie odróżnić. Zęby mleczne są mniejsze, barwa ich jest białawoniebieskawa, na granicy korony zęba i szyjki znajduje się wałeczek szklawa otaczający ząb, zwany obręczą zęba. Zęby mleczne ustawione są ponadto bardziej pionowo, korzenie ich są mniejsze i cieńsze, a w okresie poprzedzającym ich wypadnięcie cechuje je znaczna ruchomość. Zębów stałych występuje w liczbie 32. W każdej połowie zarówno szczeki, jak i żuchwy wyróżniamy: 2 zęby sieczne, 1 kieł, 2 zęby przedtrzonowe, 3 zęby trzonowe. W porównaniu z uzębieniem mlecznym mają więcej zębów trzonowych. Pojawiają się też zęby przedtrzonowe. Zęby sieczne, kły i zęby przedtrzonowe są zwykle zębami jednokorzeniowymi, zęby przedtrzonowe górne przednie i zęby trzonowe dolne są zębami dwukorzeniowymi, a zęby trzonowe górne zębami trójkorzeniowymi. Powierzchnia zgryzu zębów przedtrzonowych jest dwuguzkowa, a zębów trzonowych czteroguzkowa. Stosunek górnego szeregu zębów podczas ich zetknięcia w położeniu nieruchomym nazywamy zwarcie, natomiast podczas ruchu - zgryzem. Zwarcie jest jedną z faz zgryzu. U człowieka zwarcie polega na tym, że zęby górne (sieczne) przykrywają częściowo zęby dolne od strony powierzchni przedsionkowej. Takie zwarcie nazywamy nożycowatym. Jeżeli zęby górne są znacznie wysunięte do przodu w stosunku do zębów dolnych, to mówimy o prognacji, natomiast jeżeli zęby dolne (sieczne) wystają przed zęby górne, to mówimy o prognii. Oprócz zwarcia nożycowatego również prawidłową postacią, choć w Europie znacznie rzadszą, jest zwarcie obcęgowate, następuje ono wówczas, gdy zęby górne, tak jak obcęgi stykają się z zębami dolnymi.

Język jest mięśniowym narządem układu trawiennego. Wyróżnia się w nim nasadę, trzon i koniec języka oraz grzbiet i powierzchnię dolną. Zbudowany jest z tzw. mięśni własnych (mięsień podłużny, górny i dolny, mięsień poprzeczny i pionowy języka) oraz z mięśni dochodzących (mięsień bródkowo-językowy, mięsień gnykowo-językowy i mięsień rylcowo-językowy), zapewniających językowi dużą ruchomość. Unerwia je głównie nerw podjęzykowy. Język jest pokryty błoną śluzową, która na powierzchni dolnej łączy się z błoną śluzową dna jamy ustnej - wedzielką języka. W błonie śluzowej grzbietu języka znajduje się pięć rodzajów brodawek językowych: nitkowate, stożkowate, grzybowate, okolone i liściaste, spośród których trzy ostatnie rodzaje zawierają receptory smaku - kubki smakowe. Na nasadzie języka znajduje się skupienie grudek chłonnych zwane migdałkiem językowym. Błona śluzowa jest unerwiona czuciowo przez nerw językowy (od trzeciej gałęzi nerwu trójdzielnego), nerw twarzowy, nerw językowo-gardłowy i nerw błędny. Nerwy te z wyjątkiem nerwu językowego biorą udział w odbiorze wrażeń smakowych.

W błonie śluzowej jamy ustnej znajdują się liczne, drobne gruczoły ślinowe. Do jamy ustnej mają także ujścia przewody wprowadzające trzech dużych par gruczołów ślinowych: ślinianek przyusznych, ślinianek podżuchwowych i ślinianek podjęzykowych.

Ślinianka przyuszna jest największym gruczołem ślinowym o masie około 30 g. Położona jest ku tyłowi od kąta żuchwy, poniżej przewodu słuchowego zewnętrznego, w przestrzeni zażuchwowej. Otoczona jest torebką łącznotkankową, od której w głąb gruczołu odchodzą przegrody łącznotkankowe. Z przednio-dolnej części gruczołu wychodzi przewód ślinianki przyusznej, który przebiega po mięśniu żwacz, przebija mięsień policzkowy i uchodzi do przedsionka jamy ustnej na wysokości drugiego zęba trzonowego. Wydzielina ślinianki ma charakter surowiczy. Ślinianka unerwiona jest przywspółczulnie przez nerw językowo-gardłowy. Ślinianka podżuchwowa waży około 15 g. Położona jest w trójkącie podżuchwowym, poniżej trzonu żuchwy, głównie na mięśniu żuchwowo-gnykowym. Jej przewód wyprowadzający uchodzi na mięśniu podjęzykowym fałdu podjęzykowego. Wydzielina ma charakter mieszany, śluzowo-surowiczy. Ślinianka unerwiona jest przywspółczulnie przez nerw twarzowy.

Ślinianka podjęzykowa jest ślinianką najmniejszą, gdyż jej masa wynosi około 5 g. Położona jest w dnie jamy ustnej, w fałdzie podjęzykowym. Jej przewód wyprowadzający uchodzi najczęściej razem z przewodem ślinianki podżuchwowej na mięśniu podjęzykowym. Wydzielina ma charakter śluzowy. Ślinianka unerwiona jest przywspółczulnie przez nerw twarzowy.

Ślinianki zbudowane są z odcinków wydzielniczych, utworzonych z jednej warstwy sześciennych komórek gruczołowych, oplecionych gęstą siecią naczyń krwionośnych, z których komórki gruczołowe pobierają substancje potrzebne do wytwarzania wydzieliny. Odcinki wydzielnicze przechodzą we

wstawki, a te w przewody prążkowane, przechodzące w przewody śród- i międzypłacikowe oraz w przewody międzypłatowe, które uchodzą do głównego przewodu wyprowadzającego.

18.1.2. Gardziel i gardło

Gardziel leży na pograniczu jamy ustnej i gardła. Należą do niej dwa parzyste łuki: podniebiennie-językowy i podniebiennie-gardłowy pomiędzy którymi znajduje się migdałek podniebienny. Przestrzeń ograniczona przez łuki nazywa się cieśnią gardzieli. Gardło jest narządem wspólnym dla układu trawiennego i układu oddechowego. Krzyżują się w nim drogi pokarmowa i oddechowa. Rozciąga się od podstawy czaszki (sklepienie gardła) do poziomu VI kręgu szyjnego. Ściana gardła jest zbudowana z błony śluzowej, z błony mięśniowej utworzonej przez mięśnie poprzecznie prążkowane: mięśnie dźwigacze (m. rylcowo-gardłowy i m. trąbkowo-gardłowy) i mięśnie zwieracze (m. zwieracz górny, środkowy i dolny gardła), oraz z błony zewnętrznej. Jama gardła dzieli się na część nosową, część ustną i część krtaniową. Część nosowa łączy się ku przodowi z jamą nosową przez nozdrza tylne, część ustna z jamą ustną przez cieśnię gardzieli, a część krtaniowa z krtanią i przełykiem. Na bocznej ścianie części nosowej gardła leży ujście gardłowe trąbki słuchowej a w jego pobliżu migdałek trąbkowy. Migdałki są utworzone ze skupień grudek chłonnych mających zdolność wytwarzania limfocytów. Spełniają funkcje obronne, wstępując na pograniczu jamy nosowej, jamy ustnej i gardła. Tworzą tzw. pierścień chłonny gardła (Waldeyera), występujący na granicy, która oddziela początkowe, ektodermalne części układu oddechowego od dalszych, endodermalnych. W skład pierścienia wchodzi migdałki: podniebienne, językowy, trąbkowe i gardłowy. Ku tyłowi od gardła znajduje się przestrzeń zagardłowa przechodząca w śródpiersie górne (droga szerzenia się procesów chorobowych), a bocznie od gardła - przestrzeń przygardłowa zawierająca naczynia krwionośne szyi i szereg nerwów czaszkowych.

18.1.3. Przełyk

Przełyk jest narządem pośredniczącym w przekazywaniu pokarmów z gardła do żołądka. Nie zachodzą w nim procesy trawienia i wchłaniania. Rozpoczyna się na wysokości VI kręgu szyjnego, kończy zaś na poziomie XI kręgu piersiowego. Długość jego wynosi od 23 do 26 cm.

Dzieli się na część szyjną, położoną od przodu od kręgosłupa na pograniczu szyi i klatki piersiowej, część piersiową, przebiegającą w śródpiersiu górnym i tylnym, oraz na najkrótszą część brzuszną, zawartą pomiędzy przeponą a żołądkiem. Przełyk jest wygięty w płaszczyźnie czołowej na kształt litery S i w płaszczyźnie strzałkowej na kształt cięciwy, wypukłością zwróconej do przodu. W przebiegu przełyku występują trzy zwężenia: górne (krtaniowe), tzw. wpust przełyku - w miejscu odejścia od gardła, środkowe (aortalne) - w miejscu skrzyżowania z łukiem aorty, dolne (brzuszne) - w miejscu przejścia w żołądek. Powierzchnią tylną przełyk przylega do kręgosłupa, a w części nadprzeponowej między przełyk a kręgosłup wnika aorta. Odległość od łuków zębowych do wpustu żołądka wynosi około 41 cm i na taką przynajmniej odległość trzeba wprowadzić zgłębnik żołądkowy.

Ściana przełyku jest zbudowana z błony zewnętrznej, z błony mięśniowej, z tkanki podśluzowej i z błony śluzowej. Błonę zewnętrzną stanowi tkanka łączna włóknista luźna otaczająca przełyk i umożliwiająca jego przesuwalność. Błona mięśniowa składa się z dwóch warstw: okrężnej i podłużnej. Są to mięśnie gładkie, jedynie w górnej trzeciej części przełyku tworzą ją mięśnie poprzecznie prążkowane. Tkanka podśluzowa i błona śluzowa są pokryte nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. W tkance podśluzowej znajdują się gruczoły przełykowe.

18.1.4. Żołądek

W żołądku wyróżnia się następujące części: część wpustową, do której uchodzi przełyk; miejsce to nazywa się wpustem; dno żołądka - najwyższa jego część położoną pod przeponą; trzon żołądka - największa część środkową; część odźwiernikową, przechodząca w dwunastnicę; miejsce to nazywa się odźwiernikiem. Ponadto w żołądku można wyróżnić ścianę przednią, ścianę tylną, krzywiznę większą i krzywiznę mniejszą. Wewnątrz żołądka znajduje się kanał żołądka - przestrzeń w trzonie żołądka, oraz jama odźwiernikowa i kanał odźwiernikowy - przestrzeń w części odźwiernikowej.

W ścianie żołądka wyróżnia się błonę surowiczą, błonę mięśniową z warstwą podłużną i warstwą okrężną mięśni gładkich (wstępują tu również włókna o skośnym przebiegu), mięsień zwieracz odźwiernika, tkankę podśluzową i błonę śluzową. Błona śluzowa jest pokryta nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym. Z powodu zawartych w niej mięśni gładkich stanowiących warstwę mięśniową wytwarza fałdy żołądkowe. Fałdy te przebiegają równolegle do krzywizny mniejszej, wytwarzając tzw. drogę żołądkową która przez żołądek przerodzą pokarmy płynne. Na tych fałdach występują drobniejsze fałdy, zwane polami żołądkowymi, zawierające dołeczki żołądkowe - ujścia gruczołów błony śluzowej żołądka. W błonie śluzowej dna żołądka występują gruczoły żołądkowe

właściwe (główne). Są to gruczoły cewkowe. W błonie śluzowej części odźwiernikowej znajdują się gruczoły odźwiernikowe wytwarzające wydzielinę podobną do śluzu. W błonie śluzowej występują również grudki chłonne żołądkowe.

Żołądek rzutuje się na okolicę nadbrzuszną, podżebrową lewą i pępkową. Wpust żołądka leży na wysokości XI kręgu piersiowego na lewo od płaszczyzny pośrodkowej. ciała lub na wysokości przyczepu chrząstki VI lewego żebra do mostka, odźwiernik zaś na wysokości I kręgu lędźwiowego na prawo od tej płaszczyzny. Ściana przednia żołądka jest przykryta przez wątrobę i w znacznej części przez przeponę, ściana tylna żołądka przylega do śledziony, trzustki, gruczołu nadnerczowego lewego i nerki lewej, oddzielona od nich zachyłkiem jamy otrzewnej - torbą sieciową. Krzywizna większa przylega do okrężnicy poprzecznej.

18.1.5. Budowa komórek gruczołów żołądkowych właściwych

Gruczoły żołądkowe właściwe występują w całym trzonie żołądka, a zwłaszcza w dużej liczbie w jego dnie. Zbudowane są z czterech rodzajów komórek, a mianowicie: śluzowych, głównych, okładzinowych i srebrochłonnych.

Komórki śluzowe występują w niezbyt dużej liczbie, głównie w szyjce gruczołu. Są podobne do mukocytów znajdujących się na zewnętrznej powierzchni błony śluzowej żołądka. W szczytowej części tych komórek znajdują się ziarenka śluzu, a na ich wolnej powierzchni występują mikrokosmki. Jądro jest zwykle nieco spłaszczone i znajduje się bliżej części podstawnej. Niezbyt liczne są pałeczkowate mitochondria, wyraźny aparat Golgiego. Siateczka śródplazmatyczna jest słabo rozwinięta.

Komórki główne są najliczniejszymi elementami gruczołów żołądkowych właściwych. W największej liczbie znajdują się w trzonie i dnie gruczołu. Wolna ich powierzchnia zawiera liczne mikrokosmki, a w szczytowej części komórki znajdują się charakterystyczne, okrągłe lub owalne ziarnistości o średniej gęstości elektronowej, zawierające pepsynogen. Dobrze rozwinięty aparat Golgiego jest zwykle zlokalizowany w strefie nadjądrowej, natomiast silnie rozwinięta siateczka śródplazmatyczna ziarnista zgrupowana jest głównie w podstawnej części komórki.

Komórki okładzinowe są rozmieszczone nieregularnie w gruczołach żołądkowych właściwych i występują w trzonie i szyjce gruczołu. Mają kształt piramidalny i znajdują się w obwodowej części gruczołu, wciskając się między komórki główne. Niekiedy komórki te zawierają dwa jądra. Bardzo typowe dla komórek okładzinowych są cienkie kanaliki wewnątrzcytoplazmatyczne, otwierające się do światła gruczołu w szczytowej części komórki. Kanaliki te zawierają bardzo liczne, długie mikrokosmki. Cytoplazma jest wypełniona bardzo dużą liczbą mitochondriów. Aparat Golgiego jest często zlokalizowany w podstawnej części komórki. Siateczka śródplazmatyczna ziarnista jest słabo rozwinięta. W cytoplazmie w sąsiedztwie kanalików występują obficie drobne kanaliki, będące formą gładkiej siateczki śródplazmatycznej. Komórki okładzinowe produkują wydzielinę, która po opuszczeniu komórki przekształca się w kwas solny.

Komórki srebrochłonne są nieliczne i najczęściej odsunięte od światła gruczołu. Zawierają w cytoplazmie liczne ziarenka barwiące się solami srebrowymi i chromowymi.

W błonie śluzowej żołądka, dwunastnicy i jelit występują komórki należące do serii APUD (od anglosaskiego określenia: "aminę and aminę precursors uptake and decarboxylation" - "wchwytywanie amin, prekursorów amin i ich dekarboksylacja"). Komórki te, mające charakter jednokomórkowych gruczołów wydzielniczych, spełniają funkcję receptorową i wydzielniczą. Jedne z nich leżą w nabłonku, zajmując całą szerokość (komórki otwarte, wrażliwe na bodźce chemiczne), inne tylko w pobliżu błony podstawnej, nie dochodząc do powierzchni nabłonka (komórki zamknięte, wrażliwe na bodźce uciskowe). Rozróżnia się szereg rodzajów komórek wewnątrzwydzielniczych przewodu pokarmowego, wśród których należy wymienić: komórki G - wydzielające gastrynę, komórki D - wydzielające somatostatynę, komórki S - wydzielające sekretynę, komórki I - wydzielające cholecystokininę, komórki EC - wydzielające motylinę, komórki EGL - wydzielające prohormon preproglukagon, komórki H1 - wydzielające wazoaktywny peptyd jelitowy (VIP), komórki K - wydzielające peptyd hamujący czynność żołądka (GIP) i inne. Cechą charakterystyczną wszystkich wymienionych komórek jest obecność ziarnistości, różnych wymiarów, zlokalizowanych głównie w podstawnej części cytoplazmy.

18.1.6. Jelito cienkie

Jelito cienkie składa się z dwunastnicy, jelita czczego i jelita krętego.

Dwunastnica

Dwunastnica ma kształt litery C i dzieli się na: część górną, część zstępującą, część poziomą, zwaną inaczej dolną, i część wstępującą. Początkowy, rozszerzony odcinek części górnej nosi nazwę opuszki dwunastnicy i jest najczęstszym miejscem lokalizacji owrzodzeń tego narządu.

Część górna dwunastnicy przebiega poziomo od odźwiernika. Jej przejście w biegnącą pionowo część zstępującą nosi miano zgięcia górnego dwunastnicy, natomiast przejście części zstępującej w część poziomą, biegnącą skośnie od strony prawej ku stronie lewej i ku górze, ma nazwę zgięcia dolnego dwunastnicy. Część poziomą od części wstępującej oddziela miejsce przebiegu naczyń kręgowych górnych. Dwunastnica leży między żołądkiem (odźwiernikiem) a jelitem czczym (zgięciem dwunastniczo-czczym). Jej długość wynosi od 24 do 30 cm. Dwunastnica rzutuje się na okolice nadbrzuszną i okolice pępkową. W swojej większej części leży na prawo od płaszczyzny pośrodkowej. Zgięcie górne leży na wysokości I kręgu lędźwiowego, zgięcie dolne zaś na wysokości III kręgu lędźwiowego. Miejsce przejścia dwunastnicy w jelito czcze, zwane zgięciem dwunastniczo-czczym, leży na wysokości II kręgu lędźwiowego i jest umocowane do przepony przez więzadło i mięsień wieszadłowy dwunastnicy. Część górna i część wstępująca leżą śródtrzewnowo, pozostałe części zewnątrztrzewnowo. Wszystkie części dwunastnicy otaczają głowę trzustki od góry, od strony prawej i od dołu. Do części poziomej dwunastnicy przylega od tyłu aorta brzuszna, do górnej - żyła wrotna. Zmieniona miażdżycowo aorta może uciskać dwunastnicę i utrudniać przechodzenie treści pokarmowej.

Ściana dwunastnicy jest zbudowana z błony surowiczej (otrzewna trzewna), błony mięśniowej (mięśnie gładkie), tkanki podśluzowej i błony śluzowej, wyścielonej nabłonkiem jednowarstwowym sześciennym. Błona śluzowa tworzy fałdy okrężne, z wcięciem opuszki dwunastnicy. Na przyśrodkowej ścianie części zstępującej dwunastnicy występuje fałd podłużny, w którego dolnej części znajduje się brodawka większa dwunastnicy. Stanowi ona miejsce wspólnego ujścia przewodu żółciowego wspólnego i przewodu trzustkowego, tworzących tuż przed ujściem bańkę wątrobowo-trzustkową, mającą dobrze wykształcony mięsień zwieracz bańki. W części górnej fałdu podłużnego często występuje brodawka mniejsza dwunastnicy, na której uchodzi przewód trzustkowy dodatkowy. Komórki nabłonka błony śluzowej pokryte są mikrokosmkami, a w tkance podśluzowej występują gruczoły dwunastnicze. Niektórzy autorzy dzielą dwunastnicę na część nad- i podbrodawkową za względu na odrębne unaczynienie przez gałęzie pnia trzewnego i gałęzie tętnicy krękowej górnej.

18.1.7. Dalsza część jelita cienkiego

Jelito czcze i jelito kręte nie są od siebie ostro odgraniczone i mają wiele cech wspólnych. Rozpoczyna się zgięciem dwunastniczo-czczym na wysokości II kręgu lędźwiowego, kończą zastawką krętniczo-katniczą w miejscu ujścia do kątnicy, w prawym dole biodrowym (zastawka Bauhina). Łączna długość jelita cienkiego wynosi około 5m; $\frac{2}{5}$ początkowo stanowi jelito czcze, a $\frac{3}{5}$ dalsze jelito kręte. Jelito czcze od krętego różni się większą liczbą kosmków jelitowych, lepszym ukrwieniem i występowaniem tylko grudek chłonnych pojedynczych. Dzięki stosunkowo znacznej długości jelita czczego i krętego treść pokarmowa przesuwa się zostaje strawiona i wchłonięta. Jelito cienkie leży wewnątrztrzewnowo, zawieszona na kresecie, której brzeg ścienny przyczepia się do tylnej ściany brzucha, najczęściej wzdłuż linii łączącej II krąg lędźwiowy ze stawem krzyżowo-biodrowym prawym.

Podobnie jak dwunastnica, jelito czcze i kręte ma trójwarstwową budowę ścian. Błona śluzowa wyścielona również nabłonkiem jednowarstwowym sześciennym wytwarza fałdy okrężne, o wysokości do 8 mm, na których znajdują się wypustki błony śluzowej - kosmki jelitowe. Mają one do 1,5 mm wysokości, a liczba ich jest oceniana na 10 milionów. Kosmki zawierają naczynia krwionośne włosowate i chłonne oraz włókna mięśniowe gładkie. W błonie śluzowej występują również komórki kubkowe, gruczoły jelitowe oraz grudki chłonne pojedyncze i skupione. Liczba grudek chłonnych u człowieka dorosłego jest oceniana na kilka tysięcy. W ścianie jelita cienkiego występują również śródścienne sploty i zwoje układu autonomicznego: splot podśluzowy i mięśniowy (Meissnera i Auerbacha). W blisko 2% przypadków w ostatnim metrze jelita krętego występuje uchyłek będący pozostałością przewodu żółtkowo-jelitowego (uchyłek Meckela). Stanowi on wypuklenie jelita krętego w kształcie palca (nie zawsze drożne na całej długości), biegnące w kierunku pępka.

18.1.8. Budowa komórki nabłonkowej jelita cienkiego

Podstawowym elementem nabłonka jednowarstwowego walcowatego pokrywającego błonę śluzową jelita cienkiego jest komórka nabłonkowa jelita z rąbkami prążkowanymi (komórka wchłaniająca, enterocyt). Poza tymi komórkami w nabłonku jelita cienkiego występują komórki kubkowe, komórki srebrochłonne i komórki z ziarnistościami kwasochłonnymi, będące komórkami wydzielniczymi.

Komórki wchłaniające mają kształt walcowaty i wysokość od 22 do 26 μm . Pałeczkowate jądro umieszczone jest bliżej podstawnej części komórki. Bardzo charakterystyczny wygląd ma wolna powierzchnia komórki zwrócona do światła jelita. Występuje na niej duża liczba ściśle ułożonych,

cylindrycznych mikrokosmków o długości od 1 do 1,5 μm i średnicy około 80 nm. Zespół tych mikrokosmków nosi nazwę rąbka prążkowanego. Rąbek prążkowany znacznie zwiększa powierzchnię wchłaniania komórki (około 30 razy) i bierze w nim czynny udział dzięki obecności enzymów, które aktywnie uczestniczą we wchłanianiu oraz transporcie węglowodanów i tłuszczów. Tuż pod rąbkiem prążkowanym znajduje się wąski pas cytoplazmy, całkowicie pozbawiony organelli, a pod nim występują liczne nitkowate mitochondria, dość liczne kanaliki siateczki śródplazmatycznej gładkiej oraz często centriole. Aparat Golgiego znajduje się w strefie nadjądrowej. W części podstawnej komórki znajdują się niezbyt liczne kanaliki siateczki śródplazmatycznej ziarnistej oraz mitochondria, które mają mniejsze rozmiary niż w części szczytowej komórki. W najbardziej zewnętrznej części komórki nabłonkowe jelita mają złożony kompleks łączący, zwany dawniej listewką graniczną. Składa się on z trzech struktur: obwódki zamykającej, obwódki przylegania i plamki przylegania. Tuż przy wolnej powierzchni sąsiadujących ze sobą komórek ich błony łączą się ze sobą przez co zostaje całkowicie zniwelowana przestrzeń między tymi komórkami (obwódka zamykająca). Pod tą strefą następuje rozdzielenie błon sąsiednich komórek i pojawia się między nimi przestrzeń o szerokości od 15 do 20 nm (obwódka przylegania). Od wewnętrznej strony obwódki przylegania skupia się umiarkowanie gęsty, włóknisty materiał. Poniżej obwódki przylegania znajduje się plamka przylegania, zwana także desmosomem, o złożonej budowie. Złącza międzykomórkowe powodują całkowite zamknięcie przestrzeni międzykomórkowych w obrębie obwódki przylegania, a więc od strony powierzchni wolnej nabłonka następuje zahamowanie przenikania substancji wzdłuż przestrzeni międzykomórkowych. Uniemożliwia to wnikanie różnych substancji i drobnoustrojów między komórki nabłonka, a także wydobywanie się soku tkankowego na zewnątrz. Występujące w nabłonku jelit komórki dokrewne należące do serii APUD zostały omówione przy gruczołach żołądkowych właściwych.

18.1.9. Jelito grube

Jelito grube jest końcowa część przewodu pokarmowego. Dzieli się na jelito ślepe wraz z wyrostkiem robaczkowym, okrężnicę i odbytnicę. Okrężnica dzieli się z kolei na okrężnicę wstępującą, która zgięciem prawym przechodzi w okrężnicę poprzeczną, a ta zgięciem lewym w okrężnicę zstępującą. Przedłużeniem okrężnicy zstępującej jest okrężnica esowata. Jelito grube tworzy rodzaj obramowania otaczającego pętle jelita cienkiego położone w części środkowej jamy brzusznej. Jego długość wynosi od 1,5 do 1,8 m, a średnica jest większa od średnicy jelita cienkiego i ma przeciętnie 9 cm. Jelito ślepe, zwane też kątnicą, jest początkową częścią jelita grubego, położoną na talerzu biodrowym prawym; rzutuje się na okolicę pachwinową prawą. Około 3 cm powyżej początku jelita ślepego na jego przyśrodkowej ścianie uchodzi jelito krętniczo-kątniczym. W ujściu tym znajduje się fałd błony śluzowej - zastawka krętniczo-kątnicza, która zapobiega cofaniu się treści pokarmowej z jelita grubego do jelita cienkiego. Ilość treści pokarmowej przechodzącej do jelit grubego jest oceniana na 600 do 800 ml w ciągu doby.

Od podstawy jelita ślepego odchodzi wyrostek robaczkowy. Długość jego wynosi najczęściej około 8 cm, średnica około 1 cm; cechuje go jednak znaczna zmienność. Ma krezeczkę (krezkę wyrostka robaczkowego) i w położeniu typowym zwisa najczęściej z talerza biodrowego w kierunku miednicy mniejszej. Do określenia rzutu podstawy wyrostka robaczkowego na przednią ścianę jamy brzusznej, co ma znaczenie w stanie zapalnym tego narządu, są przydatne punkty podane przez Lanza i Mac Burneya. Punkt Lanza leży na linii łączącej kolce biodrowe przednie górne, w miejscu połączenia $1/3$ prawej części tej linii z pozostałymi dwiema częściami ($2/3$ linii). Punkt Mac Burneya leży na linii łączącej pępek z kolcem biodrowym przednim górnym prawym, w miejscu połączenia $1/3$ bocznej części linii z pozostałymi dwiema częściami ($2/3$ linii). Ujście wyrostka robaczkowego jest najczęściej oddzielone od kątnicy tzw. zastawką półksiężycową wyrostka robaczkowego. W tkance podśluzowej wyrostka robaczkowego znajdują się liczne grudki chłonne skupione, dlatego przypisuje się mu rolę „migdałka przewodu pokarmowego”.

Okrężnica wstępująca jest dalszym ciągiem jelita ślepego, przebiega po prawej stronie jamy brzusznej, przechodząc w prawym podżebrzu tuż poniżej powierzchni trzewnej wątroby w okrężnicę poprzeczną.

Okrężnica poprzeczna przebiega pomiędzy okrężnicą wstępującą a zstępującą, zataczając łuk skierowany wypukłością ku dołowi i przodowi. W pozycji stojącej może sięgać do pępka, a nawet do linii międzykolcowej. Zwykle ma dobrze wykształconą krezkę okrężnicy poprzecznej, z żołądkiem i przeponą łączą ją więzadła. W lewym podżebrzu tuż poniżej śledziony przechodzi w okrężnicę zstępującą.

Okrężnica zstępująca przebiega po lewej stronie jamy brzusznej przechodząc na wysokości grzebienia biodrowego lewego w okrężnicę esowatą, nazwaną tak ze względu na swoje charakterystyczne wygięcie. Ma dobrze rozwiniętą krezkę okrężnicy esowatej.

Na wysokości III kręgu krzyżowego okrężnica esowata przechodzi bez wyraźnej granicy w końcową część jelita grubego - odbytnicę. W odbytnicy można wyróżnić rozszerzoną część górną zwaną bańką odbytnicy, oraz część dolną otoczoną przez przeponę miednicy - kanał odbytniczy. Przylegając tylną ścianą do kości krzyżowej i kości guzicznej, odbytnica wytwarza dwa łuki: zgięcie krzyżowe - zwrócone wypukłością ku tyłowi, i zgięcie kroczone - zwrócone wypukłością ku przodowi, otaczające kość guziczną.

Ściana jelita grubego, podobnie jak ściana jelita cienkiego, ma trójwarstwową budowę. Wyróżnia się w niej błonę surowiczą (otrzewna trzewna), tkankę podsurowiczą, błonę mięśniową (mięśnie gładkie o okrężnym i podłużnym przebiegu) oraz błonę śluzową, wyściętą również nabłonkiem jednowarstwowym sześciennym i zawierającą znacznie więcej komórek kubkowatych. W błonie śluzowej występują także wypuklenia nabłonka, zwane kryptami jelitowymi. Cechami charakterystycznymi jelita grubego są zdwojenia błony surowiczej zawierające tkankę tłuszczową zwane przyczepkami sieciowymi. Nie występują one tylko w kałnicy. Jelito grube charakteryzuje również obecność wypukleń ścian, zwanych wypukleniami okrężnicy, i trzech pasm mięśni gładkich o podłużnym przebiegu, zwanych taśmami, przebiegających od podstawy wyrostka robaczkowego wzdłuż kałnicy i okrężnicy. Ułatwiają one odnalezienie wyrostka robaczkowego w czasie zabiegu chirurgicznego.

W błonie środkowej ściany odbytnicy, w pobliżu odbytu, mięśnie gładkie mają przebieg okrężny, tworząc mięsień zwieracz wewnętrzny odbytu. Błona śluzowa odbytnicy wytwarza w jej bańce 2-3 fałdy o okrężnym przebiegu, a w kanale odbytniczym fałdy podłużne, zwane słupami odbytniczymi. W ich części bliższej odbytu występują dobrze wykształcone sploty żyłne, będące miejscem powstawania żylaków odbytnicy. Odbyt stanowi końcowy otwór przewodu pokarmowego, w obrębie którego nabłonek jednowarstwowo sześcienny przechodzi w nabłonek wielowarstwowo płaski. Skóra dookoła odbytu zawiera barwnik, a u mężczyzn jest owłosiona. Pod skórą przebiega mięsień poprzecznie prążkowany - zwieracz zewnętrzny odbytu wchodzący w skład przepony miednicy.

W stosunku do otrzewnej jelito grube leży wewnątrz-, śród- lub zewnątrz- trzewnowo (kanał odbytniczy).

19. Fizjologia układu pokarmowego

19.1. Trawienie i wchłanianie pokarmów

Spożywane pokarmy zostają w przewodzie pokarmowym poddane obróbce mechanicznej i chemicznej, tak aby mogły być wchłonięte. Zawierają one składniki energetyczne i budulcowe, jakimi są węglowodany, białka i tłuszcze, oraz witaminy, sole mineralne i wodę. Węglowodany, białka i tłuszcze spożywane są zazwyczaj w postaci pokarmów wymagających obróbki mechanicznej i chemicznej, tak aby podstawowe ich składniki: cukry proste, aminokwasy i kwasy tłuszczowe mogły zostać wchłonięte.

19.1.1. Trawienie w jamie ustnej

Pokarmy o stałej konsystencji wprowadzone do jamy ustnej są rozdrabniane w czasie żucia i mieszają się ze śliną. Żucie trwa tak długo, aż pokarm odpowiednio rozdrobniony i nasycony śliną utworzy kęs, który może zostać połknięty. Zetknięcie się pokarmu, zwłaszcza suchego, z powierzchnią błony śluzowej jamy ustnej powoduje wydzielanie śliny na drodze odruchu bezwarunkowego. Wydzielanie śliny na sam widok lub zapach pokarmu zachodzi dzięki uprzednio wytworzonemu odruchowi nabytemu, czyli odruchowi warunkowemu.

Ślina w ilości około 1,5 litra na dobę wydzielana jest do jamy ustnej przez trzy parzyste gruczoły - ślinianki. Najwięcej śliny surowiczo-śluzowej wydzielają ślinianki podżuchwowe. Ślinianki przyuszne wydzielają w mniejszych ilościach ślinę surowiczą najmniej śliny śluzowej wytwarzają ślinianki podjęzykowe. Ślina surowicza zawiera enzym trawiący polisacharydy - α -amylazę ślinową. Natomiast w ślinie śluzowej występuje mucyna - glikoproteina, ułatwiająca połykanie uformowanego kęsa.

19.1.2. Czynność żołądka

Żołądek spełnia w organizmie człowieka następujące funkcje: gromadzenie i przechowywanie spożytych pokarmów oraz ich trawienie i wyjąłwanie.

Pokarmy płynne szybko przechodzą przez żołądek. Pokarmy o konsystencji stałej, składające się z węglowodanów pozostają w żołądku kilka godzin. Dłużej zaś pozostają pokarmy o przewodzie białek, a najdłużej bogate w tłuszcze. Pokarmy płynne spływają wzdłuż krzywizny mniejszej pustego żołądka do części odźwiernikowej żołądka. Pokarmy o stałej konsystencji początkowo wypełniają trzon żołądka, a następnie w miarę ich gromadzenia się zajmują jego dno. Kolejne połykane porcje pokarmów zajmują część środkową jamy żołądka, przemieszczając w kierunku ścian żołądka znajdujący się w nim pokarm. Pierwsze porcje pokarmu stykają się z błoną śluzową żołądka, a ostatnie wypełniają środek jamy żołądka. Pokarmy wypełniające część środkową żołądka są jeszcze trawione przez α -amylazę ślinową. Zmieszanie się treści pokarmowej z sokiem żołądkowym rozpoczyna właściwe trawienie w żołądku.

Sok żołądkowy wydzielany jest przez gruczoły błony śluzowej żołądka średnio w ilości 3 litrów w ciągu całej doby. Zawiera on kwas solny, enzymy trawienne, śluz, sole mineralne i wodę. Kwas solny powstaje w kanalikach wewnątrz komórek okładzinowych gruczołów błony śluzowej żołądka. Jony wodorowe powstające w czasie dysocjacji kwasu węglowego są aktywnie wydzielane do światła kanalików komórkowych. W cytoplazmie komórek głównych błony śluzowej żołądka znajdują się ziarnistości zymogenu zawierające pepsynogen - nieczynny enzym proteolityczny. Pod wpływem kwasu solnego zamienia się on w aktywny enzym - pepsynę. Komórki dodatkowe błony śluzowej wydzielają śluz, który pokrywając ściany żołądka zabezpiecza je przed działaniem kwasu solnego i pepsyny.

Pepsyna zawarta w soku żołądkowym rozkłada duże cząsteczki białek na mniejsze cząsteczki polipeptydów. Przerywa ona wiązania peptydowe w cząsteczkach białek i powstające z nich cząsteczki mają zarówno krótkie, jak i długie łańcuchy peptydowe.

Wyróżnia się dwa rodzaje aktywności ruchowej mięśni gładkich żołądka. Są to wstępniacy naprzemiennie wzrost i spadek napięcia mięśni gładkich żołądka i skurcze perystaltyczne rozpoczynające się w okolicy części wpustowej i przesuwające się wzdłuż ścian żołądka aż do odźwiernika. W części wpustowej żołądka średnio co 20 s występuje skurcz mięśni gładkich, który posuwa się wzdłuż ścian w postaci fali perystaltycznej, która powoduje otwarcie odźwiernika i przejście z żołądka do dwunastnicy płynnej treści żołądkowej.

Pusty żołądek po kilkunastu godzinach po trawieniu wykazuje okresowo występujące silne skurcze mięśni gładkich, tzw. skurcze głodowe. Po dostaniu się pierwszych porcji pokarmu do żołądka następuje chwilowy rozkurcz mięśni gładkich ścian żołądka. Następnie skurcze perystaltyczne

powracają i przyczyniają się zarówno do mieszania się treści pokarmowej z sokiem żołądkowym, jak i do opróżniania się żołądka.

Fala perystaltyczna przesuując się wzdłuż ścian żołądka po dotarciu do części odźwiernikowej staje się znacznie silniejsza dzięki temu, że w tej części żołądka kurczy się grubsza warstwa mięśni gładkich. Silny ucisk wywierany przez skurczoną ścianę tej części żołądka przenosi się na treść wypełniającą jamę odźwiernikową. Następuje wyciśnięcie treści płynnej do dwunastnicy przez otwierający się odźwiernik i cofnięcie treści stałej z powrotem do jamy żołądka. Powtarzające się w ciągu kilku godzin cofanie się treści stałej z jamy odźwiernikowej do jamy trzonu żołądka powoduje jej mieszanie, rozdrobnienie i stopniowa zamianę w treść płynną. Wyciskanie płynnej treści do dwunastnicy nosi nazwę "pompy odźwiernikowej".

Na skurcze toniczne mięśni gładkich i perystaltykę żołądka mają wpływ czynniki nerwowe i humoralne. Unerwienie przywspółczulne nasila skurcze i przyspiesza perystaltykę żołądka. Przeciwnie działa unerwienie współczulne. Hamuje na drodze odruchowej perystaltykę żołądka i zwalnia jego opróżnianie. Opróżnianie żołądka zwalnia wzrost w dwunastnicy: stężenia jonów wodorowych, zawartości kwasów tłuszczowych, częściowo strawionych białek i węglowodanów, jak również sekretyna i cholecystokinino-pankreozymina (CCK-PZ) powstające w dwunastnicy, oraz wysokie ciśnienie osmotyczne treści żołądkowej dostającej się do dwunastnicy.

Wydzielanie soku żołądkowego dzieli się na trzy fazy, które w warunkach fizjologicznych występują często prawie jednocześnie i na siebie zachodzą. Są to faza głowowa, faza żołądkowa i faza jelitowa. W fazie głowowej występuje wydzielanie soku żołądkowego pod wpływem impulsów biegnących z mózgowia przez nerwy błędne. W fazie tej uczestniczą zarówno odruchy warunkowe, jak i odruchy bezwarunkowe, występujące wtedy, kiedy pokarm znajduje się w jamie ustnej i drażni receptory błony śluzowej.

W fazie żołądkowej na skutek podrażnienia błony śluzowej przez pokarm wypełniający żołądek zachodzi wydzielanie do krwi gastryny. Krążąca we krwi gastryna pobudza na drodze humoralnej gruczoły błony śluzowej żołądka. W fazie jelitowej, pod wpływem treści pokarmowej przechodzącej z żołądka do dwunastnicy, zachodzi zarówno pobudzanie, jak i hamowanie czynności żołądka. Gastryna powstająca w jelitach działa pobudzająco. Za pośrednictwem odruchu jelitowo-żołądkowego następuje hamowanie opróżniania żołądka i wydzielania soku żołądkowego. Podobnie działają cholecystokinino-pankreozymina i sekretyna. Powstają one w błonie śluzowej dwunastnicy i jelit, krążą we krwi i hamują perystaltykę i wydzielanie żołądka.

Gastryna jest zasadniczym hormonem przewodnictwa pokarmowego. Składa się z trzech polipeptydów o łańcuchach zbudowanych z 17 aminokwasów (gastryna mała, G-17), z 14 aminokwasów (mini gastryna, G-14) i z 34 aminokwasów (gastryna duża, G-34). Fragment łańcucha o pięciu aminokwasach (pentagastryna) występujący w tych trzech peptydach wykazuje również aktywność fizjologiczną, choć znacznie słabszą od G-17. Gastrynę wydzielają komórki w części odźwiernikowej pod wpływem działania pokarmów na błonę śluzową żołądka. Pobudza ona bezpośrednio do wydzielania komórki główne i pośrednio przy współdziałaniu histaminy - komórki okładzinowe.

W fazie głowowej acetylocholina wydzielana na zakończeniach neuronów przywspółczulnych działa bezpośrednio i pośrednio, poprzez gastrynę na komórki główne błony śluzowej żołądka oraz pośrednio, przy współdziałaniu histaminy, na komórki okładzinowe.

Hormony wytwarzane przez gruczoły dokrewne mają również wpływ na wydzielanie soku żołądkowego. Hormony kory nadnerczy - glikokortykoidy zwiększają wydzielanie soku żołądkowego, natomiast hormony rdzenia nadnerczy, adrenalina i noradrenalina, hamują jego tworzenie się.

19.1.3. Czynność jelita cienkiego

W jelicie cienkim treść pokarmowa jest trawiona do składników prostych, które są w tej części przewodnictwa pokarmowego wchłaniane do krwi.

Mięśnie gładkie jelita cienkiego wykazują okresowe zmiany napięcia, skurcze odcinkowe z zaznaczeniami się określonymi przewężeniami jelita oraz skurcze perystaltyczne. Skurcze perystaltyczne rozpoczynają się w opuszcce dwunastnicy i przesuują się w postaci fali perystaltycznej z prędkością od 2 do 25 cm/s przez kolejne odcinki jelita cienkiego i jelita grubego aż do odbytu. Fala perystaltyczna w postaci przesuwającego się określonego skurczu mięśni gładkich jest zasadniczym czynnikiem zapewniającym przesuwanie się treści pokarmowej w kierunku od żołądka do odbytnicy. Powstaje ona pod wpływem mechanicznego podrażnienia receptorów znajdujących się w błonie śluzowej i pobudzenia komórek nerwowych splotu mięśniowego jelita (Auerbacha). Komórki splotu unerwiając mięśnie gładkie jelita pośredniczą w przesuwaniu się skurczu perystaltycznego. Treść pokarmowa przesuwana przez fale perystaltyczne gromadzi się w części jelita krętego, w pobliżu jego połączenia z kątnicą, ponieważ zastawka krętniczo- kątnicza nie przepuszcza treści jelitowej do kątnicy. Po podniesieniu się ciśnienia w jelicie krętym w pobliżu zastawki krętniczo- kątnicznej zastawka otwiera się i treść jelitowa zaczyna przechodzić do kątnicy.

Przechodzenie treści żołądkowej do dwunastnicy powoduje tzw. błyskawiczne ruchy perystaltyczne jelita cienkiego, jednocześnie otwieranie się zastawki krętniczo-kątniczej i opróżnianie jelita krętego z treści jelitowej. Otwieranie się zastawki krętniczo-kątniczej z chwilą rozpoczęcia opróżniania się żołądka nosi nazwę odruchu żołądkowo-krętniczego, następującego za pośrednictwem nerwów błędnych. Motorówka jelit występuje na skutek rozciągnięcia i podrażnienia jego mięśni gładkich. Unerwienie przywspółczulne i współczulne ma tylko ograniczone działanie. Pod wpływem neuronów przywspółczulnych skurcze mięśni gładkich jelita nasilają się. Neurony współczulne mają działanie hamujące.

Błona śluzowa jelita cienkiego pokryta jest kosmkami i mikrokosmkami. Łączna powierzchnia jelita cienkiego, po uwzględnieniu kosmków i mikrokosmków, wynosi około 300 m². W czasie trawienia pokarmów występują zarówno skurcze błon mięśniowej jelita, jak i ruchy kosmków. Ruchy kosmków polegają na ich skracaniu się i wydłużaniu.

W błonie śluzowej w dwunastnicy występują gruczoły dwunastnicze (Brunnera) wydzielające gęsty śluz. Zabezpiecza on błonę śluzową dwunastnicy przed działaniem silnie zakwaszonej treści żołądkowej. Znajdujące się w błonie śluzowej jelita cienkiego gruczoły jelitowe (Lieberkuhna) wytwarzają sok jelitowy zawierający enzymy trawienne, rozkładające związki zawarte w treści jelitowej do składników prostych wchłanianych do krwi.

W soku jelitowym występują: aminopeptydazy rozkładające peptydy do aminokwasów; enzymy rozkładające kwasy nukleinowe do pentozy oraz zasad purynowych i pirymidynowych; enzymy rozkładające polisacharydy i disacharydy do monosacharydów; lipaza hydrolizująca tłuszcze obojętne do kwasów tłuszczowych i glicerolu.

Sok jelitowy ma odczyn słabo zasadowy lub zasadowy. Ilość jego wydzielana w ciągu doby podlega wahaniom w granicach od 3 do 6 litrów, jak również zmienia się jego skład. Sok jelitowy doprowadza ciśnienie osmotyczne treści jelitowej do ciśnienia izotonicznego. Sok jelitowy wydzielany pod wpływem bezpośredniego mechanicznego podrażnienia błony śluzowej przez przesuwającą się treść jelitową. W błonie śluzowej jelita powstają również hormony żołądkowo-jelitowe, które wydzielone do krwi pobudzają na drodze humoralnej gruczoły jelitowe do wydzielania soku jelitowego.

19.1.4. Czynność jelita grubego

Treść jelita cienkiego przedostaje się do jelita grubego w czasie otwierania się zastawki krętniczo-kątniczej. Zastawka otwiera się wtedy, kiedy przechodzi przez nią fala perystaltyczna. Zastawka krętniczo-kątnicza uniemożliwia cofanie się treści z jelita grubego do jelita cienkiego.

W jelicie grubym zachodzą cztery zasadnicze procesy: zwrotne wchłanianie wodn. wchłanianie elektrolitów, witamin i aminokwasów, formowanie kału, stałe mnożenie się drobnoustrojów, które wytwarzają zarówno związki dla organizmu niezbędne, np. niektóre witaminy, jak i toksyczne, np. tyraminę, amoniak itp. Mięśnie gładkie jelita grubego wykazują okresowe zmiany napięcia, skurcze odcinkowe i skurcze perystaltyczne. Kilka razy na dobę, na skutek rozciągnięcia ścian jelita grubego przez wypełniającą go treść, dochodzi do silnych skurczów perystaltycznych, czyli ruchów masowych. Treść wypełniająca jelito grube zostaje przesunięta w kierunku odbytu. Ruchy masowe występują w pierwszej godzinie po spożyciu pokarmów w wyniku odruchu żołądkowo-okrężniczego. Gruczoły błony śluzowej jelita grubego nie wytwarzają enzymów trawiennych i jedyną ich wydzieliną jest śluz. Treść jelita grubego przesuwana w kierunku odbytu zawiera nie strawione i nie wchłonięte składniki pokarmowe, złuszczone komórki nabłonka jelita cienkiego i grubego oraz śluz. Kał wypełniający odbytnicę rozciąga jej ścianę i podrażnia receptory w ścianie odbytnicy. Podrażnienie receptorów odbierane jest przez ośrodek w części krzyżowej rdzenia kręgowego. Ośrodek ten za pośrednictwem przywspółczulnych (parasympatycznych) nerwów trzewnych miednicznych zmniejsza napięcie mięśnia zwieracza wewnętrznego odbytu (mięsień gładki) i za pośrednictwem splotu krzyżowego rozkurcza mięsień zwieracz zewnętrzny odbytu (mięsień poprzecznie prążkowany). Jednocześnie z rozkurczeniem obu zwieraczy występują skurcze przepony i mięśni brzucha, ciśnienie w jamie brzusznej wzrasta i kał wydalany jest na zewnątrz.

19.1.5. Hormony żołądkowo - jelitowe

Motorówka żołądka i jelit oraz wydzielanie soku żołądkowego i soku jelitowego są kontrolowane przez: układ autonomiczny i hormony żołądkowo-jelitowe.

Komórki nerwowe należące do splotów żołądkowych i jelitowych wydzielają na swych zakończeniach mediatory chemiczne: acetylocholinę, noradrenalinę i serotoninę. Komórki nerwowe, w zależności od wydzielanego mediatora nazywa się neuronami cholinergicznymi, noradrenergicznymi i serotoninergicznymi. W splotach nerwowych żołądkowych i jelitowych występują również neurony peptydergiczne uwalniające następujące peptydy: cholecystokininę, wazoaktywny hormon jelitowy, substancję P, bombezynę, somatostatynę, enkefalinę, neurotensynę i angiotensynę II.

W błonie śluzowej żołądka i jelit, pomiędzy komórkami zewnątrzwydzielniczymi wydzielającymi sok żołądkowy i jelitowy, znajdują się komórki wewnątrzwydzielnicze uwalniające do krwi hormony żołądkowo-jelitowe o budowie peptydowej. Większość aktywnych peptydów jest uwalniana zarówno przez neurony peptydergiczne splotów nerwowych, jak i przez komórki wewnątrzwydzielnicze błony śluzowej.

Gastryna duża (34 aminokwasów), mała (17 aminokwasów) i mini (14 aminokwasów) wydzielana jest do krwi przez komórki G wewnątrzwydzielnicze błony śluzowej żołądka. Jest zasadniczym hormonem wywołującym wydzielanie soku żołądkowego. W mniejszym stopniu pobudza: gruczoły błony śluzowej jelita do wydzielania soku jelitowego, komórki zewnątrzwydzielnicze trzustki do wydzielania soku trzustkowego i komórki wątrobowe do wydzielania żółci. Wzmacnia również motorykę żołądka i jelit oraz skurcze ścian pecherzka żółciowego.

Cholecystokinina-pankreozymina (33 aminokwasów) wydzielana jest do krwi przez komórki I wewnątrzwydzielnicze błony śluzowej dwunastnicy i początkowych odcinków jelita czczego. Pobudza wydzielanie soku trzustkowego, w mniejszym stopniu soku żołądkowego i żółci. Silnie kurczy ścianę pecherzka żółciowego, wzmacnia perystaltykę jelit, hamuje zaś perystaltykę żołądka.

Sekretyna (27 aminokwasów) jest hormonem wydzielanym do krwi przez komórki S wewnątrzwydzielnicze błony śluzowej dwunastnicy i jelita czczego. Jest hormonem silnie pobudzającym trzustkę do wydzielania dużych ilości zasadowego soku trzustkowego oraz wątrobę do wydzielania żółci. Hamuje perystaltykę żołądka i jelit. Poza tymi trzema zasadniczymi hormonami żołądkowo-jelitowymi komórki wewnątrzwydzielnicze żołądka i jelit wydzielają również: peptyd hamujący czynność żołądka (GIP - 43 aminokwasów), somatostatynę (SRIF - 14 aminokwasów), wazoaktywny hormon jelitowy (VIP - 28 aminokwasów), motylina (22 aminokwasów), bombesyna (14 aminokwasów), Substancję P (SP - 11 aminokwasów) oraz preproglukagon, czyli glicentynę i glukagon (29 aminokwasów).

Peptyd hamujący czynność żołądka hamuje wydzielanie soku żołądkowego i motorykę żołądka. Podobnie działa somatostatyna. Wazoaktywny hormon jelitowy rozszerza naczynia krwionośne w przewodzie pokarmowym, hamuje czynność żołądka i zwiększa wydzielanie soku jelitowego, trzustkowego i żółci.

Motorykę i wydzielanie soku żołądkowego pobudzają: motylina i bombesyna, natomiast Substancja P pobudza motorykę żołądka i jelit, hamując jednocześnie wydzielanie soków trawiennych: żołądkowego, jelitowego i trzustkowego.

Preproglukagon i powstający z prohormonu glukagon krążąc we krwi oddziałują na przemianę węglowodanową w komórkach całego organizmu.

Motoryka żołądka i jelit oraz wydzielanie soków trawiennych pozostają pod stałą kontrolą układu autonomicznego i komórek wewnątrzwydzielniczych błony śluzowej żołądka i jelit. Tym samym czynność przewodu pokarmowego zależy od wypadkowego działania: 1) mediatorów i modulatorów chemicznych uwalnianych miejscowo przez komórki nerwowe splotów autonomicznych i 2) hormonów żołądkowo-jelitowych krążących we krwi i wydzielanych przez komórki wewnątrzwydzielnicze błony śluzowej żołądka i jelit.

19.1.6. Wchłanianie w przewodzie pokarmowym

Pokarmy po ich rozłożeniu do związków prostych przez enzymy trawienne są wchłaniane do krwi lub chłonki głównie w jelicie cienkim. Mechanizm wchłaniania w przewodzie pokarmowym polega na zjawisku dyfuzji lub aktywnego transportu. Odcinkiem przewodu pokarmowego, w którym wchłania się najwięcej składników pokarmowych, jest jelito czcze. Związki dobrze rozpuszczalne w tłuszczach mogą być wchłaniane z każdego odcinka przewodu pokarmowego. Cząsteczki o średnicy mniejszej od średnicy porów w błonie komórkowej komórek nabłonka jelita o ładunku elektrycznym obojętnym lub ujemnym dyfundują zgodnie z gradientem stężenia. Do tych związków należy woda, która się wchłania zgodnie z gradientem ciśnienia osmotycznego, dyfundując przez błonę w kierunku od niższego do wyższego ciśnienia osmotycznego.

Związki o cząsteczce większej od średnicy porów w błonie komórkowej komórek nabłonka wchłaniają się na zasadzie aktywnego transportu dzięki przejściowemu wiązaniu się z nośnikiem znajdującym się w błonie komórkowej. Aktywny transport wymaga zużycia energii i zazwyczaj zachodzi wbrew gradientowi stężenia. Komórki błony śluzowej jelita mogą również wchłaniać niektóre duże cząsteczki na zasadzie pinocytozy.

Węglowodany w postaci monosacharydów, heksoz i pentoz wchłaniają się w dwunastnicy i w jelicie czczym. Większość monosacharydów, a zwłaszcza glukoza i galaktoza, wchłania się na zasadzie aktywnego transportu. Aktywny transport glukozy przyspiesza się w obecności jonów sodowych. Występuje wzajemna zależność pomiędzy transportem glukozy i jonów sodowych. W obecności glukozy wchłanianie jonów sodowych również ulega przyspieszeniu. Część disacharydów bez

uprzedniej hydrolizy do monosacharydów wnika do rąbka szczoteczki komórek nabłonka jelitowego, część zaś powraca do światła jelita.

Tłuszcze spożywcze w przeważającej części jako trójglicerydy są hydrolizowane w przewodzie pokarmowym do monoglicerydów i wolnych kwasów tłuszczowych. Sole kwasów żółciowych, dostające się do jelita z żółcią, tworzą wraz z monoglicerydami i wolnymi kwasami tłuszczowymi agregaty umożliwiające utrzymanie ich w wodzie w postaci roztworu micelnego.

Monoglicerydy i wolne kwasy tłuszczowe wnikają do komórek nabłonka błony śluzowej. Monoglicerydy i kwasy tłuszczowe o długich łańcuchach podlegają w komórkach nabłonka estryfikacji do trójglicerydów. W tych komórkach tworzą się chylomikrony, wraz z którymi trójglicerydy przechodzą następnie do naczyń chłonnych.

Wolne kwasy tłuszczowe o krótkich łańcuchach dyfundują przez komórki nabłonka jelita w postaci niezmienionej dostają się do krwi. Z krwią poprzez żyłę wrotną przepływają do wątroby.

Cholesterol spożywany w pokarmach zostaje w obecności soli kwasów żółciowych zemułgowany i następnie zestryfikowany z wolnymi kwasami tłuszczowymi. W tej postaci dostaje się do komórek nabłonka jelita, gdzie tworzy chylomikrony i w tej formie przechodzi do naczyń chłonnych.

W jelicie cienkim podlegają wchłanianiu produkty trawienia białek egzogennych znajdujących się w spożytych pokarmach oraz białek endogennych będących składnikiem soków trawiennych i złuszczonej komórki nabłonka przewodu pokarmowego. Dzięki aktywnemu transportowi wchłaniane są L-izomery aminokwasów oraz w niewielkich ilościach dipeptydy i w jeszcze mniejszych oligopeptydy, co nosi nazwę pompy aminokwasowej. Wewnątrz komórki nabłonka jelita cienkiego dipeptydy i oligopeptydy rozkładane są do aminokwasów i w tej postaci dyfundują do krwi. D-izomery aminokwasów są znacznie wolniej wchłaniane na zasadzie biernej dyfuzji.

Kwasy nukleinowe są rozkładane przez szereg enzymów trawiennych do pentoz, zasad purynowych i pirymidynowych oraz fosforanów. Zasady purynowe i pirymidynowe są aktywnie transportowane do komórek nabłonka jelita cienkiego.

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach: A, D, E i K są wchłaniane z przewodu pokarmowego w obecności tłuszczów oraz żółci. Witaminy rozpuszczalne w wodzie nie wymagają szczególnych warunków i wchłaniane są szybko do krwi. Witamina B₁₂ wchłania się wyłącznie w jelicie krętym.

Cząsteczki wody dyfundują bez przeszkód przez nabłonek żołądka i jelita w obu kierunkach zgodnie z gradientem ciśnienia osmotycznego. W przypadkach treści hipertonicznej woda dyfunduje z krwi do światła przewodu pokarmowego, aż do wyrównania ciśnienia osmotycznego. W jelicie grubym jony sodowe są aktywnie wchłaniane i tam też woda dyfunduje do krwi.

Jony wapniowe, magnezowe i żelazawe (Fe²⁺) są aktywnie transportowane przez nabłonek górnego odcinka jelita cienkiego. Iony żelazawe w komórkach błony śluzowej dwunastnicy i jelita czczego wiążą się z białkiem - apoferrytyną i magazynowane są w tych komórkach w postaci ferrytyny.

19.2. Trzustka

Jednym z głównych gruczołów przewodu pokarmowego jest trzustka. Jest to narząd o obłym kształcie, długości do 18 cm i masie do 100 g. Prawa część gruczołu jest zgrubiała i nosi miano głowy trzustki, część środkowa nazywa się trzonem trzustki, a część lewa ogonem trzustki. Na trzustce wyróżnia się trzy powierzchnie: przednią, tylną i dolną oraz trzy brzozy: górny, przedni i dolny. Trzustka dzieli się na część zewnątrzwydzielniczą i część dokrewną – wewnątrzwydzielniczą.

Część zewnątrzwydzielnicza jest utworzona przez płaciki trzustkowe, których wydzieliny odprowadzają przewodniki trzustkowe do przewodu trzustkowego lub do przewodu trzustkowego dodatkowego, a przez nie do dwunastnicy. Pomiędzy płacikami trzustkowymi znajdują się przegrody międzypłacikowe zawierające naczynia krwionośne, naczynia chłonne i nerwy. Płaciki trzustkowe są zbudowane z odcinków wydzielniczych i przewodników wyprowadzających. Odcinki wydzielnicze mają postać pęcherzyków lub krótkich cewek, których ściana jest utworzona przez komórki gruczołowe. Część zewnątrzwydzielnicza stanowi główną masę gruczołu (około 98%).

Część dokrewną trzustki tworzą wyspy trzustkowe, zwane też wyspami Langerhansa rozmieszczone nieregularnie w obrębie płacików. Liczba ich wynosi około 360 000, łączna masa od 1 do 2 g. Wszystkie mają kształt kulisty lub owalny i średnicę do 0,25 mm. Zbudowane są z komórek nabłonkowych układających się w pasma, między którymi znajdują się naczynia krwionośne włosowate oraz sieć włókien siateczkowych. W obrębie wysp trzustkowych wyróżnia się cztery rodzaje komórek: A, B, D i F.

Trzustka położona jest zewnątrzotrzewnowo, na tylnej ścianie jamy brzusznej. Głowa trzustki znajduje się na wysokości II kręgu lędźwiowego otoczona przez dwunastnicę, ogon leży na wysokości I kręgu lędźwiowego sąsiadując ze śledzioną. Ku tyłowi od głowy trzustki przebiega żyła wrotna i przewód żółciowy wspólny. Do przodu od głowy i trzonu trzustki leży żołądek, od którego oddziela

trzustkę torba sieciowa. Skupienia płaczków trzustki mogą również występować w ścianie żołądka lub dwunastnicy tworząc trzustki dodatkowe.

19.2.1. Budowa komórek zewnątrzwydzielniczej trzustki

Końcowe, wydzielnicze odcinki części zewnątrzwydzielniczej trzustki zbudowane są z komórek gruczołowych, kształtu piramidalnego, układających się w pęcherzyki. W cytoplazmie tych komórek można wyróżnić dwie części: podstawną i szczytową. Część podstawna komórki jest silnie zasadochłonna. Znajduje się w niej kuliste jądro, liczne mitochondria z dużą ilością grzebieni oraz niezmiernie silnie rozwinięta siateczka śródplazmatyczna ziarnista w postaci gęsto ułożonych równoległych cystern. W okolicy tej występują też bardzo liczne, wolne rybosomy. Aparat Golgiego jest zwykle położony nad jądrem i składa się z licznych spłaszczonych woreczków, małych pęcherzyków i różnej wielkości wakuoli zawierających materiał wydzielniczy o stosunkowo małej gęstości elektronowej. W okolicy tej znajdują się także lizosomy i krople tłuszczu.

