

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

Dr n. med. Jacek Grudziński

KLINIKA CHIRURGII PLASTYCZNEJ
GDANSKIEGO UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO

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

Xavier Bichat rozwija wiedzę o tkankach

1801. Francuski lekarz i anatom Marie-François-Xavier Bichat wyodrębnił w swej *Anatomie générale* wiedzę o tkankach jako jedną z dziedzin medycyny, która później otrzymała miano histologii (patrz niżej). Bichat stawia sobie za cel stworzenie kompletnego

systemu medycyny, który bazowałby wyłącznie na faktach anatomicznych i fizjologicznych. W tym celu jako pierwszy podejmuje próbę oparcia wszystkiego na podstawach morfologicznych, do terapii włącznie; będąc z przekonania witalistą, Bichat nie wie-

rzy, by można mechanicznie czy chemicznie objaśnić przejawy tego, co żywe. Cechy witalne nie należą do cząstek materii ożywionej, są jednak powiązane z jej strukturami i są uwarunkowane organicznym przyporządkowaniem do materii. Tkanka jest wg Bichata istotnym elementem anatomii prawidłowej i patologicznej. Bichat obywatel się jeszcze prawie całkowicie bez mikroskopu. Wyróżnia siedem tkanek, które można znaleźć w całym ciele i czternaście kolejnych, które znajdują się tylko w określonych miejscach.

Rodzaje tkanek w ciele

1. Tkanka ochronna
2. Tkanka nerwowa życia biologicznego
3. Tkanka nerwowa życia organicznego
4. Tkanka naczyń krwionośnych
5. Tkanka włókniasta
6. Tkanka transpiracyjna
7. Tkanka saszka
8. Tkanka kosza
9. Tkanka tężeniowa
10. Chrzgalka
11. Tkanka włókniasta
12. Tkanka włókniasto-chrzgalkowa
13. Mięśnie życia biologicznego
14. Mięśnie organiczne
15. Błon śluzowa
16. Tkanka surowicza
17. Tkanka elastyczna
18. Tkanka łączna oporowa
19. Skóra
20. Naskórek
21. Włosy

Bichat, urodzony 14.11. 1771 roku w Thoirette, został w 1791 roku uczniem Marca-Antoine’a Petita w Lyonie, a w 1794 roku w Paryżu współpracownikiem Pierre’a-Josepha Desaulta, najslawniejszego chirurga swego czasu. W 1796 roku znalazł się wśród założycieli „Société Médicale d’Emulation”. Od 1796 roku przestaje prowadzić prywatne kursy z zakresu anatomii i fizjologii. W trzy lata później został lekarzem w Hôtel-Dieu w Paryżu, gdzie powstają jego główne dzieła, m.in. „Badanie fizjologiczne nad życiem i śmiercią” i (1801) „Anatomia ogólna”. Bichat umiera 22.7.1802 roku.



Specjalność:

Histologia - nauka o badaniu i strukturze tkanek

Przyczynki do nauki o tkankach można znaleźć już u Arystotelesa i u rzymskiego lekarza Galena, ale dopiero Bichat otworzył nowe horyzonty w dziedzinie badania struktury tkanki, będącej podstawą procesów zarówno zdrowotnych, jak i chorobowych w organizmie człowieka. W swojej *Anatomie générale* Bichat wyjaśnia w 1801, że anatomia ogólna jest nauką o podstawowych tkankach, które różnią się strukturą i podporządkowaniem, podobnie jak chemia jest nauką o cząstkach elementarnych. Wykazuje, że bardzo nieliczne tkanki podstawowe stanowią budulec określonych części ciała i że kiedy jeden narząd jest zmieniony patologicznie, tylko jego tkanki zostają dotknięte chorobą. Między większością tkanek ciała



Tablica z niemieckiego wydania *Anatomie générale* Bichata

istnieje pokrewieństwo (współczulność) co do struktury i funkcji, dowodzi dalej. Podlegają więc chorobie tego samego rodzaju tkanki, niezależnie od miejsca ich usytuowania. Nie wystarczy więc - jak u Giovanniego Battisty Morgagniego (→ 1761, s. 224) - opisanie chore-

go narządu. Trzeba wysledzić zmiany w tkankach. To podejście prowadzi do powstania nowej specjalności, która zajmuje się badaniem tkanek posługując się mikroskopem. Poznanie ultrastruktury komórek będzie uzależnione od dokonującego się postępu technicznego.