Dojrzałe ziarna wydzielnicze, zwane ziarnami zymogenu, zajmują szczytową część komórki, chociaż można je także znaleźć w bezpośrednim sąsiedztwie aparatu Golgiego. Dość często można zauważyć egzocytozę zymogenu do światła pęcherzyka. Na wolnej powierzchni komórki występują liczne mikrokosmki.

19.2.2. Czynność zewnątrzwydzielnicza trzustki

Sok trzustkowy jest wydzieliną zewnętrzną trzustki. W ciągu doby wydziela się około 2 l soku trzustkowego o odczynie zasadowym. Sok trzustkowy, szczególnie bogaty jest w wodorowęglany tak, że pod jego wpływem kwaśna treść żołądkowa dostająca się do dwunastnicy zostaje szybko zobojętniona.

Sok trzustkowy zawiera enzymy proteolityczne nieaktywne - trypsynogen i chymotrypsynogen; enzymy trawiające kwasy rybonukleinowe i dezoksyrybonukleinowe - rybonukleazę i dezoksyrybonukleazę; enzym rozkładający polisacharydy do oligosacharydów i disacharydów - α -amylazę oraz enzym hydrolizujący tłuszcze roślinne i zwierzęce - lipazę.

Trypsynogen po dostaniu się do dwunastnicy wraz z sokiem trzustkowym zostaje tak zaktywowany pod wpływem enterokinazy. Enterokinaza wydzielana przez błonę śluzową dwunastnicy aktywuje nieaktywny trypsynogen na aktywną trypsynę, która z kolei aktywuje następne porcje trypsynogenu dostające się do dwunastnicy, jak również zamienia nieaktywny chymotrypsynogen w aktywną chymotrypsynę.

Wyróżnia się trzy fazy wydzielania soku trzustkowego: głowową, żołądkową i jelitową. Sok trzustkowy zaczyna wydzielać się na drodze odruchowej w fazie głowowej już wtedy, kiedy pokarm znajduje się w jamie ustnej. Nerwem wydzielniczym dla trzustki jest nerw błędny.

Opróżnianie się żołądka i przechodzenie treści żołądkowej do dwunastnicy wywołuje wydzielanie do krwi przez błonę śluzową dwunastnicy cholecystokinino-pankreozyminy (CCK-PZ). Jest to polipeptyd składający się z 33 aminokwasów, który krążąc we krwi pobudza komórki trzustki do wydzielania soku trzustkowego bogatego w enzymy. Obniżenie się odczynu kwaśnego w dwunastnicy pod wpływem większej silnie kwaśnej porcji treści żołądkowej, powoduje wydzielanie do krwi przez błonę śluzową drugiego aktywnego polipeptydu - sekretyny. Polipeptyd ten składający się z 27 aminokwasów po dostaniu się za pośrednictwem krwi do trzustki pobudza ją do wydzielania dużych ilości soku trzustkowego ubogiego w enzymy, ale o znacznej zawartości wodorowęglanów. Sekretyna zwiększa również wydzielanie żółci, hamuje skurcze mięśni gładkich żołądka i wydzielanie kwasu solnego przez gruczoły błony śluzowej żołądka. Sok trzustkowy powstający pod wpływem sekretyny zabezpiecza dwunastnicę przed uszkodzającym działaniem silnie kwaśnej treści żołądka.

19.3. Wątroba

Wątroba jest narządem ważącym około 1,5 kg i stanowi największy gruczoł w organizmie. Na przekroju w płaszczyźnie czołowej ma kształt trójkąta. Okryta jest błoną surowiczą, pod którą znajduje się tkanka podsurowicza i błona włóknista.

W wątrobie wyróżnia się powierzchnie przeponową, zwróconą do przodu i ku górze, oraz po przeciwnej stronie powierzchnię trzewną. Powierzchnie są od siebie oddzielone brzegiem górnym i brzegiem dolnym wątroby.

Wątroba dzieli się na cztery płaty: płat prawy - największy, płat lewy - mniejszy, płat ogoniasty i płat czworoboczny. Dwa ostatnie płaty są widoczne tylko na powierzchni trzewnej wątroby. Pomiedzy płatem czworobocznym a płatem ogoniastym znajduje się zagłębienie zwane wrotami wątroby. W

miejscu położenia pecherzyka żółciowego występuje dół pęcherzyka żółciowego. Żyła główna dolna przebiega w bruździe żyły głównej.

Płat prawy i lewy są od siebie oddzielone na powierzchni przeponowej wątroby przez więzadło sierpowate, którego przedni, zgrubiały brzeg nosi miano więzadła obłego wątroby. Płaty dzielą się z kolei na segmenty: płat prawy na segment przedni i segment tylny, płat lewy na segment przwirodkowy i segment boczny, a segmenty na zraziki wątroby. Zrazik jest najmniejszą jednostką morfologiczno-czynnościową wątroby. Ma kształt pięcio- lub sześciobocznej ściętej piramidy o średnicy od 0,7 do 2 mm i wysokości 2 mm. Zraziki są zbudowane z komórek wątroby (hepatocytów) i układających się w blaszki wątrobowe (laminae hepaticae) przebiegające promieniście w stosunku do środka zrazika i tworzące skomplikowaną strukturę zwaną muralium.

Podłużny przekrój blaszki nazywa się beleczką wątrobową. Pomiędzy blaszkami występuje przestrzeń tworząca labirynt wątrobowy. U człowieka blaszki wątrobowe są zbudowane z jednej warstwy komórek. Komórki wątroby w beleczkach tworzą ściany kanalików żółciowych. W przestrzeniach labiryntu znajdują się naczynia żyłne włosowate zwane zatokami żylnymi i przestrzenie okołozatokowe. Natomiast w przestrzeniach pomiędzy zrazikami - zwłaszcza tam, gdzie kilka zrazików styka się ze sobą swymi narożnikami - w tzw. przestrzeniach wrotno-żółciowych przebiegają naczynia krwionośne, naczynia chłonne i przewodniki żółciowe będące przedłużeniem kanalików żółciowych.

W ścianach naczyń włosowatych krwionośnych wewnątrz zrazików występują komórki kształtu gwiaździstego - komórki siateczkowo-śródbłonkowe gwiaździste, zwane dawniej komórkami Browicza-Kupffera, zaliczane do układu siateczkowo-śródbłonkowego, mające zdolność fagocytozy i mogące przekształcać się w makrofagi. Wątroba leży w podżebrzu prawym, w okolicy nadbrzuszej i podżebrzu lewym. Brzeg górny wątroby może sięgać w linii środkowo-obojęczykowej prawej przy wydechu do czwartego międzyżebra, w linii środkowo-obojęczykowej lewej do trzeciego międzyżebra. Brzeg dolny w linii środkowo-obojęczykowej prawej nie wystaje spod łuku żebrowego, w płaszczyźnie pośrodkowej przecina linię łączącą podstawę wyrostka mieczykowatego z pępkiem, na granicy 1/3 górnej i środkowej jej części, a w linii przymostkowej lewej dochodzi do VI żebra. Leży wewnątrz trzewnowe. Do powierzchni przeponowej przylega przepona, do powierzchni trzewnej: żołądek, dwunastnica, okrężnica, gruczoł nadnerczowy prawy i nerka prawa. W położeniu tym utrzymują wątrobę: zrost z tylną ścianą brzucha, ścisłe przyleganie do przepony, żyła główna dolna, ciśnienie panujące w jamie brzusznej oraz więzadła, jak np. więzadło wieńcowe, więzadło sierpowate, rozpięte między wątrobą a przeponą, zbudowane z otrzewnej. Wątroba jest jednym z nielicznych narządów (oprócz płuc), które ze względu na pełnione funkcje mają dwa rodzaje unaczynienia: unaczynienie czynnościowe i unaczynienie odżywcze.

Unaczynienie czynnościowe jest utworzone przez żyłę wrotną jako naczynie doprowadzające i przez żyły wątrobowe jako naczynia odprowadzające. Jest związane z przechodzeniem do wątroby wchłoniętych w jelicie składników.

Zadaniem unaczynienia odżywczego jest odżywianie komórek wątroby biorących udział w rozlicznych jej funkcjach. Składa się ono z naczynia doprowadzającego, tętnicy wątrobowej właściwej, odgałęzienia od tętnicy wątrobowej wspólnej i z naczyń odprowadzających - żył wątrobowych, uchodzących do żyły głównej dolnej. Obydwa krążenia zespala się ze sobą na poziomie zrazików w ten sposób, że naczynia odprowadzające, tj. żyły wątrobowe są wspólne dla obu krążen.

Wytwarzana w komórkach wątrobowych żółć odpływa do wrót wątroby kanalikami żółciowymi i przewodnikami żółciowymi, które przechodzą w przewody żółciowe. Są to przewody wątrobowe prawy i lewy, odprowadzające żółć z prawego i lewego płata wątroby, z których zespolenia powstałe przewody wątrobowe wspólne. Przewód wątrobowy wspólny zespala się z kolei z przewodem pęcherzykowym w przewód żółciowy wspólny, który uchodzi w części zstępującej dwunastnicy na brodawce dwunastnicy większej, najczęściej wspólnie z przewodem trzustkowy. Przewody żółciowe mają dobrze rozwinięte mięśnie gładkie, które wytwarzają w ich przebiegu rodzaj zwieraczy. Przewód pęcherzykowy doprowadza i odprowadza żółć do zbiornika żółci pęcherzyka żółciowego, którego pojemność wynosi od 30 do 50 ml.

Żółć zostaje w nim do 20 razy zagęszczona i zmagazynowana. Pęcherzyk żółciowy znajduje się na powierzchni trzewnej wątroby, w zagłębieniu zwanym dołem pęcherzyka żółciowego. W pęcherzyku żółciowym wyróżnia się dno, trzon i szyjkę. Dno rzutuje się na przednią ścianę brzucha w miejscu skrzyżowania bocznego brzegu prawego mięśnia prostego brzucha z prawym łukiem żebrowym.

19.3.1. Budowa komórki wątrobowej

Komórki wątrobowe (ryc. 9. 39.) mają kształt wieloboczny i ułożone są w zraziku w postaci blaszek tworzących gąbczaste utkanie tego narządu. Błona komórkowa na powierzchni zwróconej do przestrzeni okołozatokowej i do kanalika żółciowego wytwarza liczne mikrokosmki. Jądro ma kształt kulisty lub owalny i średnicę od 10 do 25 μm . Komórka wątrobowa zawiera jedno, rzadziej dwa jądra.

Komórkę wątrobową cechuje bogactwo struktury cytoplazmatycznych, zwłaszcza błoniastych i mitochondriów, poza tym cytoplazma zawiera duże ilości glikogenu, lipidów i barwników. Podstawę strukturalną komórki stanowi siateczka śródplazmatyczna, która w zależności od miejsca występowania w gronku jest mniej lub bardziej rozwinięta. W wątrobie ludzkiej cysterny siateczki śródplazmatycznej występują pojedynczo lub tworzą małe grupy. Często obserwuje się w cytoplazmie układy, w których środek zajmuje aparat Golgiego, otoczony przez siateczkę śródplazmatyczną, a na obwodzie znajdują się mitochondria. Tak zorganizowane pola cytoplazmy obserwuje się w strefie okołojądrowej, przy kanalikach żółciowych, a nawet przy powierzchni komórki przylegającej do naczyń zatokowych. Siateczka śródplazmatyczna występuje w komórkach wątroby w obydwu postaciach: ziarnistej i gładkiej. Siateczka śródplazmatyczna gładka występuje najczęściej w postaci pęcherzyków o nieregularnych kształtach, leżących wśród rozetek glikogenu w obwodowych częściach cytoplazmy. Może mieć także postać krótkich, rozgałęzionych rurczek. Siateczka śródplazmatyczna ziarnista jest dość obfita, liczne są także poliribosomy. Odgrywa w wątrobie ważną rolę. Błony ziarniste związane są z procesem syntezy białka, błony gładkie - z syntezą glikogenu. Aparat Golgiego w komórkach wątrobowych jest dobrze rozwinięty. Często obserwuje się jego powiązanie z siateczką śródplazmatyczną. Liczne są w komórkach wątrobowych lizosomy, zgrupowane zwykle w sąsiedztwie kanalików żółciowych, a także peroksisomy. Mitochondria są bardzo liczne i skupione zwykle na obszarze okołojądrowym i przy biegunie naczyniowym. Kanalik żółciowy powstaje przez miejscowe wyspecjalizowanie powierzchni łączących się komórek, a jego światło jest rozszerzeniem przestrzeni międzykomórkowej. Wzdłuż brzegów kanalika błony sąsiadujących komórek są w bliskim kontakcie i tworzą połączenia podobne do obwódki zamykającej. Wąski pas cytoplazmy wokół kanalika żółciowego jest pozbawiony organelli, zawiera natomiast delikatne struktury włóknikowe.

19.3.2. Czynność wątroby

Wątroba jest w organizmie największym gruczołem zarówno zewnątrzwydzielniczym, jak i wewnątrzwydzielniczym. Zbudowana jest w 85% z komórek mięsistych, czyli hepatocytów, oraz w 15% z komórek wyścielających śródbłonkowych, należących do układu siateczkowo-śródbłonkowego. Oba te rodzaje komórek różnią się funkcją którą można badać niezależnie od siebie.

Hepatocyty są komórkami gruczołowymi zewnątrz- i wewnątrzwydzielniczymi o złożonym metabolizmie. Komórki śródbłonkowe wyścielające zatoki żyłne w zrazikach wątroby są komórkami żernymi. Wychwytyją z krwi fragmenty komórek, rozpadające się krwinki czerwone oraz pośredniczą w wymianie składników pomiędzy krwią przepływającą przez zatoki a hepatocytami.

Wątroba pełni w organizmie funkcję: filtru dla związków znajdujących się we krwi; gruczołu zewnątrzwydzielniczego; gruczołu wewnątrzwydzielniczego; magazynu szeregu związków.

Rola wątroby jako filtru dla składników krwi

Krew dopływająca do wątroby w 80% stanowi krew z żyły wrotnej i w 20% krew z tętnicy wątrobowej. Krew dopływająca przez żyłę wrotną zawiera składniki wchłonięte w przewodzie pokarmowym. Do składników zatrzymywanych przez wątrobę należą: monosacharydy, wolne kwasy tłuszczowe i aminokwasy. Monosacharydy zatrzymywane są przez komórki wątroby, w obrębie których następuje polimeryzacja cząsteczek glukozy i powstaje glikogen wątrobowy.

Wolne kwasy tłuszczowe po dostaniu się do komórek wątroby zamieniane są częściowo w tłuszcze obojętne - trójglicerydy, a częściowo są przekształcane w acetylo-koenzym A. Cząsteczki acetylo-koenzymu A podlegają kondensacji i powstaje z nich aceto-acetylo-koenzym A. Jest on z kolei rozkładany do zredukowanego koenzymu A i uwalnianych do krwi ciał ketonowych, którymi są: kwas acetylooctowy, kwas β -hydroksymasłowy i aceton.

Komórki wątroby wychwytyją aktywnie aminokwasy, z których syntetyzują białka osocza. Stężenie aminokwasów w komórkach może być do 10 razy wyższe w porównaniu z ich stężeniem w osoczu.

Hepatocyty wychwytyją z krwi dopływającej przez żyłę wrotną bilirubinę, wydzieloną z żółcią do dwunastnicy i zwrótnie wchłoniętą w jelicie cienkim, oraz inne związki powstające w jelitach, jak skatol, indol itp.

Wątroba stanowi także filtr dla związków wytwarzanych w innych tkankach, poza przewodem pokarmowym. Stale wychwytywany z krwi jest amoniak, glutamina i kwas glutaminowy, powstające we wszystkich tkankach w procesie dezaminacji białek. Z amoniaku lub z glutaminy i kwasu glutaminowego syntetyzowany jest w wątrobie mocznik uwalniany następnie do krwi.

Bilirubina krążąca we krwi jako katabolit hemu, czyli bilirubina nie związana, pośrednio reagująca z odczynnikami dwuazotowymi, jest zatrzymywana w wątrobie, wiązana z kwasem glukuronowym lub

kwasem siarkowym i wydzielana z żółcią. Część związanej z kwasami bilirubiny trafia z wątroby do krwi i w niej krąży jako tzw. bilirubina bezpośrednio reagująca z odczynnikiem dwuazowym.

Wątroba stanowi również filtr zatrzymujący większość krążących we krwi hormonów i w ten sposób pośrednio reguluje ich stężenie we krwi. Hormony polipeptydowe zostają rozkładane do aminokwasów, a hormony steroidowe są metabolizowane, wiązane z kwasem glukuronowym, uwalniane do krwi i w tej postaci wydalone z moczem. Białka osocza (globuliny i albumina) wydzielane przez wątrobę wiążą aktywne cząsteczki hormonów krążących we krwi, tworząc nieaktywne hormony związane z białkami osocza. Ten wątrobowy mechanizm ma istotne znaczenie dla regulacji oddziaływania hormonów na tkanki docelowe.

Bilirubina bezpośrednio reagująca, związana z kwasem glukuronowym, jest również wydzielana wraz z żółcią i w jelicie zwrotnie wchłaniana. Dzięki temu krąży pomiędzy wątrobą a jelitem cienkim.

Czynność zewnątrzwydzielniczą wątroby

Komórki wątrobowe tworzą ściany kanalików żółciowych i wydzielają do światła kanalików wszystkie składniki żółci. W postaci glukuronianów wydzielane są barwniki żółciowe, hormony kortynadnerczy i gruczołów płciowych oraz ich pochodne. Pozostałymi składnikami żółci są: sole kwasów żółciowych, cholesterol, kwasy tłuszczowe, tłuszcze obojętne, sole nieorganiczne i woda.

Żółć wytwarzana przez komórki wątroby zawiera szereg katabolitów, które poprzez drogi żółciowe i przewód pokarmowy wydalone są z organizmu. Jednocześnie katabolity te mają duże znaczenie dla procesu trawienia i wchłaniania w jelicie cienkim.

W czasie trawienia pokarmów w jelicie cienkim żółć odpływa do dwunastnicy. W okresach pomiędzy trawieniem pokarmów zwieraczy brodawki dwunastniczej jest skurczony i żółć gromadzi się w pęcherzyku żółciowym. W czasie opróżniania się żołądka do dwunastnicy wstępuje odruchowy, za pośrednictwem nerwów błędnych, rozkurcz zwieracza brodawki dwunastniczej i jednoczesny skurcz mięśni gładkich pęcherzyka żółciowego. Krążąca we krwi cholecystokinina (CCK-PZ) wywołuje również skurcz mięśni gładkich pęcherzyka i jego opróżnianie się z żółci odpływającej do dwunastnicy.

Żółć gromadząca się w pęcherzyku żółciowym ulega kilkakrotnemu zagęszczeniu dzięki resorpcji wody oraz traci część zasad i jej pH obniża się. W ciągu doby wydzielają się do dwunastnicy około 0,5 l żółci. Najważniejszymi jej składnikami są: sole kwasów żółciowych, barwniki żółciowe, cholesterol i sole mineralne. W trawieniu w jelicie cienkim współdziałają sole kwasów żółciowych. Są to sole sodowe i potasowe kwasu cholowego, dezoksycholowego i chenodezoksy cholowego.

Komórki wątroby wydzielają kwasy żółciowe w postaci związanej z tauryną lub glicyną, jako kwasy taurocholowe i glikocholowe. W przewodach żółciowych następuje tworzenie się odpowiednich soli po związaniu się tych kwasów z sodem i potasem. Sole kwasów żółciowych wydzielone do światła jelita obniżają napięcie powierzchniowe, łączą się z kwasami tłuszczowymi i monoglicerydami oraz aktywują lipazę.

Magazynowanie i czynność wewnątrzwydzielniczą wątroby

Białka osocza krwi, a więc albuminy, α - i β -globuliny oraz fibrynogen syntetyzowane są w wątrobie. Jedynie γ -globuliny są syntetyzowane poza wątrobą w węzłach chłonnych. Komórki wątrobowe wydzielają również do krwi enzymy oraz czynniki krzepnięcia krwi. W największych ilościach w komórkach wątroby magazynowany jest glikogen. Powstaje on w wyniku kondensacji glukozy. Wzrost poziomu glukozy we krwi sprzyja magazynowaniu się glikogenu w wątrobie. Przeciwnie, obniżenie się poziomu glukozy we krwi powoduje glikolizę i przechodzenie glukozy z wątroby do krwi. Na tej zasadzie wątroba utrzymuje stały poziom glukozy we krwi, co jest nazywane "glukostatem wątrobowym". Duża zawartość glikogenu w wątrobie hamuje dezaminację aminokwasów. Aminokwasy wchłonięte z przewodu pokarmowego nie podlegając dezaminacji, są zużywane do syntezy białek w wątrobie.

W wątrobie magazynowane są kwasy tłuszczowe, trójglicerydy, fosfolipidy i cholesterol. Wraz z tymi związkami są magazynowane w wątrobie witaminy rozpuszczalne w tłuszczach: A, D, E i K.

Żelazo magazynowane w organizmie w postaci ferrytyny znajduje się w nabłonku jelita cienkiego i w wątrobie. Obniżenie się poziomu żelaza krążącego w osoczu w postaci transferyny powoduje przechodzenie jonów żelaza z obu magazynów do osocza.

Regulacja czynności wątroby

Czynność wątroby zależy od przepływu krwi oraz od związków zmieniających metabolizm komórek wątroby. Przepływ krwi i metabolizm są ze sobą ściśle związane. Unerwienie naczynioruchowe ma

nieznaczny wpływ na ilość krwi przepływającej przez wątrobę. Nerw błędny nie ma wpływu na przepływ krwi, natomiast pod wpływem nerwów trzewnych zwężają się naczynia krwionośne w wątrobie i zmniejsza się przepływ krwi.

Zasadniczy wpływ na przepływ krwi ma pozycja ciała i praca fizyczna. W pozycji siedzącej przepływ krwi zmniejsza się o 20%, w stojącej o 40%, a w czasie pracy fizycznej od 80 do 85%. Wraz ze spadkiem przepływu krwi przez wątrobę zmniejsza się prężność tlenu w komórkach wątroby i zwalniają się wszystkie procesy wymagające stałego dopływu tlenu.

Przepływ krwi przez wątrobę znacznie się zwiększa pod wpływem wchłoniętych w jelitach kwasów żółciowych i krążącej we krwi sekretyny, a w mniejszym stopniu pod wpływem adrenaliny, glukagonu i insuliny. Przepływ krwi przez wątrobę zmniejsza wazopresyna i w nieznacznym stopniu noradrenalina.

20. Anatomia i fizjologia układu moczowego

20.1. Rozwój narządów moczowych

Narządy moczowe rozwijają się w ścisłej łączności z narządami płciowymi. Jedne i drugie powstają z mezodermy w bliskim sąsiedztwie ze sobą i początkowo mają wspólne ujście do steku - zatokę moczowo-płciową. Ostateczny rozwój nerki poprzedza zawiązanie się dwóch prarnarządów: przednercza i pranercza, struktur przejściowych potrzebnych po to, aby wytworzyć przewody niezbędne do prawidłowego rozwoju narządów płciowych i nerki.

Przednercze powstaje w obrębie 1-14 par członów z bocznych wypukleń mezodermy - nefrotomów, które wkręcając się w kierunku ektodermy zaginają się swymi końcami doogonowo, aby po połączeniu wytworzyć przewód przednercza biegnący wzdłuż ciała zarodka.

Rozwój pranercza rozpoczyna się z chwilą gdy całkowicie rozwinięte przednercze. Wytwarza się w nim szereg kanalików, które uchodzą do przewodu przednercza otrzymującego miano przewodu śródnerczowego lub przewodu Wolffa. Największy rozwój osiąga pranercze pod koniec pierwszego miesiąca życia zarodkowego, a zanika do końca czwartego miesiąca życia płodowego.

Pranercze przekształca się w nerke ostateczną. Pęcherz moczowy i cewka moczowa powstają w końcowej części jelita tułowiowego, które z chwilą wrosnięcia do niego obu przewodów śródnerczowych rozszerza się i tworzy stek, wspólny narząd moczowo-pokarmowy.

20.2. Budowa narządów moczowych

Do narządów moczowych należą: nerki, miedniczki nerkowe, moczowody, pęcherz moczowy i cewka moczowa.

20.2.1. Nerki

Nerka jest największym narządem położonym w przestrzeni zaotrzewnowej. Stanowi narząd parzysty, przy czym nerka lewa jest nieco większa od nerki prawej. Kształtem nerka przypomina fasolę. Osie długie obu nerek biegną zbieżnie ku górze. W nerce wyróżnia się powierzchnię przednią, powierzchnię tylną, koniec górny i dolny oraz brzeg boczny i brzeg przyśrodkowy. Brzeg przyśrodkowy ma zagłębienie, zwane wnęką nerkową, które prowadzi do szczeliny zwanej zatoką nerkową. Przez wnękę przechodzi moczowód, naczynia i nerwy. Przeciętne wymiary nerki są następujące: długość 12 cm, szerokość 7 cm i grubość 4 cm. Masa wynosi średnio 160 g. Powierzchnia nerki jest pokryta łącznotkankową błoną, zwaną torebką włóknistą, którą otacza z zewnątrz torebka tłuszczowa. Tworzy ona miękkie podłoże dla nerki. Całość przykrywa powięź nerkowa będąca częścią powięzi wewnątrzbrzuszej. W ten sposób nerka jest przymocowana elastycznie do tylnej ściany brzucha, co zapewnia jej ruchomość od połowy do jednego kręgu przy oddychaniu i przy zmianie pozycji ciała. Powierzchnię przednią nerki przykrywa również otrzewna ścienna.

Nerki są położone w jamie brzusznej w przestrzeni zaotrzewnowej. Nerka prawa leży nieco niżej (Th_{12} - L_3) niż nerka lewa (Th_n - L_2). Wnęki nerek leżą na wysokości I kręgu lędźwiowego. Powierzchnia tylna przylega w obu nerkach do przepony, mięśnia lędźwiowego większego, mięśnia czworobocznego lędźwi, mięśnia poprzecznego, do naczyń podżebrzowych, tętnic i żył lędźwiowych oraz nerwów ze spłotu lędźwiowego, co w chorobach nerek tłumaczy kierunek promieniowania bólu do pachwin. Powierzchnia przednia obu nerek przylega do gruczołu nadnerczowego, do okrężnicy poprzecznej i do pętli jelita cienkiego. Nerka prawa przylega ponadto do wątroby i dwunastnicy, a nerka lewa do śledziony, żołądka i trzustki.

Nerka jest zbudowana z dwóch części: zewnętrznej - kory nerki i wewnętrznej - rdzenia nerki. Kora ma grubość od 6 do 15 μm i nie tylko otacza koncentrycznie rdzeń nerki, lecz także w postaci słupów nerkowych dochodzi do zatoki nerkowej. Słupy nerkowe wnikają pomiędzy piramidy nerkowe, z których zbudowany jest rdzeń. Piramidy nerkowe swoimi podstawami są skierowane do powierzchni nerki, natomiast ich wierzchołki, zwane brodawkami nerkowymi, zwrócone są w kierunku zatoki nerkowej. Liczba piramid wynosi od 7 do 20, przeciętnie około 12. Wypustki piramid do kory tworzą w niej część promienistą, która łącznie z częścią kory, zwana częścią skłębioną, tworzy płacik korowy. Każda piramida wraz z otaczającymi ją słupami tworzy płat nerkowy. W związku z odrębnym zaopatrzeniem poszczególnych części nerki przez naczynia krwionośne można ponadto w każdej z nerek wyróżnić pięć segmentów: górny, dolny, przedni górny, przedni dolny i tylny. Jednostką morfologiczno-czynnościową nerki jest nefron. Liczba nefronów w jednej nerce jest oceniana prawie na milion. Nefron składa się z ciałka nerkowego i kanalików nerkowych. Ciałko nerkowe o średnicy od 150 do 250 μm są położone w korze nerki. Ciałko nerkowe składa się z kłębuszka i torebki kłębuszka. Kłębuszek jest utworzony przez pętle naczyń krwionośnych włosowatych tworzących sieć dziwną

tetniczo-tetnicza, w której naczyniami doprowadzającymi i odprowadzającymi są tetniczki. W ścianie naczynia doprowadzającego kłębuszka występuje struktura zwana aparatem przykłębuszkowym, umożliwiająca jego zamknięcie, co pozwala na okresowe wyłączenie niektórych kłębuszków. Miejsce wejścia i wyjścia naczyń z kłębuszka nosi miano bieguna naczyniowego. Torebka kłębuszka otacza pętle naczyń krwionośnych włosowatych kłębuszka i składa się z dwóch blaszek, między którymi znajduje się wolna przestrzeń, przechodząca w światło kanalików nerkowych. Miejsce to nazywa się biegunem kanalikowym. Od bieguna kanalikowego odchodzi kanalik nerkowy główny, składający się z kanalika nerkowego krętego i prostego i przechodzący w pętle nefronu. Pętla ta składa się z ramienia zstępującego i z ramienia wstępującego. Dalsze części nefronu to wstawka i kanaliki nerkowe zbiorcze, których kilka łączy się w obrębie piramidy w przewód brodawkowy. Przewody brodawkowe uchodzą w liczbie od 10 do 25 na szczycie brodawki nerkowej, tworząc pola sitowe.

20.2.2. Budowa nefronu

Ciałko nerkowe. Ścianę ciała nerkowego tworzy torebka kłębuszka. Składa się z nabłonka płaskiego tworzącego jej listek ścienny i listka trzewnego, przylegającego do pętli naczyń włosowatych i utworzonego przez komórki zwane podocytami. Przestrzeń między pętlami naczyń torebka nosi nazwę przestrzeni moczowej. Między przestrzenią moczową a światłem naczynia znajdują się trzy warstwy: warstwa komórek śródłonka, komórki te w częściach odległych od jądra są płaskie (średnio grubości 40 nm) i mają otwory (pory) o średnicy od 50 do 100 nm; błona podstawna, grubości od 120 do 180 nm, w której można wyróżnić: blaszkę rozrzedzoną podśródbłonkową, grubości około 30 nm, blaszkę gęstą środkową, grubości około 60 nm, blaszkę rozrzedzoną podnabłonkową, grubości około 60 nm. Błona podstawna nie otacza naczyń włosowatych całkowicie, lecz obejmuje ramiona kilku pętli oraz przestrzeni między nimi, tzw. mezangium. Komórki nabłonkowe listka trzewnego torebki kłębuszka (podocyty), które nie leżą płasko na błonie podstawnej, lecz kontaktują się z nią swymi wypustkami. Szczeliny między tymi komórkami mają około 20 do 50 nm długości i są pokryte błoną z kwaśnych mukopolisacharydów, której przypisuje się rolę w filtracji. Kanalik główny składa się z części krętej i części prostej, która przechodzi w pętle nefronu. Ścianę kanalika głównego tworzy na przekroju poprzecznym 5-6 komórek sześciennych, o zatartych granicach międzykomórkowych, mających na powierzchni zwróconej do światła kanalika rąbek szczoteczkowy, składający się z mikrokosmków. Od strony podstawnej błona komórkowa dzięki licznym wpukleniom wytwarza labirynt przypodstawny. W cytoplazmie między ścianami tego labiryntu znajdują się bardzo liczne mitochondria. Występuje tu także silnie rozbudowany aparat Golgiego, lizosomy i ziarnista siateczka śródplazmatyczna. Pętla nefronu. Pętla nefronu, która stanowi przedłużenie części prostej kanalika głównego, składa się z ramienia zstępującego i ramienia wstępującego. Ścianę ramienia zstępującego, zwanego także ramieniem cienkim, tworzą płaskie komórki nabłonkowe, bardzo silnie wzajemnie pozazębiane. Ich cytoplazma jest bardzo uboga w organelle komórkowe i stanowi cienką warstewkę. Na powierzchni mają pojedyncze mikrokosmki. Ramie wstępujące pętli nefronu, zwane także częścią szeroką, jest zbudowane, podobnie jak wstawka, z komórek sześciennych. Wstawka stanowi przedłużenie części szerokiej pętli nefronu. Jest utworzona przez większą liczbę komórek niż kanalik główny i ma szersze światło. Granice międzykomórkowe są wyraźne. Na powierzchni zwróconej do światła nie występuje rąbek szczoteczkowy, a jedynie nieliczne mikrokosmki. Jądra komórek wstawki znajdują się bliżej światła kanalika. Labirynt przypodstawny jest rozwinięty słabiej niż w komórkach kanalika głównego, a mitochondria są mniej liczne. Słabiej jest także rozwinięty aparat Golgiego. W odcinku przylegającym do ciała nerkowego komórki są ściśle ułożone tworząc plamkę gęstą, będącą częścią aparatu przykłębuszkowego.

20.2.3. Aparat przykłębuszkowy

Budowa ściany naczynia doprowadzającego ciała nerkowego zmienia się tuż przed wejściem do kłębuszka. W błonie środkowej tetniczki doprowadzającej pojawiają się liczne komórki nabłonkowo-mięśniowe (mioepitelialne), które tworzą tzw. poduszeczkę biegunową. Między tymi komórkami znajdują się komórki zawierające ziarnistości cytoplazmatyczne. Komórki te, zwane komórkami przykłębuszkowymi, kontaktują się z błoną wewnętrzną naczynia z jednej strony i z częścią podstawną komórek plamki gęstej z drugiej strony. Komórkom przykłębuszkowym przypisuje się wydzielanie reniny, która bierze udział w powstawaniu w osoczu angiotensyny podwyższającej ciśnienie krwi. Pomiedzy naczyniem doprowadzającym i odprowadzającym ciała nerkowego znajduje się skupienie komórek, zwane wyspą przynaczyniową. Komórkom tym, zwanym komórkami przynaczyniowymi, przypisuje się wydzielanie nerkowego czynnika erytropoetycznego.

20.2.4. Miedniczki nerkowe

Miedniczka nerkowa jest rodzajem łącznotkankowego woreczka znajdującego się we wniece nerki, który stanowi początek moczowodu. Miedniczka tworzy się z 2-3 kielichów nerkowych większych, które powstają z 8-10 kielichów nerkowych mniejszych obejmujących jedną lub dwie brodawki nerkowe. Miedniczkę nerkową cechuje duża zmienność kształtu. W zależności od niego wyróżnia się najczęściej spotykany typ rozgałęziony, typ bańkowaty oraz typ pośredni.

Budowa ścian miedniczki jest trójwarstwowa. Błona środkowa zawiera komórki mięśniowe gładkie. Błona śluzowa jest wysłana nabłonkiem przejściowym.

20.2.5. Moczowody

Moczowód jest przewodem łączącym miedniczkę nerkową z pęcherzem moczowym. Długość jego wynosi prawie 33 cm, średnica około 0,8 cm. Jest bardzo rozciągliwy. Wyróżnia się w nim część brzuszna - od miedniczki nerkowej do kresy granicznej, i część miedniczna - od kresy granicznej do pęcherza moczowego. Część brzuszna można podzielić na tzw. odcinek przynerkowy i odcinek podnerkowy, a część miedniczna na odcinek ścienny i odcinek trzewny. Końcowa część odcinka trzewnego moczowodu wnikająca w ścianę pęcherza moczowego nosi nazwę odcinka śródściennego, jego średnica wynosi od 2 do 3 mm. W większej części moczowód przebiega zaotrzewnowo.

W przebiegu moczowodu wyróżnia się trzy zężenia: zężenie górne - nerkowe, zwane też szczyt moczowodu, w miejscu przejścia miedniczki nerkowej w moczowód, zężenie środkowe - brzojne w miejscu skrzyżowania moczowodu z kresą graniczną oraz zężenie dolne - pęcherzowe (największe) w ścianie pęcherza moczowego. Błona śluzowa moczowodu jest pofałdowana, wysłana nabłonkiem przejściowym. Warstwa środkowa stanowi błonę mięśniową zbudowaną z trzech warstw mięśni gładkich, warstwa zewnętrzna zaś błona zewnętrzna zbudowana z tkanki łącznej włóknistej luźnej, łączącej moczowód z otoczeniem. W wyniku zaburzeń rozwojowych moczowód może być rozszczepiony, podwójny, może uchodzić do innej części pęcherza moczowego lub nawet do cewki moczowej.

20.2.6. Pęcherz moczowy

Pęcherz moczowy jest nieparzystym narządem zbierającym mocz, spływający do niego porcjami z moczowodów. Można w nim wyróżnić szczyt pęcherza, skierowany do przodu i ku górze, trzon pęcherza - część środkowa, dno pęcherza - część dolno-tyłna, oraz szczyt pęcherza - część przechodząca w cewkę moczową. Przy wypełnionym pęcherzu można także mówić o ścianie przedniej, ścianie tylnej i ścianach bocznych. Przy pęcherzu pustym mówimy tylko o ścianie górnej, ponieważ przybiera on wtedy kształt misy.

Położony jest w miednicy mniejszej za spojeniem łonowym. Pomiedzy ścianą przednią pęcherza a spojeniem łonowym i przednią ścianą brzucha znajduje się przestrzeń załonowa, wypełniona tkanką łączną włóknistą luźną. Umożliwia ona przesuwanie się pęcherza podczas jego wypełniania moczem. W położeniu tym utrzymuje go aparat podporowy (mięśnie dna miednicy) i aparat wieszadłowy (wieszadła łonowo-pęcherzowe i odbytniczo-pęcherzowe). Stosunek do otrzewnej zależy od stopnia wypełnienia. Pęcherz moczowy pełny leży śródtrzewnowo, pęcherz moczowy pusty - zewnątrztrzewnowo. Pojemność jego może się zmieniać w szerokich granicach. W warunkach fizjologicznych wynosi od 300 do 700 ml.

Od tyłu uchodzą do pęcherza moczowego moczowody. Ku dołowi przechodzi on w cewkę moczową. Ściana pęcherza moczowego składa się z trzech warstw: z błony śluzowej, błony mięśniowej i błony surowiczej. Błona śluzowa jest pokryta nabłonkiem przejściowym, przy nie wypełnionym pęcherzu jest pofałdowana. Jest ona gładka jedynie w obrębie trójkąta pęcherza, ograniczonego uściami moczowodów i uściem wewnętrznym cewki moczowej, gdzie jest mocno związana z błoną mięśniową. Błona mięśniowa składa się z trzech warstw: podłużnej wewnętrznej, okrężnej i podłużnej zewnętrznej. Większość mięśni ze względu na wykonywaną czynność jest nazywana mięśniem wypieraczem moczu. Błona surowicza stanowi warstwę najbardziej zewnętrzną, a tam gdzie nie występuje, jej odpowiednikiem jest tkanka łączna włóknista luźna. Pęcherz moczowy co jakiś czas opróżnia się przez cewkę moczową.

20.2.7. Cewka moczowa

Ponieważ cewka moczowa ma odmienną budowę u mężczyzn i u kobiet, wyróżnia się cewkę moczową męską i cewkę moczową żeńską. Cewka moczowa męska odprowadza mocz i nasienie. Rozpoczyna się w pęcherzu moczowym uściem wewnętrznym cewki moczowej a kończy na żołądki prącia uściem zewnętrznym cewki moczowej. Długość jej wynosi około 20 cm. Dzieli się na trzy części: sterczową, błoniastą i gąbczastą. Część sterczową stanowi ta część cewki, która przechodzi

przez gruczoł krokowy (stercz), jest to zarazem część najbliższa pecherzowi moczowemu. Na jej tylnej ścianie występuje wzniosłość błony śluzowej, zwana grzebieniem cewki moczowej. W połowie jej długości leży wzniesienie nasiennych, na którym uchodzą przewody wytryskowe. Po obu stronach wzniesienia nasiennego znajdują się rowkowate zagłębienia z ujściami przewodników gruczołu krokowego. Część błoniasta stanowi najkrótszą część cewki, przechodząca przez przepone moczopłciowa. Część gąbczasta stanowi pozostałą, najdłuższą część cewki moczowej i jest objęta przez ciało gąbczaste prącia. Występują w niej zagłębienia zwane zatokami cewki moczowej. Uchodzą do niej gruczoły opuszkowo-cewkowe. W przebiegu cewki moczowej występują zężenia i rozszerzenia. Do zężeń zalicza się: ujście wewnętrzne cewki moczowej, tzw. cieśń cewki moczowej (zężenie w części błonistej), i ujście zewnętrzne cewki moczowej. Rozszerzenia występują w części sterczowej i w początkowym odcinku części gąbczastej. W końcowym odcinku części gąbczastej występuje rozszerzenie zwane dołem łódkowatym.

Ściany cewki moczowej męskiej są zbudowane z błony śluzowej, z tkanki podśluzowej i z błony mięśniowej. Błona śluzowa jest pokryta nabłonkiem przejściowym (w części sterczowej) i nabłonkiem wielowarstwowym walcowatym (w części błonistej i gąbczastej), a przy ujściu zewnętrznym nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. W tkance podśluzowej znajdują się gruczoły cewki moczowej wydzielające śluz. Błona mięśniowa reprezentuje mięsień gładki o określonym przebiegu, występujący w ujściu wewnętrznym cewki – mięsień zwieracz cewki wewnętrznej. Cewka moczowa żeńska ma długość od 2 do 4 cm. Budowa ścian przypomina część sterczową cewki moczowej męskiej. Jej ujście zewnętrzne leży 2-3 mm poniżej łechtaczki. Na tylnej ścianie występuje fałd podłużny – grzebień cewki moczowej, a przy ujściu zewnętrznym cewki uchodzą przewody przycewkowe będące pozostałościami rozwojowymi.

20.3. Czynność układu moczowego

20.3.1. Czynność nerek

Wyróżnia się czynność nerek zewnątrzwydzielniczą i wewnątrzwydzielniczą. Czynność zewnątrzwydzielnicza związana jest z tworzeniem się w nerkach moczu, a wewnątrzwydzielniczą dotyczy wytwarzania w nerkach związków aktywnych, wydzielanych do krwi.

20.3.2. Wytwarzanie moczu

W tworzeniu się moczu zasadniczy udział bierają nefrony. Powstawanie moczu wiąże się z trzema procesami fizjologicznymi: filtracją, resorpcją i sekrecją.

Filtracja następuje w ciałkach nerkowych. Przez nerki przepływa około 20% krwi stanowiącej pojemność minutowa serca. Do ciałek nerkowych krew dopływa przez tętniczki doprowadzające pod ciśnieniem około 6,7 kPa (50 mm Hg). W naczyniach krwionośnych włosowatych kłębuszka średnie ciśnienie krwi wynosi około 50% średniego ciśnienia tętniczego krwi.

Niektóre związki wprowadzone do krwi przepływają przez nerki, zostają w nich zatrzymane i wydalone z moczem. Osocze krwi przepływające przez nerki prawie całkowicie "oczyszcza się" z tych związków. Na podstawie różnicy tętniczo-żylnych w zawartości takiego związku, jak np. kwasu paraaminohipourowego, można oznaczyć przepływ osocza przez nerki. U człowieka można obliczyć przepływ krwi przez nerki, oznaczając wskaźnik oczyszczania osocza krwi dla związków prawie całkowicie zatrzymywanych w nerkach. Dzięki wyższemu ciśnieniu krwi występującemu w naczyniach krwionośnych włosowatych kłębuszków, w porównaniu z ciśnieniem w naczyniach włosowatych w innych narządach, część osocza krwi przepływającej przez te naczynia zostaje prze-filtrowana do światła torebki kłębuszka, tworząc przesącz kłębkowy. Przy zachowanym prawidłowym ciśnieniu filtracyjnym prawie 20% osocza przepływającego przez nerki zostaje przefiltrowane. Wielkość filtracji kłębkowej oznacza się u człowieka wprowadzając do krwi egzogenne związki chemiczne, nie podlegające resorpcji lub sekrecji w kanalikach nerkowych. Takim związkiem egzogennym nie wchłaniającym się i nie wydzielanym w kanalikach jest polisacharyd - inulina. W ciągu 1 sekundy filtruje się u mężczyzny przeciętnej budowy ciała 2,08 ml ultrafiltratu, u kobiet zaś o 10% mniej. Wielkość filtracji kłębkowej oznaczona na podstawie obliczonego wskaźnika oczyszczania z inuliny wynosi u mężczyzny $2,08 \pm 0,25 \text{ ml/1s/1,75 m}^2$ powierzchni ciała. Obecnie w medycynie oznacza się wielkość filtracji kłębkowej oznaczając endogenną kreatyninę w moczu i w osoczu. Endogenna kreatynina w niewielkim stopniu podlega sekrecji i resorpcji, ale procesy te równoważą się i kreatynina występująca w moczu ostatecznie pozwala na obliczenie filtracji kłębkowej.

W ciągu doby filtruje się w ciałkach nerkowych u mężczyzny około 180 litrów przesączu kłębkowego, czyli ultrafiltratu. Filtracja w ciałkach nerkowych przebiega tak, jak gdyby porę w ścianie naczyń krwionośnych włosowatych kłębuszka miały średnicę nie większą niż 8 nm. Związki o masie

cząsteczkowej poniżej 70 000 przechodzą z osocza do przesączu kłębuszkowego. Związki o większej masie cząsteczkowej nie przechodzą do przesączu kłębuszkowego.

Resorpcja i sekrecja są to zasadnicze funkcje kanalików nerkowych. Związki chemiczne filtrowane w ciałkach nerkowych z krwi do przesączu kłębuszkowego następnie przepływają przez kanaliki nerkowe. Biorąc pod uwagę zachowanie w kanalikach nerkowych związków chemicznych, można podzielić je na cztery grupy. Są to związki, które: nie wchłaniają się w kanalikach ani nie wydzielają się przez ich nabłonek, np. inulina; wchłaniają się całkowicie lub częściowo w kanalikach, np. glukoza; są dodatkowo wydzielane przez nabłonek kanalików, np. kwas paraaminohipurowy; są jednocześnie wchłaniane i wydzielane w kanalikach, np. jony potasowe. Związki należące do pierwszej grupy występują w moczu ostatecznym w tej samej ilości, w jakiej zostały przefiltrowane w ciałkach nerkowych. Dzięki temu wskaźnik oczyszczania dla tych związków wskazuje na wielkość filtracji kłębuszkowej. Resorpcja w kanalikach nerkowych może być procesem biernym, zachodzącym zgodnie z gradientem stężenia i potencjału elektrycznego, lub czynnym wbrew tym gradientom. Do związków, które są w kanalikach nerkowych wchłaniane biernie wraz z wodą, należą mocznik i chlorki (Na Cl).

Związki resorbowane czynnie są transportowane przez nabłonek kanalików nerkowych proporcjonalnie aż do określonego ich stężenia w przesączu kłębuszkowym. Glukoza jest związkiem transportowanym czynnie przez błonę komórkową nabłonka kanalików. Przekroczenie stężenia glukozy w osoczu powyżej 10,1 mmol/l, z czym wiąże się wzrost jej stężenia w przesączu kłębuszkowym, jest równoznaczne z przekroczeniem jej najwyższej proporcjonalnej wchłaniałości; glukoza wówczas pojawia się w moczu. Progowe stężenie glukozy w osoczu, przy którym pojawia się ona w moczu, nosi nazwę progu nerkowego dla glukozy. Poza glukoza wchłaniane są aktywnie w kanalikach nerkowych: jony potasowe, resztki kwasu fosforowego i kwasu siarkowego, aminokwasy, kreatyna, kwas moczowy, kwas askorbinowy, kwas acetylooctowy i ketony.

Przez komórki nabłonka wydzielają się do światła kanalików szeregi związków endogennych i egzogennych. Wydzielanie każdego z tych związków odbywa się na zasadzie mechanizmu biernego wydzielania, zgodnego z gradientem stężenia, lub aktywnego wydzielania. Biernie wydzielane na zasadzie dyfuzji dotyczą wydzielania słabych zasad, np. soli amonowych i słabych kwasów, np. kwasu salicylowego. Aktywne wydzielanie przez komórki nabłonka kanalików odnosi się do związków egzogennych, takich jak: kwas paraaminohipurowy, penicylina, sulfonamidy, Diodrast, Uroselectan oraz endogennych: kreatynina i hormony stero- idowe w postaci glukuronianów i siarczanów. Wydzielanie jonów potasowych i wodorowych przez kanaliki nerkowe również wiąże się z mechanizmem aktywnego wydzielania. Jony K^+ i H^+ są wydzielane do światła kanalików, a jednocześnie jony Na^+ zostają wchłaniane do komórek nabłonka.

Przesącz kłębuszkowy przepływający ze światła torebki kłębuszka do odcinka bliższego nefronu jest izoosmotyczny w stosunku do osocza. W odcinku bliższym nefronu szeregi związków, przede wszystkim jonów sodowych, aktywnie wchłaniają się przez nabłonek i woda biernie podąża wraz z nimi do przestrzeni okołocewkowej. W ramieniu zstępującym pętli nefronu ciśnienie osmotyczne wzrasta i może osiągnąć u samego dołu pętli 1200 miliosmoli. Nabłonek ramienia wstępującego pętli nefronu jest nieprzenikliwy dla wody. W tym odcinku nefronu są aktywnie transportowane jony sodowe, które po przejściu przez komórki nabłonka ramienia wstępującego pętli nefronu gromadzą się w przestrzeni okołokanalikowej, wytwarzając w niej wysokie ciśnienie osmotyczne.

W odcinku dalszym nefronu nabłonek jest również nieprzenikliwy dla wody i ciśnienie osmotyczne moczu obniża się do 100 miliosmoli. W kanalikach nerkowych zbiorczych w miarę zbliżania się do ujścia przewodów brodawkowych ciśnienie osmotyczne moczu ponownie wzrasta do 1200 miliosmoli. Zageszczenie się moczu u dołu pętli nefronu i w kanalikach nerkowych zbiorczych, dzięki nagromadzonemu jonom sodowym w przestrzeni okołokanalikowej przy szczytach piramid, nosi nazwę mechanizmu wzmacniaczy przeciwprądowych. Sieć naczyń krwionośnych włosowatych okołokanalikowych otaczająca pętle nefronu w postaci naczyń prostych, zachowuje się tak jak wymiennik przeciwprądowy. Jony sodowe są wchłaniane do krwi w miarę jej przepływu przez naczynia proste w kierunku szczytu piramid. Następnie wychodzą z krwi do przestrzeni okołokanalikowych z chwilą zawracania naczyń krwionośnych włosowatych w kierunku kory nerki. Naczynia proste jako wymiennik przeciwprądowy odprowadzają wodę z przestrzeni okołokanalikowych jednocześnie pozostawiając w nich duże stężenie jonów sodowych. Wazopresyna występująca we krwi dopływającej do nerek zwiększa przepuszczalność dla wody nabłonka kanalików części dalszej nefronu i kanalików nerkowych zbiorczych. Woda jest wchłaniana do przestrzeni okołokanalikowych i mocz w dalszej części nefronu staje się izotoniczny. Po ponownym stężeniu w kanalikach nerkowych zbiorczych około 99% wody przefiltrowanej w ciałkach nerkowych zostaje ostatecznie wchłonięte z powrotem do krwi. Po wypiciu dużych ilości płynów hipotonicznych ciśnienie osmotyczne osocza obniża się, uwalnianie wazopresyny z części nerwowej przysadki zostaje zahamowane i występuje diureza wodna, charakteryzująca się wydalaniem dużych ilości hipotonicznego moczu. Wprowadzenie do organizmu związków nie wchłaniających się w kanalikach nerkowych

powoduje, że więcej wody jest zatrzymywane w świetle kanalików nerkowych. W wyniku tego dochodzi do wydalania zwiększonej objętości moczu, co nosi nazwę diurezy osmotycznej.

Tworzenie się moczu w nerkach zależy od ciśnienia tętniczego w naczyniach kłębuszków ciałek nerkowych. Czynniki obniżające znacznie średnie ciśnienie w zbiorniku tętniczym dużym lub kurczące tętnice nerkowe zmniejszają filtrację kłębuszkową. Wzrost średniego ciśnienia w zbiorniku tętniczym dużym do pewnych granic, dzięki samoregulacji przepływu krwi przez nerki nie wpływa na ciśnienie w kłębuskach naczyniowych. Hormony krążące we krwi wpływają na czynność kanalików nerkowych. Są to wazopresyna, mineralokortykoidy i hormon gruczołów przynajmniej. Wazopresyna aktywuje cyklazę adenylową w nabłonku kanalików odcinka dalszego nefronu. Pod wpływem tworzącego się cyklicznego AMP nabłonek staje się bardziej przenikliwy dla wody i zwiększa się wchłanianie wody w kanalikach. Więcej wody zostaje zatrzymane w organizmie.

Mineralokortykoidy, a zwłaszcza aldosteron, zwiększają wchłanianie jonów sodowych i wydzielenie jonów potasowych w odcinku dalszym nefronu. Jony sodowe są zatrzymywane w organizmie, jony potasowe zaś wydalane są wraz z moczem.

Przedsiomkowy polipeptyd natriuretyczny (cząsteczka o 28 aminokwasach) hamuje resorpcję jonów sodowych w kanalikach nerkowych. Po spożyciu z pokarmami większych ilości chlorku sodowego zwiększa się objętość krwi krążącej i krew wypełniająca przedsionki serca rozciąga ich ściany. Komórki przedsionków uwalniają wtedy do krwi polipeptyd natriuretyczny, jony sodowe wydalone są z organizmu wraz z moczem i objętość krwi krążącej zmniejsza się.

20.3.3. Czynność wewnętrzwydzielnicza nerek

Niedokrwienie lub obniżenie ciśnienia partialnego tlenu w nerkach prowadzi do wydzielania przez nerki enzymów, które działają na białka osocza powodując powstanie się we krwi związków podwyższających ciśnienie tętnicze lub zwiększających erytropoetynę w szpiku kostnym.

W czasie niedokrwienia nerek aparat przykłębuszkowy wydziela do krwi reninę, która jest enzymem proteolitycznym działającym na α -2-globulinę osocza (angiotensynogen) i odczepiającym od niej nieaktywny decapeptyd - angiotensynę I. Pod wpływem enzymów osocza angiotensyna I zamienia się w aktywny oktapeptyd - angiotensynę II.

Tworzący się w nerkach niedotlenionych nerkowy czynnik erytropoetyczny (erytropoetyna) działa na globulinę osocza, z której powstaje erytropoetyna. Działa ona na szpik kostny przyspieszając podział i dojrzewanie komórek układu erytrocytowego.

W nerkach dochodzi do zamiany krążącego we krwi 25-hydroksycholekalcyferolu (HD_3) na 1,25-dihydroksycholekalcyferol (DHD_3) i 24,25-dihydroksycholekalcyferol. Są to aktywne związki uczestniczące w metabolizmie wapnia w organizmie. Do krwi przepływającej przez nerki wydzielane są również prostaglandyny, szczególnie grupy PGE_2 i prostacykliny (PGI_2).

20.3.4. Wydalanie moczu

Mocz wydostaje się z przewodów brodawkowych gromadzi się w kielichach nerkowych i w miedniczce nerkowej. Dzięki ruchom perystaltycznym moczowodu porcje moczu przemieszczają się z miedniczki nerkowej do pęcherza moczowego.

Wypełnianie się pęcherza moczowego powoduje rozciąganie jego ścian i podrażnienie receptorów. Na drodze odruchowej, za pośrednictwem ośrodka oddawania moczu w części krzyżowej rdzenia kręgowego następuje oddawanie moczu. Kurczą się mięśnie gładkie w ścianie pęcherza moczowego, rozkurczą się zaś mięsień zwieracz wewnętrzny cewki moczowej i mięsień zwieracz cewki moczowej. Na skutek zwiększonego ciśnienia w pęcherzu moczowym i rozkurczu obu zwieraczy mocz zostaje wydany przez cewkę na zewnątrz.

21. Anatomia i fizjologia układu płciowego

21.1. Rozwój narządów płciowych

Rozwój narządów płciowych pozostaje w ścisłym związku z rozwojem narządów moczowych. Można w nim wyróżnić dwa następujące po sobie okresy: okres zawiązków nie zróżnicowanych, jednakowych u obu płci i okres zawiązków zróżnicowanych.

Okres pierwszy zaczyna się na początku 2 miesiąca życia zarodkowego i trwa do końca tego miesiąca. Zawiązki gruczołów płciowych pojawiają się w stosunku do obu prącnicy w pobliżu szóstego segmentu piersiowego. Wytwarzają się fałdy moczowo-płciowe wpuklające się do jamy ciała. Z przyśrodkowej części fałdy moczowo-płciowej wytwarza się fałd płciowy pokryty wielowarstwowym, mezodermalnym nabłonkiem płciowym. Wewnątrz zawiera on mezenchymę sąsiadującą z przewodami śródnerczowymi (Wolffa).

W tym okresie od nabłonka płciowego wnika w głąb mezenchymy lite pasmo komórek, zwane sznurami płciowymi, wśród których można wyróżnić komórki prąpcyjne, a pod nabłonkiem wyróżnicowuje się z mezenchymy błona biaława.

W okresie drugim, który rozpoczyna się pod koniec 2 miesiąca życia zarodkowego, następuje różnicowanie się tak powstałych zawiązków gruczołów płciowych.

U zarodków płci męskiej sznur płciowy, ułożony początkowo bezładnie, układają się promieniście w stosunku do nabłonka, stanowiąc zawiązki cewek kretwych. Światło zaczyna się w nich pojawiać dopiero w 4 miesiącu życia płodowego, a równocześnie zawarte w nich komórki prąpcyjne przekształcają się w spermatogonie, a z mezenchymy powstają przegródki, śródmiażdże i komórki śródmiaższowe.

U zarodków płci żeńskiej około 3 miesiąca życia płodowego mezenchyma rozrasta się tworząc zrab jajnika, a sznur płciowy przekształcają się w oogonie. Grupy oogonii położone w powierzchniowych warstwach jajnika przekształcają się w pecherzyki pierwotne, których liczba z końcem drugiego roku życia wynosi w obu jajnikach około 400 000.

Równocześnie z powstawaniem gruczołów płciowych, bocznie od istniejącego przewodu śródnerczowego, rozrasta się w głąb mezenchymy mezodermalny nabłonek jamy ciała, co prowadzi do wytworzenia dwóch przewodów przyśrodknerczowych zwanych też przewodami Mullera. Przewody te w dalszym odcinku łączą się we wspólny przewód moczowo-płciowy uchodzący do steku na wzgórku płciowym. Z przewodów śródnerczowych i przyśrodknerczowych powstaną tzw. drogi płciowe odprowadzające. U zarodków płci żeńskiej główną rolę odgrywają przewody przyśrodknerczowe, które przekształcają się w jajowody, macice i pochwe, a u zarodków płci męskiej przewody śródnerczowe, z których powstają przewody najądrza, nasieniowody i przewody wytryskowe.

Niezrośnięcie się przewodów przyśrodknerczowych prowadzi do powstania macicy dwurożnej lub podwójnej macicy i pochwy.

Zawiązki zewnętrznych narządów płciowych są również początkowo u obu płci jednakowe. Należą do nich guzek płciowy, dwa fałdy i dwa wały płciowe. Dopiero w 3 miesiącu życia płodowego następuje ich różnicowanie w kierunku określonej płci.

21.2. Budowa narządów płciowych

Narządy płciowe odgrywają w każdym organizmie szczególną rolę, gdyż służą do zapewnienia potomstwa dwóm osobnikom płci odmiennej, a więc do zachowania gatunku. Dzielą się na narządy płciowe męskie i narządy płciowe żeńskie.

21.2.1. Narządy płciowe męskie

Narządy płciowe męskie służą do wytwarzania plemników, które są głównym składnikiem nasienia, i do wprowadzania ich do pochwy.

Do narządów płciowych męskich należą: jądra, moszna, najądrza, nasieniowody, pecherzyki nasienne, gruczoł krokowy, prącie. Spośród nich: prącie i mosznę wyodrębnia się jako części płciowe męskie zewnętrzne.

21.2.2. Jądra i moszna

Jądro jest narządem parzystym, wytwarzającym plemniki, położonym w worku skórzanym zwanym moszną. Ma kształt owalny, przypominający kurze jajo. Długość jądra wynosi około 5 cm, średnica 2,5 cm, masa około 12 g. Obydwa jądra są od siebie oddzielone łącznotkankową przegrodą moszną. W jądrze wyróżnia się koniec górny i koniec dolny, powierzchnię boczną i powierzchnię przyśrodkową, brzeg przedni i brzeg tylny. W obrębie brzegu tylnego wchodzi do jądra i wychodzi z niego naczynia, nerwy i przewodniki odprowadzające. Otoczone jest błoną białawą, od której w głąb mięszu odchodzą przegródki jądra, dzieląc jego miąższ na płaciki jądra. Liczba tych płacików wynosi ponad 200. Płaciki swymi wierzchołkami są zwrócone na stronę brzegu tylnego jądra, gdzie znajduje się przestrzeń wypełniona tkanką łączną zwaną śródiadrem. Jądro jest gruczołem cewkowym. Płaciki jądra są zbudowane z cewek (kanalików) nasiennych kretek, w których zachodzi proces spermatogenezy. Cewki otoczone są tkanką łączną włóknistą luźną, w której znajdują się skupienia komórek śródmiąższowych. Cewki nasienne krete są zbudowane z błony podstawnej, na której są uszeregowane dwa rodzaje komórek: komórki płciowe w różnych stadiach rozwoju, ułożone w wielu warstwach, przy czym najbliższe światła kanalików występują komórki najbardziej dojrzałe: komórki podporowe; będące prawdopodobnie komórkami biorącymi udział w odżywianiu plemników.

Komórki śródmiąższowe pełnią funkcje wewnątrzwydzielniczą. Pojawiają się w jądrze w większej liczbie około 12 roku życia. Wytwarzają hormony androgenne (testosteron), które wpływają na kształtowanie się drugo- i trzeciorzędowych cech płciowych. W pobliżu wierzchołków płacików cewki nasienne krete zspalając się ze sobą tworzą cewki (kanaliki) nasienne proste, przechodzące do śródiadra, gdzie tworzą sieć kanalików zwaną siecią jądra. Z sieci jądra powstaje od 10 do 20 przewodników odprowadzających jądra, przechodzących do nאיadra, gdzie uchodzą do przewodu nאיadra. Ściana moszny składa się z kilku warstw. Są to: skóra (owłosiona i zawierająca dużo barwnika), błona kurczliwa, powieź nasienna zewnętrzna, mięsień dźwigacz jądra, powieź nasienna wewnętrzna i osłonka pochwowa jądra. Dużą rolę odgrywa błona kurczliwa zbudowana z mięśni gładkich, która stopniem swojego obkurczenia reguluje temperaturę w mosznie. Jest ona o 2-3°C niższa niż w jamie brzusznej, co ma duże znaczenie dla prawidłowego przebiegu spermatogenezy. W stosunku do otrzewnej jądra są położone wewnątrzotrzewnowo, ponieważ otrzewna wyściela iak gdyby od wewnątrz mosznę. Moszna jest podzielona przegrodą moszną na część lewą i prawą. Lewe jądro leży zwykle nieco niżej ze względu na lepszy rozwój splotów żylnych. U płodu jądra znajdują się w jamie brzusznej, w pobliżu jej tylnej ściany, w okolicy ledźwiowej. Na krótko przed urodzeniem, a czasem później, jądra zstępują z jamy brzusznej do moszny w czasie tzw. zstępowania jąder. Proces ten następuje poprzez kanały pachwinowe, które w związku z tym są lepiej wykształcone u mężczyzn niż u kobiet i dlatego u mężczyzn częściej występują przepukliny pachwinowe. Niezstąpienie jąder nosi nazwę wnetrostwa. Jądro zatrzymane w drodze zstępowania nie wytwarza plemników. Zstępowanie polega na tym, że jądra są zrosnięte z przednią ścianą brzucha silnymi więzadłami zwanymi iadrowodami. Wskutek nierównomiernego wzrostu tułowia i iadrowodów jądra zostają "wciągnięte" do moszny. W bliskim sąsiedztwie jądra znajdują się narządy szcążkowe: przyczepki jądra i przyjądrze.

21.2.3. Budowa kanalików nasiennych

Ściany cewki nasiennej kretei tworzy nabłonek plemnikotwórczy, spoczywający na błonie podstawnej. Na zewnątrz kanalik otacza błona własna zbudowana z włókien kolagenowych i fibroblastów. W skład nabłonka plemnikotwórczego wchodzi komórki podporowe oraz komórki płciowe.

Komórki podporowe mają kształt wydłużony. W ich ciało wpukla się liczne, sąsiadujące komórki płciowe. W cytoplazmie komórki podporowej znajdują się wydłużone mitochondria, aparat Golgiego, siateczka śródplazmatyczna gładka, krople tłuszczu, ziarna lipofuscyne oraz peczyki włókienek. Komórki podporowe uczestniczą w odżywianiu komórek płciowych, a także pośredniczą w działaniu androgenów na komórki płciowe. Elementem macierzystym dla komórek płciowych nabłonka plemnikowego są spermatogonie, zajmujące najbardziej obwodowe ułożenie w cewce nasiennej kretei. Wyróżniamy dwa typy spermatogonii. Spermatogonie A podlegają stałemu podziałom, dając początek dalszym pokoleniom spermatogonii A oraz spermatogoniom B. Spermatogonie są ubogie w organelle komórkowe. Spermatogonie B przekształcają się w spermatocyty I rzędu. Są one większe od spermatogonii, mają silnie rozwinięty aparat Golgiego i liczne skupienia heterochromatyny. W wyniku podziałów spermatocytów I rzędu powstają spermatocyty II rzędu o podobnych cechach ultrastrukturalnych. Podział spermatocytu 31 rzędu daje początek spermatydom.

Proces rozwoju komórek płciowych od spermatogonii do spermatydy nazywamy spermatogenezą. Spermatydy w drodze złożonego procesu, zwanego spermiogenezą, przekształcają się w plemniki. W

spermatydy silnie rozbudowany zostaje aparat Golgiego, który bierze udział w wytworzeniu akrosomu, przylegającego ściśle do błony jądrowej w jednym z biegunów jądra. Większość cytoplazmy przemieszcza się w kierunku przeciwnego bieguna. Przemieszcza się tam również centriole, z których jedna wytwarza zawiązek włókna osiowego witki plemnika. Mitochondria również skupiają się w ogonowym odcinku spermatydy. Część ogonowa spermatydy rośnie na długość, wytwarzając witkę plemnika. Znaczna część cytoplazmy zostaje odrzucona, tworząc tzw. ciało resztkowe.

Dojrzały plemnik składa się z główki, która tworzy jądro z akrosomem, wstawki i witki. Centralna część wstawki i witki zajmuje włókno osiowe zbudowane z 11 podłużnych cewek tworzących układ 9 + 2. Dwie cewki centralne otoczone są przez 9 równomiernie rozmieszczonych cewek podwójnych.

21.2.4. Komórki śródmiaższowe

W tkance śródmiaższowej jądra występują komórki śródmiaższowe, zwane dawniej komórkami Leydiga. Są to wieloboczne komórki o średnicy od 14 do 21 µm, ułożone zwykle w gniazda lub pasma w najbliższym sąsiedztwie naczyń włosowatych. Mają duże kuliste jądro, bogate w chromatinę. Dość często występują komórki zawierające dwa jądra. Charakterystyczną cechą ultrastrukturalną komórek śródmiaższowych jądra jest niezmiernie silny rozwój siateczki śródplazmatycznej gładkiej, której rozgałęzione i łączące się ze sobą kanaliki wypełniają prawie całą cytoplazmę. W siateczce tej zachodzi synteza steroidowych hormonów płciowych męskich (androgenów). W strefie przyjadrowej znajduje się centrum komórkowe i dobrze rozwinięty aparat Golgiego. Mitochondria są niebýt liczne i mają różny kształt i wymiary. Ponadto w cytoplazmie znajdują się w różnej liczbie w poszczególnych komórkach krople tłuszczu, ziarna lipochromowe, a u człowieka także charakterystyczne wtręty krystaliczne, o wymiarach 2 x 20 µm, zwane krystaloidami Reinkego. Krystaloidy Reinkego są tworami o charakterze białkowym.

21.2.5. Najądrza

Najądrze jest parzystym narządem o podłużnym kształcie, rozszerzonym w swej górnej części, przylegającym od tyłu i góry do jądra, podobne do grzebienia hełmu. Odprowadza plemniki i spełnia jednocześnie funkcje ich zbiornika. Jego długość wynosi około 5 cm, szerokość 1 cm, wysokość 0,5 cm. W najądrzu wyróżniamy głowę, trzon i ogon najądrza. Otoczone jest błoną surowiczą i cienką warstwą tkanki łącznej, która wnika do wnętrza narządu dzieli go na płaciki najądrza, zwane też stożkami najądrza. Liczba ich wynosi od 10 do 15. Są utworzone z przewodników odprowadzających jądra, które wnika do najądrza. Nabłonek przewodników jest pofałdowany, gdyż w ścianie ich znajdują się zagłębienia i wyniosłości. Na powierzchni nabłonka występują rzęski, poruszające się w kierunku przewodu najądrza. Z przewodników tych powstaje przewód najądrza, który rozpoczyna się w głowie najądrza, zstępuje ku dołowi aż do ogona, tutaj zagina się pod kątem ostrym i wstępuje ku górze już jako nasieniowód. W swoim przebiegu wytwarza liczne skrety, otoczony jest tkanką łączną. Przewód najądrza jest głównym magazynem plemników. Słabo kwaśny odczyn środowiska, w którym znajdują się plemniki, wpływa hamująco na ich ruchliwość. Plemniki przesuwa się w przewodzie najądrza dzięki skurczom mięśni gładkich znajdujących się w jego ścianie. Przewód najądrza jest wysłany nabłonkiem wielorzędowym migawkowym. Narządem szczątkowym związanym z najądrzem jest przyczepki najądrza.

21.2.6. Nasieniowody

Nasieniowód jest parzystym przewodem, będącym przedłużeniem przewodu najądrza. Uchodzi do części sterczowej cewki moczowej jako przewód wytryskowy po uprzednim zespoleniu się z przewodem wydalającym pecherzka nasiennego. W jego przebiegu towarzyszy mu szereg naczyń i nerwów tworzących razem z nim powrózek nasienny.

W zależności od miejsca przebiegu można w nasieniowodzie wyróżnić część mosznowa, część pachwinowa i część miedniczna. Część mosznowa charakteryzuje się szczególnie krętym przebiegiem, część pachwinowa znajduje się w kanale pachwinowym, a część miedniczna przebiega zewnątrzotrzewnowo w miednicy mniejszej. Długość nasieniowodu wynosi około 60 cm, średnica zewnętrzna 3 mm, a średnica wewnętrzna 0,5 mm. Przed zespoleniem się z przewodem wydalającym pecherzka nasiennego nasieniowód rozszerza się, tworząc bańkę nasieniowodu. Ściana nasieniowodu jest gruba. Tworzy ją błona zewnętrzna, trójwarstwowa błona mięśniowa i błona śluzowa pokryta nabłonkiem walcowatym dwurzędowym migawkowym. Błona śluzowa nasieniowodu jest pofałdowana, wskutek czego światło jego przekroju jest gwiaździste i ma od 4 do 5 ramion.

21.2.7. Pęcherzyki nasienne

Pęcherzyk nasienny jest parzystym narządem, kształtu gruszkowatego. Długość jego wynosi od 4 do 5 cm, średnica około 2 cm, pojemność od 5 do 10 cm³. Pęcherzyki nasienne leżą w pobliżu podstawy gruczołu krokowego, a poniżej dna pęcherza moczowego. Są zrosnięte tkanką łączną z tymi narządami, ich tylna część jest rozszerzona, ku przodowi zęża się przechodząc w przewód wydalający. Otrzewna pokrywa tylko tylną część pęcherzyka nasiennego. Ściana pęcherzyka nasiennego jest utworzona z błony zewnętrznej, błony mięśniowej i błony śluzowej. Wzdzielnina jest płynna, zawiera fruktozę, kwas cytrynowy, enzymy. Pojawia się w okresie dojrzałości płciowej pod wpływem hormonów androgennych jądra. Substancje zawarte w wzdzielinie pęcherzyków mają ważne znaczenie dla utrzymania ruchliwości i żywotności plemników w nasieniu.

21.2.8. Gruczoł krokowy

Gruczoł krokowy, zwany również sterczem, jest nieparzystym narządem kształtu kasztana, o średnicy około 3,5 cm, o masie od 10 do 20 g. Wyróżnia się w nim płat prawy i płat lewy, połączone wezina gruczołu krokowego. Podstawa gruczołu krokowego jest zwrócona w stronę pęcherza moczowego, wierzchołek jest skierowany w stronę przepony moczowo-płciowej i otacza część cewki moczowej (część sterczowa). Powierzchnia przednia gruczołu przylega do spojenia łonowego, a powierzchnia tylna do odbytnicy. Gruczoł krokowy jest utrzymywany w tym położeniu przez tkankę łączną włóknistą, za pomocą której zrasta się z narządami sąsiednimi, oraz przez pasma mięśni gładkich.

Gruczoł krokowy jest zbudowany z gruczołów cewkowo-pęcherzykowych, których liczba wynosi od 30 do 50. Przewody wyprowadzające tych gruczołów łącząc się tworzą kilkanaście przewodników gruczołu krokowego, które uchodzą na wzgórku nasiennym cewki moczowej lub w jego otoczeniu. W wzdzielinie gruczołu mogą występować, oprócz ciał białkowych i kropelek tłuszczu, kamyczki sterczowe utworzone z fosforanu wapniowego. Wydzielanie gruczołu krokowego jest pobudzane przez testosteron.

21.2.9. Gruczoły opuszkowo-cewkowe

Gruczoł opuszkowo-cewkowy jest narządem parzystym, wielkości ziarna grochu. Położony jest w obrębie przepony moczowo-płciowej, w pobliżu płaszczyzny pośrodkowej ciała, tuż powyżej opuszki prącia. Jego przewód wyprowadzający - przewód gruczołu opuszkowo-cewkowego uchodzi do części gąbczastej cewki moczowej.

Gruczoły opuszkowo-cewkowe są gruczołami cewkowo-pęcherzykowymi wzdzielającymi śluz. Zarówno cewki, jak i pęcherzyki gruczołów i ich przewody wyprowadzające są wysłane jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym.

21.2.10. Prącie

Prącie jest narządem kopulacyjnym i narządem służącym do wydalania moczu. Można w nim wyróżnić odnogi, nasadę, trzon i żołądź prącia. Odnogi i nasada prącia są osłonięte przez skórę krocza i moszny. Prącie zbudowane jest z dwóch ciał jamistych prącia, położonych od strony jego grzbietu, i z nieparzystego ciała gąbczastego, leżącego po stronie przeciwnej i otaczającego cewkę moczową-jej część gąbczastą, która jest wspólną drogą dla moczu i nasienia. Ciała jamiste mają kształt walców, których tylne końce, zwane odnogami, rozchodzą się pod kątem ostrym i zrastają z okostną kością miedniczną.

Ciała jamiste i ciało gąbczaste są otoczone błoną białawą, która oddzielając od siebie ciała jamiste wytwarza przegrodę prącia. Prącie okrywa powieź głęboka, powieź powierzchowna i skóra pozbawiona tkanki podskórnej. Na żołądź skóry tworzy fałd zwany napletkiem, przetrzymujący od strony ciała gąbczastego wedzidełko napletka. W napletku występują gruczoły napletkowe, które wzdzielają łój napletkowy, czyli mastkę. Na szczycie żołądź otwiera się uściem zewnętrznym cewka moczowa. Ciała jamiste i ciało gąbczaste składają się z licznych, drobnych przestrzeni - jamek ciał jamistych i ciała gąbczastego, wyścielonych śródbłonkiem i otoczonych beleczkami łącznotkankowymi, zawierającymi również mięśnie gładkie. Belecзки są zrosnięte z błoną białawą. Jamki ciał jamistych i ciała gąbczastego są wypełnione krwią, której ilość jest zmienna. Tętnice doprowadzające do nich krew, ze względu na swój spiralny przebieg, noszą miano tętnic ślimakowych. Z jamek krew odpływa żyłami jamistymi, które uchodzą do żyły grzbietowej prącia.

W żołądź nie ma jamki, występują natomiast liczne żyły tworzące sploty. Pomiedzy splotami żylnymi występuje tkanka łączna zawierająca dużo włókien sprężystych. Jamki ciał jamistych prącia mają średnice około 1 mm, jamki ciała gąbczastego - średnice około 0,5 mm. Przy wzwodzie jamki zostają wypełnione krwią w następstwie rozkurczu mięśni gładkich tętnic, przez które napływa krew. Skurczowi natomiast ulegają mięśnie gładkie w ścianach żył jamistych (żyły wypustowe). W ciele

głębokości jamek nie jest jednak pełne ze względu na niecałkowitą skurcz mięśni gładkich żył jamistych, co umożliwia w czasie wzwodu przejście przez cewkę moczową nasienia lub moczu.

21.2.11. Czynność wewnątrzwydzielnicza jąder

Zasadniczym hormonem wydzielanym w jądrach przez komórki śródmiąższowe (Leydiga) jest testosteron. Hormon ten jest związkiem pochodnym cholesterolu. Ogniwami pośrednimi w przemianie cholesterolu w testosteron są hydroksypregnenolon i progesteron.

Wydzielanie testosteronu przez komórki śródmiąższowe jest regulowane przez przysadkowy hormon luteinizujący - LH. U dorosłego mężczyzny jądra wydzielają testosteron, który krąży we krwi w dwóch trzecich jako związany z białkami osocza, w jednej trzeciej zaś jako wolny hormon. Testosteron występuje również we krwi u kobiet, ale w znacznie mniejszych ilościach. Powstałe on w korze gruczołów nadnerczowych. Testosteron wywołuje u mężczyzny rozwój cech płciowych: wykształcenie się zewnętrznych narządów płciowych, wzrost gruczołu krokowego, pęcherzyków nasiennych oraz budowę ciała i owłosienie typu męskiego. Pod wpływem testosteronu wydzielanego przez płód płci męskiej następuje różnicowanie się ośrodka rozrodczego w podwzgórzu w kierunku ośrodka typu męskiego. Ośrodek rozrodczy typu męskiego działa po osiągnięciu dojrzałości płciowej niecyklicznie. Wyróżnia się to u płci męskiej stałym poziomem wydzielania gonadotropin. Testosteron u obu płci wraz z pozostałymi androgenami pochodzącymi z korwy gruczołu nadnerczowego przyspiesza syntezę białka komórkowego, zatrzymuje wodę i elektrolity w organizmie. Krążący we krwi testosteron dostaje się do wątroby, gdzie jest zamieniany na 17-ketosteroidy wydalane z organizmem przez nerki wraz z moczem. Dwie trzecie 17-ketosteroidów wydalanych z moczem stanowią pochodne androgenów powstających w korze gruczołów nadnerczowych, a tylko jedną trzecią 17-ketosteroidów - metabolity testosteronu wytwarzanego w jądrach.

Wzrost zawartości testosteronu we krwi powoduje pobudzenie detektorów w podwzgórzu, zmniejszenie ilości wydzielanego do przysadkowych naczyń wrotnych podwzgórzowego hormonu uwalniającego hormon luteinizujący, czyli luteoliberyny oraz hamowanie wydzielania hormonów gonadotropowych przez przysadkę. Ta droga wewnętrznego ujemnego sprzężenia zwrotnego regulowane jest wydzielanie testosteronu, a tym samym również spermatogeneza w cewkach nasiennych.

21.3. Narządy płciowe żeńskie

Narządy płciowe żeńskie służą do wytwarzania jaj oraz zapewniają warunki do zapłodnienia jaja, rozwoju zarodka i płodu oraz jego wydalania. Pełnią również funkcje wewnątrzwydzielnicze.

Do narządów płciowych żeńskich należą: jajniki, jajowody, macica, pochwa, srom niewieści i łechtaczka. Spośród nich srom niewieści i łechtaczkę wyodrębnia się jako części płciowe żeńskie zewnętrzne.

21.3.1. Jajniki

Jajnik jest parzystym narządem, kształtu migdałkowatego, długości 5 cm, szerokości 3 cm i wysokości 1,5 cm oraz o masie od 6 do 8 g. W okresie przekwitania jajnik zmniejsza się.

Można w nim wyróżnić koniec jajowodowy i koniec maciczny, powierzchnię przyśrodkową i powierzchnię boczną, brzeg wolny i brzeg kreskowy. Jajnik ma również zagłębienie w brzegu kreskowym, zwane wnęką jajnika, miejsce przejścia naczyń i nerwów. Jest położony przy bocznej ścianie macicy mniejszej, wewnątrztrzewnowo, w tzw. dołku jajnikowym, tj. zagłębieniu w miejscu podziału tętnicy biodrowej wspólnej. W położeniu tym utrzymują go kreska jajnika, będąca częścią więzadła szerokiego macicy, więzadło wieszadłowe jajnika, biegnące od jajnika do ściany bocznej miednicy oraz więzadło właściwe jajnika przebiegające między jajnikiem a brzegiem macicy. Jajnik jest otoczony błoną białawą. Dzieli się na korę jajnika i rdzeń jajnika. Kora jajnika składa się ze zrębu jajnika, utworzonego przez bogato unaczynioną tkankę łączną włóknistą luźną, wśród której leżą pęcherzyki jajnikowe pierwotne, o średnicy około 0,25 mm. W jajnikach kobiet dojrzałych dominują pęcherzyki jajnikowe dojrzałe, zawierające jaja otoczone błonami nabłonkowymi i otoczkami. W jajach, w pobliżu ich jądra, opisano półksiężycowatą strukturę nałożoną na jądro w postaci czapeczki. Jest to ciało żółtkowe, które stanowi materiał zapasowy jaja. Powiększające się pęcherzyki sięgają powierzchni jajnika, tworząc wzniesienie jajonośne z pęcherzykiem jajnikowym. Co 28 dni, dzięki wzrastającemu ciśnieniu, ściana jednego z pęcherzyków pęka i jajo dostaje się do jamy otrzewnej. Jest to proces, zwany jajeczkowaniem lub owulacją, który występuje między 13 a 16 dniem cyklu miesięczkowego. Po owulacji wzniesienie jajonośne przekształca się w ciało żółte zawierające żółty barwnik luteinę oraz tzw. komórki luteinowe wydzielające hormony. Jeżeli jajo nie zostanie zapłodnione, to ciało żółte zanika

przekształcając się w ciało białawe, z przewagą tkanki łącznej włóknistej. Jeżeli zostanie zapłodnione, to rozwija się ciało żółte ciążowe. Rdzeń jajnika jest zbudowany z tkanki łącznej włóknistej luźnej, zawierającej liczne włókna sprężyste, naczynia krwionośne oraz nieliczne komórki mięśniowe gładkie. Nie zawiera komórek płciowych. Obliczono, że w jajnikach nowo narodzonej dziewczynki znajduje się około 400 000 pęcherzyków jajnikowych pierwotnych, z czego w ciągu życia tylko od 200 do 500 pęcherzyków będzie zdolnych do zapłodnienia, natomiast pozostałe zanikają (atrezja). W każdym jajniku znajdują się takie pęcherzyki atrezyjne. Miejscem wytwarzania hormonów są wzgórki jajonośne ciała żółte i komórki śródmiaższowe. W pobliżu jajnika leżą też dwa narządy szczałkowe: nadajnik i przyajnik.

21.3.2. Budowa pęcherzyków jajnikowych i ciała żółtego

Pęcherzyk jajnikowy pierwotny. Pęcherzyki jajnikowe pierwotne występują w dużej liczbie i ułożone są najbardziej obwodowo w korze jajnika. Są to twory kuliste lub owalne o średnicy około 45 μm , których środek zajmuje pierwotna komórka płciowa - owogonia, zawierająca mimośrodkowo położone jądro z wyraźnym jąderkiem. W okolicy okołojądrowej tej komórki znajduje się dobrze rozwinięty aparat Golgiego, otoczony przez mitochondria. Owogonia otoczona jest jedną warstwą komórek sześciennych lub płaskich. Komórki te intensywnie wzrastają, tworząc początkowo nabłonek dwuwarstwowy, a następnie wielowarstwowy i doprowadzają do przekształcenia pęcherzyka pierwotnego w pęcherzyk wzrastający. Pęcherzyk jajnikowy wzrastający. Przekształcenie się pęcherzyka pierwotnego we wzrastający polega na: zwiększeniu się masy komórki płciowej, która staje się owocytom I rzędu, o średnicy 50-80 μm ; pojawieniu się osłonki przejrzystej otaczającej komórkę płciową; wytworzeniu się, dzięki licznym podziałom komórek otaczających komórkę płciową, wielowarstwowej osłonki komórkowej zwanej warstwą ziarnistą; wytworzeniu się łącznotkankowej osłonki pęcherzyka; przesunięciu się pęcherzyka w głąb kory jajnika. W cytoplazmie owocytu I rzędu zauważa się zmianę w liczbie i rozmieszczeniu organelli. Aparat Golgiego, który w owogonii występował w pobliżu jądra, ulega znacznemu powiększeniu i tworzy rozległy kompleks w cytoplazmie. Zwiększa się liczba zbiorników siateczki śródplazmatycznej. Pojawiają się nieliczne, drobne ziarenka żółtka. Pęcherzyk jajnikowy dojrzewający. W pęcherzyku dojrzewającym następuje dalszy wzrost liczby komórek warstwy ziarnistej. Pęcherzyk ma kształt owalny, a owocyt umiejscowiony jest mimośrodkowo. Gdy pęcherzyk osiąga średnicę około 0,2 mm, wówczas między komórkami warstwy ziarnistej pojawiają się szczeliny wypełniane płynem. Szczeliny te łączą się następnie w jedną dużą jamę pęcherzyka wypełnioną płynem. W czasie tworzenia jamy owocyt osiąga już swe maksymalne rozmiary. Jama otoczona jest cienką warstwą komórek ziarnistych. Większa liczba tych komórek gromadzi się wokół owocytu, wytwarzając wzgórek jajonośny położony na jednym z biegunów pęcherzyka. Owocyt jest otoczony jedną warstwą komórek walcowatych, które tworzą tzw. wieniec promienisty. W tym czasie osłonka pęcherzyka zawiera już dwie warstwy, a mianowicie: warstwę zewnętrzną, będącą błoną łącznotkankową włóknistą i warstwę wewnętrzną, silnie unaczynioną, w skład której wchodzi liczne duże komórki gruczołowe. Komórki te spełniają funkcje dokrewną wydzielając ciała estrogenne objęte wspólną nazwą folikuliny (estron, estriol i estradiol). Wykazują też cechy ultrastrukturalne, charakterystyczne dla komórek produkujących steroidy, a więc mają obfitą gładką siateczkę śródplazmatyczną, liczne krople tłuszczu i mitochondria typu cewkowego. Pęcherzyk jajnikowy osiągnący średnicę około 10 mm nazywany jest pęcherzykiem jajnikowym dojrzałym. Zajmuje wtedy całą szerokość kory jajnika. U kobiet dojrzałości płciowo proces dojrzewania pęcherzyków odbywa się rytmicznie i powtarza co 28 dni. Cykl dojrzewania pęcherzyka jajnikowego trwa około 14 dni. Po tym okresie następuje zjawisko wydalania komórki jajowej w postaci owocytu II rzędu w stadium metafazy. Zjawisko to nosi nazwę jajeczkowania. W czasie jajeczkowania pęcherzyk opuszcza nie tylko komórka jajowa, lecz także część wzgórka jajonośnego i płyn pęcherzykowy. Ciało żółte. Po jajeczkowaniu ściana pęcherzyka zapada się i ulega pofałdowaniu, a następnie na skutek mnożenia się komórek warstwy ziarnistej i przekształcenia się ich w duże komórki, zwane komórkami luteinowymi, powstaje twór zwany ciałkiem żółtym. W obwodowej części ciała żółtego znajdują się przekształcone komórki błony wewnętrznej pęcherzyka zwane komórkami paraluteinowymi lub luteinowymi osłonkowymi. Cytoplazma komórek luteinowych zawiera bardzo liczne krople tłuszczu, obfitą siateczkę śródplazmatyczną i mitochondria typu cewkowego, a więc struktury charakterystyczne dla komórek produkujących steroidy. Ciało żółte jest odpowiedzialne za wydzielanie progesteronu, hormonu odpowiedzialnego za przygotowanie błony śluzowej macicy do przyjęcia i zagnieżdżenia się w niej zapłodnionej komórki jajowej. Dalsze losy ciała żółtego zależą od tego, czy nastąpiło zapłodnienie komórki jajowej. W przypadku niezapłodnienia po blisko 10 dniach czynności ciało żółte zaczyna zanikać i przekształca się w ciało białawe. W przypadku zapłodnienia komórki jajowej ciało żółte ulega dalszemu wzrostowi. Nazywamy je wtedy ciałkiem żółtym ciążowym, które wzrasta aż do 4 miesiąca ciąży i osiąga średnicę 5

cm. Od około 5 miesiąca ciąży następuje powolne zanikanie ciała żółtego ciążowego, trwające do końca ciąży, a po jego zaniku wytwarza się ciało białawe ciążowe.

21.3.3. Komórki śródmiąższowe jajników

W zrebie jajnika występują wieloboczne komórki śródmiąższowe, które tworzą tzw. gruczoł śródmiąższowy. Występują duże różnice gatunkowe w wyglądzie gruczołu śródmiąższowego. W jajniku kobietę składa się on z zespołu nielicznych komórek rozproszonych w całej korze jajnika. Cytoplazma tych komórek jest bogata w krople tłuszczu. Komórki śródmiąższowe pełnią przez pewien czas funkcje wydzielniczą, produkując hormony płciowe żeńskie (estrogeny). Głównym źródłem estrogenów są jednak komórki osłonki wewnętrznej pecherzka jajnikowego. We wnętrzu jajnika znajdują się komórki wnękowe. Wykazują duże podobieństwo do komórek śródmiąższowych jądra. Są bogate w krople tłuszczu, ziarna lipochromowe i mogą zawierać krystaloidy podobne do krystaloidów Reinkego. Ich charakterystyka cytologiczna i histochemiczna wskazuje, że są to aktywne komórki wewnątrzwydzielnicze. Komórki te są szczególnie liczne w ciąży i w okresie menopauzy. Uważa się, że komórki wnękowe produkują androgeny.

21.3.4. Jajowody

Jajowód jest parzystym przewodem rozpoczynającym się w jamie otrzewnej w pobliżu jajnika, a uchodzącym do jamy macicy na granicy dna i brzegu trzonu macicy. Długość jajowodu wynosi od 10 do 20 cm, średnica od 3 do 9 mm.

W jajowodzie wyróżnia się następujące części: uście brzuszne jajowodu - łączące światło jajowodu z jamą otrzewnej; lejek jajowodu - lekowato rozszerzony początek jajowodu w pobliżu końca jajowodowego jajnika, utworzony przez pedzelkowate wypustki - strzepki jajowodu ogranicza on uście brzuszne i wychwytuje jajko do jajowodu; bańkę jajowodu - środkowa część jajowodu stanowiąca prawie $\frac{2}{3}$ długości całego przewodu, zęża się ona w kierunku macicy przechodząc w: cieśń jajowodu - przysiódkowa część stanowiąca $\frac{1}{3}$ długości jajowodu; część maciczna - zwana też częścią śródścienną, ponieważ przebiega w ścianie macicy; ujście maciczne jajowodu) - otwór, którym światło jajowodu otwiera się do jamy macicy.

Jajowód przebiega w górnej części wieszadła szerokiego macicy, leży więc wewnątrzotrzewnowo. Otaczająca go część wieszadła szerokiego nosi miano krezki jajowodu. W pobliżu w 10-20% przypadków występuje szcztakowy narząd, zwany nadajnikiem, będący odpowiednikiem nadajnika u mężczyzn. Ściana jajowodu jest zbudowana z błony śluzowej, tworzącej liczne fałdy o przebiegu równoległym do długiej osi jajowodu, pokrytej jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym migawkowym i nabłonkiem gruczołowym. Najwyższe fałdy są w bańce jajowodu. Część środkowa ściany stanowi dobrze wykształconą błonę mięśniową, składającą się z wewnętrznej i zewnętrznej warstwy podłużnej i środkowej warstwy okężnej. Błona mięśniowa jest najlepiej wykształcona w obrębie cieśni jajowodu. Warstwy zewnętrzna tworzy błonę surowiczą będącą otrzewną trzewną. Ruch rzęsek nabłonka odbywa się w kierunku do jamy macicy i ma znaczenie przy transporcie jaja.

21.3.5. Macica

Macica jest nieparzystym narządem, o grubej mięśniowej ścianie, gruszkowatego kształtu, o wymiarach: 8 x 4 x 2 cm i o masie od 50 do 60 g. W czasie ciąży masa macicy (bez masy płodu) dochodzi do 1200 g.

W macicy wyróżnia się część górną - trzon macicy, stanowiący około $\frac{2}{3}$ macicy i część dolną - szyjkę macicy, stanowiącą $\frac{1}{3}$ część tego narządu. Górna zaokrąglona część trzonu leżąca powyżej ujścia jajowodów stanowi dno macicy. Na granicy trzonu i szyjki leży cieśń macicy, o długości około 1 cm. Dolna część szyjki jest objęta przez górną część pochwy, która dzieli szyjkę macicy na część nadpochwowa - objęta ze wszystkich stron tkanką łączną i część pochwową - wystającą do pochwy, pokryta nabłonkiem.

Ponadto w macicy wyróżnia się brzegi macicy - prawy i lewy, powierzchnie pecherzowa, powierzchnie jelitowa, uście macicy - otwór, przez który światło macicy łączy się z pochwą, oraz kanał szyjki macicy - przestrzeń w obrębie trzonu. Uście macicy jest ograniczone wargą przednią i wargą tylną. U kobiet, które nie rodziły, ujście ma kształt okrągły, u tych zaś, które rodziły, stanowi szczelinę.

Macica jest położona pośrodku miednicy mniejszej, wewnątrzotrzewnowo. Trzon macicy jest zgięty ku przodowi pod kątem 70-100° w stosunku do szyjki macicy, jest to tzw. przodozgięcie. Pochwlenie całej macicy w stosunku do osi miednicy stanowi tzw. przodopochylenie, przy czym oś długa macicy tworzy z osią długą pochwy kąt 90-100°.

W położeniu tym utrzymuje macicę tzw. aparat wieszadła w: wieszadło szerokie macicy, wieszadła odbytniczo-maciczne, więzadła pecherzowo-maciczne, więzadło obłe macicy oraz tzw. aparat

podporow, który stanowią mięśnie dna miednicy mniejszej, tj. przepona moczowo-płciowa i przepona miedniczna.

Wieżadło szerokie macicy jest to fałd otrzewnej przebiegający prawie poprzecznie przez miednicę mniejszą, pomiędzy jej bocznymi ścianami (przyczep do ścian miednicy mniejszej wzdłuż tętnic biodrowych wewnętrznych), obejmujący macicę, jajowody i jajniki. Wzdłuż brzegów macicy pomiędzy obiema blaszkami wieżadła szerokiego, które w tym miejscu się rozdzielają i kierują na powierzchnię jelitową i powierzchnię pecherzową macicy, wytwarza się przestrzeń, zwana przymaciczem, zawierająca tkankę łączną, naczynia sromowe wewnętrzne, nerw sromowy i moczowód. Wieżadła obłe macicy są to łącznotkankowe powrózki przebiegające od bocznych brzegów macicy, przez jamę miednicy mniejszej i kanały pachwinowe do tkanki tłuszczowej warg sromowych większych. Ściana macicy składa się przede wszystkim z błony mięśniowej, zwanej mięśniami macicy, która jest zbudowana z peczków mięśniowych tworzących rodzaj sieci, dobrze wykształconej, zwłaszcza u kobiet ciężarnych, gdy długość komórek mięśniowych zwiększa się z 40-90 µm do 500-1000 µm. Warstwa wewnętrzna tworzy błonę śluzową nie mającą tkanki podśluzowej i przylegającą bezpośrednio do błony mięśniowej. W obrębie trzonu błona śluzowa jest gładka, natomiast w obrębie szyjki macicy tworzy na jej przedniej i tylnej ścianie fałdy pierzaste (drzewo życia). Błona śluzowa jest pokryta jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym zawierającym cewkowate gruczoły - gruczoły maciczne, wydzielające śluz. Warstwa zewnętrzna stanowi otrzewną trzewną zwaną omaciczem. Błona śluzowa macicy po osiągnięciu dojrzałości płciowej podlega okresowym zmianom w cyklu miesięcznym, a także w czasie ciąży.

Pierwsza miesiączka (*menarche*) jest oznaką rozpoczynającego się dojrzewania płciowego (11-14 lat), ostatnia występuje w okresie przekwitania, najczęściej między 45 a 55 rokiem życia.

21.3.6. Pochwa

Pochwa jest nieparzystym elastycznym przewodem mięśniowo-błoniastym łączącym macicę ze sromem niewieścim. Podczas spółkowania pośredniczy we wprowadzaniu nasienia (płemników) do narządów płciowych żeńskich, stanowi też kanał dla rodzącego się płodu. Długość pochwy wynosi najczęściej od 6 do 12 cm.

W pochwie wyróżnia się ścianę przednią i ścianę tylną, które wzajemnie stykają się tworząc szczelinowate światło. W swej górnej części pochwa rozszerza się tworząc zachyłek, zwany sklepieniem pochwy, który obejmuje część dolną szyjki macicy, część pochwową. Pochwa leży w miednicy mniejszej. Wejście do niej, przedsionek pochwy, znajduje się w sromie, sklepienie natomiast w obrębie przepony moczowo-płciowej. W pochwie można więc wyróżnić część śródmiędniczną i przeponową. W pozycji stojącej przebiega skośnie od tyłu i góry do przodu i ku dołowi, tworząc z płaszczyzną poziomą kąt ostry, skierowany ku tyłowi, wynoszący od 50 do 70°. Otrzewna przylega tylko do tylnej części sklepienia pochwy. Ściana pochwy grubości około 3 mm jest zbudowana z błony śluzowej i błony mięśniowej. Błona śluzowa jest pokryta nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nie mającym gruczołów, charakteryzującym się intensywnym złuszczeniem komórek. Błona śluzowa wytwarza w ścianach pochwy słup przedni i tylny zmarszczek. Mimo braku gruczołów (z wyjątkiem przedsionka pochwy) błona śluzowa pochwy jest wilgotna, gdyż komórki śródbłonka wydzielają obficie białawą, bezśluzową wydzielinę o odczynie kwaśnym. Z zewnątrz pochwa jest otoczona tkanką łączną.

21.3.7. Srom niewieści

Srom niewieści składa się ze wzgórka łonowego, z warg sromowych większych, zespalających się spoidłem przednim i tylnym warg i ograniczających szparę sromu, oraz z warg sromowych mniejszych, ograniczających przedsionek pochwy. Powyżej warg sromowych mniejszych znajduje się łechtaczka.

21.3.8. Łechtaczka

Łechtaczka jest narządem, odpowiadającym mniej więcej prąciu męskiemu. Składa się w dwóch niewielkich ciał jamistych łechtaczki — prawego i lewego, otoczonych błoną białawą i zakończonych szczytkową żółcią łechtaczki. Jej podrażnienie wywołuje uczucie rozkoszy płciowej. Z tyłu od łechtaczki, w przedsionku pochwy, znajduje się ujście zewnętrzne cewki moczowej. Wejście do pochwy u dziewic jest zamknięte błoną dziewiczą z pozostawieniem jedynie małego otworu. Podczas pierwszego stosunku płciowego błona dziewicza zostaje rozerwana (de-floracja), pozostaje jedynie wąski rąbek błony śluzowej - strzępki błony dziewiczej.

W przedsiönku pochwy znajduja się uścicia: gruczołów przedsiönkowych mniejszych są to gruczoły śluzowe występujące w obrębie całego przedsiönka; gruczołów przedsiönkowych większych są to gruczoły wielkości fasoli, położone w głębi warg sromowych mniejszych, mające ujście również do przedsiönka. Wydzielina gruczołów przedsiönkowych zwilża przedsiönek pochwy.

21.4. Cykl płciowy żeński

Cykle płciowe zaczynają występować u dziewcząt w okresie pokwitania w wieku od 11 do 14 lat. Przekwitanie objawia się wydłużeniem i zanikiem cykli płciowych, co zachodzi u kobiet w wieku od 45 do 55 roku życia. Zasadniczym objawem wskazującym na występowanie cykli płciowych są krwawienia miesięczkowe. W czasie krwawienia dochodzi do utraty łącznie około 70 ml krwi. Dzień, w którym pojawia się krwawienie, rozpoczyna cykl miesięczkowy trwający przeciętnie 28 dni. Cykl płciowy żeński dzieli się na cztery fazy. Fazę pierwszą cyklu, trwającą przeciętnie 4 dni, stanowi krwawienie miesięczkowe. Druga faza cyklu - folikularna trwa około 9 dni, **trzecia** faza - owulacyjna występuje w ciągu 1 dnia i czwarta faza - lutealna trwa 14 dni. Poszczególne fazy cyklu charakteryzują się określoną czynnością wewnątrzwydzielniczą podwzgórza, przysadki i jajników oraz towarzyszącymi im zmianami morfologicznymi i czynnościowymi w obrębie jajników, macicy, pochwy i w sutkach.

21.4.1. Cykl jajnikowy i maciczny

W pierwszej fazie cyklu płciowego, w czasie krwawienia miesięczkowego, dochodzi do złuszczenia się warstw powierzchniowych błony śluzowej macicy i ich wydalania na zewnątrz wraz z krwią.

W drugiej fazie cyklu miesięczkowego, zwanej fazą folikularną lub proliferacyjną, następuje odnowa błony śluzowej macicy. W końcu tej fazy, trwającej przeciętnie około 9 dni błona śluzowa macicy osiąga taką grubość, jaką miała bezpośrednio przed złuszczeniem się. Odnowa dotyczy również gruczołów błony śluzowej macicy, które w tej fazie mają przebieg prosty, od powierzchni błony śluzowej aż do mięśnia macicznego. Na początku tej fazy szereg pęcherzyków jajnikowych pierwotnych zaczyna w obu jajnikach przekształcać się w pęcherzyki jajnikowe wzrastające. Następnie zazwyczaj jeden, a czasami dwa pęcherzyki dojrzewają, osiągając średnice co najmniej 10 mm. Pęcherzyk jajnikowy dojrzawy zajmuje całą szerokość korw jajnika i uwypukla się na jego powierzchni. Pozostałe pęcherzyki zmniejszają swoje rozmiary i uwsteczniają się. Proces ten nosi nazwę atrezji.

Dnia 14, w trzeciej fazie cyklu miesięczkowego, pod wpływem hormonu lutinizującego (LH) następuje pęknięcie pęcherzyka jajnikowego dojrzłego i komórka jajowa, owocyt II rzędu, zostaje wydaloną poza jajnik. W czasie jednego cyklu miesięczkowego w obu jajnikach jeden lub dwa pęcherzyki jajnikowe wzrastające osiągają stadium pęcherzyka jajnikowego dojrzłego. Tym samym zostają wydalone z obu jajników jedna lub rzadziej dwie komórki jajowe. Komórka jajowa w postaci owocytu II rzędu trafia do bańki jajowodów. W jajowodzie niezapłodniona komórka jajowa pozostaje około 4 dni, a następnie zostaje wydalona do jamy macicy, gdzie podlega cytolizie. Po owulacji rozpoczyna się czwarta faza cyklu miesięczkowego, nazywana fazą lutealną lub sekrecyjną. W końcu pierwszej połowy tej fazy błona śluzowa macicy osiąga swoją maksymalną grubość około 6 mm. W tej fazie jej gruczoły mają przebieg kręty i wydzielają duże ilości śluzu. Jama pęcherzyka jajnikowego dojrzłego po wydaleniu komórki jajowej początkowo wypełniona jest krwią. Następnie wypełniają ją komórki luteinowe i pęcherzyk zamienia się w ciało żółte miesięczkowe. Wytwarza ono żeńskie hormony płciowe: estrogeny i progesteron. W końcu fazy lutealnej, jeżeli nie nastąpiło zapłodnienie, ciało żółte miesięczkowe przestaje wydzielać hormony, głównie progesteron, i przekształca się w ciało białawe. Zanikanie ciała żółtego miesięczkowego i jego przekształcanie się w ciało białawe zachodzi pod wpływem substancji luteolitycznej wytwarzanej przez macicę. Ta substancja są prostaglandyny powstające w macicy. Po upływie 14 dni od dnia owulacji pojawia się krwawienie miesięczkowe i rozpoczyna się nowy cykl płciowy.

Pod wpływem hormonów płciowych wydzielanych przez jajnik w różnych fazach cyklu miesięczkowego dochodzi do zmian w ilości i konsystencji śluzu wypełniającego szybkę macicy. W fazie lutealnej powiększają się gruczoły sutkowe, a w końcu tej fazy, przed wystąpieniem krwawienia miesięczkowego zachodzi zatrzymywanie wody w organizmie.

W czasie cyklu miesięczkowego stwierdza się zmiany w temperaturze ciała mierzonej w godzinach porannych. W fazie folikularnej temperatura ta nie przekracza 37°C. W dniu owulacji obniża się, a następnego dnia, już w fazie lutealnej jest podwyższona i przekracza 37°C. Do końca fazy lutealnej temperatura w godzinach rannych jest stale podwyższona, aby przed wystąpieniem miesiączki obniżyć się.

21.4.2. Czynność wewnątrzwydzielnicza jajników

Hormony wydzielane przez jajniki są to pochodne cholesterolu i dzielą się na estrogeny i progesteron.

Estrogeny powstają w pęcherzykach jajnikowych (Graafa) w komórkach warstwy ziarnistej. Do grupy estrogenów należą: estradiol, estron i estriol. W zależności od fazy cyklu miesięczkowego wydzielanie estrogenów zwiększa się lub zmniejsza. Najwięcej estrogenów jajniki wydzielają w fazie folikularnej, 4-12 dnia cyklu miesięczkowego, oraz w drugiej połowie fazy lutealnej, 19-25 dnia cyklu miesięczkowego.

W fazie folikularnej cyklu miesięczkowego estrogeny wywołują rozrost błony śluzowej macicy, a w fazie owulacji i w fazie lutealnej pobudzają gruczoły śluzowe macicy do wydzielania śluzu. Estrogeny powodują przerost mięśnia macicznego, zwiększają jego pobudliwość i ukrwienie. Pod ich działaniem komórki mięśniowe gładkie osiągają optymalną pobudliwość i kurczą się pod wpływem oksytocyny krążącej we krwi.

Estrogeny wywołują rozwój drugorzędowych cech płciowych. Przewodzą do powiększania piersi, wzrastania sutków, odkładania barwnika w naskórku wokół brodawek sutkowych i narządów płciowych zewnętrznych. Działając na ośrodki motywacyjne w międzymózgowiu wywołują popęd płciowy w kierunku płci męskiej.

Progesteron wytwarzany jest w jajnikach przez ciało żółte w fazie lutealnej cyklu miesięczkowego. Powstaje on pod wpływem hormonu luteinizującego - LH. Progesteron działa na macicę antagonistycznie w stosunku do estrogenów. Zmniejsza pobudliwość mięśnia macicznego, zwęża ją w stosunku do oksytocyny. W obrębie sutków wywołuje rozwój komórek gruczołowych w zrazikach.

Dojrzwienie pęcherzyków jajnikowych zachodzi pod wpływem hormonu folikulotropowego przysadki - FSH. Owulacja występuje na skutek wzmożonego ciśnienia płynu w pęcherzykach, spowodowanego wydzielaniem przez przysadkę jednocześnie obu gonadotropin: hormonu folikulotropowego - FSH i hormonu luteinizującego - LH. W dniu owulacji zawartość we krwi hormonu luteinizującego jest największa. Podwyższony poziom we krwi estrogenów i progesteronu działa zwrotnie na odpowiednie detektory w podwzgórzu i hamuje wydzielanie do przysadkowych naczyń wrotnych podwzgórzowego hormonu uwalniającego gonadotropiny - LH-RH.

Estrogeny i progesteron krążą we krwi częściowo jako wolne hormony, częściowo są związane z białkami osocza. Zawarte we krwi estrogeny są w komórkach wątroby utleniane i łączone z resztą kwasu glukuronowego lub siarkowego. W tej formie wydzielane są z żółcią do dwunastnicy. Progesteron zamieniany jest w komórkach wątroby na pregnanediol, który wiązany z resztą kwasu glukuronowego jest wydzielany do dwunastnicy. Metabolity estrogenów i progesteronu są w jelitach częściowo wchłaniane do krwi, a następnie wydalone z moczem.

21.4.3. Hormonalne sprzężenia zwrotne w cyklu płciowym

Regularne występowanie cykli płciowych u dojrzałych płciowo kobiet zależy od fizjologicznego mechanizmu kontrolowanego przez żeński ośrodek rozrodczy w podwzgórzu. Ośrodek ten pozostaje pod wpływem różnorodnych oddziaływań. Przed osiągnięciem dojrzałości płciowej szyszynka i wydzielana przez nią melatonina hamują czynność ośrodka rozrodczego w podwzgórzu, opóźniają pokwitanie i wystąpienie pierwszych cykli miesięczkowych. Układ brzoźny (limbiczny), a zwłaszcza należące do niego ciało migdałowate, oddziałuje pobudzająco. Pod jego wpływem dochodzi do przyspieszenia pokwitania i pojawienia się pierwszego cyklu miesięczkowego.

Regularne owulacje i występowanie krwawienia miesięczkowego u dojrzałych płciowo kobiet zależą od kolejnego oddziaływania szeregu hormonów na ośrodek rozrodczy w podwzgórzu. Ośrodek ten stanowi zasadnicze ogniwo w humoralnym sprzężeniu zwrotnym, zarówno dla pętli zewnętrznego sprzężenia zwrotnego, jak i dla pętli wewnętrznego sprzężenia zwrotnego.

Ogniwami pętli zewnętrznego sprzężenia zwrotnego są: podwzgórze, płat przedni przysadki i jajniki. W sprzężeniu tym hormony wytwarzane w jajniku oddziałują na podwzgórze, hamując wydzielanie podwzgórzowego hormonu uwalniającego hormon luteinizujący (LH-RH=luliberyna) z części gruczołowej przysadki. Prawidłowe wydzielanie LH-RH przez podwzgórze do przysadkowych naczyń wrotnych w fazie folikularnej cyklu miesięczkowego powoduje również prawidłowe wydzielanie przez płat gruczołowy przysadki hormonu folikulotropowego (FSH) i przez jajnik - estrogenów. W ostatnich dniach fazy folikularnej zawartość estrogenów we krwi obniża się. Jest to prawdopodobnie spowodowane zwrotnym, hamującym działaniem estrogenów na komórki płata przedniego przysadki, wytwarzające hormon folikulotropowy.

Na skutek obniżenia się zawartości estrogenów we krwi komórki podwzgórza przestają być zwrotnie hamowane przez estrogeny i zaczynają uwalniać do przysadkowych naczyń wrotnych większe ilości LH-RH. W następstwie zwiększonego uwalniania przez podwzgórze LH-RH przysadka wydziela do krwi w ciągu kilku godzin większą ilość hormonu luteinizującego (LH), co powoduje jajczkowanie.

Sytematyczne wprowadzanie do organizmu egzogennych estrogenów w fazie folikularnej cyklu miesięczkowego hamuje czynność podwzgórza. Nie dochodzi do znacznego wzrostu wydzielania LH i pęcherzki jajnikowe dojrzale nie pękają, nie ma jajczkowania. Wprowadzane egzogenne estrogeny hamują wydzielanie LH-RH przez podwzgórze i powodują występowanie bezowulacyjnych cykli miesięczkowych.

W pętli wewnętrznego sprzężenia zwrotnego uczestniczą: podwzgórze, podwzgórzowy hormon uwalniający hormon luteinizujący, płata przedni przysadki i wydzielane przez przysadkę gonadotropiny - FSH i LH. Znaczenie tego sprzężenia zwrotnego w regulacji żeńskiego cyklu płciowego dotychczas nie zostało dostatecznie poznane.

21.5. Ciąża, poród i połóg

Zapłodnienie, czyli połączenie się owocytu ze spermato cytym następuje w jajowodzie. W błonę śluzową macicy zapłodnione jajo implantuje się około 7 dnia od dnia owulacji, czyli w połowie fazy lutealnej. Prawdopodobnie implantowane jajo oddziałuje hamująco na tworzenie się i uwalnianie z macicy czynnika luteolitycznego - prostaglandyn. Dzięki temu ciało żółte miesięczkowe nie zanika, lecz przeciwnie, powiększa swoje wymiary i przekształca się w ciało żółte ciążowe. Wydzielanie progesteronu przez ciało żółte ciążowe zwiększa się kilkakrotnie w czasie pierwszych kilkunastu tygodni ciąży. Największe wydzielanie progesteronu przez jajniki stwierdzono w 12 tygodniu ciąży, licząc czas trwania ciąży od dnia owulacji. Następnie wydzielanie zmniejsza się w miarę zbliżania się dnia porodu. Rozwijające się łożysko przejmuje funkcję wydzielniczą jajników, wydzielając do krwi znaczne ilości progesteronu i estrogenów. Po upływie 270 dni ciąży, licząc od dnia owulacji, następuje poród. Dokładnie w tym dniu ciąży rodzi tylko 4% kobiet, 60% kobiet rodzi w czasie krótszym lub dłuższym do 5 dni. W czasie porodu następuje wydalanie płodu wraz z błonami płodowymi i łożyskiem. W większości porodów fizjologicznych częścią przodującą jest główka płodu ustawiona potylicowo. Poród fizjologiczny dzieli się na trzy okresy. Pierwszy okres, w którym rozpoczyna się akcja porodowa, kończy się pełnym rozwarciem szyjki macicy. W drugim okresie, bezpośrednio następującym po pierwszym, płód zostaje wydalonny z macicy, poza drogi rodne. Okres trzeci rozpoczyna się odpepnięciem płodu i kończy porodem łożyska i błon płodowych. Na początku pierwszego okresu porodu odpływają wody płodowe i rozpoczyna się rozwieranie szyjki macicy. Pełne rozwarcie szyjki macicy następuje po upływie 8-15 godzin. Okres pierwszy porodu jest krótszy u wieloródek i dłuższy u pierworódek. W czasie trwania całego pierwszego okresu występują w regularnych odstępach czasu silne skurcze mięśnia macicznego, odczuwane subiektywnie jako bóle porodowe. W drugim okresie porodu, pod wpływem skurczów mięśnia macicznego i jednoczesnych skurczów mięśni ścian jamy brzusznej wzmagających w niej ciśnienie, następuje przesuwanie się płodu przez kanał rodny i wydalanie go na zewnątrz poza drogi rodne. Płód urodzony pozostaje w łączności z organizmem matki za pośrednictwem sznura pępowinowego. Drugi okres porodu trwa od kilku minut do kilku godzin i kończy się w momencie odpepnięcia płodu. Ma to miejsce wtedy, kiedy tętnice pępowinowe przestają tętnić. Sznur pępowinowy zostaje przecięty i łączność pomiędzy noworodkiem i organizmem matki zostaje całkowicie przerwana. W trzecim okresie porodu łożysko i błony płodowe zostają wydalone z jamy macicy poza drogi rodne. Po urodzeniu się płodu w dalszym ciągu występują skurcze macicy. Powoduje to oddzielenie się łożyska od ścian macicy. Pomiedzy ścianą macicy i łożyskiem zaczyna gromadzić się krew. Następujące po sobie kolejne skurcze mięśnia macicy powodują wydalanie łożyska z macicy. Przeważnie częścią przodującą łożyska w porodach fizjologicznych jest jego powierzchnia płodowa. Po urodzeniu się łożyska poza drogi rodne zostają wydalone również błony płodowe. Trzeci okres porodu trwa średnio pół godziny. Po porodzie następuje okres połogu i laktacji. Okres połogu trwa 6 tygodni od dnia porodu i charakteryzuje się przede wszystkim zwijaniem się macicy. Pod koniec tego okresu zwijanie się macicy zostaje zakończone. Macica osiąga wielkość taką, jaką miała przed ciążą. Laktacja, czyli wydzielanie mleka rozpoczyna się po upływie 48 godzin od zakończenia porodu i może trwać kilka miesięcy. W końcowym okresie ciąży i bezpośrednio po porodzie sutki wydzielają siarę. Dopiero po dwóch dniach dochodzi do wydzielania mleka w czym bierze udział prolaktyna. Hormon ten wydzielany przez przedni płat przysadki pobudza komórki gruczołów sutkowych. Natomiast w wydalaniu mleka bierze udział oksytocyna uwalniana do krwi z tylnego płata przysadki. Osesek ssac brodawki gruczołów sutkowych, drażni receptory i za pośrednictwem impulsów nerwowych biegnących przez rdzeń kręgowy, rdzeń przedłużony, śródmózgowie zostają pobudzone komórki neurosekrecyjne podwzgórza. Z ich zakończeń w tylnym płacie przysadki uwalnia się oksytocyna. Kraź ona we krwi i dostaje się do gruczołów sutkowych, działa kurczaco na ścianę przewodów mlecznych. Ten odruch neurohormonalny sprzyja opróżnianiu się gruczołów sutkowych z nagromadzonego w nich mleka.

21.5.1. Okres płodowy

Okres płodowy rozpoczyna się w 3 miesiącu ciąży, a więc w czasie kiedy zaczyna się kształtować łożysko. Cechuje się zwiększeniem, wymiarów i masy zarodka oraz dalszym rozwojem narządów wtórnych.

W końcu 3 miesiąca płód ma już długość około 9 cm i waży 60 g, przypominając swoją wielkością gęsie jajo. Następuje zróżnicowanie gonad. Moszna, której zawiązek jest parzysty, zrasta się i można już rozpoznać płeć. Zaznacza się początek czynności wątroby. W 4 miesiącu zawartość przewodu pokarmowego - smółka, przyswimuje zabarwienie zielone. Zaznacza się aktywność mięśni, są wyczuwalne ruchy płodu i słyszy się ton serca. Na ciele pojawia się delikatne owłosienie - meszek płodowy. W 5 miesiącu pojawia się tkanka podskórna, paznokcie i owłosienie głowy. Oczy są zamknięte. W 6 miesiącu na skórze pojawia się maż płodowa. Znane są przypadki utrzymania przy życiu płodów urodzonych w tym okresie. W 7 miesiącu skóra płodu jest pomarszczona i różowa, ponieważ tkanka podskórna jest jeszcze słabo wykształcona, co nadaje płodowi wygląd starczy. Oczy są otwarte. U chłopców jądra częsta są już w mosznie. W 8 miesiącu ilość tkanki podskórnej zwiększa się, skóra jest mniej pomarszczona. W nasadach dalszych kości udowych pojawiają się punkty kostnienia.

Płód donoszony ma długość ponad 50 cm, masę ciała od 3000 do 5000 g. Maż płodowa występuje głównie w zagłębieniach skóry, meszku nie ma, owłosienie głowy może osiągać długość kilku centymetrów. U chłopców jądra są w mosznie, u dziewczynek wargi sromowe większe przykrywaia wargi sromowe mniejsze. Obwód głowy jest równy obwodowi ramion. Wielkość głowy stanowi V_4 wielkości tułowia. Noworodek ma donośny głos, wykazuje aktywne ruchy ssania.

Przeszło 10% dzieci rodzi się z wadami wrodzonymi, z których najczęściej są zaburzenia dotyczące rozwoju ośrodkowego układu nerwowego. Istnieje ogromna liczba czynników mogących działać teratogennie. Mogą to być czynniki fizyczne (np. promieniowanie jonizujące), czynniki chemiczne (np. niektóre leki, jak chinina, sulfonamidy, a także formaldehyd, alkohol etylowy), niedobory składników pożywienia (np. witamina A i witaminy z grupy B), czynniki zakaźne (np. wirusy wywołujące różyczkę, półpasiec, ospę wietrzną) oraz czynniki hormonalne (np. insulina, hormony kory gruczołów nadnerczowych).

21.5.2. Błony płodowe

Zapłodnione jajo płodowe jeszcze przed w utworzeniem się narządów pierwotnych otacza się błonami płodowymi pełniącymi funkcje odżywcza, ochronna i wydalnicza oraz stwarzającymi środowisko wodne dla rozwoju. Wyróżnia się cztery błony płodowe: pęcherzyk żółtkowy, kosmówkę, owodnię i omocznie.

Pęcherzyk żółtkowy powstaje jako najwcześniejsza błona płodowa w blastocystie, której jama przekształca się w jamę pierwotnego pęcherzyka żółtkowego, wypełniona przez jęzwy płynem surowiczym. Ściana pęcherzyka żółtkowego ma budowę trójarstwową, a w następstwie rozszczepienia się zawartej w niej mezodermu powstaje pozazarodkowa jama ciała. Następnie pęcherzyk żółtkowy oddziela się od tarczy zarodkowej, łącząc się ze znajdującym się w niej jęzwy - przewodem żółtkowym. W ścianach tego przewodu wykształca się krążenie żółtkowe - tętnice i żyła żółtkowa.

Owodnia jest błona, która bezpośrednio okrywa zarodek. Przestrzeń pomiędzy owodnią a zarodkiem stanowi jama owodni wypełniona płynem owodni - wodami płodowymi. Ilość ich wynosi od 1,5 do 2 litrów w połowie ciąży i od 1 litra pod koniec ciąży. Wody płodowe mają na celu ochronę zarodka przed szkodliwymi wpływami zewnętrznymi oraz umożliwienie swobodnego jego rozwoju. Są stale odnawiane i oczyszczane.

Kosmówka powstaje z trofoblastu, stanowiąc błonę otaczającą zarodek od zewnątrz. Odgrywa rolę odżywczo-wydalniczą. Dostarcza do zapłodnionego jaja niezbędne ciała odżywcze oraz usuwa produkty przemiany materii. Można w niej wyróżnić część zwróconą do zmienionej błony śluzowej macicy, zwana doczesną podstawną, mającą kosmki, oraz pokrywająca od strony światła macicy część zwana doczesną ścienną. Od innych błon płodowych kosmówka jest oddzielona pozazarodkową jamą ciała, zwana także jamą kosmówki.

Omocznia tworzy się najpóźniej ze wszystkich błon płodowych przez uwypuklenie tylnej części jelita do pozazarodkowej jamy ciała. U człowieka jest narządem szczątkowym, usuwanie produktów przemiany materii przejmuje bowiem łożysko.