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**

TKANKA NABŁONKOWA (*textus epithelialis*) inaczej nabłonek (*epithelium*)
tkanka zbudowana ze ściśle do siebie przylegających komórek
(*epitheliocytów*)

Pokrywa ciało 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 **jedno- lub wielowarstwowe, jedno- lub wielorzędowe**

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

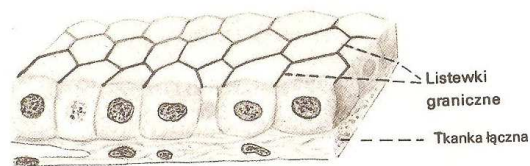
Nabłonki pod względem kształtu dzielimy na: **nabłonki płaskie** (*epithelium planum*), **nabłonki sześciennie** (*epithelium cubiodeum*), **nabłonki walcowate** (*epithelium columnarae*)

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

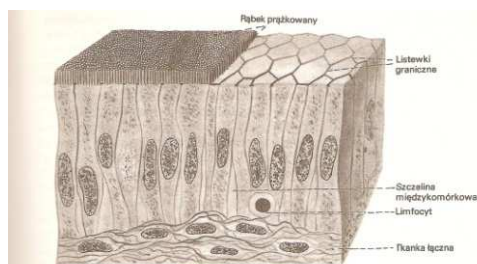
Komórki nabłonka mogą być wyposażone w mikrokosmki (rąbek szczoteczkowy), lub kosmki o dużych rozmiarach - rzeski



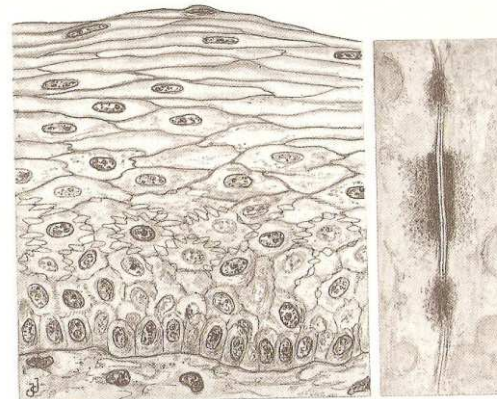
Ryc. 60. Nabłonek jednowarstwowy płaski; wg Möllendorffa.



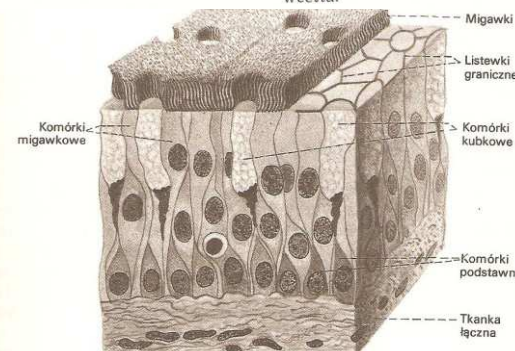
Ryc. 61. Nabłonek jednowarstwowy kostkowy; wg Möllendorffa.



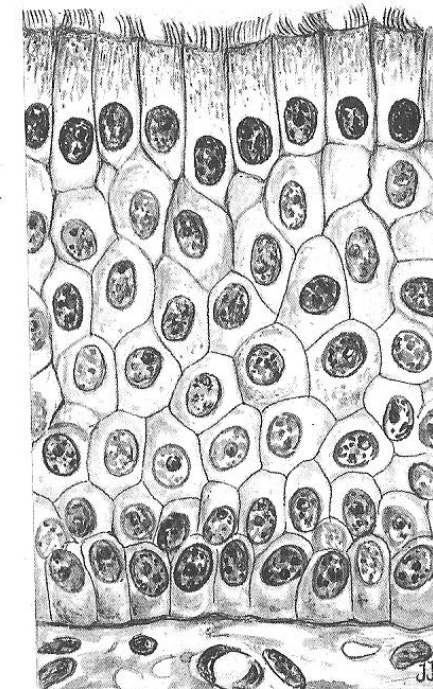
Ryc. 62. Nabłonek jednowarstwowy walcowaty z jęzika cienikiego; wg Möllendorffa.



Ryc. 64. Nabłonek wielowarstwowy płaski; w głębi nabłonka komórki kolczyste. Z prawej strony obraz desmosomu widzianego w mikroskopie elektronowym; wg Blooma i Fawcetta.



Ryc. 63. Nabłonek wielorzędowy migawkowy; modyfikacja z Möllendorffa.



Ryc. 65. Nabłonek wielowarstwowy wałeczkowaty.