21.5.3. Implantacja i łożysko

Zapłodnione jajo płodowe zagnieżdża się w powierzchniowych warstwach błony śluzowej macicy, pomiędzy ujściami gruczołów macicznych (zagnieżdżenie śródmiąższowe). Następnie to na etapie blastuli. Przeniknięcie do błony śluzowej umożliwia cytotolityczne działanie komórek zewnętrznej

warstw jaj. Jajeczkowanie odbywa się mniej więcej 14 dnia po rozpoczęciu krwawienia miesięcznego. Wędrowka jaj przez jajowód trwa około 10 dni i w tym czasie może nastąpić zapłodnienie. Zagnieżdżenie jaja występuje więc około 25 dnia od początku ostatniej miesiączki, a 5-6 dnia od momentu zapłodnienia. Czas ten jest indywidualnie zmienny. Zagnieżdżenie może nastąpić w dowolnym miejscu jamy macicy, lecz przeważnie następuje na tylnej ścianie trzonu macicy w pobliżu jej dna. Nierzadko jednak zagnieżdża się w dolnej części trzonu macicy, a nawet w błonie śluzowej szyjki macicy. Od momentu wniesienia jaj do macicy jego dalszy rozwój można podzielić na: okres przedimplantacyjny, w którym dochodzi do wykształcenia się blastocysty oraz do zaniku otaczającej ją osłonki przeziarnej; okres implantacji, trwający około tygodnia, w tym czasie następują zmiany w tarczy zarodkowej i wykształcenie się błon płodowych; okres poimplantacyjny, w którym zachodzą pozostałe zmiany rozwojowe. W początkowym okresie, w czasie wędrowki przez jajowód jajo płodowe odżywia się własnymi zapasami, po zagnieżdżeniu się w błonie śluzowej macicy odżywia się jej składnikami komórkowymi dzięki cytolitycznym właściwościom trofoblastu. Komórki błony śluzowej macicy rozpuszczają się, dostarczając zarodkowi ciał odżywczych (*embryotrophia*). Ten okres odżywiania zarodka" nosi nazwę histo troficznego. W dalszym okresie dzięki cytolitycznej działalności trofoblastu zostają zniszczone ściany naczyń krwionośnych błony śluzowej macicy i jajo płodowe czerpie pożywienie z krwi matczynej. Jest to okres hemotroficzny.

W 3 miesiącu rozwija się łożysko. Łożysko rozwija się z kosmówki i z doczesnej podstawnej. Jest płaskim, owalnym narządem o grubości około 2 cm, średnicy od 15 do 20 cm, wagi do 500 g. Powierzchnia łożyska zwrócona do ścian macicy - część matczyna (*pars materna*) ma budowę zrazikową. Zraziki, zwane też liścieniami, w liczbie od 15 do 30 są od siebie pooddzielane głębokimi bruzdami. Każdy zrazik ma odrebne ukrwienie. Powierzchnia zwrócona do płodu — część płodowa — jest błyszcząca i gładka. Przez pokrywającą ją błonę owodni, przeświecają naczynia krwionośne przechodzące w pępowinę. Część matczyna z częścią płodową łączy się za pomocą tkanki łącznej włóknistej zwartej. Na łożysko składają się głównie przestrzenie wypełnione krwią matki, w których są zanurzone kosmki należące do części płodowej łożyska. Warstwa kosmków łożyskowych stanowi najgrubsza część łożyska, a gęsto rozgałęzione kosmki są zanurzone we krwi matczynie. Krażenie matczynie jest krażeniem otwartym, ograniczonym anatomicznymi granicami łożyska. W żadnym jednak miejscu naczyń krwionośnych matki nie zspala się z naczyniami krwionośnymi płodu, a wymiana składników odżywczych, produktów przemiany materii i gazowa odbywa się za pośrednictwem kosmków. Stanowią one barierę zatrzymującą niektóre szkodliwe dla płodu czynniki, jak np. niektóre leki, dlatego mówi się o barierze łożyskowej. Przeciętna średnica kosmka wynosi 50 μm , a ogólna powierzchnia kosmków 15 m^2 . Przez łożysko w czasie 1 s przepływa 8,3 ml krwi matczynie i 6,6 ml krwi płodu. Z brzuszna ściana płodu łożysko jest połączone pępowiną o długości 70 cm i grubości 1,5 cm. Pępowina składa się z dwóch tętnic pępkowych, którymi krew z płodu płynie do łożyska, jednej żyły pępkowej, która krew płynie z łożyska do płodu, oraz ze struny pępowinowej zbudowanej z tkanki łącznej włóknistej zwartej. Występuje tu też tkanka łączna galaretowata, tzw. galareta Whartona¹, oraz nerwy, głównie czuciowe. Pępowina ma bardzo małą wytrzymałość na obciążenia i bardzo łatwo ulega przerwaniu przy porodzie. Ewentualnemu krwawieniu zapobiega wtedy skurcz dobrze rozwiniętych mięśni gładkich w ścianie naczyń pępkowych. Łożysko wraz z błonami płodowymi i pępowiną nazywane jest płodem.

21.5.4. Budowa kosmka łożyskowego

Trzon każdego kosmka dzieli się, wytwarzając odgałęzienia kosmków I-III, Tak rozgałęziony kosmek zawarty między dwiema przegrodami doczesnej tworzy.

Na obraz histologiczny kosmka w pierwszym trymestrze ciąży składa się zrab oraz nabłonek. Zrab jest zbudowany z tkanki mezenchymatycznej, zawierającej galaretowatą substancję, gwiaździste komórki mezenchymy i makrofagi. Nabłonek składa się z dwóch warstw: wewnętrznej komórkowej, zwanej cytotrofoblastem i zewnętrznej, zwanej syncytiotrofoblastem. Komórki cytotrofoblastu mają kształt sześcienny. Ich cytoplazma barwi się słabo. Zawierają wszystkie typowe organelle i są komórkami szybko dzielącymi się, dostarczającymi materiału dla syncytiotrofoblastu. Syncytiotrofoblast ma na swej powierzchni bardzo liczne mikrokosmki. W cytoplazmie występują liczne zbiorniki siateczki śródplazmatycznej ziarnistej oraz liczne pęcherzyki pinocytarne. Mitochondria są w tym okresie dość liczne. Po upływie pierwszego trymestru ciąży budowa kosmków zmienia się. W miarę dojrzewania łożyska zmniejsza się liczba makrofagów, a warstwa cytotrofoblastu ulega znacznemu ścięczeniu i przerzutowaniu. Cytotrofoblast nie znika jednak całkowicie, gdyż obserwacje w mikroskopie elektronowym wykazały, że komórki cytotrofoblastyczne można spotkać w niewielkiej

liczbie nawet w kosmkach łożyska z końcowego okresu ciąży. Wraz z zanikiem cytotrofoblastu zmniejsza się grubość syncytiotrofoblastu, który w końcowym okresie ciąży stanowi jedynie cienką warstwę pokrywającą kosmki, o nieregularnym rozmieszczeniu jąder i z małą liczbą organelli. Naczynia włosowate, występujące w bardzo dużej liczbie i tworzące charakterystyczne rozszerzenia w powierzchniowej części kosmka, stykają się bezpośrednio z cienką warstwą syncytiotrofoblastu.

Opisana budowa kosmków łożyska umożliwia intensywną wymianę metaboliczną między krwią matczyną a płodową.

21.5.5. Czynność łożyska

Zasadniczą funkcją łożyska jest wymiana gazów (O_2 i CO_2), produktów energetycznych i budulcowych oraz ich metabolitów pomiędzy krwią matki i krwią płodu. Przez łożysko przepływa w czasie jednej sekundy 8,3 ml krwi matki i 6,6 ml krwi płodu. Wymiana pomiędzy krwią matki i krwią płodu zachodzi dzięki dyfuzji, aktywnemu transportowi i pinocytozie. W łożysku dyfundują zgodnie z gradientem stężenia lub ciśnienia parcjalnego: tlenek, dwutlenek węgla i większość soli mineralnych. Na zasadzie aktywnego transportu, wbrew gradientowi stężenia, przechodzą przez łożysko: glukoza, aminokwasy oraz jony wapniowe i żelazowe. Wskutek pinocytozy transportowane są w łożysku nieznaczne ilości białek z krwi matki do krwi płodu. Drugą ważną funkcją łożyska jest wytwarzanie hormonów. Począwszy od 8 tygodnia ciąży łożysko stopniowo przejmie produkcję progesteronu, zastępując w ten sposób czynność ciała żółtego ciążowego. O dobowej produkcji progesteronu pośrednio można wnioskować na podstawie oznaczania zawartości pregnanendiolu – metabolitu progesteronu wydalanego z moczem. Zawartość pregnanendiolu w dobowej porcji moczu wzrasta od około 2 mg w 8 tygodniu ciąży do około 40 mg w 36-40 tygodniu ciąży. Ilość dobowa pregnanendiolu wydalana z moczem stanowi około 15% całkowitej produkcji progesteronu. Tym samym w końcu ciąży łożysko wytwarza dziennie około 300 mg progesteronu. We krwi tylko około 10% progesteronu znajduje się w postaci wolnej i wykazującej aktywność fizjologiczną. Pozostałe ponad 90% progesteronu związane jest z białkami osocza i nie wykazuje aktywności fizjologicznej. Progesteron obniża pobudliwość mięśnia macicy. Dzięki temu zapobiega on wystąpieniu poronienia lub porodu przedwczesnego. Działa on synergicznie wraz z estrogenami na wzrost w czasie ciąży gruczołów sutkowych. W czasie ciąży wzrasta również znacznie wydzielanie estrogenów, które głównie powstają w łożysku. Spośród trzech estrogenów: estriolu, estronu i estradiolu największy wzrost zawartości w dobowej porcji moczu osiąga estriol, znacznie zmniejszają zaś estron i estradiol. Zawartość estriolu w dobowej porcji moczu i we krwi stale wzrasta, począwszy od początku ciąży aż do porodu. Również wzrasta jego zawartość w wodach płodowych, w końcu ciąży osiągając stężenie prawie 10 razy wyższe w porównaniu ze stężeniem we krwi w tym samym czasie. Przypuszcza się, że wzrastające stężenie estriolu w wodach płodowych powoduje jego zwiększone przenikanie do mięśni macicy, zwiększając pobudliwość mięśnia i rozpoczynając poród. Pod wpływem estrogenów dochodzi do podziałów komórek mięśnia macicy i do wzrostu jego masy w czasie ciąży. Jednocześnie estrogeny zwiększają pobudliwość mięśnia macicy. Tym samym mają działanie antagonistyczne w stosunku do progesteronu. Estrogeny zwiększają pobudliwość mięśnia macicy, tak że zaczyna on kurczyć się pod wpływem krążącej we krwi oksytocyny. Poza hormonami steroidowymi łożysko również wytwarza hormony białkowe. Są to: ludzka gonadotropina łożyskowa (hCG) i ludzka somatomamotropina łożyskowa (hCS) oraz w nieznacznych ilościach hormony stale wytwarzane przez płat przedni przysadki. Największe wydzielanie ludzkiej gonadotropiny łożyskowej przypada na 8 tygodni ciąży i w następnych tygodniach zaczyna się zmniejszać. Począwszy od 12 tygodnia ciąży aż do dnia porodu, zawartość hCG we krwi matki jest kilkakrotnie niższa w porównaniu z zawartością w 8 tygodniu ciąży. Pod wpływem hCG ciało żółte ciążowe wzrasta i wydziela progesteron. Zmniejszaniu się wydzielania hCG towarzyszy stopniowe zanikanie ciała żółtego ciążowego w jainikach. Działanie ludzkiej somatomamotropiny łożyskowej jest podobne do działania hormonu wzrostu. Pod wpływem hCS następuje wzrost gruczołów sutkowych w czasie ciąży.

21.5.6. Krążenie płodowe

W życiu płodowym płód pobiera tlen i składniki odżywcze z krwi matki poprzez łożysko (*placenta*), tą drogą odprowadza również zbędne składniki własnej przemiany materii. Wymianę tę zapewnia występujący w tym okresie (od 3 miesiąca rozwoju) specjalny krwiobieg, zwany krążeniem płodowym. W krążeniu tym krew płodu bogata w dwutlenek węgla i zbędne składniki przemiany materii jest doprowadzana do łożyska przez dwie tętnice pepkowe, będące gałęziami tętnic biodrowych wewnętrznych, a nasycona w łożysku tlenem i wzbogacona w substancje odżywcze powraca do płodu przez żyłę pepkową. Żyła pepkowa po przejściu przez pierścień pepkowy płodu kieruje się ku wrotom wątroby, gdzie dzieli się na dwa naczynia: żyłę, która uchodzi do gałęzi lewej żyły wrotnej, zwaną żyłą

pepkowa lewa. Przez tę żyłę większa część krwi trafia do krążenia wrotnego i żyłami wątrobowymi odpływa do żyły głównej dolnej; przewód żylny, zwany również przewodem Arancjusza, który zespala bezpośrednio żyłę pepkową z żyłą główną dolną z pominięciem krążenia wrotnego. Żyła główna dolna doprowadza krew do przedsionka prawego, z którego odpływa w dwóch kierunkach: do przedsionka lewego przez otwór w przegrodzie międzyprzedsionkowej (otwór owalny) stąd do komory lewej, aorty, tętnic biodrowych wspólnych, tętnic biodrowych wewnętrznych i tętnic pepkowych "(zamknięcie krążenia płodowego); do komory prawej, a stąd do pnia płucnego. Z pnia płucnego krew znowu płynie w dwóch kierunkach: do końcowej części łuku aorty - przez zespolenie pomiędzy pniem płucnym a łukiem aorty, zwane przewodem tętniczym lub przewodem Botalla; do płuc - w tym kierunku płynie przez pień płucny niewielka ilość krwi, ponieważ płuca jeszcze nie pracują. Krew ta powraca żyłami płucnymi do przedsionka lewego, w końcu trafia do aorty, tętnic pepkowych i łożyska. Krew bogata w tlen i składniki odżywcze, płynąca z łożyska przez płód, otrzymuje po drodze domieszki krwi płodu w następujących miejscach: 1) w wątrobie, 2) w żyłę głównej dolnej, 3) w przedsionku prawym, 4) w przedsionku lewym. Krew płynąca do głowy otrzymuje mniej domieszek i jest bogatsza w tlen i składniki odżywcze, czym tłumaczy się znaczny rozwój mózgowia u płodu. Po urodzeniu dziecka, z chwilą pierwszego wdechu, zaczynają pracować płuca. Niepotrzebny stał się przewód tętniczy, który zarasta i przekształca się w wiezadło tętnicze. Zwiększa się dopływ krwi do przedsionka lewego, w którym ciśnienie krwi wzrasta powodując docięśnienie do przegrody międzyprzedsionkowej zastawki zamykającej otwór owalny. Zastawka ta z czasem przetrwała do przegrody międzyprzedsionkowej zamykającej otwór. Ponieważ została również podwiązana powłoka, zawierająca między innymi tętnice pepkowe i żyłę pepkową, zarastała tętnice pepkowe, z których powstała wiezadła pepkowe boczne. Zarasta też żyła pepkowa i przewód żylny, z których powstała wiezadła obłe wątroby i wiezadła żyłne. Żyła główna dolna płynie teraz znacznie mniej krwi. Powoduje to spadek ciśnienia w przedsionku prawym, co z kolei ułatwia zarośnięcie otworu owalnego. Najbardziej istotnymi zmianami, jakie zachodzą po ustaniu krążenia płodowego są: ustanie krążenia w tętnicach i żyłach pepkowych, całkowite oddzielenie przepływu krwi w tzw. prawym i lewym sercu, uruchomienie krążenia małego.

Sprawne funkcjonowanie krążenia płodowego warunkuje prawidłowy dowóz tlenu i składników odżywczych. Każde zakłócenie w dostawie tlenu objawia się przyspieszeniem lub zwolnieniem czynności serca płodu, która prawidłowo wynosi od 120 do 160 skurczów na minutę. Niezarośnięcie otworu owalnego lub przewodu tętniczego prowadzi do powstania wady wrodzonej serca.

21.5.7. Porody wielopłodowe

U człowieka rodzi się zwykle jedno dziecko, znacznie rzadziej rodzi się bliźnięta. Częstość porodów wielopłodowych określa tzw. **reguła Hellina**, według której porody bliźniacze przypadają 1 raz na 80 porodów pojedynczych, trójczki przypadają 1 raz na 80^2 , czyli na 64 000 porodów pojedynczych, czworaczki przypadają 1 raz na 80^3 , czyli na 5 120 000 porodów pojedynczych, pięcioczki przychodzą na świat 1 raz na 80^4 , czyli na 40 960 000 porodów pojedynczych. Starsze matki częściej mają porody wielopłodowe, porody te również częściej występują na północy. Wśród bliźniat wyróżnia się bliźnięta jedno- lub dwuzarodkowe (mono- i bi-zygotyczne) w zależności od tego, czy powstała z jednej, czy też z dwóch zapłodnionych komórek jajowych. Bliźnięta jednozarodkowe są do siebie bardzo podobne, mogą one być jednokosmówkowe, dwuowodniowe, dwułożyskowe. Bliźnięta dwuzarodkowe, są dwukosmówkowe, dwuowodniowe, dwułożyskowe - jeżeli jaja pochodzą z obu jajników; oraz mogą być jednokosmówkowe, jednoowodniowe i jednołożyskowe - jeżeli jaja pochodzą z jednego jajnika. Chociaż przyjmuje się, że okres ciąży jest stanem bezpłodności, to istnieją fakty wskazujące na występowanie jajeczkowania w tym okresie. Może to spowodować rozwój nowej ciąży obok już istniejącej (**superfetacja**).

22. Anatomia i fizjologia gruczołów dokrewnych

22.1. Rozwój i podział gruczołów dokrewnych

Gruczoły dokrewne są gruczołami, które nie mają przewodów wyprowadzających. Ich wydzielina, zwana hormonem (hormona - pobudzam), przenika bezpośrednio do naczyń krwionośnych, naczyń chłonnych, płynu mózgowo-rdzeniowego lub płynu międzykomórkowego. Oznaczają się dużą aktywnością fizjologiczną, regulując prawidłowe czynności organizmu, uczestnicząc w procesie jego wzrostu i rozwoju (regulacja humoralna) oraz współpracując przy tym ściśle z układem nerwowym (regulacja neurohumoralna). Ich wspólną cechą charakterystyczną jest bardzo dobre unaczynienie, ponieważ naczynia krwionośne pełnią tu funkcje "przewodów wyprowadzających".

Gruczoły dokrewne mają różne pochodzenie, budowę, położenie i zakres oddziaływania. W zależności od tego, z jakiego listka zarodkowego się rozwijają, dzielimy je na trzy grupy: rozwijające się z ektodermu - przysadka, szwajtkowa, rdzeń gruczołów nadnerczowych i skupienia tkanki chromochłonnej; rozwijające się z mezodermu - kora gruczołów nadnerczowych, części wewnątrzwydzielnicze gruczołów płciowych; rozwijające się z endodermu - gruczoł tarczowy, gruczoły przytarczyczne, wyspy trzustkowe.

Wielu autorów dzieli gruczoły dokrewne ze względu na ich położenie topograficzne lub zakres czynności. Można tu wyróżnić gruczoły pełniące wyłącznie funkcje wewnątrzwydzielnicze, jak np. gruczoł tarczowy, i gruczoły, które oprócz czynności wewnątrzwydzielniczej pełnią również funkcje zewnątrzwydzielnicze, tzw. gruczoły amfoteryczne, jak np. trzustka. Gruczoły dokrewne mogą występować jako samodzielne narządy bądź też być częścią innych narządów, jak np. komórki śródmiąższowe w gonadach.

22.2. Czynność gruczołów dokrewnych

Gruczoły dokrewne oddziałują na komórki i tkanki innych narządów za pośrednictwem informacji zakodowanych w postaci hormonów. Wspólną cechą wszystkich hormonów jest to, że wytworzone w jednym narządzie są przenoszone z prądem krwi i oddziałują na czynność innych narządów i tkanek.

Hormony są wydzielane do krwi: 1) przez komórki tworzące oddzielne narządy - gruczoły dokrewne lub 2) przez komórki rozsiane w narządach wewnętrznych. Do komórek wewnątrzwydzielniczych rozsianych w narządach wewnętrznych zalicza się komórki serii APUD, które jednocześnie wytwarzają aminy biogenne (serotoninę) i hormony o budowie peptydowej. Związki chemiczne wydzielane do krwi przez komórki wstepujące w innych narządach, poza gruczołami dokrewnymi, noszą nazwę hormonów tkankowych. Do nich zaliczane są np. hormony żołądkowo-jelitowe wydzielane przez komórki wewnątrzwydzielnicze znajdujące się w przewodzie pokarmowym.

W tkankach tworzą się również związki chemiczne działające w miejscu ich powstania, które nie są przenoszone z prądem krwi. Są to hormony miejscowe. Do tej grupy zalicza się szereg związków działających miejscowo, takich jak: histamina, serotonina i prostaglandyny.

Hormony wytwarzane przez gruczoły dokrewne dzieli się w zależności od miejsca ich powstawania oraz budowy cząsteczki. Hormony wytwarzane w organizmie człowieka dzielą się na dwie grupy: 1) zbudowane z aminokwasów lub związków pochodnych - polipeptydy i białka i 2) pochodne cholesterolu.

22.3. Układ podwzgórzowo – przysadkowy

22.3.1. Komórki neurosekrecyjne podwzgórza i płat tylny przysadki

Płat tylny przysadki zbudowany jest głównie z zakończeń włókien nerwowych, będących aksonami komórek neurosekrecyjnych jąder podwzgórza (jądro nadwzrokowe i przykomorowe). Poza włóknami nerwowymi w części nerwowej przysadki znajdują się komórki, zwane pituicytami, będące właściwie komórkami glejowymi. Komórki nerwowe jądra nadwzrokowego i przykomorowego, mające budowę typową dla elementów nerwowych, wykazują zarazem zdolność produkowania substancji białkowych o charakterze hormonów. Substancje te zwane są neurohormonami, a proces ich wydzielania neurosekrecja. Obserwacje komórek neurosekrecyjnych podwzgórza w mikroskopie elektronowym wykazały, że mają one cechy cytologiczne charakterystyczne dla innych komórek wydzielających substancje białkowe. Bardzo silnie rozwinięta jest siateczka śródplazmatyczna ziarnista, będąca miejscem syntezy prohormonów. Wytworzone prohormony zostają w aparacie Golgiego otoczone błoną, tworząc pecherzyki neurosekrecyjne o średnicy od 100 do 200 nm. Pecherzyki przemieszczają się wewnątrz aksonów biegnących w drodze podwzgórzowo-przysadkowej do części nerwowej

przysadki i tu są magazynowane w zakończeniach neurosekrecyjnych aksonów. W pęcherzykach prohormon pod wpływem enzymów podlega fragmentacji na właściwy, aktywny neurohormon i na część nieaktywna o znacznie większej cząsteczce. W czasie pobudzenia komórki neurosekrecyjnej następuje w obrębie zakończenia aksonu zetknięcie się pęcherzyków z wewnętrzną powierzchnią błony komórkowej; pęcherzyki otwierają się i uwalniają na zewnątrz aktywne i nieaktywne cząsteczki. W procesie egzocytosis biorą udział jony wapniowe. W zakończeniach neurosekrecyjnych oprócz bardzo licznych pęcherzyków neurosekrecyjnych występują także małe pęcherzyki o średnicy od 30 do 60 nm, podobne do pęcherzyków synaptycznych.

22.3.2. Neurohormony podwzgórzowe

W jądrze przysadki i w jądrze nadwzrostkowym podwzgórz są syntetyzowane dwa prohormony. Prohormon wazopresyny jest polipeptidem, z którego cząsteczki powstają: wazopresyna, neurofizyna wiążąca wazopresynę i glikopeptyd. Prohormon oksytocyny jest również polipeptidem składającym się z: oksytocyny i neuropeptydu wiążącego oksytocynę. Wazopresyna argininowa - AVP jest cyklicznym nonapeptidem. Rozerwanie pierścienia peptydowego w wazopresynie, które najłatwiej zachodzi pomiędzy 1 i 6 aminokwasem dzięki przerwanemu wiązaniu dwusiarczkowemu, prowadzi do utraty właściwości fizjologicznych. Wydzielona do krwi wazopresyna jest szybko inaktywowana; czas jej połowicznego rozpadu wynosi 18 minut. Wazopresyna kurczy mięśnie gładkie naczyń krwionośnych i zwiększa reabsorpcję wody w nerkach. W związku z tym nazywana jest również hormonem antydiuretycznym - ADH. Wzrost reabsorpcji zwrotnej wody w kanalikach dalszych i cewkach zbiorczych odbywa się dzięki aktywacji znajdujących się tam cyklicznego adenylicznego 3', 5'-monofosforami. Wzrost ciśnienia osmotycznego krwi pobudza osmodetektory znajdujące się w okolicy jądra nadwzrostkowego podwzgórz. Prowadzi to do uwalniania niewielkich ilości wazopresyny z płata tylnego przysadki do krwi i zahamowania utraty wody przez organizm. Znaczne obniżenie ciśnienia tętniczego na skutek utraty krwi, wywołuje wydzielenie do krwi wazopresyny. Wydzielona do krwi wazopresyna kurczy mięśnie gładkie naczyń krwionośnych, tym samym zwiększa całkowity opór naczyń obwodowych, podwyższa ciśnienie tętnicze i poprawia warunki krążenia krwi.

Oksytocyna jest cyklicznym nonapeptidem i wydzielana jest do krwi z płata nerwowego przysadki na drodze odruchowej. Podrażnienie receptorów brodawki sutkowej wywołuje odruchowe wydzielanie oksytocyny, która kurczy mięśnie gładkie przewodów mlecznych i wydalają mleko nagromadzone w przewodach. Podrażnienie receptorów w szyjce macicy i w pochwie również powoduje odruchowe wydzielanie oksytocyny. Odbywa się to w czasie porodu i w czasie aktu płciowego. Rozciągnięcie szyjki macicy przez płód w czasie porodu prowadzi na drodze odruchowej do wydzielania dużych ilości oksytocyny, która działa na mięsień maciczny wywołując jego skurcz. W czasie ciąży, a zwłaszcza w czasie porodu, wzrasta we krwi kobiet ciężarnych zawartość oksytocyny - enzymu rozkładającego oksytocynę. Porcje oksytocyny wydzielone do krwi na drodze odruchowej wywołują skurcz macicy i zostają szybko rozkładane przez oksytocynazę. Wydzielanie kolejnych porcji oksytocyny co kilka lub kilkanaście minut trwa w ciągu całego porodu.

Hormony jajnika zmieniają pobudliwość mięśnia macicznego na działanie oksytocyny. Estrogeny zwiększają progesteron zaś zmniejsza pobudliwość macicy, tak że w czasie jego działania macica nie kurczy się pod wpływem oksytocyny. Zmniejszenie pobudliwości związane jest z hiperpolaryzacją błony komórkowej komórek mięśnia macicy.

Neurony wazopresynogeniczne i oksytocynogeniczne podwzgórz wysyłają swoje aksony nie tylko do płata tylnego przysadki, ale również do innych okolic mózgowia, przede wszystkim do śródmózgowia i do układu brzoźnego (limbicznego) oraz do rdzenia kręgowego. Wykazano, że pod wpływem wazopresyny procesy nerwowe związane z konsolidacją pamięci ulegają przyspieszeniu. Oksytocyna działa przeciwnie, opóźnia konsolidację pamięci, a więc utrudnia zapamiętywanie.

22.3.3. Podwzgórzowe hormony uwalniające i hamujące wydzielanie hormonów z płata gruczołowego przysadki

W podwzgórz powstają związki chemiczne, które są wydzielane do krwi przepływającej przez naczynia włosowate krwionośne w obrębie guza popielatego. Hormony podwzgórzowe, wydzielone do pierwotnej sieci naczyń włosowatych, po przepłynięciu przez przysadkowe naczynia wrotne dostają się do wtórnej sieci naczyń włosowatych i w ten sposób w obrębie płata gruczołowego działają na komórki gruczołowe przysadki.

W podwzgórz powstają hormony o działaniu pobudzającym, powodujące wydzielanie hormonów przez przysadkę, oraz hamującym, zmniejszającym lub całkowicie hamującym biosyntezę i uwalnianie do krwi hormonów przysadki.

Działanie pobudzające ma: hormon uwalniający hormon kortykotropowy - CRF-41 (kortykoliberyna); hormon uwalniający hormon tireotropowy - TRH (tyroliberyna); hormon uwalniający hormon luteinizujący - LH-RH (luliberyna); hormon uwalniający hormon wzrostu - GRF-44 (somatotropina).
Działanie hamujące ma: hormon hamujący uwalnianie hormonu wzrostu (SRIF (somatostatyna); czynnik hamujący uwalnianie prolaktyny - PIF (prolaktostatyna).

Hormony podwzgórzowe są polipeptydami z wiatkiem czynnika hamującego uwalnianie prolaktyny (PIF), który stanowią aminy katecholowe, a przede wszystkim dopamina.

Biosynteza i wydzielanie hormonów podwzgórzowych do przysadkowego układu wrotnego są kontrolowane: bezpośrednio przez mediatorów wydzielanych na synapsach otaczających podwzgórzowe neurony wydzielnicze; na drodze wewnętrznego sprzężenia zwrotnego polegającego na zwrotnym oddziaływaniu hormonów części gruczołowej przysadki na neurony podwzgórza; na drodze zewnętrznego sprzężenia zwrotnego przez hormony zależnych gruczołów dokrewnych (kora gruczołów nadnerczowych, gruczoł tarczowy, gruczoły płciowe).

W podwzgórzu i w strukturach powiązanych z podwzgórzem znajdują się detektory, czyli komórki nerwowe szczególnie wrażliwe na krążące we krwi cząsteczki hormonów gruczołów zależnych od przysadki oraz na hormony płata gruczołowej przysadki. W podwzgórzu następuje konwergencja podrażnienia detektorów z impulsacją aferentną, biegnącą od receptorów całego ciała i wysyłaną przez inne ośrodki mózgowie. W wyniku konwergencji podrażnienia detektorów i impulsacji nerwowej dochodzi do zwiększonego lub zmniejszonego wydzielania hormonów podwzgórzowych i zwiększonego lub zmniejszonego wydzielania poszczególnych hormonów z płata gruczołowej przysadki.

22.4. Przysadka

Przysadka jest częścią międzymózgowia (podwzgórza), z którą jest połączona szwuła, zwana lejkiem. Położona jest w zagłębieniu podstawy wewnętrznej czaszki, w trzonie kości klinowej w dole przysadki, przykrytym przez część opony twardej zwaną przeponą siodła. Jej kształt i wielkość odpowiadają kształtowi i wielkości tego dołu.

Przysadka jest narządem kształtu owalnego, wielkości fasoli, o masie od 0,6 do 0,8g. U dorosłego człowieka jest otoczona torebką przysadki, od której w głąb narządu wnika pasma tkanki łącznej z naczyniami i nerwami. Dzieli się na płat przedni, zwany też przysadką gruczołową, zawierający część lejkową, część pośrednią i część obwodową, oraz na płat tylny, zwany też przysadką nerwową. Płat przedni składa się z komórek tworzących skupienia w postaci pasm nabłonkowych otoczonych tkanką łączną. Część lejkowa jest położona w pobliżu lejka. Zawiera pasma komórkowe oraz liczne naczynia krwionośne. Część obwodowa stanowi najbardziej do przodu wysuniętą część płata przedniego, jest również bogato unaczyniona. Część pośrednia jest utworzona z komórek gruczołowych przysadki barwnikochłonnych i barwnikoopornych, ponadto zawiera tzw. jamę przysadki będącą pozostałością rozwoju zarodkowego.

Płat tylny jest zbudowany z unaczynionego, łącznotkankowego zrebu, w którym leżą zmienione komórki gleju - pituicyty, oraz występuje dużo włókien nerwowych bezrdzennych. Występuje tu również neurosekret, który nie jest wytwarzany na miejscu, lecz w podwzgórzu - w neuronach jąder przednich i przez ich aksony biegnące w lejku, w drodze podwzgórzowo-przysadkowej doprowadzany do płata tylnego. Przysadka jest połączona z pozostałą częścią podwzgórza przez specjalny układ żyłek, zwany układem wrotnym przysadki.

Przysadka pozostaje więc w bliskiej łączności anatomicznej i czynnościowej z pozostałą częścią podwzgórza, tworząc wraz z nim tzw. układ podwzgórzowo-przysadkowy.

22.4.1. Budowa komórek gruczołowych płata przedniego przysadki

Pasma nabłonkowe płata przedniego przysadki zbudowane są z dwóch zasadniczych grup komórek: komórek barwnikochłonnych i barwnikoopornych. Komórki barwnikochłonne, zależnie od wybarwienia się można podzielić na komórki kwasochłonne i zasadochłonne.

Komórki kwasochłonne. Są to komórki okrągłe lub owalne, o średnicy od 14 do 9 μm . Ich jądra leżą przeważnie mimośrodkowo. Komórki te stanowią prawie 40% wszystkich komórek gruczołowych przysadki. Już w mikroskopie świetlnym można wyróżnić dwa typy komórek kwasochłonnych. W obrazach z mikroskopu elektronowego komórki kwasochłonne wyróżniała się silnie rozwinięta siateczka śródplazmatyczna, dobrze rozwinięty aparat Golgiego, ułożony w strefie przyadrowej i dość licznymi, małymi mitochondriami. Obserwacje w mikroskopie elektronowym potwierdziły istnienie dwóch typów komórek kwasochłonnych. Typ pierwszy, odpowiedzialny za wydzielanie hormonu wzrostu (somatotropowego) - GH, charakteryzuje się ziarnistościami o mniejszej średnicy (od 300 do 350 nm). Komórki te nazwano komórkami somatotropowymi. Drugi typ, wydzielający prolaktynę, który zawiera większe ziarnistości (od 600 do 900 nm), nazwano

komórkami prolaktynowymi. W czasie ciąży komórki kwasochłonne ulegają przerostowi i stają się elementami dużymi, prawie pozbawionymi ziarnistości. Tak przekształcone komórki kwasochłonne nazywa się komórkami ciążowymi.

Komórki zasadochłonne są największymi komórkami gruczołowymi przysadki. Mają kształt wieloboczny, kulisty lub owalny i średnice od 15 do 40 µm. W cytoplazmie tych komórek występują liczne drobne ziarnistości barwiące się zasadochłannie, które wykazują pewne różnice gatunkowe, są jednakże wyraźnie mniejsze niż ziarnistości komórek kwasochłonnych. Wyróżnia się trzy typy komórek zasadochłonnych. Pierwszy typ, wydzielający hormon tyreotropowy - TSH, stanowią komórki tyreotropowe. Mają one kształt wielokątny, a ich ziarna mają zaledwie 100 nm średnicy i układają się przeważnie na obwodzie komórki. Cytoplazma tych komórek zawiera miernie rozwiniętą ziarnistą siateczkę śródplazmatyczną, dość liczne, małe mitochondria i dość dobrze rozwinięty aparat Golgiego, znajdujący się w pewnej odległości od jądra.

Drugi typ komórek zasadochłonnych to komórki gonadotropowe. Ziarnista siateczka śródplazmatyczna jest w nich silnie rozwinięta niż w komórkach tyreotropowych, a jej zbiorniki są często rozszerzone. Również silnie jest wykształcony aparat Golgiego. Ziarenka wydzielnicze są nieco większe niż w komórkach tyreotropowych (do 200 nm średnicy). Komórki te wydzielają hormony gonadotropowe - FSH i LH.

Trzeci typ komórek zasadochłonnych to komórki kortykotropowe. W komórkach tych jest syntetyzowana pro-opiomelanokortyna, z której powstają: hormon adrenokortykotropowy (ACTH), hormon gamma-melanotropowy (γ -MSH) i hormon beta-lipotropowy (β -LPH).

W podobnych komórkach części pośredniej jest także syntetyzowana pro-opio- melanokortyna, z której powstają: hormony melanotropowe (ν -MSH, α -MSH), peptyd kortykotropopodobny płata pośredniego (CLIP) i hormon lipotropowy (β -LPH). Ziarenka tych komórek, o średnicy od 150 do 200 nm mają gęsty elektronowo rdzeń oddzielony od błony otaczającej jasną przestrzenią.

Komórki barwnikoodporne są najliczniejsze wśród komórek gruczołowych przysadki. Stanowią 45-50% wszystkich komórek. Komórki barwnikoodporne są zwykle małe i zawierają stosunkowo mało cytoplazmy, lecz mogą osiągać rozmiar komórek kwasochłonnych, a nawet zasadochłonnych. Część z nich stanowią komórki niezróżnicowane, które mają słabo rozwiniętą siateczkę śródplazmatyczną i aparat Golgiego, dość liczne mitochondria i nie zawierają ziarnistości. Komórki te są elementami macierzystymi dla komórek kwasochłonnych i zasadochłonnych. Pozostałe komórki barwnikoodporne są w istocie pozbawionymi przejściowo ziarnistości komórkami kwasochłonnymi lub zasadochłonnymi, gdyż w mikroskopie elektronowym wykazują cechy tych komórek. Można w nich także dostrzec pojedyncze ziarenka wydzielnicze.

Rzeczywiste komórki barwnikoodporne, w znaczeniu komórek niezróżnicowanych, są więc w istocie znacznie mniej liczne, niż to początkowo sądzono.

22.4.2. Czynność płata gruczołowego przysadki

Komórki płata gruczołowego przysadki wydzielają hormony działające na tkanki bezpośrednio lub pośrednio poprzez zależne gruczoły dokrewne.

Hormony działające bezpośrednio na tkanki są to: hormon wzrostu – GH; prolaktyna - PRL.

Hormony tropowe działające poprzez zależne gruczoły dokrewne są to: hormon kortykotropowy - ACTH, pobudzający kory nadnerczy; hormon tyreotropowy - TSH, kontrolujący czynność tarczycy; hormon folikulotropowy - FSH, działający u kobiet na pęcherzyki jajnikowe (Graafa) w jajnikach, u mężczyzn na cewki nasienne w jądrach; hormon luteinizujący - LH, który u kobiet wywołuje owulację i tworzenie się ciała żółtego w jajnikach, u mężczyzn zaś pobudza do wydzielania komórki śródmiąższowe (Leydiga) w jądrach.

22.4.2.1. Hormon wzrostu - GH

Ludzki hormon wzrostu -hGH - stanowi łańcuch polipeptydowy o masie cząsteczkowej około 21 500. Wydzielanie jego z przysadki do krwi jest największe w pierwszych godzinach snu, w fazie SEM stadium 3 i 4 snu. W czasie czuwania wydzielanie hormonu wzrostu podwyższa się pod wpływem bólu, zimna, wysiłku fizycznego, głodu i obniżenia zawartości glukozy we krwi. Podwyższenie zawartości aminokwasów we krwi, szczególnie argininy, wywołuje również zwiększone wydzielanie hormonu wzrostu. Dobowe wydzielanie hormonu wzrostu podwyższa się u dzieci w miarę ich rozwoju, osiągając maksimum po osiągnięciu dojrzałości płciowej. U ludzi dorosłych w wieku od 21 do 41 lat wydzielanie hormonu wzrostu jest nieco niższe niż u dzieci kilkunastoletnich i wynosi od 0,2 do 1,0 mg na dobę. U ludzi starszych, w miarę przybywania lat, dobowe wydzielanie hormonu wzrostu stopniowo się obniża. Hormon wzrostu uczestniczy w regulacji przemiany białek, węglowodanów, tłuszczów i soli mineralnych w organizmie. Pod wpływem hormonu wzrostu dochodzi do wzmożonej syntezy białka komórkowego. Hormon wzrostu pobudza tworzenie się w wątrobie i w nerkach somatomedyny, która działając bezpośrednio na chrząstki przy- nasadowe

kości długich poszerza je i przyczynia się do ich wydłużania. Hormon wzrostu podwyższa stężenie glukozy we krwi na skutek zahamowania syntezy glikogenu w mięśniach i obniżonego zużycia glukozy w całym organizmie. W wątrobie zaś dochodzi do wzmożonej glikoneogenezy i do wzrostu zawartości glikogenu wątrobowego. GH ma działanie lipolityczne, tak że na skutek jego zwiększonego wydzielania dochodzi do podwyższenia poziomu krążących we krwi wolnych kwasów tłuszczowych. Podwzgórze reguluje uwalnianie GH z płata gruczołowego przysadki za pośrednictwem dwóch hormonów wydzielanych do przysadkowych naczyń włosowatych. Hormon uwalniający hormon wzrostu z przysadki - somatokrylina (GRF- 44) pobudza wydzielanie GH, a hormon hamujący uwalnianie hormonu wzrostu z przysadki, czyli somatostatyna (SRIF) działa przeciwnie.

22.4.2.2. Prolaktyna - PRL

Prolaktyna ma masę cząsteczkową około 23 400 i pod względem budowy chemicznej jest zbliżona do hormonu wzrostu. Wydzielana jest przez część gruczołową przysadki w ciągu całego życia, zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet. Jej stężenie w osoczu krwi wzrasta w czasie snu, wysiłku fizycznego i działania czynników emocjonalnych. U kobiet ciężarnych jej dobowe wydzielanie stopniowo wzrasta osiągając maksimum w okresie porodu. Karmienie piersią, kiedy niemowlę ssie brodawkę sutkową, jest silnym bodźcem zwiększającym wydzielanie prolaktyny. W czasie pierwszych kilku miesięcy po porodzie u kobiet karmiących niemowlęta piersią czyli w okresie laktacji, wysokie stężenie prolaktyny w osoczu działa hamująco na wydzielanie hormonów gonadotropowych (FSH i LH) i nie dochodzi do owulacji. Nie występuje również w tym czasie krwawienia miesięczne.

Wydzielanie prolaktyny przez komórki przedniego płata przysadki jest stale hamowane przez podwzgórze za pośrednictwem czynnika hamującego uwalnianie prolaktyny - PIF, którym jest przede wszystkim dopamina. Preparaty farmakologiczne, do których należą bromokryptyna, pobudzają receptory dopaminoergiczne w błonie komórkowej komórek prolaktynowych przysadki, hamują wydzielanie PRL. Przeciwnie działające, zwiększające wydzielanie PRL, mają preparaty blokujące receptory dopaminoergiczne w błonie komórkowej, jak np. chlorpromazyna.

22.4.2.3. Hormony tropowe - TSH, FSH, LH i ACTH

Hormony tropowe wydzielane przez płat gruczołowy przysadki kontrolują czynność zależnych gruczołów dokrewnych. Hormony zależnych gruczołów dokrewnych (kora gruczołu nadnerczowego, gruczoł tarczowy i gruczoły płciowe) na drodze zewnętrznego sprzężenia zwrotnego działają na detektory w podwzgórze i zwrótnie hamują sekrecję odpowiednich podwzgórzowych hormonów uwalniających.

Komórki tyrotropowe płata gruczołowego przysadki wydzielają hormon tyrotropowy (TSH), a komórki gonadotropowe dwa hormony: hormon folikulotropowy (FSH) i hormon luteinizujący (LH). W komórkach kortykotropowych wytwarzany jest prohormon, którym jest pre-pro-opiomelanokortyna (POMC) - polipeptyd zbudowany z łańcucha składającego się z 265 aminokwasów. Po fragmentacji pre-pro-opiomelanokortyny do krwi wydzielane są: hormon kortykotropowy (ACTH), hormon gamma-melanotropowy (γ -MSH) i hormon beta-lipotropowy (β -LPH). Z tego ostatniego powstaje hormon gamma lipotropowy (γ -LPH) i β -endorfina.

Hormony kory gruczołu nadnerczowego, hormony płciowe i szczególnie hormony gruczołu tarczowego działają na wszystkie tkanki, w tym również na komórki wydzielnicze płata gruczołowego przysadki. Dzięki tym sprzężeniom zwrotnym oraz synergistycznemu lub antagonistycznemu działaniu hormonów na podwzgórze i płat gruczołowy przysadki wydzielanie hormonów przez gruczoły dokrewne stale jest regulowane. Hormony tropowe wydzielane są do krwi w niewielkich porcjach. Podtrzymują one wydzielanie spoczynkowe zależnych od przysadki gruczołów dokrewnych. W czasie ostrego zapotrzebowania na hormony przysadka wydziela duże ilości hormonów tropowych.

22.4.2.4. Czynność części pośredniej przysadki

Komórki wewnątrzwydzielnicze części pośredniej przysadki syntetyzują polipeptyd zawierający w cząsteczce 265 aminokwasów, nazywany pre-pro-opiomelanokortyną (POMC). Jest on prohormonem, z którego po fragmentacji na skutek przerywania wiązań peptydowych w cząsteczce powstały: hormon gamma-melanotropowy (γ -MSH), hormon alfa-melanotropowy (α -MSH), peptyd płata pośredniego przysadki kortykotropopodobny (CLIP) i hormon beta-lipotropowy (β -LPH). Peptyd płata pośredniego przysadki kortykotropopodobny (CLIP) stanowi część aktywnej cząsteczki hormonu kortykotropowego (ACTH).

Hormon beta-lipotropowy podlega dalszej fragmentacji na hormon gamma-melanotropowy (γ -LPH) i β -endorfina.

Hormon melanotropowy wywołuje, u ludzi zmianę w rozmieszczeniu melaniny w skórze oraz uwalnia wolne kwasy tłuszczowe z tkanki tłuszczowej. Tak zwane peptydy opioidowe, do których

zalicza się endorfiny i enkefalinę, syntetyzowane również przez komórki nerwowe w mózgowiu i komórki kortykotropowe płata gruczołowej przysadki, zmniejszają wrażliwość ośrodków odbierających impulsację bólową. Stąd pochodzi ich nazwa - endorfina, tj. endogenna morfina.

22.5. Szyszynka

Szyszynka jest również częścią międzymózgowia (nadwzórza). Jest to mały narząd, kształtem podobny do przypłaszczonego stożka, którego wierzchołek skierowany jest ku tyłowi. Szyszynka dorosłego człowieka waży od 0,1 do 0,2 g, ma od 5 do 9 mm długości, od 3 do 6 mm szerokości i od 3 do 5 mm grubości. Leży na blaszce pokrywnej, w zagłębieniu między wzgórkami górnymi. Jej podstawa zwrócona jest do komory trzeciej, wpuklającej się w kierunku szyszynki w postaci płytkowego zachyłka szyszynkowego, do którego wejście jest ograniczone przez spoidło uzdeczek i spoidło tylnie. Większa część szyszynki jest otoczona oponą miękką tworzącą jednocześnie torebkę narządu, od której odchodzą w głąb gruczołu przegrody łącznotkankowe. Szyszynka jest bogato unaczyniona i unerwiona. Mięsz szyszynki składa się z komórek szyszynki - pinealocytów, a także z komórek glicyrowych, pojedynczych komórek nerwowych, fibroblastów, limfocytów, komórek plazmatycznych, komórek tucznych, makrofagów i komórek barwnikowych.

22.5.1. Budowa komórek szyszynki

Głównym składnikiem komórkowym szyszynki są pinealocyty, komórki wielowypustkowe o nieregularnym kształcie. Charakteryzują się dość dużym pecherzykowym jądrem, o nieregularnym kształcie, z silnie pofałdowaną błoną jądrową. Granice międzykomórkowe są słabo widoczne, a po impregnacji solami srebra lub złota ujawniają się długie wypustki pinealocytów, kończące się w bliskim sąsiedztwie naczyń krwionośnych.

Siateczka śródplazmatyczna, zarówno jej postać gładka, jak i ziarnista, jest w pinealocytach dość dobrze rozwinięta. Często występuje aparat Golgiego. Liczba mitochondriów jest u większości pinealocytów bardzo duża. Pinealocyt zawiera także, w zmiennej liczbie, krople lipidów i lizosomy. Centriole spostrzeżać się wiatkowo rzadko. Cechą bardzo charakterystyczną dla szyszynki jest obecność tzw. piasku szyszynki, zbudowanego z hydroksyapatytu i węglanu wapniowego. Ziarna piasku szyszynki mają najczęściej układ koncentrycznie ułożonych warstw i osiągają niekiedy znaczne rozmiary. Pojawiają się w niedługim czasie po urodzeniu, osiągają pewien poziom w okresie pokwitania, a później ich liczba nie wykazuje istotnych różnic związanych z wiekiem.

22.5.2. Czynność szyszynki

Pinealocyt wytwarza specyficzne substancje związku indolowe, w tym melatonina, uważana za hormon szyszynki, i związki peptydowe), działające na inne narządy, głównie na oś: podwzórza - przysadka - gonady. Oddziałują hamująco szczególnie na ośrodki kontrolujące wydzielanie gonadotropin, opóźniając w ten sposób dojrzewanie płciowe. Melatonina wpływa także na ośrodki kontrolujące sen i czuwanie.

Wydzielanie szyszynki kontrolowane jest przez różne czynniki środowiska, wśród których należy przede wszystkim wymienić warunki oświetlenia. Fale świetlne docierające do siatkówki oka są przetwarzane na impulsy nerwowe i następnie przekazywane przez ośrodkowy układ nerwowy do układu autonomicznego - do zwoju szynowego górnego, którego włókna zakończone w szyszynce regulują jej aktywność wydzielniczą.

22.6. Gruczoły nadnerczowe

Gruczoły nadnerczowe są to parzyste narządy, położone w przestrzeni zaotrzewnowej jamy brzusznej, bezpośrednio na końcach górnych nerek, oddzielone od nich tylko niewielką ilością tkanki tłuszczowej. Gruczoły te są spłaszczone w kierunku przednio-tylnym i mają różny kształt. Gruczoł nadnerczowy lewy jest porównywany do półksiężyca, prawy zaś do mitry biskupiej.

W gruczole wyróżnia się powierzchnie: nerkową, przednią i tylną oraz brzeg górny i brzeg przysadkowy. Na powierzchni przedniej występuje ponadto niewielka bruzda, zwana wnęką, przez którą przechodzą naczynia i nerwy. Wymiary gruczołu nadnerczowego wynoszą: 5 x 3 x 1 cm, masa od 10 do 18 g.

Gruczoł nadnerczowy jest otoczony torebką nadnercza, błoną włóknistą, wswłaiącą wypustki w głąb miąższu. Dzieli się na korę nadnercza i rdzeń nadnercza, przyczyni kora stanowi od 80 do 90% masy całego narządu. Jest bogato unaczyniony.

22.6.1. Kora gruczołów nadnerczowych

Kora gruczołów nadnerczowych tworzą trzy warstwy zwane też strefami: kłębkowatą, pasmowatą i siatkowatą. Wyróżnia się ponadto strefę pośrednią przyrdzenną.

Warstwa kłębkowata leży najbliższej torebki gruczołu i jest zbudowana ze skupień komórek walcowatych.

Warstwa pasmowata jest najszerza i najlepiej rozwinięta. Tworzą ją komórki o wielobocznym kształcie, układające się w długie pasma, prostopadłe do powierzchni kory. Ze względu na gąbczasty wygląd cytoplazmy komórki te nazwano komórkami gąbczastymi lub spongiocytami. Zawierają wolne kwasy tłuszczowe, enzymy (lipazy, proteazy), cholinę oraz ziarenka witaminy C.

Warstwa siatkowata jest położona najbliższej rdzenia gruczołu nadnerczowego. Nazwa jej pochodzi stąd, że pasma komórkowe tworzą sieć, w której oczkach znajdują się naczynia krwionośne. Komórki, z których jest zbudowana sieć, zawierają lipidy i lipofuscyne.

22.6.2. Budowa komórek kory gruczołów nadnerczowych

Warstwa kłębkowata kory zawiera kuliste lub owalne skupienia komórek walcowatych. Jądra tych komórek mają kształt kulisty i zabarwiają się dość intensywnie. Gładka siateczka śródplazmatyczna jest bardzo silnie rozwinięta i tworzy system łączących się kanalików. Ziarnista siateczka śródplazmatyczna jest miernie obfita, a dość słabo rozwinięty aparat Golgiego leży przyrdzowo. Mitochondria są liczne, mają typowy układ grzebieni. Krople lipidów są małe i stosunkowo nieliczne. Komórki warstwy kłębkowatej wytwarzają mineralokortykoidy.

Warstwa pasmowata kory. Jej komórki mają kształt wielobocznego i są większe niż komórki warstwy kłębkowatej. Są ułożone w podłużne pasma, poprzedzielane przegrodami z tkanki łącznej, z obfita siecią naczyń włosowatych. Jądro jest położone centralnie, często występują komórki zawierające dwa jądra. Siateczka śródplazmatyczna gładka jest bardzo silnie rozwinięta, natomiast ziarnista jest mniej obfita. Aparat Golgiego jest dość duży, umiejscowiony w pobliżu jądra. Lizosomy są dość liczne, zlokalizowane w pobliżu aparatu Golgiego. Występują także, zwłaszcza u osobników starszych, niezbyt liczne ziarna lipofuscyne. Mitochondria są mniej liczne i o wymiarach mniejszych niż w komórkach warstwy kłębkowatej. Mają charakterystyczny układ cewek zamiast grzebieni. Krople lipidów są bardzo liczne. Komórki warstwy pasmowatej wytwarzają glikokortykoidy.

Warstwa siatkowata kory. W warstwie siatkowatej regularne pasma komórek warstwy poprzedniej przechodzą w pasma łączące się w siateczkę. Komórki warstwy siatkowatej są mniejsze niż komórki warstwy pasmowatej. Zawierają znacznie mniej kropli tłuszczu, duża jest natomiast liczba ziaren lipofuscyne. Siateczka śródplazmatyczna gładka występuje w dużej ilości, aparat Golgiego jest słabo rozwinięty, a mitochondria typu cewkowatego często są nieregularne i zwakuolizowane. W pobliżu rdzenia można wyróżnić komórki "jasne" i "ciemne". Jądra komórek jasnych barwią się słabo, natomiast jądra komórek ciemnych są hiperchromatyczne i obkurczone. Ziarna lipofuscyne są liczniejsze w komórkach ciemnych. Komórki warstwy siatkowatej wytwarzają głównie androgeny.

22.6.3. Rdzeń gruczołów nadnerczowych

Rdzeń gruczołów nadnerczowych ma położenie środkowe. Składa się z kulistych lub wielobocznych komórek układających się w pasma, zwanych komórkami chromochłonnymi lub feochromowymi. Cytoplazma komórek wykazuje powinowactwo do soli chromowych, którymi barwi się na kolory od żółtego do brązowego.

W bezpośrednim sąsiedztwie komórek chromochłonnych znajdują się zatoki żyłne, w których ścianie występują liczne pasma włókien mięśni gładkich o podłużnym przebiegu.

22.6.4. Budowa komórek gruczołów nadnerczowych

Rdzeń gruczołów nadnerczowych jest utworzony z gęstej sieci pasm komórkowych. Kształt tych komórek jest nieregularny lub wydłużony. Wykazują one powinowactwo do soli chromu. W obrębie komórek chromochłonnych wyróżniamy: komórki adrenalino twórcze i komórki noradrenalinotwórcze.

W obrazach mikroskopowo-elektronowych cechą najbardziej charakterystyczną jest obecność w cytoplazmie obu typów komórek osmofilnych ziaren o średnicy od 50 do 350 nm. Ziarna komórek noradrenalinotwórczych charakteryzują się niezmiernie silnym wybarwieniem, natomiast ziarna komórek adrenalintwórczych mają nieco mniejszą gęstość elektronową. Położony przyrdzowo aparat Golgiego często w obrębie rozszerzonych zbiorników zawiera gęsty materiał będący prekursorem ziaren wydzielniczych. Liczba mitochondriów jest niezbyt duża, a siateczka śródplazmatyczna ziarnista jest średnio rozwinięta. Komórki rdzenia gruczołów nadnerczowych wytwarzają hormony będące również substancjami przekąźnikowymi poza zwojowych synaps adrenergicznych. Komórki

adrenalinotwórcze wytwarzają adrenalinę, która podwyższa ciśnienie krwi, natomiast komórki noradrenalinotwórcze wytwarzają noradrenalinę, będącą ważnym przekaźnikiem nerwowym i współczulnym. Komórki noradrenalinotwórcze wytwarzają także pre-pro-enkefalinę i wydzielają do krwi enkefalinę metioninową i leucynową. Oprócz komórek chromochłonnych w obrębie rdzenia gruczołów nadnerczowych występują także nieliczne duże komórki nerwowe zwojowe.

22.6.5. Czynność gruczołów nadnerczowych

Gruczoł nadnerczowy pod względem anatomicznym stanowi jeden narząd, natomiast czynność jego części korowej i części rdzeniowej znacznie się różni. Kora gruczołów nadnerczowych wytwarza hormony pochodne cholesterolu, a rdzeń gruczołów nadnerczowych wydzielają do krwi aminy katecholowe i enkefalinę. Kora gruczołów nadnerczowych jest gruczołem zależnym od przysadki i nie ma unerwienia wydzielniczego. Czynność rdzenia gruczołów nadnerczowych jest zaś kontrolowana za pośrednictwem nerwów trzewnych należących do układu autonomicznego.

22.6.6. Czynność kory gruczołów nadnerczowych

Hormony kory gruczołów nadnerczowych dzielą się na trzy zasadnicze grupy: glikokortykoidy, mineralokortykoidy i androgeny.

Najważniejszymi hormonami należącymi do glikokortykoidów są kortyzol i kortykosteron. Tylko niewielki procent kortyzolu i kortykosteronu krąży we krwi w postaci wolnej, nie związanej z białkiem. Hormony wydzielane do krwi wiążą się z białkami osocza. Kortyzol wiąże się z białkiem należącym do frakcji α -globulin, czyli transkortyną lub globuliną wiążącą kortyzol. Hormony związane z białkiem są nieczynne. Hormony zaś nie związane z białkami osocza są aktywne. Zawartość wolnych glikokortykoidów we krwi regulowana jest przez dwa mechanizmy. Jeden wiąże się z wydzielaniem ACTH przez płat gruczołowy przysadki. Drugi zaś polega na wytwarzaniu transkortyny przez wątrobę i zmniejszaniu zawartości we krwi hormonów nie związanych z białkami osocza. Podwyższona zawartość transkortyny we krwi obniża poziom wolnych glikokortykoidów krążących we krwi i zwrótnie zwiększa wydzielanie ACTH. Przy obniżonej zawartości transkortyny we krwi poziom wolnych glikokortykoidów podwyższa się i zwrótnie hamuje wydzielanie ACTH.

Glikokortykoidy metabolizowane są w wątrobie i wydalane z moczem jako metabolity związane z resztą kwasu glukuronowego lub jako 17-ketosteroidy związane z resztą kwasu siarkowego.

Glikokortykoidy oddziałują na metabolizm węglowodanów, białek i tłuszczów w tkankach całego organizmu. W wątrobie przyspieszają syntezę glikogenu i jednocześnie aktywują glukozo-6-fosfatazę. Dzięki temu zawartość glukozy we krwi podwyższa się. Glikokortykoidy utrzymują prawidłową pobudliwość mięśni poprzecznie prążkowanych, mięśni gładkich i mięśnia sercowego. Zwiększają wydzielanie soku żołądkowego. Obniżają liczbę krążących we krwi obwodowej eozynofiliów i limfocytów poprzez hamowanie ich podziałów i przyspieszony rozpad. Węzły chłonne i gruczoły pod wpływem glikokortykoidów zmniejszają swoje rozmiary.

W grupie mineralokortykoidów najważniejszy jest aldosteron. W przeciwieństwie do glikokortykoidów wydzielanie jego jest regulowane, poza ACTH, przez wzrost we krwi zawartości angiotensyny II i stężenia K^+ . Mineralokortykoidy zwiększają w kanalikach dalszych nerek resorpcję zwrotną jonów sodowych z przesączu kłębkowego, jednocześnie zwiększają sekrecję jonów potasowych. Podobnie działają one na gruczoły przewodu pokarmowego, zatrzymując jony sodowe w organizmie i zwiększają objętość płynu zewnątrzkomórkowego. W komórkach mięśniowych i nerwowych mineralokortykoidy zwiększają zawartość potasu i jednocześnie zmniejszają zawartość sodu.

Zasadniczym hormonem należącym do grupy androgenów jest dehydroepiandrosteron. Do jego pochodnych należą również testosteron i estradiol. Pod wpływem androgenów przyspiesza się synteza białek i wzrost organizmu oraz rozwijają się niektóre drugorzędowe cechy płciowe o typie męskim.

22.6.7. Czynność rdzenia gruczołów nadnerczowych

Rdzeń gruczołów nadnerczowych jednocześnie wydzielają adrenalinę i znacznie mniej noradrenalinę. Adrenalina i noradrenalina są to aminy katecholowe stanowiące łącznie hormon rdzenia nadnerczy. Adrenalina powstaje w cyklu przemian z aminokwasu fenylealaniny poprzez tyrozynę, DOPA, dopaminę i noradrenalinę. Adrenalina i noradrenalina są syntetyzowane i magazynowane w pecherzykach, w komórkach rdzenia gruczołu nadnerczowego. W pecherzykach są związane z adozynotryfosforanami. W czasie pobudzenia komórki pecherzyki stykające się od wewnątrz z błoną komórkową pękają i ich treść zostaje usunięta na zewnątrz. Wydzielanie hormonów rdzenia nadnerczy polega na egzocytozie. Następnie puste pecherzyki zamykają się i odsuwają od błony komórkowej. Następuje ponowne ich wypełnienie hormonem. Wydzielanie hormonu rdzenia

nadnerczy do krwi odbywa się pod wpływem impulsacji biegnącej przez nerwy trzewne. Przedzwojowe włókna współczulne o zakończeniach cholinergicznym unerwiają rdzeń gruczołu nadnerczowego. Pod wpływem acetylocholin, wydzielonej na zakończeniach włókien typu β , do wnętrza komórek rdzenia gruczołu nadnerczowego wnika ion wapniowy, które wywołują egzocytozę zawartości pęcherzyków i wydzielanie hormonu. Ośrodki nerwowe bezpośrednio kontrolujące wydzielanie hormonu przez rdzeń gruczołu nadnerczowego znajdują się w rogach bocznych istoty szarej w części piersiowej rdzenia kręgowego, ośrodki nadrzędne zaś w podwzgórzu.

Adrenalina i noradrenalina krążące we krwi przenikają do tkanek, w których są następnie metabolizowane, a ich pochodne związane z resztą kwasu siarkowego lub glukuronowego wydzielane są z moczem. We wszystkich tkankach występują enzymy, szczególnie aktywne w wątrobie. Są to: tlenowa metylotransferaza katecholowa i oksydaza monoaminowa. Enzymy te metabolizują noradrenalinę i adrenalinę do 3-metoksynoradrenaliny i 3-metoksyadrenaliny do kwasu 3-metoksy-4-hydroksymigdałowego.

Hormony rdzenia nadnerczy wywierają swój wpływ na komórki innych tkanek, działając poprzez α - i β -receptory, znajdujące się na ich błonie komórkowej. Adrenalina działa jednocześnie na α - i β -receptory. Ostateczny efekt wywołany przez adrenalinę jest wypadkową jej działania na oba rodzaje receptorów.

Adrenalina działa na komórki mięśni gładkich w ścianach naczyń krwionośnych, w przewodzie pokarmowym i w oskrzelach. Pod wpływem adrenaliny rozszerzają się naczynia krwionośne w mięśniach poprzecznie prążkowanym oraz zwężają w skórze, w błonach śluzowych i w narządach jamy brzusznej. Adrenalina rozkurcza mięśnie gładkie w ścianach przewodu pokarmowego, w oskrzelach i w pęcherzu moczowym i przyspiesza częstość skurczów serca, zwiększa pojemność wyrzutową serca i podwyższa ciśnienie tętnicze krwi. Podwyższa również zawartość glukozy we krwi, działając glikogenolitycznie na komórki wątrobowe poprzez cyklazę adenylową i cykliczny AMP. Komórki noradrenalinotworcze syntetyzują również polipeptyd zawierający w swej cząsteczce 267 aminokwasów nazwany pre-pro-enkefaliną. Po fragmentacji cząsteczki prohormonu powstaje z niej 6 cząsteczek enkefaliny met-enkefaliny i 1 cząsteczka enkefaliny leucynowej. Wydzielone do krwi enkefaliny krążą w organizmie, ale nie zostało wykazane ich działanie na ośrodki nerwowe czucia bólu, ponieważ nie przenikają przez barierę mózgową pomiędzy krwią a tkanką nerwową.

22.6.8. Skupienia komórek chromochłonnych

Skupienia komórek chromochłonnych są utworzone przez występujące w różnych częściach ciała komórki, takie same, z jakich zbudowany jest rdzeń gruczołów nadnerczowych. Mają one również zdolność wydzielania tych samych hormonów. Z nich zbudowane są: ciała przyaortowe, kłębek szynowy i kłębek guziczny.

Ciała przyaortowe położone są w jamie brzusznej w przestrzeni zaotrzewnowej, po obu stronach aorty brzusznej na wysokości odejścia tętnicy kręzkowej dolnej. Mają kształt wydłużony, wielkość ziaren fasoli, liczba ich jest zmienna. Bogato unaczynione, otoczone są torebką łącznotkankową.

Kłębek szynowy położony jest nieco ku tyłowi, od miejsca podziału tętnicy szynowej wspólnej. Zawiera nie tylko skupienia komórek chromochłonnych, ale również zespolenia tętniczo-żylnie i chemoreceptory. Jest wielkości ziarna pieprzu, bogato unaczyniony, nie ma torebki.

Kłębek guziczny leży na powierzchni miednicznej ostatniego kręgu guzicznego. Obecność w nim komórek chromochłonnych jest podawana w wątpliwość, zawiera natomiast zespolenia tętniczo-żylnie. Jest wielkości ziarna prosa, bogato unaczyniony, nie ma torebki. Ponadto należy wymienić kłębek aortalny położony w błonie zewnętrznej wypukłej części łuku aorty. Nie zawiera on wprawdzie komórek chromochłonnych, ale jego rola jest bardzo istotna ze względu na znajdujące się w nim czuciowe zakończenia nerwu błędnego, stanowiące chemoreceptory wrażliwe na prężność dwutlenku węgla i tlenu we krwi tętniczej.

22.6.9. Czynność kłębka szyjnego

Kłębki szynowe unerwione są czuciowo przez gałązki nerwów językowo-gardłowych. Zakończenia czuciowe tego nerwu są wrażliwe na prężność dwutlenku węgla i tlenu we krwi tętniczej dopływającej do kłębków. Wzrost prężności dwutlenku węgla lub obniżenie prężności tlenu pobudza zakończenia czuciowe nerwu językowo-gardłowego, stanowiące chemoreceptory. Komórki chromochłonne kłębka językowego zawierają dopaminę, która uwolniona z komórek zmniejsza pobudliwość chemoreceptorów. W ten sposób dochodzi do modulacji impulsacji nerwowej biegnącej do ośrodka oddechowego w rdzeniu przedłużonym.

22.7. Gruczoł tarczowy

Gruczoł tarczowy jest nieparzystym narządem położonym w dolnej części przestrzeni szwi środkowej. Składa się z dwóch płatów: prawego i lewego, oraz wąskiej, środkowej części - weziny gruczołu tarczowego. W połowie przypadków od weziny odchodzi ku górze wydłużona część narządu - płat piramidowy. Płaty sięgają swoimi górnymi końcami do krtań, a dolnymi do V chrząstki tchawicy. Wezina przebiega poprzecznie przed tchawicą na wysokości II-III chrząstki tchawicy. Z boku płaty przylegają do tchawicy, od przodu przykrywają je mięśnie podgnykowe.

Długość każdego z płatów wynosi około 5 cm, szerokość 3 cm, grubość 2 cm, a masa całego gruczołu tarczowego od 30 do 60 g.

Gruczoł tarczowy jest otoczony torebką włóknistą, która zrasta się z tchawicą i krtanią. W utrzymaniu gruczołu pomagają również więzadła i mięśnie. Od torebki odchodzą w głąb narządu przegrody łącznotkankowe wytwarzające zrab gruczołu, dzielące go na płaciki.

W przegrodach łącznotkankowych spotyka się zawsze pewną liczbę limfocytów, czasami są to nawet grudki chłonne. W obrębie płacików tkanka łączna zawierająca liczne włókna siateczkowe, naczyń i nerwy oddziela od siebie pecherzki gruczołu tarczowego o kształcie kulistym lub owalnym, rzadziej wielobocznym. Każdy płacik zawiera od 20 do 40 pecherzyków. Wnętrze pecherzyków jest wypełnione koloidem. Wielkość ich zmienia się w zależności od stanu czynnościowego gruczołu.

Gruczoł tarczowy charakteryzuje się bogatym unaczynieniem krwionośnym. Jest zaopatrywany z kilku źródeł (najmniej z czterech). W ciągu 1 minuty otrzymuje na 1 g narządu więcej krwi niż nerka. Obserwuje się liczne zespolenia tętniczo-żylny. W pobliżu mogą występować gruczoły tarczowe dodatkowe.

22.7.1. Budowa komórek pecherzyków gruczołu tarczowego

Głównym elementem budowy gruczołu tarczowego są pecherzki. Mają one średnice od 80 do 90 μm i wysłane są nabłonkiem jednowarstwowym, którego komórki główne (tyrocycy), charakteryzują się zmienną wysokością w zależności od stanu czynnościowego. W stadium wytwarzania wydzieliny mają kształt sześcienny, w okresie gromadzenia koloidu ulegają spłaszczeniu, natomiast w stadium wydzielania do krwiobiegu stają się walcowate.

Jadro tyrocycy jest kuliste, położone centralnie. Mitochondria są niezbyt liczne. Siateczka śródplazmatyczna jest różnie obfita w poszczególnych komórkach. W komórkach płaskich występuje zaledwie kilka wydłużonych cystrn, podczas gdy w komórkach sześciennych jest ona silnie rozwinięta. Aparat Golgiego zwykle leży w strefie nadiadrowej lub przwiadrowej. W szczytowej części komórki występują dość liczne lizosomy oraz pecherzki różnej wielkości. Na wolnej powierzchni komórki występują liczne mikrokosmki.

Komórki główne gruczołu tarczowego odpowiedzialne są za produkcję tyroksyny i triiodotyroniny. Oprócz opisanych wyżej komórek głównych w przestrzeniach międzypecherzykowych występują także komórki zwane komórkami przypiecherzykowymi (parafolikularnymi, komórkami C). W komórkach tych znajdują się liczne ziarnistości o średnicy około 150 nm, zawierające prawdopodobnie serotoninę. Komórki przypiecherzykowe wydzielają hormon - kalcytoninę.

22.7.2. Czynność gruczołu tarczowego

Hormonem tarczycy jest tyroksyna - T_4 , aminokwas zawierający w cząsteczce cztery atomy jodu, i triiodotyronina - T_3 , aminokwas z wbudowanymi trzema atomami jodu. Wytwarzanie i wydzielanie hormonu tarczycy (T_3 i T_4) przebiega w czterech etapach. W pierwszym następuje wchwytwanie przez komórki nabłonka pecherzyków gruczołu tarczowego, jodu nieorganicznego i aminokwasu - tyrozyny, krążących z krwią. Następnie dochodzi do syntezy triiodotyroniny i tyroksyny w komórkach nabłonka pecherzyków. Wewnątrz pecherzyków gruczołu tarczowego zachodzi magazynowanie hormonu tarczycy w postaci związanej z tyreoglobuliną. W czwartym etapie następuje uwalnianie do krwi hormonu tarczycy przez jego odcięcie od tyreoglobuliny. Jod nieorganiczny pochodzi ze spożywanych pokarmów i krąży we krwi. Większa część jodu wprowadzonego do organizmu jest wydalana przez nerki z moczem. Reszta jodu nieorganicznego wychwytyują komórki gruczołu tarczowego i wiążą go z cząsteczkami tyrozyny. Wychwytywanie jodu nieorganicznego jest procesem aktywnym, co określa się jako pompę jodową. W komórkach nabłonka pecherzyków jod zostaje utleniany i wbudowany do cząsteczek tyrozyny, wchodzącej w skład tyreoglobuliny. W wyniku wbudowania jodu do tyrozyny powstaje monoiodotyrozyna, która po przyłączeniu drugiego atomu jodu zamienia się w diiodotyrozynę. Dwie cząsteczki diiodotyrozyny po połączeniu ze sobą tworzą tetraiodotyroninę - T_4 , czyli tyroksynę. Triiodotyronina - T_3 , powstaje z połączenia jednej cząsteczki monoiodotyrozyny z jedną cząsteczką diiodotyrozyny. Uwalnianie T_4 i T_3 z tyreoglobuliny zachodzi w komórkach nabłonka pecherzyków. Komórki wchłaniają do swego wnętrza tyreoglobulinę, która następnie rozkłada się do aminokwasów. Wolne aminokwasy, a wśród nich T_3 i T_4 uwalniane są do krwi. Uwolnione z gruczołu tarczowego do krwi T_3 i T_4 wiążą się z białkami osocza tworząc jod

związany z białkiem. Hormon tarczycy po związaniu się z białkiem osocza tworzy nieaktywny magazyn hormonu. Tylko wolne T_3 i T_4 wywierają wpływ na tkanki i biorą udział w regulacji czynności gruczołu tarczowego. Wydzielanie T_3 i T_4 przez gruczoł tarczowy jest regulowane bezpośrednio i pośrednio. Do czynników bezpośrednich zwiększających wydzielanie hormonu tarczycy należy hormon tyreotropowy - TSH, wydzielany przez płat gruczołowy przysadki. TSH wzmacnia wychwytywanie jodu przez gruczoł tarczowy i wiązanie go z białkiem oraz przyspiesza proteolizę tyreoglobuliny i uwalniania do krwi wolnych T_3 i T_4 . Długo działający czynnik pobudzający gruczoł tarczowy - LATS działa również bezpośrednio. LATS występuje w osoczu krwi. Jest to przeciwciało skierowane przeciwko białkom gruczołu tarczowego, przede wszystkim przeciwko tyreoglobulinie. W czasie wzmożonego wydzielania hormonów przez gruczoł tarczowy z pęcherzyków może uwolnić się nieznaczna ilość tyreoglobuliny. Stanowi ona antygen, w stosunku do którego w organizmie tworzy się przeciwciało, czyli LATS. Na tarczycę LATS działa w ten sposób, że wzmacnia proteolizę tyreoglobuliny i zwiększa wydzielanie do krwi wolnych T_3 i T_4 . Czynność gruczołu tarczowego reguluje pośrednio hormon podwzgórzowy uwalniający hormon tyreotropowy z przysadki i czynniki hamujące lub pobudzające jego wydzielanie. Stałe obniżenie temperatury otoczenia oddziałuje na termodetektory w ośrodku termoregulacji. Pod ich wpływem podwzgórze wydzielają TRH, który uwalniając z przysadki TSH wpływa na czynność gruczołu tarczowego. Wolne T_3 i T_4 krążące we krwi hamują tworzenie się TRH i tą drogą hamują nadmierną czynność gruczołu tarczowego. Wprowadzenie jodu nieorganicznego do organizmu w ilości ponad dziesięć razy większej niż w warunkach przeciętnych powoduje hamowanie tworzenia się hormonu tarczycy. Również niedobór jodu nieorganicznego w pokarmach jest przyczyną niedoczynności gruczołu tarczowego. T_3 i T_4 po związaniu z białkiem komórkowym podlegają przemianom polegającym na odłączeniu jodu i dezaminacji. Hormon tarczycy i produkty jego przemiany wywierają silny wpływ na większość tkanek organizmu. Efekty jego działania wyrażają się zwiększonym zużyciem tlenu i przyspieszonym spalaniem wewnątrzkomórkowym. Hormon tarczycy przyspiesza zarówno procesy syntezy wewnątrzkomórkowej, jak i procesy rozpadu. Wpływa on na metabolizm białek, tłuszczów, węglowodanów, soli mineralnych i wody w organizmie. Działanie hormonu tarczycy na tkanki zależy od katabolizmu komórkowego tyroksyny (T_4). Po wnikięciu do komórki T_4 zostaje pozbawiona jednego atomu jodu w drugim pierścieniu aromatycznym i powstaje wówczas aktywny związek - triiodotyronina (T_3), lub w pierwszym pierścieniu i tworzy się wtedy rewers tri-iodotyronina (rT_3). Hamuje ona powstawanie T_3 w komórkach i tym samym hamuje efekty działania hormonu tarczycy.

22.7.3. Kalcitonina

W komórkach przywłoczkowych gruczołu tarczowego wytwarzana jest kalcitonina, polipeptyd o 32 aminokwasach w cząsteczce. Kalcitonina działa bezpośrednio na kości, hamuje resorpcję wapnia i odwapnienie kości. Działa antagonistycznie w stosunku do hormonu przytarczyc - PTH, przyspieszającego uwalnianie jonów wapniowych z kości do krwi. Podwyższona zawartość jonów wapniowych we krwi pobudza gruczoł tarczowy do wydzielania kalcitoniny zwrótnie obniżającej zawartość jonów Ca^{2+} we krwi.

22.8. Gruczoły przytarczyczne

Gruczoły przytarczyczne są najmniejszymi gruczołami dokrewnymi. Jest ich cztery: gruczoł przytarczyczny górny - prawy i lewy oraz gruczoł przytarczyczny dolny - prawy i lewy. Położone są na tylnej powierzchni płatów gruczołu tarczowego, wtopione jak gdyby w jego miąższ, ale oddzielone od niego torebką gruczołu tarczowego ("jak narząd w położeniu wewnątrztrzewnowym"), z którą łączy się tylko za pomocą tkanki łącznej włóknistej luźnej. W niektórych przypadkach gruczoły przytarczyczne mogą jednak leżeć wewnątrz gruczołu tarczowego, otoczone całkowicie przez miąższ i nie oddzielone od niego torebką, lub śródotrebkowo. Wielkość ich jest zbliżona do wielkości ziaren pszenicy. Przeciętna masa jednego gruczołu przytarczycznego wynosi 0,035 g. Są zabarwione na kolor żółto-brunatny i wyraźnie różnią się od miąższu gruczołu tarczowego.

Gruczoły przytarczyczne mają własną torebkę, od której wnikają w głąb miąższu gruczołu wypustki torebki - bełczki nabłonkowe.

22.8.1. Budowa komórek gruczołów przytarczycznych

W gruczołach przytarczycznych wyróżniamy następujące rodzaje komórek: komórki główne jasne. Są to komórki wieloboczne o średnicy od 7 do 10 μm , z centralnie położonym okrągłym jądrem i jasną, bardzo słabo barwiącą kwasochłannie cytoplazmą. Aparat Golgiego jest słabo rozwinięty, liczne są natomiast mitochondria, które mają zwykle wydłużony kształt. W cytoplazmie występuje

duża ilość glikogenu oraz nieliczne ziarna lipofuscynny, uważa się te komórki za aktywne: komórki główne ciemne. Są one mniejsze niż komórki jasne, cytoplasma barwi się ciemniej kwasochłannie. Zawierają mniej mitochondriów i glikogenu niż komórki jasne, komórki te uważane są za nieaktywne: komórki kwasochłonne, są mniej liczne niż komórki główne i znacznie od nich większe, jądro tych komórek jest małe, silnie barwiące się, mitochondria są liczniejsze niż w komórkach głównych. Aparat Golgiego jest bardzo słabo rozwinięty, słabo jest także wykształcona siateczka śródplazmatyczna.

22.8.2. Czynność gruczołów przytarczycznych

Gruczoły przytarczyczne wydzielają hormon zwany parathormonem (PTH). Jest to polipeptyd zbudowany z 84 aminokwasów. Hormon ten podwyższa w osoczu krwi stężenie jonów wapniowych. W związku z tym oddziałuje na metabolizm wapnia w organizmie. Uwalnia wapń zmagazynowany w kościach, zwiększa jego wchłanianie w jelitach i przyspiesza jego wydalanie z organizmu wraz z moczem. Obniżenie stężenia zionizowanego wapnia w osoczu krwi pobudza bezpośrednio komórki gruczołów przytarczycznych do wydzielania parathormonu, który działając na tkankę kostną uwalnia fosforan wapniowy z tzw. magazynu wapnia wymiennego w kościach. Jednocześnie parathormon zwiększa wchłanianie wapnia z przewodu pokarmowego. W tym procesie działa synergistycznie z witaminą D. Działanie parathormonu na nerki sprowadza się do zwiększonego wydalania z moczem fosforanów i resorpcji zwrotnej jonów wapniowych w kanalikach nerkowych.

Podwyższenie stężenia zionizowanego wapnia w osoczu krwi bezpośrednio zwrotnie hamuje wydzielanie parathormonu przez gruczoły przytarczyczne. Działanie antagonistyczne w stosunku do parathormonu ma kalcytonina wydzielana przez gruczoł tarczowy.

22.9. Część wewnątrzwydzielnicza trzustki

Między odcinkami wydzielniczymi części zewnątrzwydzielniczej trzustki są rozrzucone liczne wyspy trzustkowe, stanowiące jej część dokrewna. Liczba wysp w trzustce dorosłego człowieka wynosi od 200 000 do 1 800 000, a całkowita ich masa około 3 g.

Dzięki zastosowaniu specjalnych metod barwienia i obserwacjom w mikroskopie elektronowym wyróżniono w wyspach następujące trzy rodzaje komórek: komórki wysp kwasochłonne lub A; komórki wysp zasadochłonne lub B; komórki wysp niezróżnicowane lub D.

22.9.1. Budowa komórek wysp trzustkowych

W wyspach występują następujące trzy rodzaje komórek: komórki A, stanowiące około 20% ogólnej liczby komórek wysp, cytoplasma komórek A występują bardzo liczne ziarnistości otoczone błoną i zawierające silnie osmofilny rdzeń, między rdzeniem a błoną znajduje się jasna przestrzeń, ponadto cytoplasma zawiera średnio liczne mitochondria o niewielkich rozmiarach, miernie rozwinięta siateczka śródplazmatyczna i miernie obfity aparat Golgiego, zwykle położony trziodrowo - komórki A wydzielają glukagon; komórki B, najliczniej występujące w wyspach (75-78%), zawierają nieco więcej mitochondriów niż komórki A i bardziej wyraźny aparat Golgiego, siateczka śródplazmatyczna jest natomiast słabiej rozwinięta niż w komórkach A, ziarnistości komórek B wykazują znaczne różnice morfologiczne u różnych gatunków, zwykle zawierają jednak otoczona błoną macierz, w której znajdują się krystaliczne wtręty o kształcie prostokątnym lub romboidalnym - komórki B wydzielają insulinę; komórki D, występujące w wyspach w niewielkiej liczbie (2- 5%), w obrazach z mikroskopu elektronowego ziarnistości tych komórek są nieco większe i mniej gęste niż ziarnistości komórek A, jednak występują także postaci pośrednie między ziarnistościami A i D - wydzielają one somatostatynę. Komórki wysp ułożone są w pasma wytwarzające sieć, w której oczkach znajdują się naczyńka krwionośne.

22.9.2. Czynność wewnątrzwydzielnicza trzustki

Insulina

Komórki wysp trzustkowych (Langerhansa) wytwarzają cztery hormony peptydowe. Komórki A wydzielają glukagon (m. cz. 3485), komórki B - insulinę (m. cz. 5734), zbudowana z dwóch łańcuchów peptydowych połączonych wiązaniami dwusiarczkowymi, komórki D - somatostatynę (m. cz. 163 8) i komórki F - trzustkowy polipeptyd (m. cz. 4184). Glukagon i insulina regulują przemianę węglowodanową w organizmie. Somatostatyna działa miejscowo w obrębie wysp trzustkowych hamując wydzielanie glukagonu, insuliny i trzustkowego polipeptydu, którego rola nie została jeszcze poznana. Wiadomo, że jego stężenie we krwi wzrasta w czasie trawienia pokarmów, głodu, wysiłku fizycznego i hipoglikemii.

Insulina krążąca we krwi jest wychwytywana przez tkanki i maksymalny efekt jej działania występuje w czasie od 2 do 4 godzin. Na komórki wątroby insulina działa w wyższym stężeniu niż na komórki innych tkanek. Cała wydzielona przez komórki wysp trzustkowych insulina przepływa przez wątrobę we krwi żyły wrotnej. Tam też większa jej część jest rozkładana i nie przedostaje się do krążenia ogólnego. Insulina syntetyzowana przez komórki B wysp trzustkowych jest magazynowana w ich pecherzykach cytoplazmatycznych. Podwyższenie zawartości glukozy we krwi dopływającej do trzustki powoduje egzocytozę hormonu. Insulina obniża zawartość glukozy we krwi i zwrótnie hamuje wydzielanie komórek B. Samoregulacja jest podstawowym mechanizmem kontroli wydzielania insuliny i utrzymywania stałego poziomu glukozy we krwi. Poza mechanizmem samoregulacji wydzielanie insuliny zwiększają: nerw błędny, sekretyna, glukagon, enteroglukagon oraz adrenalina. Insulina działa na większość komórek w organizmie, ale szczególnie silny jej wpływ zaznacza się na komórki wątroby, mięśniowe i tkankę tłuszczową. Pod wpływem insuliny wątroba zmniejsza uwalnianie i zwiększa wychwytywanie fosforanów i potasu z krwi. Działa za pośrednictwem kodu genetycznego kontrolującego tworzenie w komórkach wątroby enzymów w ten sposób, że produkcja enzymów związanych z syntezą glikogenu wzrasta, enzymów glikogenolitycznych zaś maleje. Komórki mięśni szkieletowych, mięśni gładkich i mięśnia sercowego pod wpływem insuliny zwiększają aktywny transport przez błonę komórkową do wnętrza glukozy, aminokwasów, jonów potasowych i fosforanów. Wewnątrz komórek mięśniowych zostaje przyspieszony metabolizm węglowodanów, synteza białek i synteza kwasów tłuszczowych. Na tkankę tłuszczową insulina działa w ten sposób, że zwiększa syntezę kwasów tłuszczowych i trójglicerydów oraz hamuje cyklazę adenylową i tworzenie cyklicznego AMP. Obniżenie zawartości cyklicznego AMP hamuje uwalnianie z tkanki tłuszczowej wolnych kwasów tłuszczowych - FFA.

Glukagon

Glukagon wytwarzany jest przez komórki A wysp trzustkowych. Przyspiesza on glikogenolizę i podwyższa zawartość glukozy we krwi. Glukagon wydzielony przez trzustkę dostaje się do wątroby przez żyłę wrotną i tam całkowicie jest pochłaniany tak, że do krwi krwioobiegu dużego przedostaje się tylko w niewielkiej ilości. Działanie glukagonu jest antagonistyczne w stosunku do insuliny. Insulina i glukagon są podstawowymi regulatorami przemiany węglowodanowej w organizmie, wpływają na aktywny transport przez błonę komórkową oraz na syntezę białek i tłuszczów w komórkach.

22.10. Grasica

Grasica zwyczajowo jest zaliczana do układu chłonnego, chociaż słuszniej byłoby zaliczyć ją do gruczołów dokrewnych.

Grasica położona jest w dolnej części szyi do przodu od tchawicy (tzw. część szyjna) oraz w klatce piersiowej w śródpiersiu górnym, tuż za mostkiem (tzw. część piersiowa, znacznie większa). Pełnie rozwoju osiąga w okresie pokwitania uzyskując długość 6 cm, szerokość 4 cm, grubość 1 cm i masę 35 g. Następnie ulega zanikowi przekształcając się w tzw. ciało resztkowe pograsiczne.

Zbudowana jest z dwóch piałów: prawego i lewego, przeważnie asymetrycznych, otoczonych torebką od której odchodzą w głąb gruczołu pasma tkanki łącznej oddzielającej od siebie płaciki grasicy. Płaciki grasicy zbudowane są ze zrebu utworzonego przez komórki gwiaździste grasicy. Oczka zrebu wypełnione są limfocytami grasicy (lymphocytus thymi) zwanymi też tymocytami. W części środkowej płacików grasicy występują ponadto ciała grasicy, zwane też ciałkami Hassala, których liczba w okresie pokwitania wynosi około miliona. Ciała grasicy są zbudowane z płaskich komórek ułożonych współśrodkowo jak łuski cebuli. Średnica ciałek może przekraczać 100 µm.

Zdarza się, że po okresie pokwitania grasica nie ulega stopniowemu zanikowi, mówimy wtedy o grasicy przetrwałej. W pobliżu grasicy mogą też występować oddzielne skupienia miększu grasicy zwane grudkami grasiczymi dodatkowymi.

22.10.1. Czynność hormonalna grasicy

Z grasicy wyizolowano szereg substancji białkowych, które nazwano hormonami grasicy. Mała działalność ogólna - występuje we krwi lub zaliczane są do hormonów o działaniu miejscowym w obrębie grasicy. Hormony grasicy występujące we krwi wywierają swój wpływ na inne narządy i tkanki, jak również odgrywają miejscowo w samej grasicy ważną rolę w powstawaniu odporności organizmu.

Do hormonów grasicy o działaniu ogólnym zaliczana jest tymopoietyna I i II. Są to hormony białkowe o małej stosunkowo cząsteczce składającej się z 49 aminokwasów. Tymopoietyna hamuje przewodzenie impulsów nerwowych przez synapsy nerwowo-mięśniowe i tym samym jej nadmiar

zmniejsza siłę skurczów mięśni szkieletowych i wywołuje ogólne osłabienie. Grasiczy czynnik humoralny - THP (ang. thymic humoral factor) i grasiczy czynnik surowiczy - FTS (franc. facteur thymique sérique) są to hormony białkowe uczestniczące w mechanizmach odpornościowych organizmu. Hormony te działają zarówno na grasicę, czyli na narząd limfoidalny centralny, jak i na narządy limfoidalne obwodowe, czyli na węzły chłonne i grudki chłonne śledziony. Pod wpływem tych hormonów wzrasta metabolizm wewnątrzkomórkowy w limfocytach, dzięki zwiększeniu się w ich cytoplazmie stężenia cyklicznego adenozynomonofosforanu (cAMP), oraz przyspiesza się proces dojrzewania limfocytów T. Najwcześniej z grasicy wyizolowano hormon tkankowy - tymozynę, która pobudza limfocytopoezę i przyspiesza dojrzewanie limfocytów T w grasicy. Zwiększa ona stężenie cyklicznego guanozynomonofosforanu (cGMP) w cytoplazmie tymocytów, czyli komórek multipotencjalnych wywodzących się ze szpiku kostnego, które osiadły w grasicy i tam się mnożą i różnicują. W czasie oczyszczania tymozyny uzyskano z niej szereg frakcji białek i polipeptydów o masie cząsteczkowej od 1 000 do 15 000 i o różnej biologicznej aktywności. Dalsze badania wykazały, czy tymozyna stanowi jeden związek chemiczny, czy też szereg związków o zbliżonej budowie i o podobnym działaniu.

23. Anatomia i fizjologia układu nerwowego centralnego

23.1. Rozwój układu nerwowego

Ośrodkowy układ nerwowy rozwija się z zewnętrznego listka zarodkowego ektodermy. W grzbietowej części zarodka w płaszczyźnie pośrodkowej wytwarza się zgrubienie zwane płytką nerwową. Płytką tą przekształca się z czasem w bruzdę (rynnienkę) nerwową, a ta w cewę nerwową. Dzieje się to w 3 i 4 tygodniu życia zarodkowego wówczas, gdy zarodek ma od 1,2 do 1,8 mm długości. W cewie nerwowej wykształca się następnie szersza część przednia będąca zawiązkiem mózgowia i węższa część tylna będąca zawiązkiem rdzenia kręgowego. Z czasem przednia część cewy nerwowej przekształca się w trzy połączone ze sobą pęcherzyki mózgowie pierwotne, które w krótkim czasie dzielą się na pęcherzyki mózgowie wtórne. Pierwotne pęcherzyki mózgowie to przodomózgowie, śródmózgowie i tyłomózgowie. Wtórne pęcherzyki mózgowie to kresomózgowie, międzymózgowie, tyłomózgowie wtórne i rdzeniomózgowie.

Rdzeniomózgowie przechodzi w rdzeń kręgowy. Dalszy rozwój mózgowia odbywa się w ciasnej przestrzeni jamy czaszki i cechuje się powstaniem charakterystycznych zgięć cewy nerwowej - zgięcie głowowe, zgięcie szyjne, zgięcie mostowe. Pozostaje jedynie zgięcie głowowe, widoczne w ukształtowaniu mózgowia. Z czasem zaciera się budowa pęcherzykowa i następuje dalszy rozwój części mózgowia powstałych z pęcherzyków. W tym samym czasie, gdy w mózgowiu wykształca się pięć pęcherzyków mózgowych wtórnych, zawiązują się także jego opony. Materiałem budulcowym są komórki mezenchymy, które wnikają w przestrzeń między mózgowiem a kośćmi czaszki. W dalszym okresie rozwój pęcherzyków mózgowych wtórnych przebiega nierównomiernie, co jest bardzo charakterystyczne dla rozwoju mózgowia. Najszybciej rozwija się kresomózgowie. W pęcherzyku tym pojawia się w płaszczyźnie pośrodkowej szczelina dzieląca go na dwie półkule: lewą i prawą, które rozrastając się przykrywają wszystkie pozostałe części mózgowia. Komórki nerwowe (ciała komórek) układają się na powierzchni półkul, wytwarzając płaszcz, a tylko część ich przenika w głąb półkul, tworząc zawiązki jąder kresomózgowia. Kresomózgowie ze względu na jego duży rozwój i duże znaczenie określa się mianem mózgu, natomiast pozostałe pęcherzyki mózgowie przekształcają się w pień mózgu. Światła pęcherzyków przekształca się w układ wewnętrznych przestrzeni, zwanych komorami mózgu, wypełnionych płynem mózgowo-rdzeniowym. Ze światła pierwszego pęcherzyka mózgowego wtórnego powstają komory boczne, a ze światła drugiego pęcherzyka - komora trzecia. Ze światła trzeciego pęcherzyka mózgowego wtórnego powstaje wąski kanał zwany wodociągiem mózgu, a ze światła czwartego i piątego pęcherzyka - komora czwarta. Z grzbietowej i z bocznych ścian czwartego pęcherzyka mózgowego wtórnego rozwija się mózdzek, a z brzusznej części most. Piąty pęcherzyk mózgowy wtórny przekształca się w rdzeń przedłużony. Rozrastanie się kory i różnicowanie jej na pola architektoniczne stanowi ostatni etap rozwoju. Towarzyszy mu pofałdowanie kory w zakręty (gyryfikacja) i bruzdy, a wokół włókien nerwowych pojawiają się ostonki mielinowe (mielogeneza).

23.2. Podział układu nerwowego

Układ nerwowy zapewnia łączność organizmu ze światem zewnętrznym, zespala układy organizmu w jedną całość, sprawując jednocześnie nad nią kontrolę. Oprócz przedstawionego podziału rozwojowego znane są dwa podziały układu nerwowego: topograficzny i czynnościowy.

W podziale topograficznym układ nerwowy dzielimy na: układ nerwowy ośrodkowy, układ nerwowy obwodowy.

Do układu nerwowego ośrodkowego zalicza się mózgowie i rdzeń kręgowy. Przy czym w mózgowiu wyróżnia się: mózgi, reprezentowany przez kresomózgowie, oraz pień mózgu, reprezentowany przez międzymózgowie, śródmózgowie i tyłomózgowie.

Do układu nerwowego obwodowego zalicza się nerwy czaszkowe - 12 par (oznaczane cyframi rzymskimi) i nerwy rdzeniowe - najczęściej 31 par (oznaczone pierwszą literą miana łacińskiego i cyframi arabskimi), których gałęzie brzuszne wchodzi w skład splotów: gałęzie brzuszne C₁-C₄ tworzą splot szyjny; gałęzie brzuszne C₅-Th₁ tworzą splot ramienny; gałęzie brzuszne Th₁-Th₁₂ nie tworzą splotów, lecz przebiegają samodzielnie jako nerwy międzyżebrowe; gałęzie brzuszne L₁-L₄ tworzą splot lędźwiowy; gałęzie brzuszne L₅-CO₁-CO₃ tworzą splot krzyżowy. Niektórzy autorzy w obrębie splotu krzyżowego wyodrębniają jeszcze następujące sploty dodatkowe: gałęzie brzuszne S₃-S₄ tworzące splot sromowy; gałęzie brzuszne S₅-Co₁-Co₃ tworzące splot guziczny.

W podziale czynnościowym układ nerwowy dzielimy na: układ nerwowy somatyczny, którego efektorami są mięśnie poprzecznie prążkowane) i w obrębie którego można wyróżnić: układ piramidowy, kierujący wykonywaniem ruchów świadomych; układ pozapiramidowy, kierujący wykonywaniem ruchów zautomatyzowanych i regulujący napięcie mięśniowe. Bierze on również udział w utrzymaniu prawidłowej postawy ciała.

Układ nerwowy autonomiczny, którego efektorami są mięśnie gładkie, mięsień sercowy i gruczoły. W obrębie tego układu można wyróżnić: część współczulną; część przywspółczulną, o odmiennej budowie i czynności

Układ nerwowy somatyczny różni się od układu nerwowego autonomicznego: bardziej równomiernym rozmieszczeniem ośrodków w mózgowiu i rdzeniu kręgowym; nieobecnością w przebiegu odśrodkowych włókien nerwowych zwojów nerwowych, w przeciwieństwie do układu autonomicznego (zwoje przykręgowy, przedkręgowy, śródścienny); występowaniem w większości nerwów osłonki mielinowej i neurolemy; znacznie szybszym przewodzeniem impulsów nerwowych, od 12 do 120 ms w porównaniu z 0,4 do 15 m/s w układzie nerwowym autonomicznym; występowaniem jedynie zakończeń nerwowych cholinergicznym. podczas gdy w układzie nerwowym autonomicznym występują zarówno zakończenia nerwowe cholinergiczne, jak i adrenergiczne.

23.3. Tkanka nerwowa

Powstaje w okresie zarodkowym z ektodermalnego nabłonka płyty nerwowej. **Płyta nerwowa – rynienka nerwowa – cewa nerwowa** – z grzebieni (brzezi rynienki) wywędrowują grupy komórek - skupiają się w **dwa symetryczne szeregi pierwotnych zwojów rdzeniowych**, które układają się po obu stronach cewy nerwowej. Z części tych komórek po przemieszczeniu się na brzuszna powierzchnię powstają **zwoje współczulne układu autonomicznego**.

Elementy tkanki nerwowej – neuroblasty – komórki nerwowe i spongioblasty – komórki tkanki glejowej ośrodkowego układu nerwowego i komórki pokrewne występujące poza układem – k. osłonowe – leucocyty - odwodowych włókien nerwowych.

23.4. Budowa ogólna ośrodkowego układu nerwowego

Część górna ośrodkowego układu nerwowego - mózgowie znajduje się w jamie czaszki, a część dolna - rdzeń kręgowy w kanale kręgowym.

U człowieka w mózgowiu najlepiej są wykształcone półkule mózgu oddzielone od siebie przez szczelinę podłużną mózgu, w głębi której znajduje się między innymi największa ze struktur łączących obie półkule - ciało modzelowate zbudowane z włókien nerwowych.

Na każdej półkuli można wyróżnić powierzchnie górno-boczna, powierzchnie przysrodkowa i powierzchnie dolna. W miejscu łączenia się powierzchni występują brzezi: górny, dolny i przysrodkowy. Najbardziej wysunięte części półkuli określa się mianem biegunów: czołowego, potylicznego i skroniowego.

Ku tyłowi w stosunku do półkul, w dole tylnym czaszki znajduje się część pnia mózgu - mózdzek, oddzielony od powierzchni górno-bocznej półkuli szczeliną poprzeczną mózgu. Ku tyłowi i ku dołowi w stosunku do półkul znajduje się pozostała część pnia mózgu, łącząca się z półkulami za pośrednictwem konarów mózgu, pomiędzy którymi znajduje się dół międzykonarowy.

Nerwy czaszkowe opuszczają mózgowie na powierzchni dolnej z wyjątkiem nerwu błotkowego, który opuszcza mózgowie od strony grzbietowej, a następnie zawiąza się w stronę powierzchni dolnej.

Masa mózgowia człowieka prawidłowo rozwiniętego wynosi od 1.100 do 2.000 g. Przeciętnie wynosi:

Wiek	Płeć męska	Płeć żeńska
Noworodek	400 g	300 g
2 lata	800 g	760 g
8 lat	1200 g	1120 g
21 lat	1375 g	1245 g
60-80 lat	1285 g	1130 g

Charakterystyczna jest różnica w średniej masie mózgowia mężczyzn (1375- 1405 g) i kobiet (1245-1275 g), wynika ona jednak głównie z mniejszej przeciętnej masy ciała kobiet. Przeciętne wymiary mózgowia wynoszą: długość od 15 do 17 cm, szerokość 12 cm, wysokość 12 cm, objętość 1320 cm³.

23.5. Budowa szczegółowa układu nerwowego

23.5.1. Kresomózgowie

Kresomózgowie dzieli się na kresomózgowie parzyste (półkule mózgu), do którego zalicza się: płaszcz, jądra kresomózgowia, istotę białą półkul i komory boczne, oraz kresomózgowie nieparzyste, do którego należą: ciało modzelowate, sklepienie, przegroda przezroczysta i spoidło przednie.

Płaszcz jest warstwą zewnętrzną, otaczającą mózgowie, zbudowaną z istoty szarej, a więc z ciał komórek nerwowych. U człowieka liczba ich oceniana jest na 9 do 14 miliardów, co pozwala na wytworzenie olbrzymiej liczby połączeń („Zaczarowane krosna, na których miliony migających czótenek tkają mieniące się wzory” - Sherrington). Powierzchnia płaszczka jest pofałdowana, wynosi około 2 000 cm², grubość mieści się w granicach od 1,5 do 5 mm. Płaszcz dzielimy na: korę mózgu - największą część płaszczka okrywającą półkule mózgu, wyspę - część płaszczka ukrytą w jego zagłębieniu w bruzdzie bocznej, węchomózgowie - część płaszczka na powierzchni przyśrodkowej i dolnej półkuli, oraz hipokamp - część płaszczka wpukliną do rogu dolnego komory bocznej. Płaszcz jest zbudowany z trzech rodzajów komórek, które występują we wszystkich jego strukturach. Są to komórki piramidalne, komórki ziarniste i komórki wielokształtne. Poszczególne rodzaje komórek są rozmieszczone prawie w całym płaszczu w sześciu warstwach (kora nowa), chociaż znane są części płaszczka o budowie tylko trójwarstwowej (kora stara). Odchodzące od komórek nerwowych włókna nerwowe biegną bądź prostopadle (włókna nerwowe promieniste), bądź równoległe do powierzchni płaszczka (włókna nerwowe styczne). Najbardziej powierzchowną warstwą płaszczka jest: warstwa drobinowa, uboga w komórki, zbudowana niemal wyłącznie z wypustek komórek nerwowych, które na przekrojach poprzecznych nadają jej wygląd drobnoziarnisty. Głębiej położone warstwy to: warstwa ziarnista zewnętrzna, zbudowana z komórek ziarnistych; warstwa piramidalna zewnętrzna, zbudowana z komórek piramidalnych, najlepiej wykształcona w częściach czuciowych kory; warstwa ziarnista wewnętrzna; warstwa piramidalna wewnętrzna, najlepiej wykształcona w częściach ruchowych kory i warstwa komórek wielokształtnych. Od podanego schematu budowy histologicznej płaszczka (cytoarchitektonika) istnieją jednak liczne odstępstwa. Opierając się na różnicach budowy, wyodrębniono ponad 100 tzw. pól korowych, powstały „mapy kory mózgu”.

Fałdy płaszczka ograniczone przez bruzdy nazywają się zakrętami. Dwie najgłębsze bruzdy występują na powierzchni górnobocznej mózgowia: bruzda boczna i bruzda środkowa. Przyczyniają się one do podziału kory mózgu na płaty: czołowy, skroniowy, ciemieniowy i potyliczny. Najważniejszymi zakrętami są: na powierzchni górnobocznej - zakręt przedśrodkowy, zakręt czołowy górny, środkowy i dolny, zakręt skroniowy górny i zakręty skroniowe poprzeczne, zakręt zaśrodkowy, płacik ciemieniowy górny i dolny; na powierzchni przyśrodkowej - płacik okołośrodkowy, kliniek i zakręt potyliczno-skroniowy boczny; na powierzchni dolnej: zakręty oczodołowe. Wyspa jest niewidoczna od strony powierzchni górnobocznej. Leży w głębi bruzdy bocznej w zagłębieniu zwanym dołem bocznym mózgu, a przykrywające ją części płatów - czołowego, ciemieniowego i skroniowego - noszą miano wieczek.

Węchomózgowie dzieli się na część obwodową: opuszkę węchową, pasmo węchowe, trójkąt węchowy, istotę dziurkowaną przednią, prążki węchowe, oraz na część ośrodkową: zakręt obręczy, zakręt hipokampa ograniczony przez bruzdę hipokampa, zakręt zębaty. Hipokamp powstaje w następstwie wpuklenia się do rogu dolnego komory bocznej bruzdy hipokampa wytwarzającej wyniosłość wystającą do światła komory, której przednia, najgrubsza część zwana jest stopą hipokampa.

W płaszczu mają "siedzibę" ośrodki nadrzędne, odgrywające kierowniczą rolę w sterowaniu procesami ruchowymi i autonomicznymi zachodzącymi w organizmie oraz w odbiorze czucia. Tu również odbywają się procesy psychiczne. W kresomózgowiu nieparzystym (przegroda przezroczysta), w wężchwęchomózgowiu (zakręt obręczy), w wyspie i w innych częściach mózgowia, jak np. w ciele migdałowatym, mieści się również układ koordynujący czynność układu somatycznego i układu autonomicznego, będący także "siedzibą" emocji, tzw. układ rąbkowy (brzeżny, limbiczny).

Jądra kresomózgowia są to skupienia ciał komórek nerwowych (istoty szarej) wewnątrz półkul mózgu. Należy do nich: jądro ogoniaste, największe z jąder, porównywane ze względu na kształt do maczugi lub kopyta końskiego. Wyróżniamy w nim głowę i ogon, które biorą udział w ograniczeniu komory bocznej i torebki wewnętrznej, oraz jądro soczewkowate mające kształt klina zwróconego swoją podstawą w kierunku wyspy. Dzielimy go na skorupę i gałkę bladą. Ponadto do jąder kresomózgowia zaliczamy przedmurzy, będące wąską blaszką istoty szarej położoną pomiędzy jądrem soczewkowatym a wyspą, oraz ciało migdałowate położone pomiędzy rogiem dolnym a biegunem skroniowym półkuli. Jądro ogoniaste wraz z jądrem soczewkowatym określamy łącznie jako ciało prążkowane, natomiast jądro ogoniaste wraz ze skorupą jądra soczewkowatego nazywamy prążkowiec. Tego rodzaju wyodrębnienia mają znaczenie w związku z umiejscowieniem w niektórych jądrach kresomózgowia ośrodków układu pozapiramidowego.

Istota biała jest zbudowana z wypustek komórek nerwowych. Wypełnia wnętrze półkuli mózgu, rozpościerając się między płaszczem a komorą boczną otaczającą i rozgraniczającą jednocześnie

poszczególne jądra kresomózgowia. Tworzy szereg torebek, tj. skupień istoty białej, w których grupują się głównie drogi nerwowe rzutowe. Wyróżniamy torebkę wewnętrzną oddzielającą jądro soczewkowane od jądra ogoniastego i wzgórza, torebkę zewnętrzną, oddzielającą jądro soczewkowane od przedmurza i torebkę ostatnią oddzielającą przedmurze od kory mózgu. Szczególnie duże znaczenie ze względu na rodzaj przebiegających w niej dróg ma torebka wewnętrzna, w której wyróżnia się odnogę przednią, kolano, odnogę tylną, część pod- i zasoczewkową. Jej uszkodzenie powoduje niedowład lub porażenie połowiczne.

We wnętrzu każdej z półkul znajduje się również nieregularnego kształtu szczelinowata przestrzeń ograniczona przez jądra kresomózgowia i istotę białą półkul, zwaną komorą boczną. Ściany jej są pokryte wyściółką, a światło jest wypełnione płynem mózgowo-rdzeniowym. Komora boczna składa się z czterech części, z których każda leży w innym płacie: róg przedni - w płacie czołowym, część środkowa - w płacie ciemieniowym, róg dolny - w płacie skroniowym, róg tylny - w płacie potylicznym. W części środkowej komory znajduje się splot naczyńkowy komory bocznej wytwarzający płyn mózgowo-rdzeniowy, a w rogu dolnym wyniosłość zwana hipokampem. Obie komory boczne łączą się z komorą trzecią.

Ciało modzelowate jest jedną z części kresomózgowia nieparzystego. Zbudowane jest z włókien nerwowych zespalających między sobą płaszcz obu półkul mózgu, co tworzy rodzaj poziomo przebiegającej "belki". W "belce" tej wyróżnia się, patrząc od tyłu: płat pień, kolano i dziób, który zwężając się przechodzi w blaszkę krańcową należącą już do podwzgórza. Rozchodzące się w bok włókna ciała modzelowatego tworzą rozbieg promieni spoidła wielkiego.

Sklepienie jest również utworzone z włókien nerwowych tworzących parzystą blaszkę, rozpiętą ponad wzgórzami i komorą trzecią łączącą ciała suteczkowate z hipokampem. Oba sklepienia łączą się ze sobą częścią środkową, którą nazywamy ciałem sklepienia i która ku górze zrasta się z pniem ciała modzelowatego. Ku przodowi ciało sklepienia przechodzi w słup sklepienia zdążający do ciała suteczkowatego, a ku tyłowi w odnogę sklepienia dochodząca do hipokampa. Obie odnogi są połączone pasmem włókien poprzecznych, zwanym spoidłem sklepienia. Przegroda przezroczysta składa się z dwu blaszek rozpiętych między ciałem modzelowatym a sklepieniem. Spoidło przednie znajduje się między blaszką krańcową a słupami sklepienia. Jest zbudowane z włókien nerwowych zespalających wężomózgowie i ciała migdałowe obu półkul.

23.5.2. Międzymózgowie

Międzymózgowie dzieli się na wzgórzomózgowie, zbudowane ze wzgórza, nadwzgórza i zawzgórza, oraz na podwzgórze, niskowzgórze i komorę trzecią. Wzgórze jest zbudowane głównie ze skupień istoty szarej, zwanych jądrami wzgórza, pooddzielanych przez pasma istoty białej - blaszki rdzenne wzgórza. Wyróżnia się: jądra przednie wzgórza mające połączenia z wężomózgowiem, z podwzgórzem i z układem brzeźnym, jądro przyśrodkowe wzgórza łączące się z częścią ruchową kory mózgu, jądra boczne wzgórza, spośród których najważniejsze jest jądro brzuszne, tylnoboczne, będące miejscem zakończenia wstęgi przyśrodkowej, oraz jądro brzuszne tylnoprzyśrodkowe, przez które przebiega droga smakowa. We wzgórzu można wyróżnić szereg powierzchni: powierzchnię górną wystającą do światła części środkowej komory bocznej (powierzchnia wolna), powierzchnię przyśrodkową tworzącą boczną ścianę komory trzeciej, powierzchnię dolną przylegającą do podwzgórza i powierzchnię boczną graniczącą z torebką wewnętrzną.

Nadwzgórze, położone ku tyłowi i nieco powyżej wzgórza, zawiera gruczoł dokrewny szyszynkę oraz parzyste uzdeczki, które łączą ją ze wzgórzem. Zawzgórze znajduje się ku tyłowi i nieco poniżej wzgórza, składa się z parzystych ciał kolankowatych: przyśrodkowego i bocznego, powiązanych z drogą słuchową i wzrokową. Wzgórzomózgowie jest ośrodkiem przekąźnikowym dla wszystkich dróg czuciowych z wyjątkiem narządu powonienia. Podwzgórze widoczne jest na powierzchni dolnej i przyśrodkowej półkuli. Należą do niego: blaszka krańcowa, cienkie pasmo istoty białej rozpostarte między skrzyżowaniem wzrokowym a dziobem ciała modzelowatego; skrzyżowanie wzrokowe, miejsce skrzyżowania nerwów wzrokowych; pasma wzrokowe, będące wiązkami włókien nerwowych (przedłużenie nerwów wzrokowych), przebiegającymi między skrzyżowaniem wzrokowym a ciałami kolankowatymi bocznymi; guz popielaty, blaszka istoty szarej w dnie komory trzeciej: przysadka, gruczoł dokrewny, położony poniżej guza popielatego w specjalnym zagłębieniu kości klinowej, zwany dołem przysadki. Z guzem popielatym połączona jest strukturą, zwaną lejkiem, utworzoną z dróg nerwowych przysadkowo-podwzgórzowych. Podział przysadki został omówiony w rozdziale o gruczołach dokrewnych; ciała suteczkowate, zgrubienia wielkości ziarna grochu, utworzone przez istotę białą i szarą, widoczne na powierzchni dolnej półkul.

Wewnątrz podwzgórza znajdują się liczne skupienia istoty szarej, zwane jądrami podwzgórza, w których umiejscawia się tzw. podkorowe (podpłaszczowe) ośrodki autonomiczne. Znanych jest około 24 jąder podwzgórza, zgrupowanych w części mózgowia o objętości zaledwie 3 cm³. Dzielimy je na jądra przednie albo wzrokowe, jądra środkowe albo guzowe i jądra tylne albo suteczkowate.

Szczególnie dużą rolę odgrywają jądra z grupy przednich: jądro nadwzrokowe i jądro przykomorowe mające zdolność neurosekrecji. Wytwarzane przez nie hormony (wazopresyna i oksytocyna) wędrują w aksonach ciał komórek nerwowych tworzących te jądra, przenikają do płata tylnego przysadki.

Poszczególne części podwzgórza są połączone między sobą drogami nerwowymi. Należy wyróżnić drogi nerwowe podwzgórzowo-przysadkowe łączące jądra przednie podwzgórza z płatem tylnym przysadki, drogi nerwowe guzowo-lejkowe łączące jądra środkowe podwzgórza z płatem przednim przysadki. Ponadto należy wyróżnić tzw. układ wrotny podwzgórzowo-przysadkowy, zbudowany z sieci naczyń włosowatych położonych w podwzgórzu, tworzących sieć pierwotną oraz z żyłek o większej średnicy przebiegających w lejku (tzw. żyły wrotne przysadki, zespalających sieć pierwotną z siecią wtórną. Sieć wtórna znajduje się w przysadce i utworzona jest również z sieci naczyń włosowatych.

Komora trzecia jest szczelinowatą przestrzenią położoną w płaszczyźnie pośrodkowej międzymózgowia między wzgórzami i sięgającą aż do podstawy mózgowia. Jej ścianę przednią tworzą słupy sklepienia, część przegrody przezroczystej, spoidło przednie i blaszka krańcowa. Ścianę tylną tworzy szyszynka, uzdeczki i spoidło tylne. Ścianę boczną stanowią powierzchnie przyśrodkowe wzgórz pokryte istotą szarą która tworzy zrost międzymózgowiowy. Ściana górna ma budowę trójwarstwową ("sufit potrójny") i jest utworzona przez część sklepienia, ciało modzelowate i tkankę naczyniówkową. Ścianę dolną stanowi podwzgórze. Komora trzecia ma liczne zachyłki (nadszyszynkowy, szyszynkowy, trójkątny, wzrokowy, lejka). Z komorami bocznymi łączy się przez otwory międzykomorowe, a z komorą czwartą przez wodociąg mózgu. Z komorą trzecią związane są tzw. narządy okołokomorowe odgrywające prawdopodobnie rolę w regulacji ciśnienia i składu płynu mózgowo-rdzeniowego. Zaliczamy do nich: narząd naczyniowy blaszki krańcowej, narząd podsklepieniowy, narząd podspoidłowy i paraszyszynkę. Niskowzgórze położone jest w miejscu przejścia wzgórz, podwzgórza i torebki wewnętrznej w konary mózgu. Zawiera szereg skupień istoty szarej, takich jak: jądro niskowzgórzowe, warstwa niepewna, pole przedczerwienne. Ich czynność wiąże się z układem pozapiramidowym i autonomicznym. Do międzymózgowia należy również zaliczyć spoidło tylne zbudowane z włókien nerwowych biegnących w tylnej ścianie komory trzeciej poniżej spoidła uzdeczek.

23.5.3. Śródmózgowie

Śródmózgowie dzieli się na konary mózgu i pokrywą śródmózgowia. Pomiędzy nimi przebiega wodociąg mózgu, otoczony istotą szarą środkową.

Konary mózgu dzielą się z kolei na odnogę mózgu stanowiącą ich część dolną i nakrywkę - część górną. Na ich pograniczu znajduje się skupienie istoty szarej, zwane istotą czarną. Pomiędzy konarami znajduje się zagłębienie, zwane dołem międzykonarowym, którego dno stanowi istota dziurkowana tylna, bogato unaczyniona (nazwa pochodzi od przeszywiających ją naczyń). Nieco powyżej istoty czarnej znajduje się jądro czerwienne. Są tu także drobne skupienia komórek nerwowych należące do tworów siatkowatego oraz jądra nerwów czaszkowych III i IV. W pokrywie śródmózgowia wyróżnia się blaszkę pokrywy oraz wzgórkę górne i dolne zawierające jądra. Od każdego z nich biegnie pasmo istoty białej, zwane ramieniem wzgórkę. Przez konary mózgu przebiegają ponadto liczne drogi rzutowe. Część blaszki pokrywy położona do przodu od wzgórek górnych, na poziomie spoidła tylnego, nosi nazwę pola przedpokrywowego, w którym znajduje się kilka wyraźnie odgraniczonych skupień ciał komórek nerwowych. Są to: jądro pasma wzrokowego, jądro podsoczewkowate, jądro pola przedpokrywowego i inne. Uważa się, że biorą one udział w odruchach wzrokowych.

Wodociąg mózgu jest to wąski kanał przebiegający w płaszczyźnie pośrodkowej, na granicy konarów mózgu i blaszki pokrywy, łączący komorę trzecią z komorą czwartą. Jest otoczony przez istotę szarą środkową.

23.5.4. Tyłomózgowie wtórne

Tyłomózgowie wtórne stanowią mózdzek i most.

Mózdzek zajmuje położenie grzbietowe w stosunku do mostu i rdzenia przedłużonego, ograniczając razem z nimi komorę czwartą. Od płatów potylicznych oddziela go szczelina poprzeczna mózgu w której przebiega część opony twardej, zwana namiotem mózdzku. Mózdzek jest zbudowany z istoty szarej, która tworzy korę mózdzku i jądra mózdzku, oraz z istoty białej położonej w głębi mózdzku, gdzie tworzy ona ciało rdzenne otaczające jądra mózdzku. Od ciała rdzennego w kierunku kory mózdzku odchodzą blaszki białe, tworzące tzw. drzewko życia mózdzku. Kora mózdzku różni się od kory mózgu: trójwarstwową budową która występuje tylko w najstarszych filogenetycznie częściach płaszcza; większą liczbą szczelin, która dochodzi do 200; ich głębokością która wynosi od 2 do 35 mm (są więc płytsze niż w korze mózgu); przechodzeniem zakrętów i szczelin w jednej półkuli mózdzku na drugą. Ponadto jej budowa histologiczna jest we wszystkich częściach jednakowa. Wyróżnia się tu zewnętrzną ubogą w komórki warstwę drobinową oraz leżące głębiej warstwy: zwojową i ziarnistą.

Charakterystyczna dla mózdzku jest warstwa zwojowa zbudowana z komórek nerwowych gruszkowatych, których jest około 14 milionów. Ich wypustki rozgałęziają się w sąsiednich warstwach kory mózdzku. Jądra mózdzku są parzyste. Jądro wierzchu jest położone najbardziej przyśrodkowo. Bocznie od niego znajduje się jądro kulcowate i jądro czopowate, a najbardziej zewnętrznie jądro zębate mające kształt pofalowanej blaszki, półkolisto wygiętej, otaczającej wnękę jądra zębatego wypełniona istota biała. Istota biała mózdzku przenikając w sąsiednie struktury mózgowia, wytwarza trzy pary konarów mózdzku: górne, środkowe i dolne, zespalaając mózdzek z pokrywą śródmózgowia, z mostem i z rdzeniem przedłużonym. Są to drogi nerwowe zarówno do- jak i odmózdzkowe. Mózdzek można podzielić na część środkową zwaną robakiem i części boczne zwane półkulami mózdzku. Znany jest również podział topograficzny mózdzku na 4 płaty i 10 płacików. Bardzo złożony, nie mający dziś większego znaczenia, oraz najbardziej przydatny podział filogenetyczno-czynnościowy na pramózdzek, mózdzek stary i mózdzek nowy. Stosunkowo znaczny rozwój mózdzku nowego łączy się z pionizacją ciała.

Most leży na powierzchni dolnej mózgowia zespalaając konary mózgu z rdzeniem przedłużonym. Wyróżnia się część brzuszna i część grzbietowa mostu. Ta ostatnia tworzy część dna komory czwartej, czyli dołu równoległo-bocznego. Część brzuszna jest zbudowana z włókien nerwowych o poprzecznym i podłużnym przebiegu, pomiędzy którymi znajdują się skupienia istoty szarej, zwane jądrami mostu. Włókna podłużne są to głównie drogi rzutowe. Część grzbietowa zawiera istote szara środkowa która pokrywa część grzbietową od strony komory czwartej. W jej pobliżu przebiega pęczek podłużny przyśrodkowy i pęczek podłużny grzbietowy. Występuje tu również twór siatkowaty, zespół włókien nerwowych tworzących ciało czworoboczne, jądra nerwów czaszkowych V, VI, VII i VIII, a także drogi nerwowe grupujące się we wstęgę przyśrodkową, czyli czuciową i we wstęgę boczną, czyli słuchową.