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

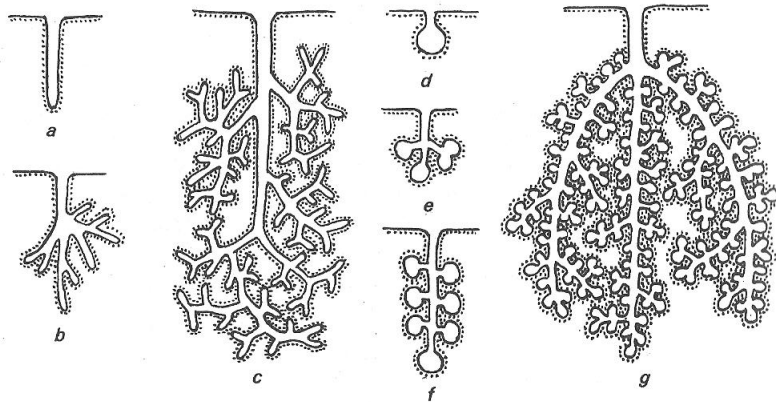
wydzielanie apokrynowe – częściowy rozpad komórki, **wydzielanie holokrynowe** – całkowity rozpad komórki

W zależności od dalszego losu wydzieliny wyróżnia się wydzielanie:

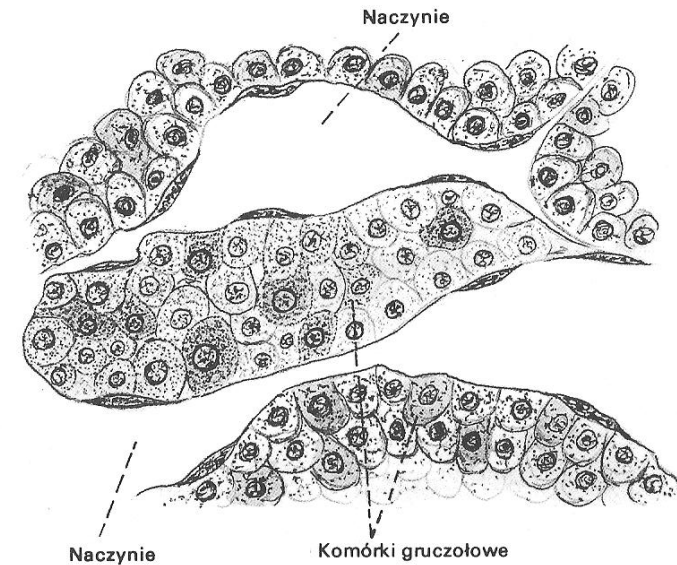
zewnątrzne (sekrecja) - wydzielina wydostaje się na zewnątrz narządu poprzez przewody odprowadzające

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

Gruczoły mogą być cewkowe, pęcherzykowe, cewkowo-pęcherzykowe



Ryc. 69. Schemat budowy gruczołów o wydzieleniu zewnętrznym: a, b, c — gruczoły cewkowe; d, e, f, g — gruczoły pęcherzykowe; a, d — gruczoły pojedyncze nierozgałęzione; b, e, f — pojedyncze rozgałęzione; c, g — złożone rozgałęzione.



Ryc. 68. Gruczoł o wydzieleniu wewnętrznym: przysadka mózgowa.

Nabłonki dzielimy na:

- 1) nabłonki pokrywające powierzchnie zewnętrzne (*epithelium superficiale*),
- 2) nabłonki gruczołowe (*epithelium glandulare*),
- 3) nabłonki zmysłowe (*epithelium sensorium*).

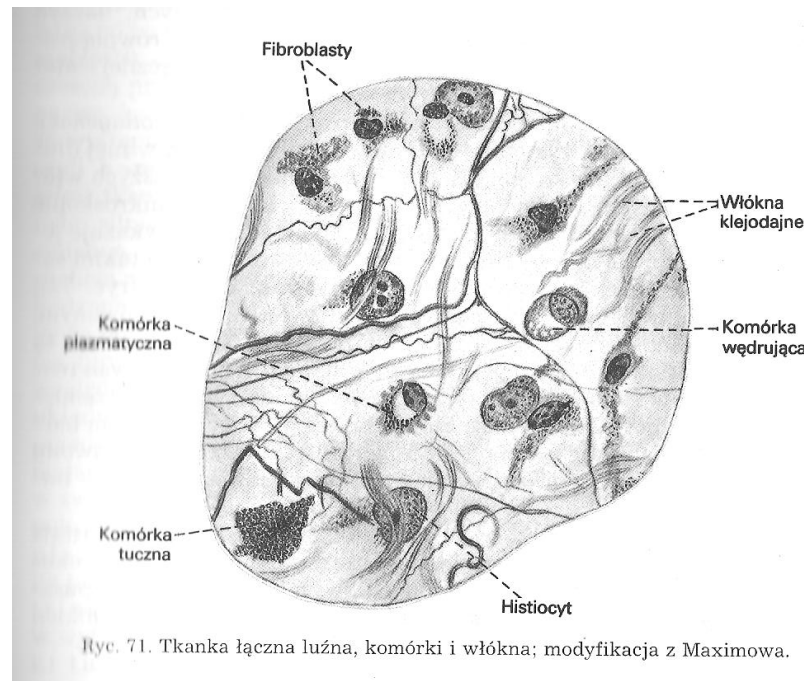
Czynność. Tkanka nabłonkowa spełnia następujące czynności:

- a) ochronną (chroni głębsze warstwy ciała przed czynnikami szkodliwymi);
- b) wydzielniczą (wszystkie gruczoły są zbudowane z tkanki nabłonkowej);
- c) wchłaniającą (nabłonek jelita oraz cewek nerkowych spełnia ważną czynność wchłaniania);
- d) zmysłową (komórki nerwowo-zmysłowe mają zdolność swoistego reagowania na bodźce i przekazywania otrzymanych bodźców elementom nerwowym).

TKANKA ŁĄCZNA (*textus connectivus*)

Pochodzenie tkanek łącznych jest wspólne – powstają z tkanki zarodkowej
czyli z **mezenchymy**

Charakteryzuje się przewagą **substancji międzykomórkowej** (*substantia intercellularis*), w której **komórki** rozmieszczone są luźno oraz zawiera **3 rodzaje włókien** – włókna **kolagenowe** (klejodajne), włókna **sprężyste** (elstyczne), włókna **siateczkowe** (retikulinowe)



Ryc. 71. Tkanka łączna luźna, komórki i włókna; modyfikacja z Maximowa.

TKANKA ŁĄCZNA(*textus connectivus*)

Substancja międzykomórkowa (*substantia intercellularis*)

Glikozoaminoglikany – kwas hialuronowy, siarczan chondroityny – A, C, E, B – siarczan dermatanu, siarczan keratanu - disacharyd+amiodocukier

Proteoglikany – glikozoaminoglikany+białko – agrekan, versikan, dekoryna, biglkan, fibronodulina, perlekan, syndekan

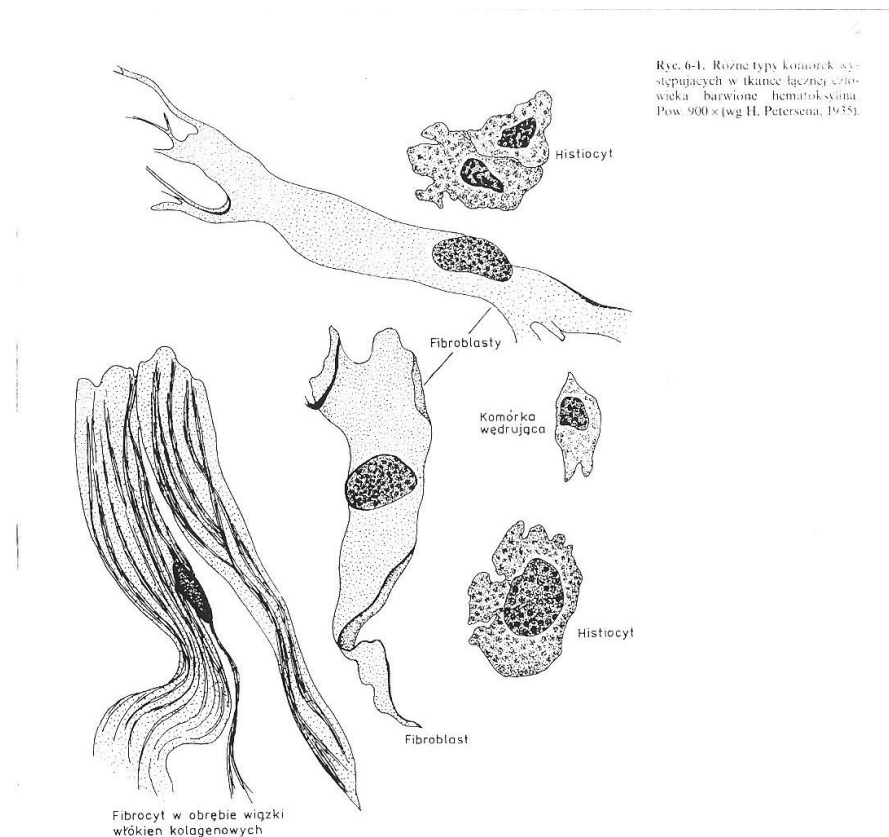
Białka substancji pozakomórkowej – fibronektyna, laminina, trombospandyna, undulina, vitronectyna, tenascyna, SPARK, ENAKTYNA