23.5.5. Rdzeniemózgowie

Rdzeniemózgowie jest utworzone przez rdzeń przedłużony, który ku górze łączy się z mostem, a ku dołowi przechodzi w rdzeń kręgowy. Granicą jest płaszczyzna przechodząca tuż powyżej miejsc wyjść z rdzenia kręgowego korzeni pierwszego nerwu rdzeniowego szyjnego lub inaczej płaszczyzna przechodząca przez dolny brzeg skrzyżowania piramid. Na powierzchni dolnej rdzenia przedłużonego występuje szczelina pośrodkowa przednia, a po obu jej stronach wyniosłości zwane piramidami, utworzone przez włókna drogi nerwowej korowo-rdzeniowej. Bocznie od piramid leżą wyniosłości zwane oliwkami, zawierające wewnątrz skupienie istoty szarej - jądro oliwki. Na powierzchni grzbietowej występuje bruzda pośrodkowa tylna. Po obu jej stronach występują parzyste wyniosłości: pęczek smukły i pęczek klinowaty mające w najwyższej swej części zgrubienia zwane guzkami. Wewnątrz guzków leżą skupienia istoty szarej zwane jądrem smukłym i jądrem klinowatym. W budowie wewnętrznej rdzenia przedłużonego zwraca uwagę skrzyżowanie: drogi rzutowej zstępującej korowo-rdzeniowej, zwane skrzyżowaniem piramid, widoczne również na powierzchni brzusznej rdzenia przedłużonego, oraz skrzyżowanie dróg rzutowych wstępujących, zwane skrzyżowaniem wstęg. Ze skupień istoty szarej należy wymienić: twór siatkowaty, jądro smukłe jądro klinowate i oliwkę, jądra nerwów czaszkowych V, IX, X, XI i XII. W rdzeniu przedłużonym mieszczą się także ośrodki oddechowe, sercowe i naczynioruchowe.

Komorą czwartą nazywamy szczelinowatą jamę znajdującą się w tyłomózgowiu. Kształtem przypomina ona nieprawidłową, czterościenną piramidę. Jej dno tworzy dolna część konarów mózgu oraz powierzchnia grzbietowa mostu i rdzenia przedłużonego. Ku górze wodociąg mózgu łączy komorę czwartą z komorą trzecią, ku dołowi komora czwarta przechodzi w kanał środkowy rdzenia przedłużonego. W dnie komory czwartej, zwanym inaczej dołem równoległobocznym, znajdują się jądra nerwów czaszkowych od V do XII. W stropie utworzonym głównie przez mózdzek i tkankę naczyniówkową komory czwartej znajdują się trzy otwory: nieparzysty otwór pośrodkowy komory i parzysty otwór boczny komory czwartej, łączące światło komory czwartej z jednym ze zbiorników płynu mózgowo-rdzeniowego, zbiornikiem mózdzkowym. Zawarty w dnie komory czwartej twór siatkowaty stanowi skupienia komórek nerwowych, pooddzielane mielinowymi włóknami nerwowymi o różnokierunkowym przebiegu. Większe skupienia mają swoje miana: jądro siatkowate olbrzymiokomórkowe, jądra szwu, jądro miejsca sinawego i inne. Twór siatkowaty jest najlepiej wykształcony w rdzeniu przedłużonym. Jego część przyśrodkowa, w której przeważają włókna nerwowe, jest nazywana tworem siatkowatym białym, a część boczna, w której przeważają komórki nerwowe, tworem siatkowatym szarym. Twór siatkowaty ma połączenia z korą mózgu, z blaszką pokrywy, z mózdzkiem, ze wzgórzem i rdzeniem kręgowym. W fizjologii nazywa się układem siatkowatym.

23.5.6. Rdzeń kręgowy

Rdzeń kręgowy stanowi dolną część ośrodkowego układu nerwowego, położoną w kanale kręgowym i jest jakby przedłużeniem rdzenia przedłużonego. Za początek rdzenia kręgowego uważa się miejsce jego skrzyżowania z brzegiem otworu wielkiego kości potylicznej, położone tuż poniżej skrzyżowania piramid i nieco powyżej odejścia pierwszej pary nerwów rdzeniowych. Rdzeń kręgowy kończy się na wysokości II kręgu lędźwiowego stożkiem rdzeniowym, który przechodzi w nić końcową sięgającą do II kręgu guziczego. Dolny odcinek tej nici zawiera już elementów nerwowych.

Na przedniej powierzchni rdzenia kręgowego biegnie szczelina pośrodkowa, a na tylnej bruzda pośrodkowa. Z rdzenia kręgowego wychodzi najczęściej 31 par nerwów rdzeniowych. Korzenie nerwów rdzeniowych otaczające w kanale krzyżowym nić końcową tworzą wraz z nią tzw. koński ogon. W miejscach, w których do rdzenia wnikają korzenie grzbietowe, znajduje się zagłębienie zwane bruzdą boczną tylną. W części szyjnej i piersiowej rdzenia kręgowego, w połowie odległości między szczeliną pośrodkową a bruzdą boczną tylną przebiega bruzda pośrednia tylna, oddzielająca od siebie dwie wyniosłości: pęczek smukły i pęczek klinowaty, zwane też pęczkami Golla i Burdacha. Na wysokości miejsc, w których nerwy biegnące do kończyn opuszczają rdzeń kręgowy, występują dwa wrzecionowate zgrubienia rdzenia kręgowego: zgrubienie szyjne i zgrubienie lędźwiowe. Przeciętna długość rdzenia kręgowego wynosi u człowieka od 41 do 45 cm, długość nici końcowej - 24 cm. Przeciętna masa rdzenia kręgowego - od 27 do 28 g.

Budowę wewnętrzną rdzenia kręgowego cechuje niski stopień rozwoju. Przejawia się on w: zachowaniu wyraźnej metameryczności układu wychodzących z niego nerwów rdzeniowych; głębokim położeniu ciał komórek nerwowych (istoty szarej), które znajdują się w rdzeniu blisko kanału środkowego; ograniczonej samodzielności czynnościowej podporządkowanej najczęściej ośrodkom mózgowia. W budowie wewnętrznej rdzenia szczególnie zwraca uwagę fakt, że w przeciwieństwie do mózgowia istota biała leży na obwodzie rdzenia, otaczając położoną w głębi istotę szarą. Istota biała tworzy sznur przedni, sznur boczny i sznur tylny, a istota szara "słup" przedni, słup boczny i słup tylny. Na przekroju poprzecznym rdzenia słupy noszą miano rogów: przedniego, bocznego i tylnego i układają się na kształt motyla lub litery H. W miejscu łączenia się rogów występuje istota pośrednia boczna i środkowa, przez którą przechodzi kanał środkowy. Kanał ten ku górze przechodzi w kanał środkowy rdzenia przedłużonego, ku dołowi kończy się ślepo w stożku rdzeniowym. U człowieka dorosłego jest drożny na całej swej długości zaledwie w 20% przypadków. Wystany jest komórkami wyściółki.

W słupach przednich rdzenia kręgowego znajdują się skupienia ciał komórek nerwowych, których liczba przekracza 100 000, dające początek korzeniom brzuszным nerwów rdzeniowych. Skupienia te nazwano jądrami ruchowymi. Skupienie komórek nerwowych w podstawie rogu tylnego nosi miano jądra grzbietowego. Odgrywa ono rolę w przekazywaniu impulsów czuciowych. W łączności z nim pozostają korzenie grzbietowe nerwów rdzeniowych (prawo Bella-Magendiego: „korzeń brzuszny ruchowy, korzeń grzbietowy czuciowy”, obecnie zmodyfikowane "korzeń brzuszny z przewagą włókien ruchowych, korzeń grzbietowy z przewagą włókien czuciowych"). W słupach tylnych na przekroju poprzecznym wyróżnia się: szyję, głowę i szczyt, a w szczycie istotę galaretowatą i istotę gąbczastą. W słupach bocznych znajdują się skupienia komórek nerwowych tworzących jądro pośrednio-boczne, dające początek przedzwojowym włóknom współczulnym i jądro pośrednio-przśrodkowe, dające początek przedzwojowym włóknom przywspółczulnym. Sznury rdzenia kręgowego są zbudowane z dróg nerwowych. Sznur przedni i boczny składa się z dróg ruchowych i czuciowych, sznur tylny tylko z dróg czuciowych. W sznurze przednim przebiegają: droga korowo-rdzeniowa przednia i droga rdzeniowo-wzgórzowa przednia. W sznurze bocznym znajdują się: droga rdzeniowo-wzgórzowa boczna i drogi rdzeniowo-mózdkowe przednia i tylna. W sznurze tylnym występuje: droga rdzeniowo-opuszkowa, w której wyróżnia się część przyśrodkową, zwaną pęczkiem smukłym i część boczną, zwaną pęczkiem klinowatym.

23.5.7. Drogi nerwowe

Drogi nerwowe to wiązka włókien nerwowych wychodząca ze skupienia komórek nerwowych i biegnąca w tym samym kierunku nosi miano drogi nerwowej, przy czym część drogi położona poza ośrodkowym układem nerwowym nazywa się nerwem. Włókna te przewodzą stany czynne z receptora do ośrodka lub z ośrodka do efektor, bądź też pomiędzy ośrodkami.

Wyróżniamy trzy zasadnicze rodzaje dróg nerwowych: drogi nerwowe kojarzeniowe - łączące sobą ośrodki w tej samej półkuli lub w tej samej połowie rdzenia kręgowego. Drogi kojarzeniowe u człowieka są dobrze wykształcone i przebiegają w istocie białej półkuli. Wyróżnia się wśród nich: drogi kojarzeniowe krótkie - łączące sąsiednie zakręty kory, przebiegające łukowato pod bruzdami na kształt litery U, zwane w związku z tym drogami łukowatymi; drogi kojarzeniowe długie - łączące ze sobą bardziej oddalone części kory, do dróg tych zalicza się: pęczek podłużny górny i dolny, pęczek

cionowy, pęczek haczykowaty, obręcz, a w rdzeniu kręgowym pęczki własne rdzenia kręgowego, które zespalają ze sobą różne części rdzenia.

Drogi nerwowe spoidłowe - łączące ośrodki w różnych półkulach mózgowia lub w różnych połowach rdzenia kręgowego. Do dróg tych zalicza się: ciało modzelowate n- największe skupienie dróg spoidłowych, zespalające ze sobą wszystkie płaty obu półkul; spoidło przednie - zawierające włókna łączące ze sobą węchomózgowie i dolne części płatów skroniowych; spoidło sklepienia - zespalające odnogi sklepienia; spoidło tylne - zawierające włókna zespalające wzgórzomózgowie, współdziała w skojarzonych ruchach gałek ocznych; spoidło uzdeczek - zawierające włókna przebiegające nad zachyłkiem szyszynkowym komory trzeciej, zespalające jądra uzdeczek; spoidła nadzwrokowe - włókna nerwowe przebiegające w obrębie skrzyżowania wzrokowego, ale nie wchodzące w skład drogi wzrokowej. Zespalają ciała prążkowane, jądra podwzgórza i gałki blade. Ponadto można także wyróżnić drogi spoidłowe nie objęte mianownictwem, przebiegające na poziomie dna komory trzeciej. Włókna nerwowe spoidłowe występują również w rdzeniu kręgowym.

Drogi nerwowe rzutowe - łączące korę mózgu z efektorami, zwane drogami ruchowymi lub drogami zstępującymi, lub łączące receptory z korą mózgu, zwane drogami czuciowymi albo drogami wstępującymi. Drogi ruchowe są drogami dwuneuronowymi, a drogi czuciowe drogami trójneuronowymi.

Do dróg ruchowych zalicza się: drogę korowo-jądrową. Ciała komórek nerwowych pierwszego neuronu tej drogi znajdują się w ośrodkach ruchowych kory mózgu, w jednej trzeciej dolnej zakrętu przedśrodkowego. Aksony tych komórek przez torebkę wewnętrzną (kolano) wnikają do konarów mózgu, a stąd do mostu i rdzenia przedłużonego. Ciała komórek nerwowych drugiego neuronu stanowią jądra początkowe nerwów czaszkowych: III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI i XII. Aksony komórek nerwowych pierwszego neuronu dochodzą do jąder początkowych nerwów czaszkowych w tej samej półkuli i w półkuli przeciwnej, dzięki czemu każde z wymienionych jąder ma podwójne zaopatrzenie aksonalne. Wyjątek stanowi nerw VII (dolne włókna) i nerw VII, które otrzymują zaopatrzenie aksonalne jedynie ze strony ośrodków korowych przeciwległej półkuli.

Drogę korowo-rdzeniową, zwaną również drogą piramidową. Ciała komórek nerwowych pierwszego neuronu tej drogi znajdują się w przedniej części płacika okołosrodkowego w górnej i środkowej części zakrętu przedśrodkowego. Aksony przebiegają przez torebkę wewnętrzną (przednie dwie trzecie odnogi tylnej), konary mózgu, most, rdzeń przedłużony, przechodząc do rdzenia kręgowego, do jąder początkowych nerwów rdzeniowych położonych w słupach przednich rdzenia. Droga ta na brzusznej powierzchni rdzenia przedłużonego tworzy wyniosłość zwaną piramidą. W dolnej części rdzenia przedłużonego większość włókien nerwowych drogi (70-80%) krzyżuje się (skrzyżowanie piramid, biegnąc dalej w rdzeniu kręgowym w jego sznurach bocznych. Ta część drogi nazywa się drogą korowo-rdzeniową boczną. Pozostała część włókien (10-30%) nie krzyżuje się w rdzeniu przedłużonym, przechodząc jako droga nieskrzyżowana do sznurów przednich rdzenia kręgowego. Stąd jej nazwa droga korowo-rdzeniowa przednia. W rdzeniu kręgowym część tej drogi ulega skrzyżowaniu w spoidle białym rdzenia, a część nadal pozostaje nieskrzyżowana.

Do dróg czuciowych zalicza się: drogę nerwową czucia eksteroceptywnego nerwów rdzeniowych, zwaną inaczej, ze względu na położenie neuronów, drogą zwojowo-rdzeniowo-wzgrzowo-korową. Ciała komórek nerwowych poszczególnych neuronów znajdują się tu kolejno: w zwojach rdzeniowych, w rogach tylnych rdzenia kręgowego, w jądrze brzuszno-tylno-bocznym wzgórza, a ośrodki korowe w tylnej części płacika okołosrodkowego i w zakręcie zaśrodkowym.

Drogę nerwową czucia proprioceptywnego nerwów rdzeniowych, zwaną inaczej drogą zwojowo-opuszkowo-wzgórzowo-korową. Ciała komórek nerwowych poszczególnych neuronów znajdują się tu kolejno: w zwojach rdzeniowych, w jądrze smukłym i jądrze klinowatym, w jądrze brzuszno-tylno-bocznym wzgórza, a ośrodki korowe w tylnej części płacika okołosrodkowego i w zakręcie zaśrodkowym.

Drogę czucia eksteroceptywnego i proprioceptywnego nerwów czaszkowych, zwaną inaczej drogą zwojowo-jądrowo-wzgórzowo-korową. Ciała poszczególnych neuronów znajdują się tu kolejno: w zwojach obwodowych nerwów V, VII, IX i X, w jądrach krańcowych wymienionych nerwów, w jądrze brzuszno-tylno-bocznym i tylnopryśrodkowym wzgórza, a ośrodki korowe w dolnej części zakrętu zaśrodkowego.

Drogi czuciowe w odcinku pomiędzy drugim a trzecim neuronem przebiegają razem, tworząc wstęgę przyśrodkową. Jedynie droga czuciowa nerwu trójdzielnego przebiega oddzielnie, tworząc wstęgę trójdzielną.

Drogi zmysłowe będą omówione przy poszczególnych narządach zmysłu. Ponadto wyróżnia się szereg innych dróg, jak np. drogi pozapiramidowe, drogi układu autonomicznego, drogi mózdzku i inne.

23.6. Czynność ośrodkowego układu nerwowego

Czynność ośrodkowego układu nerwowego człowieka ściśle związana jest z trzema podstawowymi procesami, którymi są: odbieranie bodźców ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego organizmu, reagowanie na bodźce i ich zapamiętywanie. Procesy nerwowe zachodzące w układzie nerwowym warunkują zachowanie.

Za pośrednictwem dośrodkowych - aferentnych włókien nerwowych przewodzone są impulsy nerwowe od narządów odbierających, czyli od receptorów, do niższych pięter ośrodkowego układu nerwowego. Następnie poprzez coraz to wyższe piętra impulsy nerwowe są przekazywane do najwyższego piętra - do kory mózgu. W kierunku przeciwnym - od kory mózgu do narządów wykonawczych, czyli do efektorów, impulsy nerwowe przekazywane są przez coraz to niższe piętra i odśrodkowe - eferentne włókna nerwowe.

23.6.1. Odruchy

Odbieranie bodźców i adekwatne reagowanie na nie, co nosi nazwę czynności odruchowej, jest najbardziej istotnym i podstawowym przejawem funkcji ośrodkowego układu nerwowego. Odruch jest to odpowiedź efektorów wywołana przez bodziec działający na receptor i wyzwolona za pośrednictwem układu nerwowego. Droga, jaką przebywa impuls nerwowy od receptora do efektorów, nazywa się łukiem odruchowym. Dzięki wrodzonym połączeniom nerwowym bodziec działający na określony receptor wyzwala odpowiedź określonego efektorów. Odpowiedź na bodziec jest odruchem wrodzonym, zwanym również odruchem bezwarunkowym. W życiu osobniczym powstają również nowe połączenia pomiędzy różnymi ośrodkami. Dzięki temu pojawiają się nowe odruchy, które są odruchami nabytymi, czyli odruchami warunkowymi. Wytworzenie się nowego połączenia pomiędzy ośrodkami wymaga pewnych określonych warunków. Odruchy nabyte charakteryzują się dużą zmiennością odpowiedzi na bodźce w przeciwieństwie do odruchów wrodzonych, które wywołują zawsze tę samą odpowiedź na ten sam bodziec.

23.6.2. Łuk odruchowy

Łuk odruchowy - droga, jaką przebywa impuls nerwowy od receptora do efektorów, stanowi łuk odruchowy. Składa się on z pięciu zasadniczych części: receptora - narządu odbierającego, aferentnego, czyli dośrodkowego włókna nerwowego, ośrodka nerwowego, eferentnego, czyli odśrodkowego włókna nerwowego, efektorów - narządu wykonawczego.

W zależności od liczby neuronów w ośrodkach nerwowych przewodzących impuls nerwowy od receptora do efektorów odruchy dzielą się na proste i złożone. Odruchy proste są to przede wszystkim odruchy rdzeniowe. Łuki odruchowe tych odruchów składają się z dwóch lub trzech komórek nerwowych. Impulsy nerwowe do i od rdzenia kręgowego biegną przez nerwy rdzeniowe, które składają się z włókien aferentnych i z włókien eferentnych.

W zwojach rdzeniowych znajdują się ciała neuronów czuciowych odbierających pobudzenie z receptorów. Neurony czuciowe wysyłają wypustkę kończącą się synapsami w istocie szarej rdzenia kręgowego. Neurony czuciowe przekazując pobudzenie bezpośrednio do neuronów ruchowych, tworzą tylko jedną synapsę pomiędzy neuronem czuciowym i ruchowym. Jest to łuk odruchowy odruchu monosynaptycznego. Część neuronów czuciowych ma wypustki, które kończą się synapsami na neuronach pośredniczących. Z kolei neurony pośredniczące stykają się synapsami : neuronami ruchowymi. W takim łuku odruchowym występują trzy neurony i dwie synapsy pomiędzy nimi. Jest to łuk odruchowy odruchu polisynaptycznego o większej niż jedna liczbie synaps. W łukach odruchowych może występować znacznie więcej neuronów niż dw. i lub trzy. Istnieją odruchy, w których uczestniczą dziesiątki i setki neuronów.

W organizmie człowieka występuje tylko jeden rodzaj odruchów monosynaptycznych. Jest to odruch na rozciąganie. Odruch ten zostaje wywołany przez rozciągnięcie mięśnia poprzecznie prążkowanego. Na skutek rozciągnięcia mięśnia poprzecznie prążkowanego dochodzi do pobudzenia znajdujących się w nim zakończeń pierścieniowo-spiralnych. Są to zakończenia neuronów czuciowych które na skutek rozciągania depolaryzują się i wysyłają salwy impulsów nerwowych biegnących do rdzenia kręgowego. Tam, po przejściu przez jedną synapsę pobudzają neurony ruchowe, które z kolei wysyłają impulsy wywołujące skurcz tego samego mięśnia poprzecznie prążkowanego.

Bodziec działając na receptory, np. znajdujące się w skórze, pobudza je, czyli: depolaryzuje. Pobudzenie receptorów odbierane jest przez otaczające je włókna nerwowe, stanowiące wypustki neuronów czuciowych. Impulsy nerwowe przewodzone są przez wypustki neuronów czuciowych od receptorów do rdzenia kręgowego. Tam są odbierane przez neurony pośredniczące, które z kolei pobudzają neurony ruchowe. W wyniku działania na kończynę silnego bodźca uszkadzającego tkanki dochodzi do skurczu mięśni zginaczy i do odruchowego zgięcia kończyny. Odruch zginania kończyn jest przykładem stosunkowo prostego odruchu polisynaptycznego.

23.6.3. Ośrodki nerwowe

Ośrodki nerwowe są to skupienia neuronów w ośrodkowym układzie nerwowym zawiadujące określoną funkcją. Od czynności ośrodków zależy, czy odruch wystąpi, jaki będzie jego okres utajonego pobudzenia i z jaką siłą zostanie pobudzony efektor. Przewodzenie impulsów przez ośrodki nerwowe różni się znacznie od przewodzenia impulsów w nerwach obwodowych. Przewodzenie przez ośrodki polega na przenoszeniu się impulsów z jednych neuronów na drugie, w czym pośredniczą zazwyczaj liczne synapsy. Impulsy od neuronów czuciowych do neuronów ruchowych w rdzeniu kręgowym przekazywane są bezpośrednio przez synapsy pobudzające. Natomiast impulsacja wysyłana przez neurony pośredniczące może być przekazywana zarówno przez synapsy pobudzające, jak i hamujące. W warunkach fizjologicznych impulsacja wysyłana przez neurony ruchowe do mięśni poprzecznie prążkowanych jest wypadkową działania na te neurony synaps pobudzających i hamujących. Impulsy nerwowe przewodzone są przez włókna nerwowe ze stałą prędkością. Prędkość przewodzenia impulsów znacznie zwalnia się w ośrodkach nerwowych. Zwolnienie ośrodkowe zależy od liczby synaps, przez które są przenoszone impulsy. Przejście impulsu, np. w rdzeniu kręgowym przez jedną synapsę, trwa około 0,8 ms. Czas ten podlega wahaniom, może ulec skróceniu lub wydłużeniu w zależności od stanu czynnościowego ośrodka. Wzajemnie zwrotne unerwienie mięśni poprzecznie prążkowanych i wzajemnie zwrotne stosunki pomiędzy ośrodkami nerwowymi dla tych mięśni polegają na tym, że pobudzenie jednych ośrodków wywołuje jednoczesne hamowanie innych ośrodków. Neurony ruchowe w rogach przednich rdzenia kręgowego unerwiają wszystkie mięśnie poprzecznie prążkowane tułowia i kończyn. Neurony dla poszczególnych mięśni i grup mięśni tworzą ośrodki ruchowe. W czasie pobudzenia ośrodka ruchowego, np. dla mięśni zginaczy kończyny górnej, ośrodki ruchowe dla mięśni antagonistycznych - prostowników są zahamowane, a mięśnie rozkurczone.

23.6.4. Czucie i percepcja

Pobudzenie receptorów wywołuje nie tylko przewodzenie impulsów poprzez łuk odruchowy do effektorów, ale również przewodzenie do ośrodków, w których skupione są neurony czuciowe wyższego rzędu. Pobudzenie neuronów w ośrodkach czuciowych jest podstawą czucia. Pobudzenie jednego rodzaju receptorów wywołuje czucie bodźca. Czucie jest to proste wrażenie zmysłowe, polegające na subiektywnej ocenie bodźców pobudzających receptory. Bodziec pobudzający jednocześnie kilka rodzajów receptorów pozwala na jego pełne rozpoznanie, czyli percepcowanie. Pojęciem wyższego rzędu w stosunku do czucia jest więc pojęcie percepcji. Obejmuje ona jednocześnie kilka rodzajów czucia i dzięki temu pozwala lepiej rozpoznać zarówno same bodźce, jak i ich źródło. Podstawą percepcji jest złożone wrażenie zmysłowe. W warunkach fizjologicznych wrażenia zmysłowe powstają tylko wtedy, kiedy impulsacja wysyłana przez receptory jest jednocześnie przewodzona przez neurony należące do dróg czuciowych swoistych, przewodzących impulsy od określonych receptorów, i dróg czuciowych nieswoistych, przewodzących impulsy od różnych rodzajów receptorów. Jednoczesne przewodzenie impulsacji czuciowej przez drogi swoiste i nieswoiste jest warunkiem odbierania wrażeń zmysłowych, czyli warunkiem percepcji.

Drogi swoiste przewodzą impulsy zarówno w czasie snu, jak i w czasie ogólnego znieczulenia chirurgicznego. Przewodzenie przez drogi nieswoiste jest w tym czasie zahamowane. Dzięki temu wrażenia zmysłowe nie są odbierane. Przeciwnie, po uszkodzeniu dróg swoistych i zachowaniu dróg nieswoistych, wrażenia zmysłowe mogą być odbierane, ale nie będą rozpoznawane. W zależności od receptorów wyspecjalizowanych w odbieraniu określonych bodźców czucie dzieli się na: teleceptywne, eksteroceptywne, proprioceptywne, interoceptywne. Czucie teleceptywne jest odbierane przez narządy zmysłów, a więc przez narząd powonienia, wzroku i narząd ślimakowy. Przez telereceptory są odbierane bodźce działające na organizm z pewnej odległości.

23.6.5. Powonienie

Cząsteczki związków chemicznych wprowadzone do jamy nosowej wraz z powietrzem wdychanym rozpuszczają się w śluzie pokrywającym nabłonek węchowy. Tą drogą działają one na wypustki komórek węchowych mających kształt rzęsek. Komórka węchowa jednocześnie odbiera bodźce i przewodzi impulsy nerwowe, ponieważ jest komórką nerwową. Próg pobudzenia dla cząsteczek lotnych związków jest bardzo różny. Stosunkowo słabo reagują komórki węchowe, np. na eter etylowy, silniej na kwas masłowy i najsilniej na merkaptan metylowy. Adaptacja do działającego bodźca zależy od jego charakteru. Do pewnych zapachów ludzie adaptują się szybko, przestając je odczuwać, do innych adaptacja zachodzi bardzo wolno. W przypadku działania dwóch zapachów odbierany jest ten, który działa silniej, lub do którego wolniej przebiega adaptacja. Człowiek może odróżnić od 2000 do 4000 różnych zapachów.

23.6.6. Wzrok

W odbieraniu fal świetlnych i ich przetwarzaniu na wrażenie zmysłowe bierze udział narząd odbiorczy, czyli gałka oczna, oraz drogi i ośrodki łączące gałkę oczną z ośrodkiem wzrokowym w korze mózgu. Sama gałka oczna spełnia złożoną funkcję, zawiera układ optyczny, właściwe receptory, czyli pręciki i czopki, oraz w samej siatkówce drogi dla impulsów nerwowych.

Receptorami wrażliwymi na falę świetlną, czyli fotoreceptorami są pręciki i czopki. Pod wpływem fali świetlnej w pręcikach i czopkach dochodzi do przemian chemicznych i depolaryzacji ich błony komórkowej. Impuls powstający w pręcikach i czopkach przewodzony jest przez komórki nerwowe dwubiegunowe, a następnie przez komórki zwojowe, których aksony biegną w nerwie wzrokowym. Pręciki stanowią fotoreceptory odbierające fale świetlne o różnej długości i o największym ich pochłanianiu w zakresie około 505 nm. Pod wpływem fal świetlnych zawarta w pręcikach rodopsyna, czyli czerwień wzrokowa, zamienia się w lumirodopsynę, a następnie w metarodopsynę, która rozpada się na retinen i białko - skotopsynę. Po odłączeniu się retinenu od skotopsyny ta ostatnia wyzwala impuls nerwowy. Następnie retinen łączy się ponownie ze skotopsyną, tworząc rodopsynę. Część retinenu jest zredukowana przez dehydrogenazę, do witaminy A₂, która również wraz ze skotopsyną resyntetyzuje się do rodopsyny. Pręciki odbierają różnice w natężeniu promieni świetlnych padających na różne miejsca siatkówki. Czopki zawierają podobny barwnik do rodopsyny, znajdujący się w pręcikach, z tą różnicą że zamiast skotopsyny występują w nich trzy inne białka. Z tym związany jest podział czopków również na trzy rodzaje. Są to czopki pochłaniające: promienie niebieskie - maksimum pochłaniania 430 nm, promienie zielonożółte - maksimum pochłaniania 540 nm i promienie pomarańczowoczerwone - maksimum pochłaniania 575 nm. Każdy z tych trzech rodzajów czopków pochłaniając promienie świetlne w pewnym zakresie jest najbardziej wrażliwy na określoną długość fali świetlnej. Jednoczesne pobudzenie dwóch rodzajów czopków przez falę świetlną o długości pośredniej dla tych czopków pozwala odbierać barwy pośrednie. Poszczególne czopki przekazują pobudzenie do mózgu zazwyczaj za pośrednictwem jednego włókna nerwowego biegnącego w nerwie wzrokowym. Szczególnie odnosi się to do czopków znajdujących się w dołku środkowym. Dzięki temu czopki zapewniają nie tylko odbiór światła o różnej długości fali, lecz również ostrość widzenia. Największa ostrość widzenia uzyskiwana jest przy padaniu obrazów na plamkę żółtą dołka środkowego siatkówki. W tej okolicy siatkówki występują tylko czopki i tak gęsto są rozmieszczone, że przylegają do siebie.

Człowiek odbiera oddzielne obrazy, jeśli występują one z częstotliwością do 10 Hz. Przy wyższej częstotliwości obrazy nie są odbierane oddzielnie, lecz jako jeden obraz, ponieważ resynteza barwnika w fotoreceptorach trwa 0,1 s. Jest to wykorzystywane przez film i telewizję. Ostrość wzroku, czyli siła rozdzielcza oka jest oceniana na podstawie obrazu padającego na plamkę żółtą. Odróżnienie dwóch świecących punktów leżących blisko siebie zachodzi tylko wtedy, kiedy dwa czopki pobudzone przez promienie wysyłane przez te punkty są przedzielone przez czopek nie pobudzony.

Odbiór i rozpoznawanie wrażeń wzrokowych jest procesem złożonym, który przebiega w obrębie ośrodków podkorowych oraz w korze mózgu. W korze mózgu w polu wzrokowym przebiegają procesy nerwowe związane z odbiorem konturów przedmiotów. Gałka oczna znajduje się w stałym ruchu, w związku z tym coraz to inne neurony zostają pobudzone przez salwy impulsów spowodowane przez przesuwający się na siatkówce obraz konturów przedmiotu. Spostrzeganie dowolnego przedmiotu wymaga, aby jego obraz na siatkówce stale się przesuwał. Dlatego gałki oczne u człowieka znajdują się w stałym ruchu, nawet w czasie snu. Neurony ośrodków podkorowych zapewniają widzenie barwne i stereoskopowe oglądanych przedmiotów.

23.6.7. Słuch

Właściwy receptor odbierający fale akustyczne znajduje się w uchu wewnętrznym, w narządzie spiralnym (Cortiego). Tam zachodzi przetworzenie fal akustycznych na impulsy nerwowe.

Umownie przyjęto natężenie fal akustycznych odbieranych przez ucho mierzyć w decybelach (dB). Bodziec progowy, przy którym można osiągnąć u człowieka próg słyszenia, wynosi 0 dB. Pomiędzy progiem słyszenia i bodźcem maksymalnym występuje różnica w intensywności rzędu 10^{14} , czyli próg słyszenia - 0 dB i bodziec maksymalny - 140 dB. Dźwięki o natężeniu powyżej 140 dB poza wrażeniem słuchowym wywołują również uczucie bólu związane z uszkodzeniem narządu spiralnego. Ludzie młodzi odbierają dźwięki o częstotliwości w zakresie od 20 do 20 000 Hz. W miarę starzenia się organizmu górna granica obniża się i dźwięki o dużej częstotliwości nie są słyszane. Najlepiej odbierane są dźwięki w zakresie od 1 000 do 3 000 Hz. Impulsy słuchowe biegną do pola słuchowego w zakręcie skroniowym górnym w płacie skroniowym. Komórkom rzęsatym kolejnych odcinków narządu spiralnego odpowiadają skupienia neuronów czuciowych w polu słuchowym w korze mózgu. Dzięki temu w polu słuchowym sąsiadują ze sobą skupienia neuronów odbierające dźwięki wyższe o kolejne oktawy.

23.6.8. Czucie dotyku i ucisku

Z powierzchni skóry odbierane jest czucie dotyku, ucisku, ciepła, zimna i bólu. Poza czuciem bólu, które odbierane jest przez nagie zakończenia nerwowe, pozostałe rodzaje czucia skórniego mają wyspecjalizowane receptory, czyli narządy odbiorcze. Bodziec pobudzający receptory w skórze charakteryzuje siła, czas narastania i czas jego trwania. Dla powstania wrażenia zmysłowego najważniejszy jest czas narastania siły bodźca. Im czas narastania jest krótszy, tym intensywność wrażenia zmysłowego jest większa. W czasie działania bodźca o tej samej sile występuje zjawisko przystosowania się receptora do bodźca, czyli adaptacja.

Pojedyncze aferentne włókno nerwowe przewodzi impulsy nerwowe od jednego rodzaju receptorów. Receptory te zajmują pewną określoną powierzchnię skóry. Jednostkę czucia stanowią liczne receptory unerwione przez pojedyncze włókna aferentne będące wypustką jednego neuronu czuciowego. Obszary unerwione przez poszczególne jednostki czucia częściowo zachodzą na siebie, ponieważ receptory, z których poszczególne włókna nerwowe odbierają impulsację, są często wzajemnie przemieszane. Czuciowe komórki nerwowe i ich wypustki nie są bezładnie przemieszane, ale są rozmieszczone zgodnie z somatotopową organizacją neuronalną. Od receptorów określonej powierzchni skóry przewodzone są impulsy w tych samych pęczkach włókien nerwowych, a neurony czuciowe sąsiadują ze sobą. Rozmieszczenie neuronów czuciowych we wzgórzu i w korze mózgu jest zniekształconym odbiciem powłok całego ciała. W korze mózgu zaś nadrzędne neurony odbierające czucie dotyku rozmieszczone są równoległe do powierzchni zakrętu zaśrodkowego kory. Korowa reprezentacja głowy znajduje się najbardziej bocznie w zakręcie zaśrodkowym, a reprezentacja dla kończyn dolnych umiejscowiona jest w przyśrodkowej powierzchni półkuli mózgowej. Gęstość, z jaką występują receptory w skórze, jest różna dla poszczególnych okolic. Największe zagęszczenie receptorów występuje w skórze końca nosa, w opuszkach palców i w wargach. Najmniej receptorów jest w skórze grzbietu, ud i ramion. Okolice o dużej gęstości receptorów wykazują jednocześnie dużą wrażliwość na dotyk i mają dużą reprezentację korową. Przeciwnie, okolice mało wrażliwe na dotyk są reprezentowane przez małe pola w korze mózgu.

23.6.9. Czucie ciepła i zimna oraz czucie bólu

Spadek temperatury skóry jest odbierany przez kolby końcowe, wzrost zaś przez położone głębiej w skórze ciała zmysłowe. Bodźcem progowym dla receptorów zimna jest spadek temperatury skóry, a dla receptorów ciepła jej wzrost. Receptory ciepła i zimna odbierają wzrost lub spadek temperatury tylko wtedy, kiedy temperatura otoczenia różni się od temperatury powierzchni skóry. Przy jednakowej temperaturze powierzchni skóry i otoczenia receptory nie są pobudzone. Czucie bólu wywołują bodźce uszkodzające skórę, co jest odbierane przez nagie zakończenia nerwowe. Impulsacja bólowa przewodzona jest przez włókna aferentne z osłonką rdzenną należące do grupy A i bez osłonki rdzennej należące do grupy C d.r. Nadrzędne neurony odbierające czucie ciepła i zimna znajdują się w korze mózgu w zakręcie zaśrodkowym. Czucie bólu odbierane jest również przez neurony znajdujące się w korze mózgu wieczka czołowo-ciemieniowego i w korze wyspy.

23.6.10. Czucie smaku

W jamie ustnej znajdują się skupione w kubkach smakowych receptory odbierające cztery podstawowe smaki: słodki, kwaśny, słony i gorzki. Wrażliwość komórek smakowych w kubkach rozmieszczonych w błonie śluzowej pokrywającej język, krtań i gardło nie jest jednakowa. Dzięki różnorodnej lokalizacji w błonie śluzowej kubków smakowych i odmiennej ich wrażliwości na cząsteczki substancji rozpuszczonych w śluzie odbierane jest czucie czterech smaków.

Nadrzędny neuron czuciowy znajduje się w korze mózgu, w zakręcie zaśrodkowym. W tym samym polu kory mózgu skupione są nadrzędne neurony czuciowe odbierające pobudzenie od innych receptorów z jamy ustnej i gardła.

23.6.11. Czucie proprioceptywne i czucie równowagi

Proprioceptory wysyłają informacje do ośrodkowego układu nerwowego o stanie układu kostno-stawowo-mięśniowego oraz o położeniu i ruchu całego ciała. W układzie kostno-stawowo-mięśniowym znajdują się receptory pobudzane pracą statyczną i dynamiczną mięśni poprzecznie prążkowanych. Znajdujące się tam receptory odbierają napięcie i rozciągnięcie mięśni i ścięgien oraz ucisk wywierany na powierzchnie stawowe. Nadrzędny neuron czuciowy znajduje się w zakręcie zaśrodkowym kory mózgu. W tych samych polach zakrętu zaśrodkowego kory mózgu znajdują się nadrzędne neurony odbierające impulsację z proprioceptorów narządów ruchu oraz eksteroreceptorów skóry. W warunkach fizjologicznych nie jest odczuwana impulsacja z proprioceptorów, pozostaje ona poniżej progu świadomości. W narządzie przedślonkowym znajdują się proprioceptory zmysłu

równowagi. W czasie obrotu głowy następuje przepływ śródchłonki wewnątrz przewodów półkolistych i jej napływanie lub odpływanie do baniek błoniastych. Przepływ śródchłonki przez bańki powoduje napinanie się rzęsek - wypustek komórek receptorowych. Komórki te reagują na obrót głowy, czyli na przyspieszenie kątowe. W przedsiönku skupione są receptory wrażliwe na przyspieszenie liniowe. Ruch głowy w linii prostej powoduje przemieszczanie się otolitów. Rzęski zapinają się i powodują pobudzenie komórek receptorowych.

23.6.12. Czuć interoceptywne i czucie bólu trzewnego

Czuć interoceptywne, nazywane również czuciem trzewnym, odbierane jest przez interoceptory znajdujące się w narządach wewnętrznych. Interoceptory pobudzane są przez bodźce mechaniczne i chemiczne. Bodźce mechaniczne rozciągają tkanki, w których znajdują się receptory, np.: presoreceptory w ścianie tętnic, baroreceptory w ścianach żył, mechanoreceptory w tkance płucnej. Czynniki chemiczne również pobudzają interoceptory, np. prężność dwutlenku węgla we krwi pobudza chemoreceptory kłębka szyjnego i aortalnego.

W warunkach normalnych impulsacja z interoceptorów pozostaje poniżej progu świadomości. Niemniej jednak stale jest przewodzona przez trzewne łuki odruchowe, uczestnicząc w regulacji czynności układu krążenia, układu oddechowego, układu pokarmowego i układu moczowo-płciowego. Proces chorobowy toczący się w obrębie jakiegoś narządu wewnętrznego wywołuje silniejsze podrażnienie interoceptorów. Nasila się impulsacja wysyłana przez interoceptory, przekraczając częstotliwość występującą w warunkach fizjologicznych. Tym samym przez trzewny łuk odruchowy przewodzona jest w jednostce czasu zwiększona liczba impulsów. Neurony czuciowe stają się bardziej pobudliwe dzięki przełączaniu się impulsacji z neuronów należących do trzewnych łuków odruchowych na neurony przewodzące czucie z eksteroceptorów i proprioceptorów.

23.6.13. Czuć bólu

Czuć bólu wywoływane jest przez bodźce uszkodzające tkanki, czyli przez bodźce nocycytywne. W uszkodzonych tkankach dochodzi do aktywacji enzymów proteolitycznych zwanych tkankowymi kalikreinami. Enzymy działają na białka tkankowe - kininogeny, odczepiając od nich aktywne polipeptydy - kininy, które depolaryzują nagie zakończenia nerwowe i wyzwalają we włóknach nerwowych dośrodkowe salwy impulsów bólowych. Kininy stanowią liczną grupę polipeptydów o zbliżonym fizjologicznym działaniu. Spośród nich została poznana budowa chemiczna napeptydu - bradykininy. Kininy nie tylko depolaryzują nagie zakończenia nerwowe, ale również rozszerzają naczynia krwionośne. W uszkodzonych tkankach uwalnia się także histamina, która ma zbliżone działanie do kinin. Impulsy bólowe są przewodzone przez włókna nerwowe z osłonką mieli nową, należące do grupy A, oraz przez włókna bez osłonki mielinowej, należące do grupy C. Bodźce bólowe są podwójnie odczuwane. Podwójna odpowiedź bólowa wywołwana jest różnicą w prędkości przewodzenia impulsów bólowych we włóknach należących do grupy A i do grupy C. Bodziec bólowy działając na rękę lub stopę wywołuje lepiej odczuwalną podwójną odpowiedź, niż jeśli działa na skórę kończyn w pobliżu tułowia. Pierwsza odpowiedź bólowa ma charakter silnego ostrego bólu, ściśle zlokalizowanego, druga zaś odpowiedź daje nieprzewidywalne odczucie bez ścisłej lokalizacji. Droga, którą przewodzone są impulsy bólowe, pokrywa się z drogą dla impulsacji z receptorów zimna i ciepła. Poza drogą swoistą impulsy bólowe są jednocześnie przekazywane drogami wieloneuronalnymi - nieswoistymi. Przewodzenie impulsów przez drogi nieswoiste ma szczególne znaczenie dla odbierania czucia bólu. Przewodzenie impulsów przez drogi swoiste zachowane jest nawet w głębokim znieczuleniu ogólnym. Środki stosowane do tego celu znoszą przede wszystkim przewodzenie impulsów w drogach nieswoistych. Brak przewodzenia impulsów przez drogi nieswoiste układu siatkowego znosi czucie bólu, ponieważ warunkiem wywołania jakiegokolwiek czucia, a więc i czucia bólu, jest doprowadzenie impulsacji do całej kory za pośrednictwem dróg nieswoistych. Proces hamowania impulsacji bólowej, biegnącej od miejsca działania bodźca nocycytywne, zachodzi w obrębie rogów tylnych rdzenia kręgowego oraz w jądrach wzgórza. Czuć bólu spowodowane uszkodzeniem tkanek może być hamowane podrażnieniem receptorów w sąsiedniej okolicy. Mechanizm hamowania impulsacji bólowej zachodzi w rogach tylnych rdzenia kręgowego. Włókna C o średnicy od 0,4 do 1,2 μm i włókna A o małej średnicy, od 2 do 5 μm , przewodzą impulsację bólową od nocycyptorów do II neuronu czuciowego w rogach tylnych rdzenia kręgowego. Włókna A o większej średnicy, od 6 do 12 μm , przewodzą impulsację od receptorów dotyku. Impulsy przewodzone przez te włókna po wejściu do rdzenia przekazują pobudzenie: bezpośrednio do II neuronu czuciowego w rogach tylnych; do neuronu pośredniczącego hamującego i przez drogi wstępujące swoiste i nieswoiste do mózgowia.

W pierwszym przypadku mamy konwergencję impulsacji bólowej i czucia dotyku. Nasila się impulsacja bólowa. W drugim przypadku impulsacja przekazywana poprzez neuron pośredniczący

hamujący zmniejsza impulsację bólową. Ośrodki w mózgowiu pobudzone przez drogi swoiste i nieswoiste działają zwrótnie hamująco na neurony w rogach tylnych. W obrębie rogów tylnych rdzenia kręgowego przewodzenie impulsacji bólowej jest wypadkową jednocześnie działających na II neuron czuciowych impulsów pobudzających i hamujących. Ośrodki mają zmienną wrażliwość na impulsację bólową, co również warunkuje czucie bólu. Wrażliwość na impulsację bólową zmienia się pod wpływem związków egzogennych uśmierczających ból (analgetycznych), do których należy morfina, jak i pod wpływem związków endogennych, tak zwanych endorfin. Czucie bólu jest procesem złożonym. Jego wystąpienie warunkowane jest obecnością aferentnej impulsacji bólowej i jednocześnie odpowiedniej wrażliwości na tę impulsację ośrodków w śródmózgowiu, międzymózgowiu, układzie limbicznym i w rdzeniu kręgowym. Wrażliwość komórek nerwowych w tych ośrodkach zmieniana jest nie tylko przez impulsy nerwowe uwalniające na synapsach mediatory pobudzające lub hamujące. W błonie komórkowej neuronów tych ośrodków występują receptory opioidowe wiążące cząsteczki morfiny - związku egzogenego uśmierczającego ból. Receptory opioidowe nie tylko wiążą związki egzogenne. Łączy się z nimi również związki endogenne. Występują one w rdzeniu gruczołowym, w płacie przednim i pośrednim przysadki oraz w ośrodkowym układzie nerwowym. Są to polipeptydy, o łańcuchu składającym się z pięciu aminokwasów: enkefalina metioninowa i enkefalina leucynowa, lub o dłuższym łańcuchu peptydowym, którego fragmentem jest enkefalina metioninowa lub leucynowa. W cząsteczkach: β -endorfiny, α - i β -neoendorfiny i dynorfin występują pięć aminokwasów łańcuchów enkefalin.

Prekursorami peptydów opioidowych są: pro-enkefalina, pro-opiomelanokortyna i pro-dynorfina. Z cząsteczki pro-enkefaliny powstaje po fragmentacji sześć cząsteczek enkefaliny metioninowej i jedna cząsteczka enkefaliny leucynowej. Z pro-opiomelanokortyny tworzą się cząsteczki: δ -endorfiny, hormonów melanotropowych i enkefalina leucynowa, a po fragmentacji pro-dynorfiny powstają α - i β -neoendorfiny i dynorfiny.

Aktywność poszczególnych endorfin nie jest jednakowa i w znacznym stopniu zależy od wybranego wskaźnika aktywności. Wykazano dotychczas, że u ludzi skarżących się na przewlekłe bóle zawartość endorfin w płynie mózgowo-rdzeniowym jest niska.

W praktyce lekarskiej czucie bólu znoszone jest również za pomocą znieczulenia miejscowego. Miejscowe wprowadzenie do tkanek preparatów znieczulających hamuje przewodzenie impulsów we włóknach nerwowych.

23.6.14. Percepcja bodźców

Drogę nieswoistą dla impulsów z receptorów stanowi wstępujący układ siatkowaty. Włókna aferentne biegnące w drogach swoistych wysyłają gałązki oboczne, czyli kolateralne do tworzącego siatkowatego pnia mózgu. Przełączanie się impulsacji za pośrednictwem gałązek obocznych zachodzi w obrębie niższych pięter mózgowia. Aksony neuronów tworzących siatkowaty pni docierają do wszystkich pól kory mózgu oraz do ośrodków podkorowych kontrolujących czynność poszczególnych narządów i układów oraz do ośrodków motywacyjnych kierujących zachowaniem się człowieka. Jednoczesne pobudzenie nadrzędnych swoistych neuronów w odpowiednim polu czuciowym kory mózgu, pobudzenie całej kory mózgu i pobudzenie ośrodków podkorowych - to warunki konieczne do rozpoznania bodźca działającego na receptory, czyli do percepcji bodźca.

23.7. Ruchy dowolne i zachowanie się człowieka

23.7.1. Czynność układu piramidowego

Ośrodki kontrolujące ruchy dowolne i postawę ciała znajdują się: w korze mózgu, w jądrach kresomózgowia i w mózdzku. W koordynacji czynności tych ośrodków z czynnością rdzenia kręgowego pośredniczy również układ siatkowaty pnia mózgu. W zakręcie zaśrodkowym znajdują się pola czuciowe odbierające pobudzenie z ekstero-, proprio- i interoceptorów. Impulsacja aferentna biegnąca do zakrętu zaśrodkowego jest stąd przekazywana do zakrętu przedśrodkowego, czyli do korowej reprezentacji ruchu. Inne pola kory mózgu i ośrodki podkorowe modulują pobudliwość nadrzędnych neuronów ruchowych, znajdujących się w korowej reprezentacji ruchu. W wyniku tego dochodzi do wyzwolenia lub zahamowania określonego ruchu.

W korze mózgu znajdują się ośrodki skupiające nadrzędne neurony ruchowe dla poszczególnych mięśni poprzecznie prążkowanych po stronie przeciwnej ciała. Występują one w zakręcie przedśrodkowym w korowej reprezentacji ruchu. W zakręcie przedśrodkowym, poczynając od brzożu górnego pomiędzy półkulami i kończąc w pobliżu brzoży bocznej mózgu, znajdują się kolejno ośrodki

dla ruchów: stopy, goleni, uda, tułowia, ramienia, przedramienia, dłoni i palców, dla ruchów głowy, żuchwy, gałki ocznej, języka i mięśni gardła.

Nadrzędne neurony ruchowe wysyłają wypustki biegnące przez istotę białą półkul, torebkę wewnętrzną konar mózgu do jąder ruchowych śródmózgowia, mostu, rdzenia przedłużonego i rdzenia kręgowego. Włókna przewodzące eferentną impulsację z kory mózgu biegną w części środkowej i tylnej torebki wewnętrznej. Najbardziej ku przodowi położone są włókna drogi korowo-mostowej do jąder ruchowych III, IV, V, VI nerwów czaszkowych. Następnie znajdują się włókna korowo-opuszkowe do jąder ruchowych VII, IX, X, XI, XII nerwów czaszkowych. Dalej ku tyłowi biegną włókna drogi korowo-rdzeniowej do jąder ruchowych w rogach przednich rdzenia kręgowego.

Impulsy wysyłane przez nadrzędny neuron ruchowy w zakręcie przedśrodkowym docierają bezpośrednio do podrzędnych neuronów ruchowych w jądrach ruchowych mostu, rdzenia przedłużonego i rdzenia kręgowego. Podrzędne neurony ruchowe jąder ruchowych mostu, rdzenia przedłużonego i rdzenia kręgowego wysyłają aksony biegnące w nerwach czaszkowych i rdzeniowych do efektorów, którymi są mięśnie poprzecznie prążkowane.

23.7.2. Czynność układu pozapiramidowego

Nadrzędne neurony ruchowe kory mózgu wysyłają impulsy nerwowe do mięśni poprzecznie prążkowanych również drogą pośrednią, w czym biorą udział jądra podkorowe. Aksony neuronów kory mózgu biegną do jąder podkorowych, gdzie kończą się synapsami. Z kolei neurony jąder podkorowych wysyłają swoje aksony, które z pominięciem piramid docierają do podrzędnych neuronów ruchowych w jądrach ruchowych. Taka neuronalna organizacja warunkuje czynność układu pozapiramidowego. Zasadniczą funkcją układu pozapiramidowego jest współdziałanie w wyzwaniu ruchów dowolnych i regulowanie napięcia mięśni poprzecznie prążkowanych. Jądra podkorowe należące do układu pozapiramidowego zmieniają pobudliwość neuronów w polach ruchowych kory mózgu. Pobudliwość tych neuronów zmienia się dzięki występowaniu licznych sprzężeń zwrotnych pomiędzy korą mózgu i jądrami podkorowymi. Jednym z najważniejszych sprzężeń zwrotnych jest sprzężenie pomiędzy polami ruchowymi kory mózgu, jądrem ogoniastym, istotą czarną śródmózgowia i wzgórzem. Impulsy nerwowe wysyłane przez neurony kory mózgu do istoty czarnej śródmózgowia za pośrednictwem neuronów jądra ogoniastego powracają do kory mózgu poprzez jądro brzuszno-boczne wzgórza. Pomiedzy jądrem ogoniastym, istotą czarną śródmózgowia i jądrem brzuszno-bocznym wzgórza występują również sprzężenia zwrotne. Jądro ogoniaste wysyła do istoty czarnej zarówno impulsy wywołujące: popudzenie, za pośrednictwem neuronów peptyderygicznych uwalniających na swych zakończeniach Substancję P, jak również hamowanie przy udziale neuronów GABA-ergicznych uwalniających na swych zakończeniach kwas γ -aminomasłowy. Neurony istoty czarnej zwrotnie oddziałują hamująco na neurony jądra ogoniastego dzięki neuronom dopaminergicznym i dopaminie uwalnianej na zakończeniach tych neuronów w jądrze ogoniastym. Zmniejszenie uwalniania dopaminy w obrębie jądra ogoniastego zaburza działanie ujemnego sprzężenia zwrotnego i występują objawy patologiczne. Zastosowanie leków przyspieszających syntezę i uwalnianie dopaminy lub zwiększających pobudliwość receptorów dopaminergicznych przywraca funkcję sprzężenia zwrotnego i zmniejsza objawy patologiczne.

23.7.3. Czynność mózdzku

Kora mózgu i kora mózdzku są ze sobą wzajemnie połączone za pośrednictwem jąder mostu. W moście krzyżują się włókna przewodzące impulsację pomiędzy korą mózgu a korą mózdzku. Prawa półkula mózgu wysyła impulsy do lewej półkuli mózdzku, a lewa półkula mózgu - do prawej półkuli mózdzku.

Odpowiadające sobie pola kory mózgu i kory mózdzku pozostają w stosunkach wzajemnie zwrotnych. Pobudzenie w korze mózgu pola czuciowo-ruchowego reprezentującego jakąś część ciała powoduje zahamowanie odpowiadające go mu pola w korze mózdzku. Kora półkul mózdzku odbiera również impulsację biegnącą od receptorów całego ciała. Neurony gruszkowate w korze półkul mózdzku jednocześnie odbierają impulsację wysyłaną przez inne struktury mózgowia, przede wszystkim przez korę mózgu, i impulsację biegnącą od receptorów całego ciała. Szczególne znaczenie dla prawidłowej czynności mózdzku ma impulsacja wysyłana przez receptory siatkówki i receptory błędnika. Kora mózdzku gromadzi informacje o aktualnym stanie wszystkich narządów ruchu, o sile skurczów poszczególnych grup mięśni poprzecznie prążkowanych oraz o położeniu głowy w stosunku do tułowia. Kora mózdzku za pośrednictwem jąder mózdzku kontroluje napięcie mięśniowe wszystkich mięśni poprzecznie prążkowanych. Jest, jak gdyby, głównym dyspozytorem napięcia mięśni poprzecznie prążkowanych i kiedy zachodzi potrzeba szybko zmienia napięcie we wszystkich mięśniach. Dzięki czynności mózdzku możemy biegać, przeskakiwać przeszkody nie przewracając się. Czynność mózdzku polegająca na dystrybucji siły skurczów mięśni poprzecznie prążkowanych ujawnia

się np. w czasie wykonywania ruchów głową. Dzięki jednoczesnemu odbiorowi przez neurony kory mózgu impulsacji nerwowej biegnącej: od proprioceptorów mięśni gałki ocznej i szyi, od receptorów błędnika i od receptorów siatkówki, można wykonywać płynne ruchy głowy stale obserwując jeden nieruchomy przedmiot. Można również płynnie poruszać głową, obserwując szybko poruszający się obiekt.

23.7.4. Układ siatkowaty pnia mózgu

Układ siatkowaty pnia mózgu jest poieciami czynnościowym. Podłożem anatomicznym dla tego układu są komórki nerwowe skupione w tworze siatkowatym mózgowia. Neurony tworzą siatkowatego tym się charakteryzują, że ich aksony rozdzielają się na gałązki o licznych rozgałęzieniach, wstępujące i zstępujące. Dzięki tym rozgałęzionym wypustkom komórki tworzą siatkowatego przekazują impulsy licznym komórkom nerwowym, położonym zarówno w wyższych, jak i w niższych piętrach ośrodkowego układu nerwowego. Układ siatkowaty dzieli się na część wstępującą, która wywiera wpływ pobudzający i hamujący, oraz na część zstępującą.

Układ siatkowaty wstępujący kontroluje czynność neuronów ruchowych oraz przewodzi impulsy aferentne od receptorów i tym samym stanowi dla tych impulsów drogę nieswoistą. Układ siatkowaty wstępujący przewodzi impulsy pobudzające do wszystkich pól kory mózgu, do ośrodków podkorowych kierujących zachowaniem, czyli do ośrodków motywacyjnych, oraz do ośrodków kontrolujących układ autonomiczny i gruczołów dokrewnych. Na przedłużeniu tworzą siatkowatego śródmózgowia znajdują się jądra wzgórza skupiające neurony o działaniu antagonistycznym - hamującym w stosunku do neuronów układu siatkowatego wstępującego. Jądra te tworzą układ rekrutujący wzgórza, synchronizujący czynność bioelektryczną kory mózgu. Układ rekrutujący obejmuje: jądra części przyśrodkowej wzgórza, jądra śródblaszkowe wzgórza, jądra brzuszne wzgórza przednio-boczne i przednio-przysrodkowe oraz jądra siatkowate boczne wzgórza. Układ siatkowaty zstępujący kontroluje czynność odruchową rdzenia kręgowego i napięcie mięśni poprzecznie prążkowanych oraz czynność ośrodków kontrolujących krążenie i oddychanie. W zależności od efektu, jaki wywołują neurony układu siatkowatego zstępującego, dzieli się go na: część hamującą oraz na część pobudzającą czynność neuronów rdzenia przedłużonego i rdzenia kręgowego. Układ siatkowaty tworzą neurony cholinergiczne, adrenergiczne i peptyderygiczne.

23.7.5. Ośrodki motywacyjne

W ośrodkowym układzie nerwowym w rozwoju filogenetycznym wykształciły się dwa podstawowe mechanizmy nerwowe kierujące zachowaniem człowieka. Są to mechanizmy: unikania i konsumowania. Mechanizm unikania zabezpiecza organizm przed działaniem czynników lub bodźców szkodliwych, mechanizm konsumowania zaś tak kieruje zachowaniem, aby potrzeby organizmu były zaspokojone. Pojawienie się pobudki prowadzi do zachwiania równowagi pomiędzy mechanizmem unikania i mechanizmem konsumowania. Pobudzenie odpowiedniego ośrodka wywołuje aktywność somatyczną, której ostatecznym efektem jest przywrócenie równowagi pomiędzy mechanizmem unikania i konsumowania. Pobudką może być na przykład głód, który wywołuje mechanizm konsumowania. Po spożyciu pewnej ilości pokarmów mechanizm unikania zaczyna przeważać i przestajemy jeść. Do ośrodków wywołujących aktywność somatyczną zalicza się ośrodki: głodu, pragnienia, agresji, ucieczki i ośrodek rozrodczy. Ośrodki kierujące zachowaniem znajdują się w międzymózgowiu. Neurony należące do jednego ośrodka są skupione lub rozsiane na większych obszarach, sąsiadując z neuronami innych ośrodków. Ośrodek pokarmowy obejmuje dwa antagonistyczne ośrodki, którymi są ośrodek głodu w bocznej części podwzgórza i ośrodek sytości w jądrze brzuszno-przysrodkowym podwzgórza. W skład ośrodka głodu i ośrodka sytości wchodzi neurony wrażliwe na zawartość glukozy i aminokwasów we krwi, spełniające funkcje detektorów. Ośrodki pokarmowe w podwzgórzu kierują zachowaniem organizmu, tak aby było zaspokojone jego zapotrzebowanie na energię i związki budulcowe niezbędne do życia. W części środkowej podwzgórza skupione są neurony ośrodka pragnienia, wywołujące poszukiwanie i picie wody. Ośrodek ten jest ściśle związany z ośrodkiem termoregulacji i z neuronami syntetyzującymi hormon antydiuretyczny (wazopresynę argininową). Wzrost temperatury krwi lub wzrost ciśnienia osmotycznego krwi prowadzi do wzmożonego pragnienia i picia wody.

W podwzgórzu i w strukturach z nim sąsiadujących znajdują się skupienia neuronów wywołujące silne reakcje somatyczne. Są to reakcje związane z mechanizmem konsumowania, kontrolowane przez ośrodek agresji, i z mechanizmem unikania, reprezentowanym przez ośrodek ucieczki.

Ośrodek rozrodczy kieruje aktywnością somatyczną organizmu związaną z zachowaniem gatunku. Czynność tego ośrodka jest odmienna u osobników płci męskiej i żeńskiej. Różnicowanie się w kierunku ośrodka męskiego lub żeńskiego zachodzi u płodów ludzkich. Pod wpływem krążących we krwi androgenów wykształca się męski ośrodek rozrodczy.

Ośrodek męski po osiągnięciu dojrzałości płciowej przez organizm wyzwała pod wpływem krążących we krwi męskich hormonów płciowych popęd płciowy w kierunku płci żeńskiej. Ośrodek ten powoduje stałe wytwarzanie podwzgórzowego hormonu uwalniającego hormony gonadotropowe z płata przedniego przysadki.

Ośrodek żeński pod wpływem hormonów płciowych żeńskich krążących we krwi w organizmach dojrzałych wyzwała popęd płciowy w kierunku płci męskiej. Jednocześnie cykliczne wydzielanie podwzgórzowego hormonu uwalniającego hormony gonadotropowe z przysadki jest kontrolowane przez ośrodek rozrodczy żeński w podwzgórzu. Somatyczna aktywność macierzyńska występująca po porodzie jest nasilona przez hormon prolaktynę - PRL, działający bezpośrednio na ośrodkowy układ nerwowy.

23.7.6. Uczenie się i zapamiętywanie

Uczenie się jest ściśle związane z tworzeniem się nowych odruchów nabytych, czyli warunkowych. Odruchy te tworzą się wtedy, kiedy bodziec obojętny wyprzedza działanie bodźca bezwarunkowego wyzwalającego odruch bezwarunkowy. W ten sposób bodziec obojętny przekształca się na bodziec warunkowy. Bodziec warunkowy zaczyna wyzwać taką samą reakcję, jaka występuje w czasie działania bodźca bezwarunkowego. W pewnych granicach siła odruchu warunkowego jest proporcjonalna do siły bodźca warunkowego. Po przekroczeniu określonej granicy silniejszy bodziec warunkowy wyzwała słabszy odruch warunkowy.

W życiu osobniczym stale tworzą się nowe odruchy warunkowe, a poprzednio utworzone mogą zanikać. Nowy dodatkowy bodziec, działając jednocześnie z bodźcem warunkowym, tłumi odruch warunkowy. Zjawisko to nosi nazwę hamowania zewnętrznego odruchów warunkowych.

Odruchy warunkowe podlegają tłumieniu i mogą zanikać na skutek aktywnych procesów nerwowych. Procesy te przyjęto nazywać hamowaniem wewnętrznym. Do procesu hamowania wewnętrznego zalicza się: wygasanie odruchów warunkowych na skutek powtarzającego się braku wzmocnienia bodźca warunkowego przez bodziec bezwarunkowy; hamowanie warunkowe, kiedy bodziec warunkowy występuje jednocześnie z nowym bodźcem, nie wzmocnianym działaniem bodźca bezwarunkowego; hamowanie opóźniające, kiedy zadziaływanie bodźca bezwarunkowego znacznie się opóźnia w stosunku do bodźca warunkowego; hamowanie różnicujące, kiedy dwa bodźce warunkowe działają na te same receptory, ale różnią się nieznacznie od siebie. Wytwarzanie się łuku odruchowego odruchu warunkowego zależy od odpowiedniej pobudliwości szeregu ośrodków. Przede wszystkim zależy od przewodzenia impulsów aferentnych przez wstępujący układ siatkowaty oraz od pobudliwości ośrodków motywacyjnych.

Proces zapamiętywania składa się z dwóch zasadniczych faz utrwalania wrażeń zmysłowych; pierwszą fazę stanowi świeża pamięć. Po okresie konsolidacji świeża pamięć zamienia się w trwałą pamięć.

Świeża pamięć polega na przechowywaniu w ośrodkowym układzie nerwowym śladów po działającym bodźcu. W tej fazie impulsy krążą przez wieloneuronalne łańcuchy obejmujące: twór siatkowaty pnia mózgu, podwzgórze, ciało migdałowate, hipokamp, wzgórze i korę mózgu. W okresie od kilku sekund do kilku minut człowiek pamięta o odebranym wrażeniu zmysłowym. Pamięta tak długo, jak długo impulsy krążą przez wieloneuronalne łańcuchy.

Trwała pamięć powstaje w wyniku wielokrotnego przejścia przez te same synapsy impulsów krążących w wieloneuronalnych łańcuchach. Po przewodzeniu przez te same synapsy w krótkim odcinku czasu wielu dziesiątków tysięcy impulsów następuje utworzenie dla nich drogi, co nosi nazwę konsolidacji pamięci. Utorowana droga zostaje utrwalona w postaci zmian w ultrastrukturach komórkowych w obrębie synaps.

23.7.7. Czynność bioelektryczna mózgu

Czynność bioelektryczną mózgu człowieka można odebrać za pomocą elektrod przystawionych do skóry głowy. Zarejestrowane wahania potencjału elektrycznego mózgu noszą nazwę elektroencefalogramu (EEG). W czasie operacji neurochirurgicznych elektrody można również przystawić bezpośrednio do odsłoniętej kory mózgu i zarejestrować potencjały elektryczne nazywane elektrokortykogramem (ECG). Każdy człowiek ma indywidualny zapis potencjałów elektrycznych mózgu odbieranych przez elektrody przystawione w miejscach ustalonych na skórze głowy. Potencjały elektryczne zarejestrowane za pomocą aparatu - elektroencefalografu na taśmie przesuwanego się papieru mają postać fal o różnej amplitudzie i częstotliwości. Wyróżnia się fale: alfa, beta, theta i delta. Fale alfa występują przeważnie w okolicy potylicznej z częstotliwością od 8 do 13 Hz, fale beta zaś - w okolicy czołowej z częstotliwością od 14 do 60 Hz. Amplituda fal beta jest znacznie niższa w porównaniu z amplitudą fal alfa. Fale alfa i beta są to zasadnicze rodzaje fal rejestrowane u człowieka czuwającego, pozostającego w spoczynku z zamkniętymi oczyma. Elektroencefalogram jest sumą potencjałów wytwarzanych przez pobudzone ciała neuronów i ich wypustki - dendryty. Im więcej neuronów jest pobudzanych rytmicznie w krótkich odstępach czasu, tym wypadkowa tych

potencjałów jest wyższa. Określa się ten stan jako synchronizację czynności elektrycznej mózgu. Niejednoczesne pobudzenie neuronów powoduje, że poszczególne potencjały komórkowe, przede wszystkim potencjały dendrytyczne, nie sumują się wzajemnie. Rejestruje się wtedy fale o niskiej amplitudzie i dużej częstotliwości, czyli desynchronizację EEG. Pod wpływem światła padającego na siatkówkę czynność bioelektryczna w płacie potylicznym kory mózgu desynchronizuje się, co wyraża się w postaci blokowania fal alfa.

Potencjały elektryczne kory mózgu powstają na skutek przesuwania się wzdłuż dendrytów depolaryzacji ich błony komórkowej. Depolaryzacja dendrytów przesuwając się w kierunku ciała neuronów, kolejno zmienia potencjał elektryczny odbierany z powierzchni kory mózgu. Stosunkowo wolno przesuwająca się depolaryzacja wzdłuż dendrytów powoduje przesuwanie się ujemnego potencjału z powierzchni w głąb kory mózgu i powierzchnia kory na ułamek sekundy wykazuje dodatni potencjał elektryczny. Dzięki temu stałe wahania potencjału elektrycznego odbierane z mózgu i zarejestrowane na taśmie przesuwającego się papieru tworzą krzywą elektroencefalograficzną składającą się z fal o różnej amplitudzie i częstotliwości. Spontaniczna czynność bioelektryczna mózgu wiąże się ze statym krążeniem impulsów nerwowych pomiędzy neuronami należącymi do różnych struktur mózgowych, tworzących ośrodki desynchronizujące i ośrodki synchronizujące. Pomędzy neuronami znajdującymi się w korze mózgu, we wzgórzu, w jądrze ogoniastym, w hipokampie i w innych strukturach podkorowych stale krążą impulsy nerwowe synchronicznie depolaryzujące dendryty. Impulsacja z układu siatkowatego wstępującego pobudzającego zakłóca synchroniczne krążenie impulsów pomiędzy korą mózgu a ośrodkami podkorowymi, wywołując desynchronizację czynności bioelektrycznej mózgu.

23.7.8. Czuwanie i sen

U ludzi dorosłych występują cyklicznie w ciągu doby dwa podstawowe stany fizjologiczne, tj. czuwanie i sen. Około $\frac{2}{3}$ doby przypada na czuwanie i około $\frac{1}{3}$ na sen. Czuwanie jest to stan aktywności układu somatycznego. Sen natomiast jest przede wszystkim spoczynkiem dla tego układu. W czasie snu dochodzi również do zmian w czynności innych układów: krążenia, oddychania, trawienia i wydzielania wewnętrznego. Zarówno stan czuwania, jak i sen można badać obiektywnie rejestrując czynność bioelektryczną mózgu. Czuwanie (W) charakteryzuje się występowaniem w EEG fal alfa i beta. W czasie snu występują dwie fazy snu: o falach bioelektrycznych o małej częstotliwości (SEM) i o dużej częstotliwości (REM). W czasie zasypiania w stadium SEM-1 snu przeważają fale o małej amplitudzie w granicach 50 - 75 μV i niskiej częstotliwości. W stadium SEM-2 snu amplituda fal podwyższa się, częstotliwość zaś zwalnia. Od czasu do czasu pojawiają się skupienia fal o wyższej częstotliwości, 12-14 Hz, tworzące tzw. wrzeciona senne. W stadium SEM-3 snu występują fale o amplitudzie wyższej niż 75 μV i częstotliwości poniżej 2 Hz. Fale te zajmują do 50% elektroencefalogramu. Stadium SEM-4 snu charakteryzują fale o amplitudzie wyższej niż 75 i częstotliwości poniżej 2 cykli na sekundę, które zajmują ponad 50% analizowanego elektroencefalogramu. Stadium 3 i 4 snu dominuje w pierwszych godzinach po zaśnięciu. Elektroencefalogram w stadiach SEM od 1 do 4 charakteryzuje się przewagą fal wolnych, którym towarzyszą stałe wolne ruchy gałek ocznych. Jest to sen o wolnych ruchach gałek ocznych. Kilka razy w czasie trwania 8-godzinnego snu występują kilkunasto- lub kilkudziesięciminutowe okresy szybkich ruchów gałek ocznych, którym towarzyszy znaczne obniżenie napięcia mięśni szkieletowych i desynchronizacja czynności bioelektrycznej kory mózgu. Jest to faza snu – REM czyli faza o szybkich ruchach gałek ocznych z towarzyszącą desynchronizacją czynności bioelektrycznej mózgu. Faza snu REM dawniej była nazywana również snem paradoksalnym. W czasie trwania fazy snu REM występują często marzenia senne.

23.7.9. Schemat czynnościowy ośrodkowego układu nerwowego

Poznanie prawidłowej funkcji poszczególnych struktur ośrodkowego układu nerwowego natrafia na znaczne trudności. Leki neurotropowe i psychotropowe działając w tym samym stężeniu na wszystkie struktury mózgowia wywołują jednak wybiórcze efekty w zakresie określonej funkcji. Odstępując od zasady przypisywania każdej strukturze mózgowia określonej funkcji, można przedstawić działanie ośrodkowego układu nerwowego w postaci zespołów czynnościowych. Ten sposób przedstawiania czynności ośrodkowego układu nerwowego jest przydatny szczególnie dla psychofarmakologia.

Receptory znajdujące się w organizmie są odpowiednikami przetworników stosowanych w technice. W receptorach zachodzi zamiana bodźców ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego organizmu w salwy impulsów nerwowych. Informacja w postaci: salw impulsów nerwowych, stanowiących odwzorowanie bodźca, przekazywana jest do pierwszego zespołu czynnościowego. Tam poddawana jest wstępnej analizie. Analiza odwzorowanego bodźca przeprowadzana jest w sprzężeniu z drugir. zespołem czynnościowym zawierającym zmagazynowane wzorce bodźców, które zostały zapamiętane w ciągu całego życia osobniczego.

Zapamiętany wzorzec bodźca jest w zespole komparatora przyrównywany do bodźca aktualnie działającego na receptor. Z zespołu komparatora informacja zostaje przekazana do zespołu sprawującego kontrolę reakcji orientacyjnej. Zespoły kontroli reakcji orientacyjnej i kontroli koordynacji ruchów pozostają pod wpływem zespołu rozrusznika mechanizmów motywacyjnych. W skład tego zespołu wchodzi ośrodki motywacyjne tworzące mechanizm unikania i mechanizm konsumowania. Ten sam bodziec odbierany przez receptory może wyzwoić różnorodne reakcje somatyczne. Charakter i siła reakcji somatycznej są uwarunkowane wypadkową działania poszczególnych ośrodków motywacyjnych. Przewaga jednego z mechanizmów motywacyjnych (unikania lub konsumowania) determinuje typ reakcji somatycznej. Przy zachowanej równowadze pomiędzy mechanizmem unikania i konsumowania nie występuje reakcja somatyczna. Zachowanie wywołane przez zespoły kontroli reakcji orientacyjnej i kontroli koordynacji ruchów jest bezpośrednio sterowane przez zespół kontroli ruchów ciała. Układ siatkowaty wstępujący zasila swoją impulsacją wszystkie zespoły czynnościowe ośrodkowego układu nerwowego. Krew zaś dostarcza tlen, produkty energetyczne i budulcowe do wszystkich neuronów stanowiących podstawowe jednostki tworzące zespoły czynnościowe ośrodkowego układu nerwowego.

Praca poszczególnych narządów wewnętrznych kontrolowana jest przez ośrodkowy układ nerwowy, który zapewnia najlepsze przystosowanie człowieka do zmian zachodzących w środowisku otaczającym. Utrzymanie stałego środowiska wewnętrznego organizmu wymaga stałej regulacji odżywiania, oddychania, wydalania i krążenia. Regulacja tych czynności sprawowana jest przez szereg wyspecjalizowanych ośrodków.

23.8. Opony

Opony są to łącznotkankowe błony otaczające mózgowie i rdzeń kręgowy. Patrząc od strony powierzchni mózgowia i rdzenia kręgowego wyróżniamy: oponę miękka, pajęczynówkę i oponę twardą. Opony są od siebie oddzielone szczelinowatymi przestrzeniami: jamą pod-pajęczynówkową i jamą podtwardówkową. Na wysokości rdzenia kręgowego, pomiędzy oponą twardą a ścianą kanału kręgowego, występuje również jama nadtwardówkowa. Opona miękka jest silnie unaczynioną błoną ściśle przylegającą do mózgowia i rdzenia kręgowego. Od strony szczeliny poprzecznej mózgu wnika wraz z naczyniami krwionośnymi pomiędzy sklepienie i międzymózgowie, a także pomiędzy mózdzek i rdzeń przedłużony, tworząc tkankę naczyniówkową komór. Pajęczynówka jest cienką beznacyniową błoną, od której odchodzą włókna łącznotkankowe do opony miękkiej. Wytwarza również zgrubienia, zwane ziarnistościami pajęczynówki, które wnikają do światła zatok opony twardej, przede wszystkim zatoki strzałkowej górnej, stanowiąc drogę odpływu płynu mózgowo-rdzeniowego. Opona twarda spełnia również funkcję okostnej. Składa się z blaszki zewnętrznej i wewnętrznej, które w obrębie jamy czaszki zrastają się ze sobą (z wyjątkiem miejsca położenia zwoju trójdzielnego i zatok opony twardej, natomiast w obrębie kanału kręgowego przebiegają oddzielnie). Opona twarda mózgowia wytwarza także fałdy o przebiegu strzałkowym oraz fałdy o przebiegu poziomym. Do fałdów o przebiegu strzałkowym należą: sierp mózgu - fałd między półkulami mózgu i sierp mózdzku - fałd między półkulami mózdzku. Fałdami o przebiegu poziomym są: namiot mózdzku, który oddziela mózdzek od płatów potylicznych mózgu, oraz przepona siodła, która zamyka dół przysadki. Zatokami opony twardej nazywamy naczynia żyłne o dużej średnicy i cienkiej ścianie, nie mające zastawek, przebiegające pomiędzy blaszkami opony twardej. Z powodu niewystępowania w ścianie naczyń mięśni gładkich światło ich jest zawsze ziejące. Wlewa się do nich krew z żył mózgowia, opon, gałki ocznej, oczodołu i ucha wewnętrznego, a odpływa do opuszki żyły szwiniowej wewnętrznej, do żył śródkości i powłok głowy oraz do spłotów żylnych kręgowych. Jamę podpajęczynówkową stanowi przestrzeń pomiędzy oponą miękka a pajęczynówką wypełniona płynem mózgowo-rdzeniowym, który napływa tu z komór. Ta szczelinowata przestrzeń miejscami rozszerza się wytwarzając zbiorniki podpajęczynówkowe np. zbiornik mózdzkowo-rdzeniowy, zbiornik dołu bocznego mózgu i inne. Jama podtwardówkowa jest szczelinowatą przestrzenią pomiędzy oponą twardą a pajęczynówką, która przylega do opony twardej dzięki adhezji powierzchniowej. Jama nadtwardówkowa zawiera tkankę tłuszczową i spłoty żyłne.

23.8.1. Płyn mózgowo-rdzeniowy i jego krążenie

Płyn mózgowo-rdzeniowy jest wytwarzany we wszystkich komorach mózgowia przez występujące w nich spłoty naczyniówkowe, zbudowane z doprowadzających i odprowadzających krew tętnic i żył naczyniówkowych oraz licznych pętli naczyń krwionośnych włosowatych. Naczynia te tworzą kłębki naczyniówkowe pokryte wypustką opony miękkiej - blaszką nabłonkową. Naczynia włosowate

kłębków są miejscem powstawania płynu mózgowo-rdzeniowego przez filtrację części osocza krwi, przy czynnym udziale ścian spłotu (około 0,5 ml płynu na minutę).

Płyn mózgowo-rdzeniowy krąży w komorach mózgowia przepływając z komór bocznych przez otwory międzykomorowe do komory trzeciej, a następnie przez wodociąg mózgu do komory czwartej. Z komory czwartej płyn może przechodzić do kanału środkowego rdzenia kręgowego (ten kierunek przepływu nie ma większego znaczenia) lub poprzez nieparzysty otwór pośrodkowy i parzyste otwory boczne w stropie komory czwartej do jamy podpajęczynówkowej. Jest to główny kierunek odpływu. Utrudnienia w odpływie płynu mózgowo-rdzeniowego z komory czwartej prowadzą do powstania wodogłowa wewnętrznego.

Z jamy podpajęczynówkowej płyn mózgowo-rdzeniowy odpływa trzema drogami: przez zgrubienia pajęczynówki, zwane ziarnistościami pajęczynówki do zatok opony twardej i do żył śródkościa w kościach płaskich czaszki; do żył powierzchownych mózgu wpuklających się do światła jamy podpajęczynówkowej; ponadto z komór mózgowia odpływa częściowo od razu do żył naczyńkowych.

W przypadkach zwiększonego odpływu płynu mogą go również odprowadzać naczynia chłonne włosowate jamy nosowej, oczodołu i pochewek nerwów czaszkowych. Zaburzenia odpływu płynu mózgowo-rdzeniowego z jamy podpajęczynówkowej powodują powstanie wodogłowa zewnętrznego. Rola płynu mózgowo-rdzeniowego nie jest dokładnie poznana. Czynność sprowadza się prawdopodobnie do odżywiania w życiu płodowym komórek ośrodkowego układu nerwowego i do ochrony mechanicznej. Być może spełnia on także funkcję chłonki.

Całkowita ilość płynu mózgowo-rdzeniowego wynosi około 150 ml. Jest on przydatny w rozpoznawaniu tych chorób układu nerwowego, w przebiegu których można stwierdzić odchylenia w prawidłowym składzie płynu. W tym celu pobiera się próbki płynu z jamy podpajęczynówkowej, z jej rozszerzenia, zwanego zbiornikiem mózdkowo-rdzeniowym (nakłucie podpotyliczne), lub z jamy podpajęczynówkowej położonej na wysokości części lędźwiowej kręgosłupa (nakłucie lędźwiowe).

24. Anatomia i fizjologia układu nerwowego obwodowego

Układ nerwowy obwodowy składa się z 12 par **nerwów czaszkowych** i najczęściej z 31 par **nerwów rdzeniowych**.

Różnią się one od siebie powstawaniem, przebiegiem i zakresem unewny;- _ **Nerwy czaszkowe** powstają w łączności z mózgiem, w ich przebiegu nie jest zachowana metameryczność, unerwiają nie tylko mięśnie szkieletowe i wyraz.: .. lecz także mięśnie poprzecznie prążkowane związane z narządami układu oddechowego i pokarmowego (mówienie, połykanie). **Nerwy rdzeniowe** pozostają w łączności z rdzeniem kręgowym, w ich przebiegu zachowana jest metameryczność, unerwiają mięśnie szkieletowe.

24.1. Nerwy czaszkowe

Do nerwów czaszkowych, zwanych dawniej nerwami mózgowymi, należą nerwy rozpoczynające się lub kończące w mózgowiu, przechodzą, przez otwory w podstawie czaszki lub oczodoły, unerwiają głowę, szyję, a także większość narządów klatki piersiowej i brzucha. Oznacza się je liczbami rzymskimi, a w zależności od pełnionej funkcji można je podzielić na następujące grupy: grupa nerwów czuciowych (zmysłowych): nerwy I, II i VIII; grupa nerwów ruchowych: nerwy III, IV, VI, XI i XII; grupa nerwów mieszanych: nerwy V, VII, IX i X; grupa nerwów przywspółczulnych: nerwy zawierające oprócz innych włókien także włókna przywspółczulne. Zalicza się do niej już poprzednio wymienione nerwy III, VII, IX i X. Włókna ruchowe i włókna przywspółczulne rozpoczynają się bądź w iadach początkowych, bądź w jądrach przywspółczulnych położonych w mózgowiu. Włókna czuciowe rozpoczynają się w skupieniach ciał komórek nerwowych, położonych poza osiowym układem nerwowym, zwanych zwojami obwodowymi tych nerwów. Włókna ruchowe i włókna przywspółczulne kończą się w efektorach, którymi dla włókien ruchowych są mięśnie poprzecznie prążkowane, a dla włókien przywspółczulnych mięśnie gładkie, mięsień sercowy i gruczoły. Włókna czuciowe nerwów czaszkowych kończą się w ich jądrach krańcowych położonych w mózgowiu. Budowa poszczególnych nerwów czaszkowych przedstawia się następująco:

I. nerwy węchowe. Nerwy czuciowe (zmysłowe), zwykle po kilkanaście nerwów z każdej strony, rozpoczynają się w komórkach nerwowych w okolicy węchowej błony śluzowej nosa, przechodząc przez blaszkę poziomą kości sitowej do jamy czaszki. Tam wnikają do obwodowej części węchomózgowia, zespalaając się ze znajdującymi się w niej tzw. komórkami mitralnymi. Natomiast włókna obwodowe komórek nerwowych dających początek nerwom węchowym tworzą zgrubienia zwane buławkami węchowymi. Są to receptory narządu powonienia zakończone kilkoma włoskami węchowymi.

II. nerw wzrokowy. Nerw czuciowy (zmysłowy), rozpoczyna się w komórkach nerwowych położonych w siatkówce, przechodzi przez kanał wzrokowy z oczodołu do jamy czaszki, gdzie krzyżuje się (częściowo), tworząc skrzyżowanie wzrokowe, a następnie wnika do mózgowia jako pasmo wzrokowe. kierując się do ciał kołankowatych bocznych

III. nerw okoruchowy. Jest to nerw ruchowy. prowadzi również włókna przywspółczulne. Jądro początkowe i jądro przywspółczulne leżą w śródmózgowiu. Do oczodołu nerw przechodzi przez szczelinę oczodołową górną. Unerwia większość tzw. mięśni zewnątrzgałkowych: m. dźwigacz powieki górnej, m. prosty górny, m. prosty przedni, m. prosty dolny, m. skośny dolny, a przywspółczulnie mięśnie gładkie tzw. wewnątrzgałkowe: m. rzęskowy i m. zwieracz źrenicy.

Nerw okoruchowy zawiera około 15 000 włókien nerwowych, co pozwala na bogate zaopatrzenie komórek mięśniowych unerwianych mięśni i zapewnia szybkie i precyzyjne ruchy gałki ocznej,

IV. nerw błoczkowy. Jest to nerw ruchowy, najcieńszy z nerwów czaszkowych. Jądro początkowe leży w śródmózgowiu, w konarach mózgu. Do oczodołu przechodzi przez szczelinę oczodołową górną. Unerwia mięsień skośny górny. Warunkuje patrzenie z góry, tzw. nerw patetyczny,

V. nerw trójdzielny. Jest to najgrubszy nerw czaszkowy. Jest nerwem mieszanym z dużą liczbą włókien czuciowych. Dzieli się na trzy gałęzie (stąd jego miano): V-1 nerw oczny, V-2 nerw szczękowy, V-3 nerw żuchwowy.

Część czuciowa nerwu trójdzielnego (część większa) rozpoczyna się w zwoju trójdzielnym położonym na szczycie piramidy kości skroniowej, w jamie czaszki, pomiędzy blaszkami opony twardej. Wypustki dośrodkowe komórek zwoju kończą się w jądrach krańcowych, którymi są:

jądro czuciowe górne, jądro pasma śródmózgowiowego, jądro pasma rdzeniowego. Wypustki obwodowe wchodzi w skład wszystkich trzech gałęzi. Część ruchowa nerwu trójdzielnego (część mniejsza) rozpoczyna się w jego jądrze początkowym położonym w moście i wchodzi w skład trzeciej gałęzi.

Pierwsza gałąź - nerw oczny jest nerwem czuciowym. Powstaje z zespolenia nerwu czółowego, nerwu nosowo-rzęskowego i nerwu łzowego. Przebiega przez oczodół kierując się do szczeliny oczodołowej górnej. Unerwia skórę czoła i nosa, gałkę oczną i jej otoczenie, gruczoł łzowy i oponę twardą.

Druga gałąź - nerw szczękowy jest również nerwem czuciowym. Powstałe w dole skrzydłowo-podniebiennym z zespolenia nerwu jarzmowego, nerwu podoczołowego i nerwów skrzydłowo-podniebiennych. Unerwia zęby szczęki i błonę śluzową jamy nosowej, zatok przynosowych, podniebienia, policzków i dziąseł.

Trzecia gałąź - nerw żuchwowy jest nerwem mieszanym i największa z gałęzi nerwu trójdzielnego. Jego włókna czuciowe: nerw zębodołowy dolny, nerw językowy, nerw policzkowy i nerw uszno-skroniowy unerwiają częściowo skórę głowy, zębów żuchwy, błonę śluzową $2/3$ przednich ięzwa, błonę śluzową dziąseł i policzków. Jego włókna ruchowe, zgrupowane w tzw. nerwie żuciowym, tworzą szereg mniejszych gałęzi unerwiających mięśnie żuciowe, niektóre mięśnie z grupy mięśni nadgnykowych, mięsień naprężacz błony bębenkowej oraz według niektórych autorów mięsień napinacz podniebienia. Nerw trójdzielny bierze udział w kilku odruchach, jak np. odruch rogówkowy, tj. zamykanie powiek przy dotknięciu rogówki, odruch spojówkowy, tj. łzawienie przy podrażnieniu spojówki, odruch nosowy, tj. zwolnienie tętna przy podrażnieniu błony śluzowej nosa.

VI.nerw odwodzący. Jest to nerw ruchowy. Jądro początkowe znajduje się w moście, nerw wnika do oczodołu przez szczelinę oczodołową górną unerwia mięsień prosty boczny. Jego uszkodzenie powoduje zez zbieżny,

VII.nerw twarzowy. Jest to nerw mieszany z dużą liczbą włókien ruchowych, zawiera również włókna przywspółczulne.

Włókna ruchowe rozpoczynają się w jądrze początkowym tego nerwu położonym w moście. Następnie biegną w przewodzie słuchowym wewnętrznym, w kanale nerwu twarzowego w kości skroniowej. Z kanału tego przez mały otwór rylcowo-sutkowy, położony poniżej otworu słuchowego zewnętrznego, wychodzą na podstawie czaszki zewnętrzną wnikając do mięszu ślinianki przyusznej. Tam rozgłębiają się tworząc splot przyuszniczy.

Włókna czuciowe rozpoczynają się w zwoju kolanka położonym w kanale nerwu twarzowego. Wyodrębiają się w postaci nerwu pośredniego, a kończą się w jądrze pasma samotnego położonym w moście. Przewodzą wrażenia smakowe z $2/3$ przednich ięzwa.

Włókna przywspółczulne rozpoczynają się w jądrze ślinowym górnym położonym również w moście. Są włóknami wydzielniczymi dla gruczołów łzowych, ślinianki podżuchwowej, ślinianki podjęzykowej, gruczołów podniebienia i gruczołów jamy nosowej.

Włókna ruchowe unerwiają mięśnie wyrazowe twarzy i niektóre mięśnie szyi,

VIII.nerw przedsionkowo-ślimakowy. Jest to nerw czuciowy (zmysłowy). Przebiega w uchu wewnętrznym. Składa się z części ślimakowej i części przedsionkowej.

Część ślimakowa rozpoczyna się w zwoju spiralnym (ganglion spirale) położonym we wrzecionku, a kończy się w jądrach krańcowych położonych w moście - jądrze ślimakowym brzuszonym i grzbietowym. Jest nerwem słuchu, przewodzi impulsy nerwowe z komórek słuchowych narządu spiralnego. Część przedsionkowa rozpoczyna się w zwoju przedsionka, położonym w dnieniu przewodu słuchowego wewnętrznego, a kończy się w jądrach krańcowych położonych w moście i rdzeniu przedłużonym -jądrze przedsionkowym górnym, dolnym, przyśrodkowym i bocznym. Przewodzi impulsy nerwowe z nabłonka zmysłowego grzebieni bańkowych przewodów półkolistych oraz z plamki woreczka i plamki łagiewki. Informuje o położeniu i ruchach głowy w przestrzeni. Jest nerwem zmysłu równowagi.

XI.nerw językowo-gardłowy. Jest to nerw mieszany z dużą liczbą włókien czuciowych, zawiera również włókna przywspółczulne.

Włókna ruchowe zaczynają się w jądrze początkowym położonym w rdzeniu przedłużonym. Unerwiają mięśnie gardła, podniebienia miękkiego i niektóre mięśnie nadgnykowe. Nerw językowo-gardłowy jest najważniejszym nerwem biorącym udział w połknięciu. Włókna czuciowe rozpoczynają się w zwoju górnym i dolnym położonym w pobliżu otworu żyły szyjnej. Unerwiają błonę śluzową gardła, jamy bębenkowej, trąbki słuchowej, przewodzą również wrażenia smakowe z $1/3$ tylnej części języka. Kończą się w jądrze pasma samotnego, które znajduje się w moście. Włókna przywspółczulne rozpoczynają się w jądrze ślinowym dolnym położonym w rdzeniu przedłużonym i unerwiają wydzielniczo śliniankę przyuszną,

X.nerw błędny. Jest to nerw mieszany z dużą liczbą włókien czuciowych, zawiera również włókna przywspółczulne, najdłuższy z nerwów czaszkowych i największy z nerwów części przywspółczulnej układu autonomicznego. Przebiega przez szyję, klatkę piersiową (śródpierście górne i tylne) i jamę brzuszną.

Włókna ruchowe rozpoczynają się w jądrze dwuznacznym (w rdzeniu przedłużonym) razem z włóknami nerwu językowo-gardłowego i części mózgowej nerwu dodatkowego, unerwiają mięśnie podniebienia miękkiego, gardła i krtani. Włókna przywspółczulne rozpoczynają się w jądrze grzbietowym nerwu błędnego położonym w rdzeniu przedłużonym. Unerwiają narządy głowy, szyi, klatki piersiowej i jamy brzusznej: gruczoły błony śluzowej gardła i krtani, przełyk, serce, płuca, żołądek, jelito cienkie, jelito grube (z wyjątkiem V_3 lewej okrężnicy poprzecznej, okrężnicy zstępującej i esowatej oraz odbytnicy), wątrobę, trzustkę, nerki, część brzuszną moczowodu, śledzionę. Złożona

budowa tego nerwu sprawiła, że mówi się o "układzie nerwu błędnego". Nerw językowo-gardłowy i nerw błędny biorą udział w odruchu kaszlowym i w odruchu wymiotowym, XI.nerw dodatkowy. Jest to nerw ruchowy. Rozpoczyna się w jądrze dwuznacznym, w rdzeniu przedłużonym (część mózgową) i w rdzeniu kręgowym (część rdzeniowa). Opuszcza czaszkę przez otwór żyły szwini. Unerwia mięsień czworoboczny i mięsień mostkowo-obojczykowo-sutkowy. XII.nerw podjęzykowy. Jest to nerw ruchowy. Rozpoczyna się w jądrze nerwu podjęzykowego położonym w rdzeniu przedłużonym. Opuszcza jamę czaszki przez kanał nerwu podjęzykowego. Unerwia mięsień języka. Odgrywa ważną rolę przy żuciu, połykaniu i artykulacji.

24.2. Nerwy rdzeniowe

Nerwy rdzeniowe należą do obwodowego układu nerwowego. Zaliczamy do nich: nerwy szwini - 8 par, nerwy piersiowe - 12 par, nerwy lędźwiowe - 5 par, nerwy krzyżowe 5 par i nerwy guziczne najczęściej 1 para, rzadko 2 lub 3 par.

Każdy nerw rdzeniowy powstaje w kanale kręgowym w pobliżu otworu międzykręgowego z zespolenia dwóch korzeni rdzeniowych - brzuszno i grzbietowego. Korzeniem rdzeniowym nazywa się część nerwu rdzeniowego, która jest jeszcze zawarta w obrębie kanału kręgowego.

Korzeń brzuszny rozpoczyna się w skupieniu komórek nerwowych, zwanym jądrem ruchowym, które znajduje się w rogach przednich rdzenia kręgowego, skąd ich wypustki biegną w kierunku otworu międzykręgowego. Jedynie pierwszy nerw rdzeniowy (pierwszy nerw szwini) przechodzi między kością potyliczną a kręgiem szczytowym. Korzenie brzuszne są cieńsze od korzeni grzbietowych i zawierają do 100 000 włókien nerwowych.

Korzeń grzbietowy rozpoczyna się w skupieniu komórek nerwowych znajdującym się w kanale kręgowym zwanym zwojem rdzeniowym. Część włókien korzenia grzbietowego biegnie dośrodkowo, wnikając do rogu tylnego rdzenia kręgowego, a część biegnie na obwód w kierunku otworu międzykręgowego, zespalając się z korzeniem brzuszno. Korzenie grzbietowe są grubsze od korzeni brzusznych i zawierają ponad 2 miliony włókien nerwowych.

Powstały z zespolenia korzeni pień nerwu rdzeniowego ma długość około 1 cm i jest nerwem mieszanym. Dzieli się na cztery gałęzie: brzuszna, grzbietowa, oponowa i łącząca.

Gałęzie brzuszne nerwów szwini, lędźwiowych, krzyżowych i guzicznych zespalają się między sobą tworząc splety nerwowe, które dzielą się na szereg nerwów. Jedynie gałęzie brzuszne nerwów piersiowych nie tworzą spleców.

Gałęzie grzbietowe unerwiają skórę grzbietu, mięśnie głębokie grzbietu i połączenia kręgosłupa. Większość z nich nie ma odrębnych mian z wyjątkiem tych gałęzi, które są szczególnie dobrze wykształcone. Są to gałęzie grzbietowe nerwów szwini; pierwszego, drugiego (nerw potyliczny większy), trzeciego (nerw potyliczny trzeci) oraz gałęzie grzbietowe nerwów krzyżowych (nerwy pośladowe górne. Gałąź oponowa jest niewielką gałęzią, która wraca do kanału kręgowego i unerwia czuciowo oponę rdzenia. Gałąź łącząca zawiera włókna współczulne rozpoczynające się w rogach bocznych rdzenia kręgowego. Włókna te początkowo biegną w korzeniu brzuszno nerwu rdzeniowego, a następnie odłączają się jako samodzielna gałąź biegnąca do zwojów pnia współczulnego. Gałąź łącząca, zwana również gałęzią łączącą białą, zawiera tzw. włókna przedzwojowe.

24.3. Splety nerwowe rdzeniowe

Wyróżnia się następujące splety nerwowe rdzeniowe:

1. Splot szwini utworzony przez pierwsze cztery gałęzie brzuszne nerwów szwini (C₁-C₄ - pierwsze litery miana łacińskiego). Leży bocznie i ku przodowi od wyrostków poprzecznych górnych kręgów szwini, przed głębokimi mięśniami szwi. Odchodzi od niego nerw skórny i mięśniowy.

Nerw skórny: nerw potyliczny mniejszy, nerw uszny wielki, nerw poprzeczny szwi, nerw nadobojczykowy przedni, środkowy i tylny unerwiają skórę w okolicy potylicy, małżowiny usznej i częściowo klatki piersiowej.

Nerw mięśniowy unerwiają mięsień mostkowo-obojczykowo-sutkowy, mięsień czworoboczny i mięśnie głębokie szwi. Część włókien nerwowych bierze udział w utworzeniu petli szwini. Tworzy ją korzeń górny, zawierający włókna z C₁ i C₂, który biegnie początkowo wspólnie z nerwem podjęzykowym (stad także nazwa petli nerwu podjęzykowego), oraz korzeń dolny, zawierający zespalające się ze sobą włókna C₂ i C₃. Od petli odchodzą gałęzie unerwiające mięśnie podgnykowe

Najdłuższym nerwem spletu szwini jest nerw przeponowy, będący nerwem mieszanym. Unerwia przeponę oraz czuciowo opłucną ścienną, osierdzie i otrzewną.

2.Splot ramienny utworzony przez dalsze cztery gałęzie brzuszne nerwów szwini i gałąź brzuszna pierwszego nerwu piersiowego (C₅- Th₁). Przebiega przez przestrzeń pomiędzy mięśniami pochylonym przednim a mięśniami pochylonym środkowym, a następnie towarzysząc naczyniom podobojczykowym i

pachowym przechodzi do dołu pachowego. Dzieli się na część nadobojczykową: nerw grzbietowy łopatki, nerw piersiowy długi, nerw podobojczykowy, nerw nadłopatkowy, oraz na część podobojczykową: nerwy piersiowe, nerw mięśniowo-skórny, nerw skórny przśrodkowy ramienia, nerw skórny przśrodkowy przedramienia, nerw pośrodkowy, nerw łokciowy, nerw promieniowy, nerw pachowy. Nerwy części nadobojczykowej unerwiają mięśnie obrotowe kończyny górnej i niektóre mięśnie grzbietu: m. dźwigacz łopatki, mm. Równoległoboczne, najszerzy grzbietu, m. zębaty przedni.

Nerwy części podobojczykowej unerwiają mięśnie kończyny górnej wolnej: nerw pachowy - m. naramienny, m. obły mniejszy, nerw mięśniowo-skórny - grupe przednia mięśni ramienia, nerw pośrodkowy i nerw łokciowy - grupe przednia mięśni przedramienia i mięśnie ręki, nerw promieniowy - grupe tylna mięśni ramienia i przedramienia, nerwy piersiowe - m. piersiowy większy i m. piersiowy mniejszy. Ponadto nerwy spłotu ramiennego unerwiają skórę, kości i połączenia kończyny górnej.

3. Spłot ledźwiowo-krzyżowy utworzony przez gałęzie brzuszne nerwów ledźwiowych, nerwów krzyżowych i gałąź brzuszna pierwszego nerwu guziczowego (L_1-Co). Można go podzielić na spłot ledźwiowy (L_1-L_4) i spłot krzyżowy (L_5-Co). W splocie krzyżowym— można z kolei wyróżnić spłot kulszowy (L_4-S_3), spłot sromowy (S_7-S_4) i spłot guziczny (S_5-Co).

Spłot ledźwiowy leży przed wyrostkami poprzecznymi kręgów ledźwiowych w mięśniu ledźwiowym większym. Oddaje gałęzie krótkie unerwiające mięśnie obrotowe kończyny dolnej, gałęzie długie unerwiające mięśnie brzucha: nerw biodrowo-podbrzuszny, nerw biodrowo-pachwinowy, nerw płciowo-udowy), oraz gałęzie długie unerwiające mięśnie kończyny dolnej: nerw zastonowy - przśrodkowa grupe mięśni uda, nerw udowy - przednia grupe mięśni uda, nerw skórny boczny uda - skórę bocznej powierzchni uda.

Spłot krzyżowy jest największym splotem w organizmie. Przebiega na mięśniu gruszkowatym kierując się w stronę otworu kulszowego większego. Oddaje nerwy skórny uda tylny - unerwiający skórę na powierzchni tylnej uda, nerwy pośladkowe górny i dolny - unerwiające mięśnie obrotowe kończyny dolnej i nerw kulszowy - unerwiający tylną grupe mięśni uda, tylną boczną i przednią grupe mięśni goleni oraz mięśnie stopy. Dzieli się na nerw piszczelowy i nerw strzałkowy wspólny, a ten z kolei na nerw strzałkowy głęboki i powierzchowny. Nerw kulszowy jest największym nerwem w organizmie zarówno pod względem długości, liczby włókien nerwowych, średnicy, jak i obszaru unerwienia. Z tego względu bywa wyodrębniany jako spłot kulszowy.

Największym nerwem spłotu sromowego jest nerw sromowy, unerwiający mięśnie dna miednicy mniejszej, skórę krocza, okolicy odbytu, moszny, prącia (u mężczyzn) i warg sromowych większych (u kobiet).

Spłot guziczny jest utworzony przez nerw lub nerwy guziczne unerwiające mięsień dźwigacz odbytu i skórę w pobliżu odbytu.

Spłot ledźwiowo-krzyżowy unerwia ponadto skórę, kości i połączenia kości kończyny dolnej.

Nie tworzą spłotu gałęzie brzuszne nerwów rdzeniowych piersiowych (Th_1-Th_{12}), zwane nerwami międzyżebrowymi, przebiegające razem z jednoimiennymi naczyniami w przestrzeniach międzyżebrowych, oraz nerw XII - nerw podżebrny, który przebiega poniżej ostatniego żebra. Nerwy międzyżebrowe unerwiają mięśnie międzyżebrowe zewnętrzne i wewnętrzne, częściowo przeponę i mięśnie brzucha. Unerwiają również czuciowo skórę klatki piersiowej, opłucną, otrzewną i połączenia kości klatki piersiowej.

25. Anatomia i fizjologia układu nerwowego autonomicznego

Układ nerwowy autonomiczny jest częścią układu nerwowego, która cechuje się dużą niezależnością od naszej woli. Kieruje czynnościami przebiegającymi bez udziału świadomości, związanymi z trawieniem, oddychaniem, przemianą materii i rozrodem, a więc czynnościami wspólnymi dla roślin zwierząt, stąd dawna jego nazwa: układ wegetatywny (roślinny) lub idiotropowy.

Jego zadaniem jest utrzymanie stałego środowiska wewnętrznego. W przeciwieństwie do układu somatycznego, który unerwia mięśnie poprzecznie prążkowane, układ autonomiczny unerwia mięśnie gładkie, mięsień sercowy i gruczoły. Mimo dużej niezależności istnieje jednak znaczna korelacja pomiędzy układem autonomicznym a układem somatycznym.

Od układu somatycznego układ nerwowy autonomiczny różni się: nierównomiernym rozmieszczeniem ośrodków w ośrodkowym układzie nerwowym, występowaniem w przebiegu włókien nerwowych odśrodkowych zwojów nerwowych dzielących je na włókna przed- i zwojowe, odmienną budową tworzących go nerwów (osłonki), powolnym przewodzeniem impulsów nerwowych (0,4-15 m/s), wydzielaniem w synapsach eferentnych nie tylko acetylocholiny, lecz także noradrenalinę.

Układ autonomiczny dzieli się na dwie części: współczulną i przywspółczulną różniące się od siebie anatomicznie i czynnościowo:

1. w części współczulnej włókna nerwowe tworzą przeważnie odrębne nerwy mające własną mianą, jak np. nerwy trzewne. Włókna części przywspółczulnej natomiast głównie wchodzi w skład innych nerwów, jak np. w nerwie błędnym
2. w części współczulnej włókna nerwowe przedzwojowe są zwykle krótsze niż w części przywspółczulnej.
3. w części współczulnej stosunek liczbowy włókien przedzwojowych do włókien zwojowych przedstawia się mniej więcej tak, jak 1:2, natomiast w części przywspółczulnej włókien zwojowych jest znacznie więcej i stosunek ten wynosi 1:15 lub nawet 1:32.
4. w części współczulnej zakończenia nerwowe zwojowe są adrenergiczne, a w części przywspółczulnej cholinergiczne.

Obie części cechuje antagonizm czynnościowy, który może być:

- 1) bezpośredni - gdy te same efekторы są unerwione przez obie części układu autonomicznego, np. mięśnie gładkie oskrzeli,
- 2) pośredni - gdy np. dwa różne mięśnie gładkie mają antagonistyczne działanie, ale każdy z nich jest unerwiony tylko przez jedną z części układu autonomicznego, np. mięsień zwieracz i mięsień rozszerzacz źrenicy, wpływające na jej średnicę.

Kontrolę nad układem autonomicznym sprawują ośrodki położone w kresomózgowiu. Natomiast za miejsce integracji czynności całego układu autonomicznego uchodzi podwzgórze. Chociaż objętość jego jest niewielka, około 2-3 cm³, jest to struktura złożona z przeszło 24 jąder. Tworzą one trzy zgrupowania: jądra przednie: jądro przykomorowe, jądro nadwzrokowe - mają zdolność neurosekrecji, wytwarzają hormony wazopresynę i oksytocynę, przedostające się przez aksony drogi podwzgórzowo-przysadkowej do płata tylnego przysadki, z którym jądra przednie pozostają w ścisłej korelacji; jądra środkowe: jądra brzuszno-przyśrodkowe i jądra grzbietowo-przyśrodkowe - jądra guza popielatego; jądra tylne: jądra ciała suteczkowatego.

W rdzeniu przedłużonym znajdują się niezmiernie istotne dla życia ośrodki: ośrodek naczynioruchowy, w którym wyróżnia się część górną - naczyniozężającą i część dolną - naczyniorozszerzającą; ośrodek zwalniający częstość skurczów serca; ośrodek oddechowy zapewniający automatyzm oddechowy. Wyróżnia się w nim część kierująca wdechem i część kierująca wydechem.

W rdzeniu kręgowym ośrodki znajdują się w istocie szarej otaczającej kanał środkowy, tzw. ośrodki okołowłóciolkowe. Są to: ośrodek rzeskowo-rdzeniowy, położony na wysokości C₈-Th₁, zawiadujący unerwieniem mięśni gładkich oczodołu, gałki ocznej i powiek; ośrodki włosoruchowe, naczynioruchowe i potowydzielnicze, położone na wysokości C₁-L₃; ośrodki erekcji, ejakulacji, mikcji i defekacji, położone na wysokości S₁ - S₃ (tzw. ośrodki wydalania).

25.1. Część współczulna

Miano to określa skupienia komórek nerwowych tworzących jądro pośrednio-boczne w rogach bocznych rdzenia kręgowego, zwoje pnia współczulnego i nerwy odchodzące od tych zwojów.

Jądro pośrednio-boczne występuje w części Th₁- L₃ słupów bocznych. Wypustki tworzących go komórek, jako włókna przedzwojowe zwane inaczej gałęziami łączącymi białymi, dochodzą drogą korzeni brzusznych do zwojów pnia współczulnego. Nazwa gałęzie łączące białe pochodzi od ich białawej osłonki mielinowej. W zwojach pnia współczulnego następuje styk neuronu pierwszego z drugim, którego wypustki już jako włókna zwojowe, zwane inaczej - ze względu na brak osłonki mielinowej - gałęziami łączącymi szarymi, biegną w nerwach obwodowych. Po krótszym lub dłuższym przebiegu

włókna zazwoiowe opuszczają nerwy i dochodzą do efektorów. Często się zdarza, że jedno włókno współczulne przedzwoiowe zespała się z kilkoma zwojami.

Oprócz tej zasadniczej drogi istnieje też inna droga przewodząca impulsy na obwód, a oprócz zwojów pnia współczulnego występują też bardzo drobne zwoje leżące na zewnątrz albo wewnątrz korzeni brzusznych, zawierające od 200 do 2000 komórek nerwowych tzw. zwoje pośrednie. W tych zwojach może również nastąpić styk włókien przedzwoiowych z włóknami zazwoiowymi, które mogą przenikać do nerwu rdzeniowego bez pośrednictwa gałęzi łączącej białej. Tym tłumaczy się np. niecałkowite porażenie unerwienia naczyń krwionośnych danej części ciała po przecięciu włókien przedzwoiowych.

Ponieważ jądro pośrednio-boczne nie występuje w części szwiny rdzenia kręgowego, korzenie brzuszne szwiny nie zawierają włókien współczulnych. Wszystkie narządy szwi i głowy otrzymują unerwienie współczulne z pierwszego i drugiego odcinka piersiowego rdzenia kręgowego za pośrednictwem zwojów szwiny pnia współczulnego.

Zwoje tego samego pnia współczulnego (prawego lub lewego) są połączone gałęziami międzyzwoiowymi, natomiast między prawym i lewym pniem współczulnym przebiegają włókna poprzeczne, tworzące jak gdyby "drabiny". Pnie współczulne przebiegają od podstawy czaszki zewnętrznej do wierzchołka kości guzicznej, gdzie kończą się zwojem nieparzystym, wspólnym dla obu pni.

W pniach współczulnych można wyróżnić części: szwina, piersiowa, brzuszna i miedniczna. Ponieważ w części szwiny rdzenia kręgowego nie ma słupów bocznych, zwoje tej części pnia współczulnego otrzymują gałęzie przedzwojowe nie bezpośrednio, lecz za pośrednictwem gałęzi międzyzwojowych od zwojów piersiowych pnia.

Zwoje części szwiny pnia współczulnego stanowią: zwoj szwiny górny, położony do przodu od wyrostków poprzecznych II, III i IV kręgu szwiny, zwoj szwiny środkowy, leżący na wysokości VI kręgu szwiny, oraz zwoj szwiny dolny, zwany też zwojem szwino-piersiowym lub gwiazdzystym, leżący między wyrostkiem poprzecznym VII kręgu szyjnego a szyjką I żebra.

Od zwoju szwiny górnego odchodzą:

1. gałęzie naczyniowe: nerw szwino-tetniczy wewnętrzny, tworzący w błonie zewnętrznej tetnicz szwiny wewnętrznej splot szwino-tetniczy wewnętrzny. Splot ten towarzysząc gałęziom tetniczym przechodzi w splot oczny, splot tetniczy przedniej mózgu, splot tetniczy środkowej siatkówki i inne; nerw szwino-tetniczy zewnętrzny, tworzący w błonie zewnętrznej tetnicz szwiny zewnętrznej jednoimienny splot nerwowy, przechodzący w sploty, które towarzyszą gałęziom powstałym z podziału tego naczynia.

2. gałęzie trzewne: gałęzie kraniowo-gardłowe, zdążające do krani, gardła i tchawicy; nerw sercowy szyjny górny, biegnący do splotu sercowego.

Nerwy odchodzące do zwoju szwiny górnego unerwiają mięśnie przwłosowe i gruczoły skór głowy i szwi, błonę środkową tetnic szwiny i ich gałęzi, gruczoły jamy nosowej, jamy ustnej, jamy gardła i krani, gruczoł tarczowy, gruczoły przytarczyczne, gruczoły łzowe, mięśnie gładkie oczodołu i gałki ocznej, mięsień sercowy.

Od zwoju szwiny środkowego odchodzą:

1. gałęzie naczyniowe. Są to nerwy szwino-tetnicze wspólne, tworzące w błonie zewnętrznej jednoimiennego naczynia splot szwino-tetniczy wspólny oraz splot tetniczy tarczowej dolnej.

2. gałęzie trzewne - nerw sercowy szyjny środkowy, największy z nerwów sercowych, gałęzie tarczowe, gałęzie przytarczyczne.

Nerwy odchodzące od zwoju szwiny środkowego unerwiają błonę środkową tetnicz szwiny wspólnej, tętnicy tarczowej dolnej oraz ich gałęzi, gruczoł tarczowy, gruczoły przytarczyczne, mięsień sercowy.

Od zwoju szwiny dolnego odchodzą:

1. gałęzie naczyniowe: nerw kręgowy tworzący w ścianie jednoimienną tętnicę splot kręgowy; gałęzie tworzące splot podobojczykowy i splot tetniczy piersiowej wewnętrznej,

2. gałęzie trzewne, do których zaliczam nerw sercowy szwiny dolny.

Nerwy odchodzące od zwoju szwiny dolnego biorą udział w unerwieniu naczyń głowy, szwi, opon mózgowych i mózgowia. Unerwiają także gruczoł tarczowy, gruczoły przytarczyczne, płuca i mięsień sercowy. Doprowadzają również włókna współczulne do kończyny górnej.

Zwoj szwiny dolny zespała się z pierwszym zwojem piersiowym za pomocą włókien nerwowych, które w swoim przebiegu oplatają tętnicę podobojczykową, tworząc pętle podobojczykową.

Zwoje części piersiowej pnia współczulnego leżą w tylnej części śródpiersia górnego i tylnego, na głowach żeber, przykryte od strony bocznej opłucną ścienną. Oddają:

1. gałęzie naczyniowe do splotu aortowego piersiowego, do splotu płucnego,

2. gałęzie trzewne - nerwy sercowe piersiowe i tzw. gałęzie śródpiersiowe do przetwku, przewodu piersiowego, oskrzeli, opłucnej śródpiersiowej oraz: nerw trzewny większy pochodzący ze zwojów piersiowych od piątego do dziesiątego (Th_5-Th_{10}); nerw trzewny mniejszy pochodzący ze zwojów piersiowych od dziewiątego do jedenastego (Th_9-Th_{11}); nerw trzewny nainiejszy pochodzący ze zwoju piersiowego dwunastego (Th_{12}). Nerwy trzewne przechodzą do jamy brzusznej, gdzie wchodzi głównie w skład splotu trzewnego. Stanowią wiatek w opisanej dotychczas budowie części współczulnej układu autonomicznego, zawierają bowiem włókna przedzwojowe. Przechodzą przez zwoje części piersiowej pnia współczulnego bez synapsy (nieprzerwanie), osiągając zwoje splotu trzewnego (część), jak nerw trzewny większy, lub rdzeń gruczołów nadnerczowych, jak nerw trzewny mniejszy.

Zwoje części brzusznej i miednicznej pnia współczulnego leżą na powierzchni przednio-bocznej kręgosłupa, zaotrzewnowo. Oddają gałęzie - nerwy trzewne lędźwiowe i nerwy trzewne krzyżowe do splotów narządowych: nerkowego, odbytniczego, maciczo-pochwowego i innych. Część włókien przedzwojowych kończy się, podobnie jak w części piersiowej, nie tylko w zwojach pnia współczulnego, lecz także w zwojach splotów aorty brzusznej lub w zwojach narządowych. W miednicy mniejszej gałęzie odchodzące od zwojów biorą udział w utworzeniu splotów podbrzuszných: górnego i dolnego.

25.2. Część przywspółczulna

Mianem tym określa się skupienia komórek nerwowych w mózgu tworzące część głowową i w części krzyżowej rdzenia kręgowego - część rdzeniową oraz wychodzące z nich nerwy. Skupienia ciał komórek nerwowych w mózgowiu tworzą jądra przywspółczulne nerwów czaszkowych III, VII, IX i X, a ich wypustki biegną wraz z tymi nerwami do zwojów położonych na obwodzie. Liczba włókien nerwowych przywspółczulnych w poszczególnych nerwach czaszkowych jest różna. W części szyjnej nerwu błędnego występuje np. tylko od 20 do 35% włókien przywspółczulnych.

Włókna przedzwojowe biegnące z nerwem okoruchowym (tzw. część czepcowa) rozpoczynają się w jądrze przywspółczulnym tego nerwu położonym w śródmózgowiu i dochodzą do zwoju rzeskowego położonego w oczodole. Włókna zazwojowe rozpoczynające się w tym zwoju biegną wraz z nerwami rzeskowymi krótkimi, unerwiając mięsień rzeskowy i mięsień zwieracz źrenicy.

Włókna przedzwojowe biegnące z nerwem twarzowym rozpoczynają się w jądrze ślinowym górnym położonym w moście biegnąc następnie dwiema drogami: drogą struny bebenkowej i nerwu języcznego do zwoju podżuchwowe; skąd włókna zazwojowe dochodzą do ślinianki podżuchwowej i podjęzycznej; droga nerwu skalistego większego i nerwu kanału skrzydłowego do zwoju skrzydłowo-podniebiennego, skąd włókna zazwojowe biegną do naczyń opony twardej, do gruczołów błony śluzowej tylnej części jamy nosowej, gruczołów błony śluzowej podniebienia miękkiego i tylnej części podniebienia twardego, do gruczołu łzowego.

Włókna przedzwojowe biegnące z nerwem języczkowo-gardłowym rozpoczynają się w jądrze ślinowym dolnym położonym w rdzeniu przedłużonym, dochodząc do zwoju usznego leżącego w pobliżu przewodu słuchowego zewnętrznego. Włókna zazwojowe biegną do ślinianki przyusznej i do gruczołów błony śluzowej nasady języka.

Włókna przedzwojowe biegnące z nerwem błędnym rozpoczynają się w jądrze grzbietowym tego nerwu, położonym w rdzeniu przedłużonym, dochodząc w większej części do zwojów splotu trzewnego, częściowo do zwojów śródściennych narządów. Unerwiają narządy głowy, szyi, klatki piersiowej i większość narządów jamy brzusznej. Włókna przedzwojowe biegnące wraz z nerwami VII, IX i X tworzą tzw. część opuszkową części przywspółczulnej.

Część krzyżowa (rdzeniowa) obejmuje włókna przywspółczulne rozpoczynające się w jądrze pośrednio-przyśrodkowym, w rogach bocznych części krzyżowej rdzenia kręgowego (głównie S_2). Opuszczają one rdzeń kręgowy częściowo z korzeniami grzbietowymi, częściowo z korzeniami brzuszными nerwów rdzeniowych, oddzielając się następnie jako nerwy trzewne miedniczne.

Nerwy trzewne miedniczne dochodzą do zwojów miednicznych splotu podbrzusznego górnego i dolnego oraz do zwojów śródściennych narządów, jak np. pęcherza moczowego, narządów płciowych. Włókna zazwojowe unerwiają przywspółczulnie wszystkie narządy miednicy mniejszej oraz niektóre narządy położone w jamie brzusznej, jak okrężnicę esowatą, okrężnicę zstępującą i $1/3$ lewej części okrężnicy poprzecznej.

Nerwy trzewne miedniczne wchodzi początkowo w skład nerwów rdzeniowych tworzących splot krzyżowy i dopiero w dalszym przebiegu odgałęziają się jako samodzielne nerwy. Powodują wzrost napięcia mięśni gładkich pęcherza moczowego i jelit, rozkurcz mięśnia zwieracza odbytu

wewnętrzny i mięsień zwieracza cewki moczowej wewnętrzny. rozszerza naczynia krwionośne narządów płciowych powodując wzwód, stąd też nazywane są nerwami wzwodowymi.

25.3. Sploty nerwowe autonomiczne

Z zespolenia włókien zazwojowych części współczulnej i części przywspółczulnej układu autonomicznego powstają w narządach mieszane ("amfoteryczne"), współczulno-przywspółczulne sploty nerwowe, w których uwalniają się dwa rodzaje mediatorów: noradrenalina i acetylocholina. Położone są bądź w jamach ciała (sploty jamowe), bądź w ścianach narządów (sploty narządowe). W ich skład wchodzi również zwoje nerwowe (co je odróżnia od splotów rdzeniowych), głównie przywspółczulne, w których następuje styk (synapsa) włókien przywspółczulnych przedzwojowych z neuronami przywspółczulnymi. W niektórych splotach, jak np. w splocie trzewnym, występują również zwoje współczulne, ponieważ dopiero w tych zwojach włókna współczulne przedzwojowe biegnące w nerwach trzewnych większych przełączają się na neurony współczulne.

Sploty nerwowe autonomiczne są więc złożonymi strukturami cechującymi się dużą samodzielnością jak np. położony w ścianie jelita cienkiego splot warstwy mięśniowej czy też splot podśluzowy.

Liczba włókien nerwowych w splocie autonomicznym zależy od czynności narządów. W splocie żołądkowym w pobliżu wpustu jest np. 4000 włókien/cm², a przy odźwierniku, którego czynność jest bardziej złożona, liczba włókien wynosi 20 000/cm².

Z bardziej znanych należy wymienić następujące sploty:

splot trzewny - położony w otoczeniu aorty brzusznej, w pobliżu odejścia pnia trzewnego. Jest najlepiej wykształconym splotem układu autonomicznego. Nazywany jest także "mózgiem brzuszny" lub "splotem słoneczny". Składa się z szeregu splotów wtórnych, takich jak: splot trzustkowy, splot nadnerczowy, splot nerkowy, splot jądrowy, splot jainikowy, splot żołądkowy górny i dolny, splot wątrobowy, splot śledzionowy. Splot trzewny i jego sploty wtórne unerwiają prawie wszystkie narządy jamy brzusznej, wysyłając włókna nerwowe do ich mięśni gładkich oraz do gruczołów, splot aortowy brzuszny - położony w błonie zewnętrznej aorty brzusznej w jej całym przebiegu,

splot kręgowy górny i dolny - położony w kręzce, unerwia jelita,

splot podbrzusny górny - położony w pobliżu podziału aorty brzusznej na tętnice biodrowe wspólne, unerwia moczowody i jelito grube,

splot podbrzusny dolny - położony na przeponie miednicznej po obu stronach odbytnicy, unerwia wszystkie pozostałe narządy miednicy mniejszej.

O budowie układu autonomicznego nie wszystko jeszcze wiadomo. Niektóre narządy lub ich części, jak np. kora gruczołów nadnerczowych, gruczoły potowe apokrynowe, prawdopodobnie wcale nie mają unerwienia autonomicznego. Inne są zaopatrywane tylko przez jedną z części tego układu. Wyłącznie współczulne unerwienie mają: naczynia mięśni kończyn, mięśnie gładkie narządów płciowych, mięsień rozszerzacz źrenicy, mięśnie przywłosowe i według niektórych autorów wątroba. Wyłącznie przywspółczulnie są unerwione: mięsień zwieracz źrenicy, komórki A wysp trzustkowych, niektóre gruczoły żołądka.

25.4. Czynność autonomicznego układu nerwowego

Układ nerwowy autonomiczny stanowi część eferentną trzewnych łuków odruchowych. Efektorami w odruchach autonomicznych są wszystkie komórki i tkanki organizmu z wyjątkiem mięśni poprzecznie prążkowanych. Najprostszym łukiem odruchowym autonomicznym ma co najmniej jeden neuron czuciowy i dwa neurony przewodzące impulsację eferentną do efektorów. Ciało pierwszego neuronu przedzwojowego, przewodzącego impulsację eferentną, znajduje się w obrębie ośrodkowego układu nerwowego. Wypustka tego neuronu tworzy włókno nerwowe przedzwojowe, które kończy się synapsami na neuronie w zwoju autonomicznym. Wypustka neuronu zwojowego tworzy włókno nerwowe pozazwojowe, kończące się synapsami na komórkach tkanek i narządów efektorowych.

Układ nerwowy autonomiczny dzieli się na część przywspółczulną, czyli cholinergiczną, oraz na część współczulną, czyli adrenergiczną. Na zakończeniach włókien nerwowych przedzwojowych, czyli włókien typu B, zarówno w części przywspółczulnej, jak i współczulnej, uwalnia się mediator synaptyczny - acetylocholina (ACh). Włókna zazwojowe w części przywspółczulnej uwalniają na swoich zakończeniach również acetylocholinę (ACh), a włókna zazwojowe w części współczulnej - noradrenalinę (NA).

Depolaryzacja błon presynaptycznej, zarówno w układzie cholinergicznym, jak i w układzie noradrenergicznym, powoduje napływ jonów wapniowych do wnętrza włókien nerwowych i ich wiązanie się z białkiem aksoplazmy. Po związaniu się jonów Ca^{2+} z białkiem aktywują się enzymy aksoplazmy i nasila ruch pęcherzyków synaptycznych w obrębie zakończeń synaptycznych. Zaktivowany enzym - fosfolipaza, działając na błonę presynaptyczną i na błonę pęcherzyków synaptycznych powoduje rozluźnienie struktur fosfolipidowej tych błon w miejscu ich zetknięcia się. W wyniku tego procesu dochodzi do otwierania się pęcherzyków synaptycznych, czyli do egzocytozy i wydzielania się zawartości wraz z cząsteczkami mediatorów do przestrzeni synaptycznej.

25.5. Czynność części przywspółczulnej

Przywspółczulne włókna przedzwojowe biegną do narządów wewnętrznych i w ich obrębie kończą się synapsami na neuronach zwojowych przywspółczulnych. Neurony te rozsiane są w ścianach narządów wewnętrznych, a ich aksony rozgłębiają się w niewielkiej odległości od ciała neuronu, kończąc się na błonie komórkowej komórek efektorów. Na zakończeniach włókien przywspółczulnych pozazwojowych wydzielają się mediator acetylocholina (ACh) oraz modulatory synaptyczne: wazoaktywny hormon jelitowy (VIP), oktapeptyd cholecystokininy (CCK-8), gastryna i bombezyna.

25.5.1. Mediator cholinergiczny

Mediator cholinergiczny, czyli acetylocholina (ACh) magazynowana jest w pęcherzykach synaptycznych w obrębie zakończeń synaptycznych. Impuls nerwowy uwalnia z zakończeń pewną liczbę cząsteczek acetylocholiny, która działa na receptory w błonie komórkowej komórek efektorów. Błona komórkowa postsynaptyczna zostaje zdepolaryzowana po związaniu się cząsteczek acetylocholiny z receptorami w błonie komórkowej. ACh uwolniona na synapsach rozkładana jest przez cholinesterazę swoistą, a cząsteczki ACh dyfundujące poza synapsy i dostające się do krwi są natomiast rozkładane przez cholinesterazę nieswoistą.

25.5.2. Receptory cholinergiczne

W błonie komórkowej postsynaptycznej występują dwa rodzaje receptorów, z którymi wiąże się cząsteczki acetylocholiny. Są to receptory nikotynowe (receptory N) i receptory muskarzynowe (receptory M).

Receptory nikotynowe pobudzane są swoiście przez nikotynę. Po związaniu się mediatora z receptorem nikotynowym występuje w błonie postsynaptycznej szybko narastający i szybko ustępujący postsynaptyczny potencjał pobudzający. Receptor nikotynowy w komórkach zwojowych autonomicznych jest blokowany przez heksametonium.

Drugim receptorem wiążącym cząsteczki acetylocholiny jest receptor muskarzynowy wykazujący swoiste powinowactwo do alkaloidu - muskaryny. Po związaniu się cząsteczek ACh z receptorem muskarzynowym pojawia się w błonie postsynaptycznej wolno narastający, ale długo utrzymujący się postsynaptyczny potencjał pobudzający. Receptory muskarzynowe są blokowane przez atropinę.

Związanie się mediatora z receptorem muskarzynowym powoduje aktywację po stronie wewnętrznej postsynaptycznej błony komórkowej enzymu guanozynocyklazy i wzrost zawartości w komórce cyklicznego guanozyno-3',5'-monofosforanu (cGMP), tworzącego się z guanozynotrójfosforanów (GMP).

25.6. Czynność części współczulnej

Na zakończeniach włókien nerwowych zwojowych, czyli włókien typu Cs, uwalnia się noradrenalina (NA) oraz modulatory synaptyczne: Substancja P (SP), enkefalina, somatostatyna (SRIF), neurotensyna (NT) i neuropeptyd Y (NPY).

25.6.1. Mediator noradrenergiczny

Noradrenalina częściowo jest syntetyzowana w zakończeniach włókien zwojowych i częściowo jest wychwytywana z krwi krążącej. Na zakończeniach włókien typu Cs jest ona magazynowana w pęcherzykach synaptycznych noradrenergicznych, które są nieco większe od pęcherzyków synaptycznych cholinergicznym.

Noradrenalina w obrębie synaps i poza synapsami syntetyzowana jest z aminokwasu L-tyrozyny przekształconego w wątrobie z innego aminokwasu - fenyloalaniny. Z tyrozyny powstaje DOPA (L-3,4-dihydroksyfenyloalanina), która przekształca się w dopaminę, a ta zamienia się w L-noradrenaline. Noradrenalina uwolniona do przestrzeni synaptycznej przenika do płynu międzykomórkowego, dyfunduje i dostaje się do krwi, w czasie dyfuzji i przechodzenia do naczyń włosowatych

noradrenalina rozkładana jest częściowo przez tlenową metylotransferazę katecholową - COMT. Noradrenalina powracająca zaś do zakończeń nerwowych podlega tam działaniu oksydazy monoaminowej - MAO, znajdującej się w mitochondriach i zamieniana jest w metabolity usuwane przez krew krążącą.

Ostateczny efekt działania noradrenaliny na komórki narządów wewnętrznych, a zwłaszcza na komórki mięśni gładkich, zależy od stosunku ilościowego w błonie komórkowej komórek efektorów dwóch rodzajów receptorów wrażliwych na NA. Są to α -receptory, po związaniu z którymi noradrenalina zazwyczaj wywołuje skurcz mięśni gładkich i β -receptory, poprzez które działając, powoduje rozkurcz tych mięśni.

25.6.2. Receptory adrenergiczne

α -Receptory adrenergiczne są najbardziej wrażliwe na cząsteczki adrenaliny, a β -receptory adrenergiczne najsilniej reagują pod wpływem izopropylonoradrenaliny (isoproterenol). Receptory stanowią kompleks złożony z enzymu i substratu. Pod wpływem cząsteczek noradrenaliny związanych z receptorami dochodzi do aktywacji reakcji pomiędzy enzymem a substratem.

α -Receptor adrenergiczny jest to kompleks adenozyłotrójfosforanowy - ATPazy z adenozyłotrójfosforanem - ATP oraz jonami wapniowymi. Pod wpływem noradrenaliny ATP rozpada się do adenozyłodwufosforanu - ADP i ortofosforanu - P.

Szereg preparatów farmakologicznych, tzw. α -blokerów, wiąże się z tym receptorem, blokując działanie noradrenaliny poprzez te receptory na komórki postsynaptyczne. Do α -blokerów są zaliczane fenoksylbenzamina i dibenzamina.

β -Receptor adrenergiczny stanowi kompleks cykliczny adenylowej z ATP. Aminy katecholowe aktywują reakcję pomiędzy enzymem i ATP, powodując rozpad ATP i powstanie cyklicznego adenozył-3'5'-monofosforanu, czyli cyklicznego AMP oraz pirofosforanu. Receptor ten jest swoiście blokowany przez propranolol, najczęściej stosowany bloker β -receptorów.

Istnieje liczna grupa preparatów farmakologicznych wybiórczo blokujących α - lub β -receptory adrenergiczne. Dzięki temu można na drodze farmakologicznej uzyskiwać przewagę efektów związanych z pobudzeniem jednego rodzaju receptorów adrenergicznych.

25.6.3. Przewodzenie w zwojach współczulnych

Acetylocholina uwolniona na zakończeniach aksonów neuronów przedzwojowych działa jednocześnie na receptory nikotynowe i receptory muskarzynowe w błonie komórkowej neuronów zwojowych. Wiązanie się acetylocholiny z receptorem nikotynowym wywołuje efekt podobny do działania nikotyny. Neuron zwojowy szybko się pobudza i równie szybko pobudzenie ustępuje. Związki antagonistyczne w stosunku do nikotyny blokują receptory nikotynowe.

Pobudzenie neuronu zwojowego za pośrednictwem receptora muskarzynowego jest podobne do działania muskaryny i może zostać zablokowane przez atropinę. Impulsy nerwowe przekazywane przy udziale receptora muskarzynowego wolno pobudza neuron zwojowy, ale jego pobudzenie trwa znacznie dłużej w porównaniu z pobudzeniem wywołanym za pośrednictwem receptora nikotynowego.

W zwojach współczulnych występują również neurony pośredniczące. Cząsteczki acetylocholiny uwalniane z zakończeń neuronów przedzwojowych pobudza neurony pośredniczące, które z kolei oddziałują hamująco na neurony zwojowe. Na synapsach neuronów pośredniczących wydzielana jest dopamina, która hiperpolaryzuje błonę komórkową neuronów zwojowych i zmniejsza ich pobudliwość. Haloperidol jest preparatem blokującym receptory dopaminergiczne i przewodzenie przez neurony pośredniczące w zwojach współczulnych.

Przewodzenie impulsów nerwowych przez zwoje współczulne jest procesem złożonym. Acetylocholina działa bezpośrednio na neurony zwojowe - pobudzająco i przy udziale neuronów pośredniczących - hamująco. Ostateczny efekt jest zależny od wzajemnych stosunków pomiędzy receptorami nikotynowymi i muskarzynowymi, za pośrednictwem których neuron zwojowy jest pobudzany, a receptorem dopaminergicznym - hamującym, na który działa dopamina uwalniana przez neuron pośredniczący.

25.7. Działanie na efektery impulsacji współczulnej i przywspółczulnej

W obrębie komórek - efektorów występuje stałe współzawodnictwo pomiędzy impulsacją przywspółczulną, czyli cholinergiczną, a współczulną, czyli adrenergiczną. Impulsacja współczulna pobudza lub hamuje aktywność komórek efektorów w zależności od przewagi α - lub β -receptorów w ich błonie komórkowej. Impulsacja przywspółczulna ma zawsze działanie przeciwne.

Na procesy przebiegające w komórkach efektorów układu cholinergicznego i noradrenergicznego wywierają swój wpływ za pośrednictwem wewnątrzkomórkowych przekaźników informacji, którymi są cykliczny guanozynomonofosforan - cGMP i cykliczny adenozylationofosforan - cAMP. Wzrost zawartości jednego z tych związków w komórce, np. cGMP, hamuje tworzenie się drugiego związku - cAMP. Współzawodnictwo w komórkach efektorów pomiędzy cGMP a cAMP warunkuje ostateczny efekt współzawodnictwa pomiędzy układem cholinergicznym a adrenergicznym.

Mediatorzy układu autonomicznego wpływają na metabolizm wewnątrzkomórkowy. Pod wpływem noradrenaliny w komórkach wątroby zachodzi glikoliza i uwalnianie cząsteczek glukozy do krwi, a w komórkach tkanki tłuszczowej następuje hydroliza trójglicerydów i przechodzenie do krwi wolnych kwasów tłuszczowych - FFA.

W układzie autonomicznym, w jego części współczulnej i przwspółczulnej uwalniane są zarówno przez neurony przedzwojowe, jak i zwojowe modulatory synaptyczne. W układzie autonomicznym wykazano obecność następujących modulatorów synaptycznych: Substancji P (SP), neurotensyny (NT), hormonu jelitowego (VIP), bombesyny, gastryny, enkefaliny (ENK) i neuropeptydu Y (NPY). Uwolnione modulatory synaptyczne działają na błonę postsynaptyczną za pośrednictwem swoistych receptorów, które nie są blokowane przez preparaty farmakologiczne blokujące receptory adrenergiczne i cholinergiczne.

26. Anatomia i fizjologia narządów zmysłu

26.1. Receptory

Receptory i narządy zmysłów pozwalają na kontakt organizmu z otoczeniem.

Receptory można podzielić w zależności od ich położenia:

1. Eksteroreceptory - położone w powłoce wspólnej, odbierające czucie eksteroreceptywne (powierzchnowe) - dotyku, uciska, bólu, temperatury. Zaliczamy do nich szereg zakończeń różnie nazwanych. Czucie dotyku odbierają łakotki dotykowe - ciała Merkla, położone w naskórku lub w torebce włosa, zbudowane z owalnych komórek o średnicy około 6 μm , oraz ciała dotyku - ciała Meissnera) położone w brodawkach skóry właściwej, owalne o średnicy do 180 μm . Liczba ciałek odbierających czucie dotyku jest zmienna i wynosi od 6 na 1 cm^2 w skórze pleców do 140 na 1 cm^2 w opuszkach palców. Czucie bólu odbierają zakończenia nerwów skóry - "nagie zakończenia nerwowe". W skórze liczba punktów bólowych wynosi od 50 do 200 na 1 cm^2 . Za narządy odbierające czucie ciepła uważa się tzw. ciała zmysłowe (ciała Ruffiniego), których liczba w skórze ocenia się na blisko 30 000, a za narządy odbierające czucie zimna - kolby końcowe - kolby Krausego, których liczbę ocenia się na mniej więcej 250 000.

Do czucia eksteroreceptywnego jest również zaliczany smak.

2. Proprioceptory - położone w mięśniach, w ścięgnach, w powięziach, w torebkach stawowych, w okostnej, odbierające czucie proprioceptywne (głębokie), jak np. określanie ciężaru przedmiotów, ich elastyczności i twardości. Przedstawicielami receptorów czucia głębokich są ciała blaszkowate - ciała Vater-Pacciniego, zbudowane z około 50 blaszek łącznotkankowych oraz wrzecionka nerwowo-mięśniowe i wrzecionka nerwowo-ścięgnowe występujące w brzuscach i ścięgnach mięśni.

3. Interoceptory - położone w jamach i narządach ciała, odbierające czucie interoceptywne, bólu (nocyceptory) i zmiany w środowisku wewnętrznym, jak np. wypełnianie narządów "rurowatych" przewodu pokarmowego, ciśnienie krwi w naczyniach (pressoreceptory), skład chemiczny krwi (chemoreceptory) itp.

Teleceptory - odbierające czucie teleceptywne, tj. wrażenia zewnętrzne na odległość. Zaliczamy tu narząd powonienia, narząd wzroku i narząd przedsionkowo-ślimakowy (narządy zmysłów).

26.2. Zmysły

Do narządów zmysłów należą: narząd powonienia, narząd wzroku i narząd przedsionkowo-ślimakowy. Tu również tradycyjnie omawia się narząd smaku, zaliczany w zasadzie do czucia eksteroreceptywnego.

26.2.1. Narząd powonienia

Narząd powonienia stanowią komórki nerwowo-zmysłowe wechowe, występujące w okolicy wechowej błony śluzowej nosa, zajmującej przysrodkową powierzchnię małżowiny nosowej górnej i odpowiadająca jej powierzchnię przegrody nosa. Ponieważ u człowieka powierzchnia okolicy wechowej jest mała (4 cm^2), jest on zaliczany do kregowców o słabo rozwiniętym narządzie powonienia (mikrosmatczynych). Z wypustek dośrodkowych komórek nerwowo-zmysłowych wechowych (pierwszy neuron) położonych w okolicy wechowej błony śluzowej po wstaje około 20 nici wechowych, które przenikają do jamy czaszki do opuszek wechowych - obwodowej części wechomózgowia (drugi neuron), a stąd do ośrodkowej części wechomózgowia (trzeci neuron). Ośrodki powonienia mieszczą się prawdopodobnie w zakresie hipokampa i w zakresie obręczy. Komórki nerwowo-zmysłowe wechowe ze względu na ich bezpośredni kontakt z otoczeniem stanowią wrota wnikania wirusów do ośrodkowego układu nerwowego. Liczba ich u człowieka jest oceniana na 2×10^7 .

26.2.2. Narząd smaku

Narząd smaku stanowią kubki smakowe położone na grzbiecie języka, w brodawkach okolonnych, grzybowatych i liściastych. Kubki są również rozrzucone na podniebieniu miękkim, na nagłośni i tylnej ścianie gardła. Organem odbiorczym w kubkach jest sztyfcik (precik) smakowy. Od podstaw kubków biega włókna nerwowe wchodzące w skład nerwu twarzowego, nerwu językowo-gardłowego i w skład nerwu błędnego, przewodzących impulsy do ośrodków smakowych płaszcza. Ciała komórek nerwowych pierwszego neuronu drogi smakowej znajdują się w zwoju kolanka nerwu twarzowego i w zwoju górnym nerwu językowo-gardłowego i nerwu błędnego. Drugi neuron stanowi iadło pasma samotnego w rdzeniu przedłużonym. Trzeci neuron znajduje się w iadrze brzuszonym tylno-przysrodkowym wzgórza, skąd włókna dośrodkowe biega do kory mózgu, do najniższej części zakrętu

zaśrodkowego. gdzie znajdują się korowe ośrodki smaku, umiejscawiane również przez niektórych w części ośrodkowej węchomózgowia.

26.2.3. Narząd wzroku

Narząd wzroku składa się z gałki ocznej i narządów dodatkowych oka. Gałka oczna spoczywa w oczodole na ciele tłuszczowym oczodołu. Naibardziej do przodu wysunięty punkt gałki ocznej; nosi miano bieguna przedniego, a naibardziej wysunięty do tyłu - bieguna tylnego. Oba bieguny łączy oś wzrokowa. Gałka oczna ma kształt zbliżony do kuli o promieniu około 12 mm. Jej objętość wynosi $7,2 \text{ cm}^3$.

Ściany gałki ocznej stanowią trzy błony: włóknista, naczyniowa i wewnętrzna. Błona włóknista składa się z części przedniej, przezroczystej - rogówki i z części tylnej, nieprzezroczystej - twardówki. Rogówka jest wprawiona w twardówkę podobnie jak szkło do zegarka. Na pograniczu między rogówką a twardówką biegnie żyła zwana zatoką żylną twardówki.

Błona naczyniowa składa się z tęczówki, ciała rzęskowego i naczyniówki. Tęczówka stanowi przednią część błony. Przy oglądaniu od przodu jest widoczna jako barwny krążek mający w środku otwór o zmiennej średnicy (3-8 mm), zwany źrenicą. Tęczówka oprócz barwnika, który decyduje o kolorze oczu zawiera również mięśnie gładkie. Są to mięsień zwieracz i mięsień rozszerzacz źrenicy.

Ku tyłowi tęczówka przechodzi w ciało rzęskowe, mające kształt pierścienia szerokości około 0,5 cm, otaczającego soczewkę. Część wewnętrzna pierścienia jest pofalowana i tworzy wyrostki rzęskowe. W ciele rzęskowym znajdują się liczne naczynia krwionośne włosowate oraz mięsień gładki o określonym przebiegu - mięsień rzęskowy. Część osocza filtruje się z naczyń krwionośnych włosowatych ciała rzęskowego, wytwarzając ciecz wodnista wypełniająca komory oka, natomiast mięsień rzęskowy wpływa na stopień wypukłości soczewki w procesie akomodacji. Jego skurcz powoduje zwiótkowanie wieszadełek łączących ciało rzęskowe z soczewką i zwiększenie jej wymiaru przednio-tylnego. Rozkurcz zaś przyczynia się do napięcia wieszadełek i zmniejszenia wymiaru przednio-tylnego soczewki. Naczyniówka stanowi tylną część błony naczyniowej i jest zbudowana głównie z naczyń krwionośnych i włókien sprężystych.

Błona wewnętrzna, zwana siatkówką, składa się z warstwy barwnikowej i warstwy mózgowej. Warstwa barwnikowa dzieli się na część tęczówkową, część rzęskową i część siatkówkową. Warstwa mózgowa, zwana częścią wzrokową siatkówki, stanowi jej tylną $\frac{2}{3}$ i odbiera fale świetlne. Ma zabarwienie czerwone dzięki zawartej w jej komórkach czerwieni wzrokowej. Wrażliwość siatkówki nie jest jednakowa we wszystkich miejscach. W miejscu, w którym siatkówkę opuszcza nerw wzrokowy, tj. 1,5 mm przyśrodkowo od tylnego bieguna siatkówki, występuje krążek nerwu wzrokowego, nie mający w ogóle elementów światłoczułych (plamka ślepa). Największa drażliwość na barwy i światło występuje w miejscu, przez które przechodzi oś wzrokowa (plamka żółta). Istota budowy siatkówki polega na występowaniu w niej komórek światłoczułych nerwowych, pręcików i czopków. Ich wypustki dośrodkowe dochodzą do komórek dwubiegunowych łączących się z komórkami zwojowymi, których wypustki dośrodkowe tworzą nerw wzrokowy. Ogólna liczba pręcików u noworodków jest oceniana na 125 milionów. Zawierają one barwnik czerwieni wzrokową (rodopsynę), którą zwiększa drażliwość komórek na światło. Odbierają obrazy czarno-białe. Czopki mają barwnik podobny do rodopsyny, ich liczba wynosi 7 milionów. Odbierają obrazy barwne. Siatkówkę może być oglądana przyżyciowo przez specjalny wziernik (oftalmoskop), co ma duże znaczenie w diagnostyce.

Struktury w przednich częściach błon tworzących ścianę gałki ocznej są przepuszczalne dla promieni świetlnych, dzięki czemu może powstać obraz na siatkówce. Są to: rogówka, komora przednia gałki ocznej, soczewka, komora tylna gałki ocznej (częściowo) i ciało szkliste. Komora przednia gałki ocznej stanowi przestrzeń zawartą pomiędzy rogówką a tęczówką natomiast komora tylna gałki ocznej jest ograniczona przez soczewkę, tęczówkę i ciało rzęskowe. Komory komunikują się ze sobą przez źrenicę, która jest otworem w tęczówce. Wypełnione są cieczą wodnistą, powstającą w komorze tylnej z osocza krwi naczyń włosowatych krwionośnych ciała rzęskowego. Objętość cieczy wodnistej wynosi około $1,5 \text{ cm}^3$. Z komory tylnej ciecz odpływa do komory przedniej, a stąd do zatoki żyłnej twardówki i do żył oczodołu: ocznej górnej i dolnej, które pośrednio są dopływami żyły szyjnej wewnętrznej. Ku tyłowi i przyśrodkowo od komory tylnej gałki ocznej znajduje się soczewka. Jest ona dwuwypukła, o średnicy około 9 mm, a grubości 4 mm. Wyróżnia się w niej torebkę, korę i jądro soczewki. W stałym położeniu jest utrzymywana przez obwódkę rzęskową zawartą między soczewką a ciałem rzęskowym. Obwódka składa się z włókien obwódkowych, na których jest zawieszona soczewka. Mięsień rzęskowy wpływając na krzywiznę soczewki bierze udział w procesie akomodacji.

Największą część gałki ocznej, bo około $\frac{4}{5}$ jej wnętrza zajmuje ciało szkliste, położone pomiędzy soczewką a siatkówką. Jest otoczone błoną szklaną, wewnątrz ma zrąb utworzony z delikatnych włókienek, między którymi znajduje się ciecz szklista o galaretowatej konsystencji.

26.2.3.1. Budowa siatkówki

Siatkówka zbudowana jest z następujących 10 warstw, składających się na trzy ułożone jeden za drugim neurony tworzące między sobą synapsy.

1. Warstwa barwnikowa siatkówki utworzona z jednej warstwy komórek sześciennych zawierających liczne ziarenka barwnika. Liczne wypustki komórek barwnikowych wnikają między pręciki i czopki.

2. Warstwa pręcików i czopków, które są wypustkami komórek zmysłowych. Są one właściwymi receptorami bodźców świetlnych.

Preci ma długość od 40 do 60 μm i średnicę od 1 do 3 μm . Zbudowany jest z dwóch odcinków: zewnętrznego i wewnętrznego, połączonych krótkim odcinkiem zawierającym 9 podłużnie ułożonych rurerek kończących się w centrioli lub w ciałku podstawnym, znajdującym się w dystalnej części odcinka wewnętrznego. Na przekroju poprzecznym odcinek łączący ma budowę rzęski pozbawionej tubul środkowych.

Odcinek zewnętrzny ma budowę gładkiego cylindra, w którym znajdują się bardzo liczne poprzeczne włókna i równoległe blaszki tworzące ograniczone błonami, spłaszczone dyski, o średnicy około 2 μm i grubości około 14 nm. W mikroskopie elektronowym obraz przekroju takiego dysku ma postać dwóch ciemnych linii, łączących się ze sobą swymi końcami, rozdzielonych jasną przestrzenią szerokości około 8 nm. Dyski zawierają duże ilości rodopsynu. Odcinek wewnętrzny precika zawiera liczne mitochondria, ułożone zgodnie z długą osią precika. Preciki reagują na nateżenie światła.

Czopki mają długość od 45 do 47 μm i charakterystyczny butelkowaty kształt. Wąska część zwrócona jest w kierunku nabłonka barwnikowego. Podobnie jak precik czopki zawierają odcinek zewnętrzny i wewnętrzny. W odcinku zewnętrznym, podobnie jak w preciku, występują blaszki zbudowane z dwóch błon. Nie wszystkie one mają postać zamkniętych dysków. Część przestrzeni międzybłonistych może łączyć się z przestrzenią międzykomórkową. W odcinku wewnętrznym czopki występują także bardzo duża liczba mitochondriów. Obidwa odcinki połączone są zmodyfikowaną rzęską. Czopki nie zawierają rodopsynu, lecz jodopsynę. Mają zdolność reagowania na barwę światła.

3. Błona graniczna gwałowa zewnętrzna, utworzona z wypustek komórek gwałowych.

4. Warstwa ziarnista zewnętrzna. W warstwie tej znajdują się ciała komórek wzrokowych precikonoznych i czopkonoznych z jądrami tych komórek.

5. Warstwa spłotowata zewnętrzna zawierająca rozgałęzienia neurytów komórek precikonoznych i czopkonoznych oraz rozgałęzienia dendrytów komórek dwubiegunowych, łączące się ze sobą w ten sposób, że neuryty większej liczby komórek precikonoznych lub czopkonoznych wchodzi w styczność z dendrytami jednej komórki dwubiegunowej.

6. Warstwa ziarnista wewnętrzna zawiera ciała komórek dwubiegunowych. Oprócz tych komórek, stanowiących zasadniczy składnik tej warstwy, znajdują się w niej także komórki nerwowe poziome i komórki nerwowe amakrynowe.

7. Warstwa spłotowata wewnętrzna zawiera połączenia neurytów komórek dwubiegunowych z dendrytami komórek zwojowych, przy czym neuryty kilku komórek dwubiegunowych łączą się z dendrytami jednej komórki zwojowej.

8. Warstwa zwojowa zawiera komórki wielobiegunowe, których neuryty zbiegają do plamki ślepej.

9. Warstwa włókien nerwowych składa się z neurytów komórek zwojowych, które po opuszczeniu gałki ocznej uzyskują osłonkę mielinową.

10. Błona graniczna gwałowa wewnętrzna, utworzona z wypustek komórek gwałowych.

Pierwszy neuron siatkówki stanowią więc komórki precikonozne i czopki.: - śnie, drugi neuron - komórki dwubiegunowe i trzeci neuron - komórki zwojowe. Oprócz komórek nerwowych w siatkówce występują liczne komórki gwałowe.

26.2.4. Narządy dodatkowe gałki ocznej

Do narządów dodatkowych gałki ocznej zalicza się tzw. aparat ruchowy i aparat ochronny gałki. Aparat ruchowy stanowią mięśnie gałki ocznej. Są to cztery mięśnie proste: górny, dolny, przysrodkowy i boczny, dwa mięśnie skośne: górny i dolny, oraz mięsień oczodołowy (m. gładki), który ma wpływ na położenie gałki ocznej w oczodole. Unerwione są przez nerwy czaszkowe III, IV i VI oraz część współczulną układu autonomicznego (m. oczodołowy).

Aparat ochronny stanowią: ciało tłuszczowe oczodołu, brwi, powieki, spojówka i narząd łzowy. Powieki są to fałdy skórno-śluzowe, które ograniczają szparę powiekową. Powieki górna i dolna łączą się w kacie oka bocznym i przysrodkowym. W powiece można wyróżnić część zewnętrzną - skórną i część wewnętrzną - śluzową. Obie części przechodzą w siebie na wolnym brzegu powieki, z którego wyrasta włos - rzęsy. Pomiedzy obu częściami znajduje się płytka łącznotkankowa zwana tarczką. Zawiera dobrze rozwinięte gruczoły łojowe otwierające się na brzegu powiek. Skóra powiek dzięki obecności włókien sprężystych jest bardzo elastyczna. Nie zawiera komórek tłuszczowych. Pomiedzy skórą a tarczką występuje mięsień poprzecznie prążkowany: część powiekowa mięśnia okrężnego oka, a także mięśnie gładkie: mięsień tarczkowy górny i dolny. Spojówka wyściela tylną powierzchnię powieki przechodząc następnie w sklepieniu spojówek na gałkę oczną i powlekając ją nabłonkiem wielowarstwowym płaskim sięgającym do brzegu rogówki. Spojówka jest zbudowana z tkanki łącznej włóknistej luźnej, bogato unaczynionej, z komórkami śluzowymi. Szczelinowata przestrzeń zawarta pomiedzy spojówką powiek a spojówką gałki ocznej nosi miano worka spojówkowego. Do worka spojówkowego wpuszcza się krople. Narząd łzowy składa się z: gruczołu łzowego, jeziora łzowego, brodawek i punktów łzowych, kanalików łzowych, woreczka łzowego i przewodu nosowo-łzowego. Gruczoł łzowy znajduje się w górno-bocznej części oczodołu, a dodatkowe gruczoły łzowe w pobliżu górnego sklepienia spojówki. Ich przewodniki odprowadzające uchodzą do worka spojówkowego. W następstwie ruchów powiek łzy przechodzą z kąta bocznego oka wąską rynienką między krawędzią powieki a gałką oczną, zwaną korytkiem łzowym, do kąta przysrodkowego. Tu w kacie przysrodkowym zbierają się w jezioro łzowe, z którego odpływają do punktów łzowych, położonych na brodawkach łzowych na krawędzi powiek. Z punktów łzowych trafiają do kanalików łzowych, a stąd do woreczka łzowego, który przechodzi w przewód nosowo-łzowy uchodzący do przewodu nosowego dolnego w odległości około 3 cm od nozdrzy przednich.

Droga wzrokowa jest drogą czteroneuronową. Ciało komórek nerwowych pierwszego neuronu są w komórkach precyzyjnych i czopkonosnych. Ciało komórek nerwowych drugiego neuronu znajdują się w komórkach nerwowych dwubiegunowych siatkówki. Ich wypustki obwodowe dochodzą do komórek wzrokowych precyzyjnych i czopkonosnych, a wypustki dośrodkowe do komórek nerwowych wzrokowo-zwojowych, które są ciałami komórkowymi trzeciego neuronu. Ich wypustki dośrodkowe stanowią nerw wzrokowy, tworzący skrzyżowanie wzrokowe, a następnie przechodzą w pasmo wzrokowe dochodzące do ciała kolankowatego bocznego "siedziby" czwartego neuronu. Korowe ośrodki wzroku mieszczą się w płacie potylicznym w częściach kory przylegających do bruzdy ostrogowej, tj. w kliniku i zakręcie potyliczno-skroniowym przysrodkowym.

26.2.5. Odbieranie fal świetlnych

W obrębie narządu wzroku fale świetlne są przetwarzane na impulsy nerwowe. W procesie tym biorą udział: układ optyczny oka utworzony ze struktur i płynów przejrzystych, załamujących promienie świetlne oraz źrenica i siatkówka.

W skład układu optycznego oka wchodzi: rogówka, ciecz wodnista wypełniająca komory oka, soczewka i ciało szkliste. Równoległe promienie świetlne padające na rogówkę ulegają załamaniu i skupiają się w ognisku leżącym na siatkówce. Siła załamania układu optycznego oka dorosłego człowieka przy patrzeniu w dal, a więc dla promieni równoległych, wynosi +66,7 dioptrii. Obraz tworzący się na siatkówce po przejściu promieni przez układ optyczny oka jest rzeczywisty, pomniejszony i odwrócony. Siła załamania układu optycznego oka związana jest przede wszystkim z krzywizną rogówki, a w mniejszym stopniu z krzywiznami soczewki. Przy patrzeniu na przedmioty bliskie soczewka zmienia swój kształt, co jest związane z procesem akomodacji. Zmiana siły załamania soczewki zachodzi na drodze odruchowej. Mięsień rzeskowy kurcząc się zmniejsza stałe napięcie torebki soczewki i soczewka przybiera kształt bardziej kulisty.

Wielkość źrenicy stale jest kontrolowana odruchowo. Długość jej średnicy zależy od natężenia promieni świetlnych padających na siatkówkę oraz od odległości, w jakiej znajduje się od oka przedmiot obserwowany. Wzrost natężenia światła lub zbliżanie się przedmiotu obserwowanego do oka wywołują skurcz mięśnia zwieracza źrenicy znajdującego się w tęczówce i źrenica zęża się. Zmniejszanie się natężenia światła lub oddalanie się przedmiotu obserwowanego od oka wywołują skurcz mięśnia rozszeracza źrenicy znajdującego się w tęczówce i źrenica się rozszerza.

W oku miarowym układ optyczny oka skupia na siatkówce promienie świetlne biegnące równoległe. W oku niemiaryowym krótkowzrocznym promienie świetlne skupiają się przed siatkówką, a w oku niemiaryowym nadwzrocznym skupiają się za siatkówką. Krótkowzroczność i nadwzroczność są to wady refrakcji układu optycznego oka. Korekty tych wad przeprowadza się przy użyciu szkieł (okularów). W przypadku krótkowzroczności stosuje się szkła o soczewkach rozpraszających, a przy nadwzroczności szkła o soczewkach skupiających.

Przetwarzanie fal świetlnych na impulsy nerwowe zachodzi w fotoreceptorach, czyli w komórkach wzrokowych precyzyjnych i czopkowatych znajdujących się w siatkówce, w percepcji wrażeń wzrokowych biorą zaś udział ośrodki w mózgowiu.

26.3. Narząd przedsionkowo-ślimakowy

Narząd przedsionkowo-ślimakowy jest narządem zmysłowym położonym w kości skroniowej, służącym do odbioru dźwięków i do określania położenia głowy i jego zmian.

Dzieli się na ucho zewnętrzne, ucho środkowe i ucho wewnętrzne. Ucho zewnętrzne składa się z małżowiny usznej i przewodu słuchowego zewnętrznego.

Małżowina uszna jest owalna, powyginaana chrząstka, pokryta skórą. Pomiedzy chrząstka a skóra znajdują się szczątkowe mięśnie poprzecznie prążkowane, jak np. mięsień skrawka i mięsień przeciwskrawka. Jedynie dolna część małżowiny usznej nie jest wzmocniona zrebem chrzęstnym i nosi miano płata małżowiny usznej. Brzeg wolny małżowiny usznej odgięty ku stronie bocznej nosi miano rąbka. Wieszadła uszne umocowują chrząstke małżowiny do kości skroniowej.

Przewód słuchowy zewnętrzny jest wygięty w kształcie litery S. Składa się z części chrzęstnej bocznej i z części kostnej przysródkowej. Wygięcia przewodu przebiegają w płaszczyźnie poziomej i czołowej. Długość przewodu słuchowego zewnętrznego wynosi około 2,5 cm. Średnica około 0,5 cm. Otwór prowadzący do przewodu nosi miano otworu słuchowego zewnętrznego.

Ucho środkowe składa się z jamy bebenkowej, jamy sutkowej i trabki słuchowej.

Jama bebenkowa jest skośnie ustawiona szczelinowata przestrzeń w kości skroniowej, zawierająca kosteczki słuchowe, wysłana błoną śluzową i wypełniona powietrzem. Strop jamy bebenkowej stanowi ściana pokrywowa, dno - ściana żyły szwini, ograniczenie przysródkowe - ściana błędnikowa, ograniczenie boczne - błona bebenkowa. W ścianie błędnikowej znajduje się otwór, zwany okienkiem przedsionka zamknięty podstawą strzemiączka. Wzniosłość, zwana wzgórkiem, wytworzona przez zakret podstawy ślimaka, jest oddzielony od niżej położonego otworu zwanego okienkiem ślimaka, zamkniętego przez błonę bebenkową wtórną. Błona bebenkowa jest cienka, napięta błona łącznotkankowa, o grubości około 100 μm (grubość kartki papieru), o powierzchni 85 mm², ustawiona pod kątem ostrym w stosunku do dna przewodu słuchowego zewnętrznego, o średnicy od 9 do 11 mm. Mniejsza, górna część błony bebenkowej nosi miano części wiotkiej, dolna część ma nazwę części napiętej. Od strony zewnętrznej jest pokryta nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, od strony wewnętrznej wysłana błoną śluzową pokrytą jednowarstwowym nabłonkiem sześciennym. Jest osadzona w pierścieniu włóknisto-chrzęstnym. Do kosteczek słuchowych zalicza się młoteczek, kowadełko i strzemiączko. Zadanie ich polega na przenoszeniu drgań błony bebenkowej do ucha wewnętrznego na zasadzie dźwigni katowych. Kosteczki słuchowe są połączone między sobą delikatnymi stawami i wieszadłami (staw kowadełkowo-młoteczkowy, staw kowadełkowo-strzemiączkowy, więzozrost bebenkowo-strzemiączkowy, wieszadło pierścieniowate strzemiączka). Dochodzą do nich też dwa mięśnie: mięsień naprężacz błony i mięsień strzemiączkowy mające wpływ na napięcie łańcucha kosteczek. Przenoszone drgania są wzmacniane 20-25 razy, co wynika ze stosunku powierzchni błony bebenkowej do powierzchni okienka przedsionka. Nie jest to jedyna droga przenoszenia drgań. Mogą one być także przenoszone przez powietrze znajdujące się w jamie bebenkowej i błonę bebenkową wtórną (droga powietrzna) oraz przez kości czaszki (droga kostna). Mięśnie kosteczek słuchowych są unerwione przez nerw trójdzielny i nerw twarzą. Jama sutkowa jest to przestrzeń przylegająca do jamy bebenkowej od góry i od tyłu. Zamiast niej mogą występować liczne mniejsze przestrzenie zwane komórkami sutkowymi. Wejście do jamy sutkowej znajduje się w tylnej ścianie jamy bebenkowej. Trabka słuchowa jest to przewód długości do 4 cm, o ścianie utworzonej w części przysródkowej trabki przez kość, a w części bocznej przez chrząstke, łączący jamę bebenkową z częścią nosową gardła, zapewniający wymianę powietrza w jamie bebenkowej. Część kostna stanowi $\frac{2}{3}$ długości trabki słuchowej, część chrzęstna otwiera się w czasie połknięcia i ziewania, przy udziale mięśni podniebienia miękkiego. Trabka jest wysłana błoną śluzową pokrytą nabłonkiem jednowarstwowym ściennym migawkowym, miejscami nabłonkiem wielowarstwowym. Ucho wewnętrzne, zwane błędnikiem, dzieli się na część zewnętrzną: błędnik kostny i część wewnętrzną: błędnik błoniasty. Błędnik kostny składa się z przedsionka, trzech kanałów półkolistych: przedniego, tylnego i bocznego ustawionych w różnych płaszczyznach i ślimaka. W miejscu odejścia kanałów półkolistych od przedsionka znajdują się rozmieszczenia zwane bańkami kostnymi. Ślimak składa się z wrzecionka, które stanowi część osiowa ślimaka mająca kształt stożka. Wrzecionko zawiera kanał podłużny i kanał spiralny wrzecionka. Wokół niego owija się kanał spiralny ślimaka, wytwarzając u człowieka od $2\frac{1}{2}$ do $2\frac{3}{4}$ zakretów. Wewnątrz kanału spiralnego ślimaka od strony wrzecionka przebiega blaszka spiralna kostna. Błędnik kostny łączy się z przewodem słuchowym wewnętrznym, który rozpoczyna się w tylnej ścianie piramidy kości skroniowej otworem słuchowym wewnętrznym. Długość przewodu wynosi około 1 cm. Przewód zawiera nerw twarzą, nerw przedsionkowo-ślimakowy oraz naczynia błędnikowe. Błędnik

błoniasty leży wewnątrz błędniaka kostnego, utrzymywany w tym położeniu przez specjalne więzadła. Jest oddzielony od niego przestrzenią wypełnioną płynem osoczopochodnym zwanym przysłonką. Wewnątrz błędniaka błoniastego znajduje się płyn zwany śródcłonką. Błędniak błoniasty dzieli się na leżące w przedsionku błędniaka kostnego: woreczek i łagiewkę, położone w kanałach półkolistych przewody półkoliste i biegnący w kanale spiralnym przewód ślimakowy. Przewód ślimakowy wraz z blaszką spiralną kostną dzieli światło kanału spiralnego na dwie przestrzenie: wyżej położone schody przedsionka i niżej położone schody bebenka. Obie przestrzenie łączą się ze sobą. W przewodzie ślimakowym, w jego dolnej ścianie zwanej blaszką podstawną, znajduje się narząd spiralny, odbierający drgania i przetwarzający je na impulsy nerwowe. Zbudowany jest między innymi z komórek zmysłowych włoskowatych odbierających drgania spowodowane przez fale akustyczne. Komórek tych jest około 15 000, a każda ma na powierzchni około 20 włosków. Włoski są uciskane w momencie drgań i drażnione odpowiednio do siły i częstotliwości fali akustycznej. Komórki zmysłowe włoskowate są oplecione przez liczne włókna nerwowe. Natomiast w woreczku i łagiewce znajdują się powierzchnie pokryte nabłonkiem nerwowym: plamka woreczka i plamka łagiewki. Na włoskach komórek zmysłowych tego nabłonka znajduje się błona kamyczkowa, cienka błona łącznikowa zawierająca kryształki węglanu i fosforanu wapniowego - statokonie. W miejscach, w których przewody półkoliste odchodzą od łagiewki, a więc w bankach błoniastych, znajdują się grzebienie bankowe pokryte również nabłonkiem nerwowym, przypominającym miotłeczkę. Znajduje się na niej błona kamyczkowa, lecz galaretowata substancja zwana osklepek. W plamkach woreczka i łagiewki nacisk statokonii w zależności od położenia głowy daje poczucie równowagi lub jej utraty, wrażenie spadania lub wznoszenia się. Statokonie informują dokładnie o wszystkich zmianach przyspieszenia. Osklepek informuje natomiast głównie o ruchach obrotowych głowy. Droga słuchowa jest drogą trójneuronową. Ciało komórek nerwowych pierwszego neuronu znajduje się w zwoju spiralnym ślimaka położonym w kanale spiralnym wrzecionka. Ich wypustki obwodowe chodzą do narządu spiralnego, a wypustki dośrodkowe tworzą część ślimakowa nerwu przedsionkowo-ślimakowego biegnąca do jąder krańcowych tej części nerwu: jądra brzuszne i jądra grzbietowe ślimaka, w których znajdują się ciała komórkowe drugiego neuronu. Ciało komórek nerwowych trzeciego neuronu znajduje się w ciele kolankowatym przysrodkowym i we wzgórku dolnym blaszki pokrywej, skąd impulsy biegną do ośrodków korowych znajdujących się w zakretach poprzecznych. W drodze zmysłu równowagi ciała komórek nerwowych pierwszego neuronu znajdują się w zwoju przedsionkowym położonym w dnio przewodu słuchowego wewnętrznego. Ich wypustki obwodowe kierują się do nabłonka nerwowego plamki woreczka, łagiewki i grzebieni bankowych. Ich wypustki dośrodkowe tworzą natomiast część przedsionkowa nerwu przedsionkowo-ślimakowego, dochodząca do jąder krańcowych tej części nerwu - jąder przedsionkowych. Ciało komórkowe trzeciego neuronu znajduje się w mózdzku, a według niektórych autorów w moście. Z drugiego i trzeciego neuronu impulsy mogą przebiegać również do jąder nerwów czaszkowych unerwiających mięśnie zewnętrzne gałki ocznej (III, IV, VI) i do rdzenia kręgowego. Dzięki temu zmiana położenia głowy w stosunku do tułowia wywołuje natychmiastową, odruchową korekcję napięcia mięśniowego kończyn, tułowia oraz odpowiednie ustawienie gałek ocznych.

26.4. Odbieranie fal akustycznych

Fale akustyczne przenoszone są do ucha wewnętrznego poprzez ucho zewnętrzne i ucho środkowe. W przewodzie słuchowym zewnętrznym fale akustyczne przewodzone są przez powietrze i natrafiają na przegrodę w postaci błony bebenkowej. Drgania tej błony wywołane przez fale akustyczne przenoszone są w uchu środkowym na okienko przedsionka za pośrednictwem dźwigni utworzonej z trzech kosteczek słuchowych: młoteczka, kowadełka i strzemiączka. Drgania podstawy strzemiączka zamykającego okienko przedsionka wywołują ruch przysłonki w postaci fali wedrującej przez schody przedsionka, a następnie przez schody bebenka aż do okienka ślimaka. Fala wedrująca wywołuje odkształcenie blaszki podstawnej. Po osiągnięciu przez fale wedrująca maksymalnej amplitudy i odkształceniu blaszki podstawnej następuje nagła zmiana jej fazy. Miejsce w ślimaku, w którym zachodzą zmiany fazy fali wedrującej i kierunku odkształcenia blaszki podstawnej, zależy od częstotliwości fal akustycznych przenoszonych przez przysłonkę. W miejscu maksymalnego odkształcenia blaszki podstawnej przez fale wedrująca występują prądy wirowe śródcłonki wypełniającej przewód ślimakowy. Dochodzi do uginania się i napinania rzesek pewnej ograniczonej liczby komórek zmysłowych włoskowatych narządu spiralnego i do depolaryzacji tych komórek. Wypustki neuronów zwoju spiralnego ślimaka, oplatające komórki zmysłowe włoskowate, odbierają pobudzenie i przewodzą impulsację słuchową przez część ślimakowa nerwu przedsionkowo-ślimakowego do jąder ślimakowych w moście. Stąd impulsacja słuchowa przewodzona jest do wyższych ośrodków słuchowych w mózgowiu, gdzie zachodzą procesy związane z percepcją dźwięków.

26.5. Odbieranie ruchów ciała przez receptory zmysłu równowagi

Ruch liniowy głowy lub całego ciała wywołuje pobudzenie komórek zmysłowych nabłonka nerwowego w plamce woreczka i w plamce łagiewki. Pod wpływem przyspieszenia liniowego przemieszcza się na skutek swojej bezwładności kamyczki błędnikowe i odchyla włoski komórek zmysłowych. Komórki zmysłowe depolaryzują się i ich pobudzenie odbierane jest przez wypustki neuronów zwoju przedsionkowego. Impulsy nerwowe przewodzone są następnie do jąder przedsionkowych w mózgu przez włókna nerwowe biegnące w części przedsionkowej nerwu przedsionkowo-ślimakowego. Próg pobudliwości na przyspieszenie liniowe dla komórek zmysłowych wynosi około 15 cm/s^2 .

Ruch obrotowy samej głowy lub głowy i całego ciała, przyspieszający lub zwalniający, powoduje przemieszczenie się śródchłonki w przewodach półkolistych błędnika błoniastego. Przepływ śródchłonki odbywa się w przewodach półkolistych ustawionych w różnych płaszczyznach w przestrzeni i pociąga za sobą osklepek zlepiający włoski komórek zmysłowych grzebiń bankowych. Przy obrocie głowy śródchłonka wypełniająca poszczególne przewody półkoliste w zależności od ich ustawienia w przestrzeni i kierunku obrotu, przepływa do woreczka i łagiewki, przemieszcza w tym kierunku osklepek, odchyla włoski i depolaryzuje komórki zmysłowe, czyli je pobudza.

Przepływ śródchłonki w przeciwnym kierunku, to jest od woreczka i łagiewki do przewodów półkolistych, również przemieszcza osklepek i odchyla włoski ale w odwrotną stronę, co powoduje hiperpolaryzację komórek zmysłowych, czyli ich zahamowanie. Próg pobudliwości komórek zmysłowych na przyspieszenie kątowe wynosi od $0,3$ do $0,8$ radianów/ s^2 .

27. Anatomia i fizjologia powłoki wspólnej – skóry

Do powłoki wspólnej zalicza się: skórę, włosy, paznokcie, gruczoły skóry i sutki.

27.1. Rozwój powłoki wspólnej

Skóra powstaje z dwóch listków zarodkowych: z ektodermu i mezodermu. W 3 miesiącu życia płodowego dzieli się na naskórek (z ektodermu), skórę właściwą i tkankę podskórną (z mezodermu). W tkance podskórnej już od 5 miesiąca życia płodowego pojawia się tkanka tłuszczowa. Z mezodermu powstają również mięśnie przywłosowe. Włosy powstają z zawiązków ektodermalnych w 3 miesiącu życia płodowego, najpierw na czole, brwiach i górnej wardze, następnie na pozostałych częściach ciała.

Gruczoły skóry powstają z wrastania ektodermalnego naskórka w głąb skóry właściwej. Zawiązki sutek powstają w 5 tygodniu życia zarodkowego z listewek mlecznych, biegnących symetrycznie po obu stronach ciała pomiędzy zawiązkami kończyn. Są utworzone z mezodermu. Powstają z nich płaciki gruczołu sutkowego i przewody mleczne, natomiast z mezenchymu powstają struktury łącznotkankowe. U obu płci sutki rozwijają się w jednakowy sposób. Ostateczne zróżnicowanie odbywa się przed okresem pokwitania.

27.2. Skóra

Skóra stanowi najbardziej powierzchowną warstwę ciała ludzkiego, przechodząc w otworach naturalnych w błonę śluzową. Jest bardzo rozciągliwa i elastyczna. Powierzchnia skóry przy średniej wielkości ciała wynosi od 1,5 do 1,8 m². Skóra ma grubość od 250 µm do 4 mm. Najgrubsza skóra występuje tam, gdzie są największe naprężenia mechaniczne: na podeszwach, dłoniach, karku.

Skóra składa się z naskórka, skóry właściwej i tkanki podskórnej. Naskórek jest nabłonkiem wielowarstwowym płaskim, którego powierzchowne warstwy mogą rogowacieć. Z tego względu można go podzielić na warstwę powierzchniową zrogowaciałą i warstwy głębsze nierogowaciejące. Powierzchnia naskórka nie jest gładka. Widoczne są w niej zagłębienia - bruzdy skóry i wyniosłości - grzebienie skóry tworzące linie papilarne. W niektórych okolicach występują również kępki dotykowe. W najgłębszych warstwach naskórka znajduje się w postaci drobnych ziaren barwnik melanina. Ochronia ona organizm przed nadmiernym nasłonecznieniem. Szczególnie dużo barwnika występuje w brodawce sutka i jej otoczcze, w skórze dołu pachowego i w skórze narządów płciowych zewnętrznych.

Skóra właściwa składa się z warstwy brodawkowej i warstwy siateczkowej. Warstwa brodawkowa jest utworzona przez brodawki wpuklone w kierunku naskórka. Zawierają one liczne naczynia krwionośne. Warstwa siateczkowa jest zbudowana z tkanki łącznej włóknistej zwartej, tworzącej rodzaj sieci o romboidalnych oczkach, w których znajdują się odcinki wydzielnicze gruczołów skóry, a także brodawki i cebulki włosów. W skórze znajdują się również liczne zakończenia nerwowe odbierające czucie eksteroceptywne. Mogą się także znajdować mięśnie gładkie, np. w brodawce sutka i w mosznie.

Tkanka podskórna jest zbudowana z tkanki łącznej włóknistej luźnej, zawierającej zmienną liczbę komórek tłuszczowych. W niektórych częściach ciała, np. na powiekach, czole, nosie, nigdy nie ma takiej liczby komórek tłuszczowych, aby utworzyły tkankę podskórną. W innych częściach ciała, np. pośladki, policzki, skronie, występują znaczne skupienia tkanki tłuszczowej, w okresach głodu wykorzystywane przez organizm. Tkanka podskórna zapewnia skórze przesuwalność. Przebiegają przez nią trocзки skóry, tj. pęczki tkanki łącznej włóknistej zwartej, łączące skórę właściwą z podwiązią lub okostną.

Skóra chroni organizm przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi i utratą wody. Jest także narządem, za pośrednictwem którego odbywa się odprowadzanie ciepła z organizmu. W skórze znajdują się receptory dotyku, bólu i temperatury. Odgrywa ona także rolę w magazynowaniu tłuszczu i wytwarzaniu ciał obronnych.

27.3. Włosy

Włosy są wytworami naskórka i występują w całej skórze z wyjątkiem dłoni i podeszew, żołądki, prącia i łechtaczki, wewnętrznej listki napletka, wewnętrznej powierzchni warg sromowych mniejszych i czerwieni ust.

U człowieka są narządami szczątkowymi. Najliczniej włosy występują w skórze głowy (300 na 1 cm²), najrzadziej na grzbiecie ręki (10 na 1 cm²).

Włosy pokrywające skórę płodu noszą miano meszku. Zachowują się tylko na twarzy, tułowiu i kończynach. W owłosieniu człowieka dorosłego można wyróżnić włosy głowy, owłosienie związane z płcią (włosy narządów płciowych zewnętrznych, włosy pach, zarost twarzy), owłosienia związane z narządem wzroku (brwi, rzęsy), powonienia (włosy noszdrzy) i z narządem przedsionkowo-ślimakowym (włosy przewodu słuchowego zewnętrznego). Korzenie włosów układają się w strumienie i wiry włosów.

Włos składa się z części zewnętrznej, zwanej łodygą włosa i części ukrytej w skórze - korzenia włosa. Dolna część korzenia tworzy zgrubienie zwane opuszką (cebulka) włosa. Opuszka ma zagłębienie, w którym jest osadzona na brodawce włosa. Brodawka pośredniczy w odżywianiu włosa, natomiast opuszka zawiera komórki, które rozmnażając się powodują wzrost włosa.

Włos leży w zagłębieniu wysłanym naskórkiem, zwanym mieszkem włosa. Kierunek przebiegu mieszków jest skośny w stosunku do powierzchni skóry. Od strony, w którą pochyla się włos, odchodzą do powierzchni skóry. Od strony, w którą pochyla się włos, odchodzą od niego mięśnie przwłosowe biegnące do naskórka. W kacie pomiędzy mięśniami przwłosowymi a korzeniem włosa leży gruczoł łojowy, który ma ujście do mieszka włosa. Kurcząc się mięsień przwłosowy wyprostowuje włosy i wciska łój z gruczołu. Skurcz mięśni przwłosowych powoduje specjalny wygląd skóry, tzw. gęsia skórka. Warstwowo włos składa się z rdzenia, kory i powłoczki włosa.

Wiek włosa wynosi najczęściej od 3 do 5 lat. Po tym czasie zostaje on zastąpiony przez nowy włos. W okresie wzrostu włos wydłuża się w ciągu doby o 0,2 do 0,3 mm.

Włosy odgrywają rolę ochronną. W korzeniach włosów znajdują się zakończenia nerwowe i receptory dotyku.

27.4. Paznokcie

Paznokieć jest zrogowaciała płytka ochraniająca od strony grzbietowej opuszkę palca. Paznokcie na palcach rąk są lepiej wykształcone niż na palcach stóp. Kształt i wielkość paznokci są różne, na ogół proporcjonalne do wielkości opuszki. Grubość ich wynosi około 0,4 mm. Barwa zależy od przeświecających przez nie naczyń krwionośnych.

W paznokciu wyróżnia się brzeg wolny, brzegi boczne i brzeg zakrzywiony wchodzący w fałd skóry zwany zatoką paznokcia. Część grzbietowa fałdu skóry tworzy wał paznokcia. Skóra przechodząca na paznokieć stanowi obrąbek naskórkowy paznokcia. Część paznokcia położona do przodu od wału tworzy białawe pole zwane obłoczkiem. Paznokieć składa się z ukrytego w zatoce paznokcia korzenia i ciała paznokcia. Spoczywają one na macierzy paznokcia, z której paznokieć powstaje. W ciągu jednego tygodnia paznokieć rośnie średnio o milimetr. - paznokieć odrasta w czasie 160 dni. Paznokieć ma budowę warstwową podobną do naskórka, lecz składa się z trzech warstw. Opuszka palca pozbawiona paznokcia jest mniej wrażliwa na dotyk.

27.5. Gruczoły skóry

Gruczoły skóry znajdują się w tkance podskórnej lub też przylegającej do niej warstwie skóry właściwej. Zaliczamy do nich gruczoły łojowe i gruczoły potowe.

Gruczoły łojowe są gruczołami pecherzykowymi wydzielającymi łój skóry. Liczba ich wynosi od 0,5 do 1 miliona. Mogą one być bądź gruczołami łojowymi włosa (90%), bądź gruczołami łojowymi wolnymi, występującymi w skórze samodzielnie (10%). Do tych ostatnich należą gruczoły tarczowe w powiekach, gruczoły czerwieni warg, napletka, łechtaczki. Najlepiej rozwinięte gruczoły łojowe występują w skórze nosa, warg i policzków. Wydzielany przez nie łój skóry zawiera wolne kwasy tłuszczowe, cholesterol i związki woskowe. Zastępuje poniżej 30°C. Chroni naskórek przed maceracją. Gruczoły potowe są gruczołami cewkowymi wydzielającymi pot. Liczba ich wynosi od 2 do 3 milionów. Nie ma ich w czerwieni warg, w napletku, wargach sromowych mniejszych. Najliczniej występują w skórze dłoni, czoła i grzbietu. Po okresie dojrzłości płciowej mogą pojawiać się gruczoły potowe zapachowe, np. pach, narządów płciowych zewnętrznych.

Pot jest wydzielany w ilości od 700 do 1000 ml na dobę. Składa się z wody zawierającej ślad białka i nieznaczna ilość tłuszczów. Występuje w nim także cholesterol, chlorek sodowy, mocznik, kwas moczowy. Pot gruczołów potowych zapachowych zawiera również substancje wonne. Wydzielanie gruczołów potowych ma duże znaczenie dla termoregulacji ustroju.

27.6. Sutki

Sutki są największymi gruczołami skóry. Rozwijają się najintensywniej u dziewcząt w okresie pokwitania. Położone są w tkance podskórnej na wysokości III-V żebra. Są narządami parzystymi. Zagłębienie pomiędzy obydwojma sutkami nosi nazwę zatoki sutkowej.

Sutek składa się z gruczołu sutkowego, utworzonego 11 do 20 płatów, otoczonych tkanką łączną i tłuszczową oraz ułożonych promieniście w stosunku do leżącej pośrodku sutka brodawki cylindrycznej, ciemno zabarwionej. Sutek nie ma powiezi, płat gruczołu zrasta się bezpośrednio z mięśniem piersiowym większym lub z jego powięzią za pomocą tkanki łącznej włóknistej zwartej, tzw. więzadła wieszadłowego sutka.

Każdy z płatów jest zbudowany z kolei z szeregu płacików, które składają się z gruczołów pecherzykowych złożonych. Ich przewody wprowadzające - przewody mleczne biegną w kierunku brodawki, tworząc przed wejściem do niej rozszerzenia zwane zatokami mlecznymi. Ujścia przewodów mlecznych leżą na wierzchołku brodawki. Dokoła brodawki znajduje się ciemno zabarwiona otoczka brodawki sutka, zawierająca gruczoły łojowe, gruczoły potowe i mięśnie gładkie. Wydzielina gruczołu sutkowego nosi miano mleka. Zawiera białko, tłuszcze, witaminy i przeciwciężła, służy jako pokarm oseskom i noworodkom. Czynniki powodujące wydzielanie mleka (laktację) są natury hormonalnej. U mężczyzn sutki znajdują się w stanie szczątkowym.

Wydzielanie mleka kontroluje prolaktyna, natomiast oksytocyna współdziała przy opróżnianiu się gruczołu w czasie ssania brodawki sutkowej. Na wzrost sutków zasadniczy wpływ mają estrogeny oraz hormon wzrostu.