3 rodzaje włókien – **włókna kolagenowe** (klejodajne) zbudowane z tropokolagru, który składa się z 3 łańcuchów polipeptydowych $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, I - XIV

włókna sprężyste (elstyczne) zbudowane z elastyny (białko skleroprotiny) i włókienka –mikrofibryle – glikoproteiny

włókna siateczkowe (retikulinowe) – kolagen typu III, proteoglikany, glikoproteiny – zrąb narządów limfatycznych

Komórki tkanki łącznej rozmieszczone są luźno – 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

1. **tkanki łączne właściwe**
2. **tkanek wyspecjalizowanych o czynnościach swoistych**
3. **tkanek szkieletowych – tkanka kostna i chrzęstna**

Tkanki łączne właściwe: zarodkowa, łączna włóknista luźna, tkanka łączna włóknista zbita nieukształtowana, włóknista zbita ukształtowana

Tkanek wyspecjalizowanych o czynnościach swoistych : barwnikowa, tłuszczowa, siateczkowata

Tkanek szkieletowych – tkanka kostna i chrzęstna

Tkanki łączne właściwe:

tkanka zarodkowa -

tkanka łączna włóknista luźna

tkanka łączna włóknista zwarta nieukształtowana

tkanka włóknista zwarta ukształtowana

Tkanki łączne właściwe:

Tkanka łączna włóknista luźna – zbudowana głównie z **mukopolisacharydów kwaśnych, mających liczne szczeliny, umożliwiające wędrówkę komórek**, włókna kolagenowe i sprężyste oraz liczne komórki – histiocyty, które w zależności od stanu czynnościowego ustroju i zmian miejscowych ulegają przekształceniom – 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 – fagocytoza, wytwarzanie ciał odpornościowych, aktywacji leków

Umożliwia przesuwanie się różnych struktur wobec siebie

Tkanki łączne właściwe:

Tkanka łączna włóknista zwarta nieukształtowana

jakościowo zawiera te same składniki jak tkanka łączna włóknista luźna, **ilościowo dominują w niej włókna kolagenowe, są trójwymiarowe ale nie mają regularnego układu**, natomiast mniejsza jest liczba komórek, dominują **fibrocyty**.

Tkanka ta jest mniej **giętka i bardziej odporna na rozciąganie**.

Zbudowane są z niej **powięzcie, rozciągna**.

Występuje w skórze, w torebkach otaczających różne narządy np. **śledzionę lub w przewodzie pokarmowym w błonie podśluzowej** .

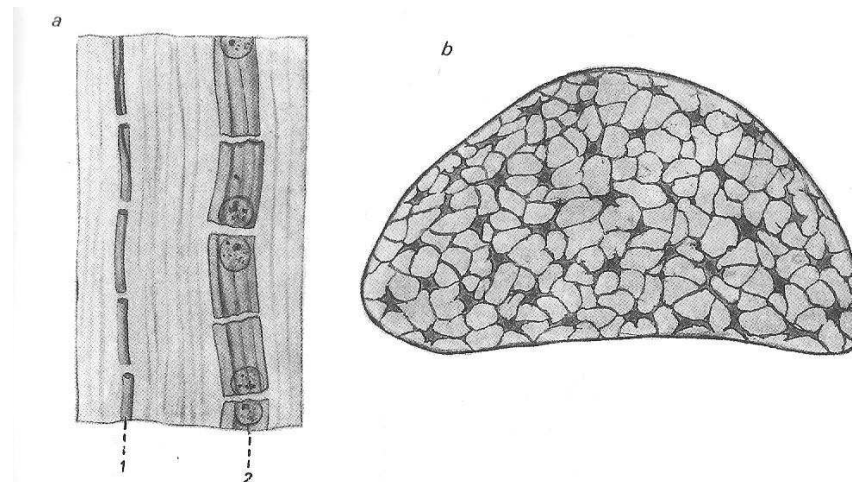
Tkanki łączne właściwe:

Tkanka łączna włóknista zwarta 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 ścięgna, natomiast mniejsza jest liczba komórek, dominują także **fibrocyty**.

Z tkanki tej zbudowane są ścięgna struktury łącznikowej pomiędzy kośćmi i mięśniami, a także więzadła, błoniaste powięzie, torebki stawowe.

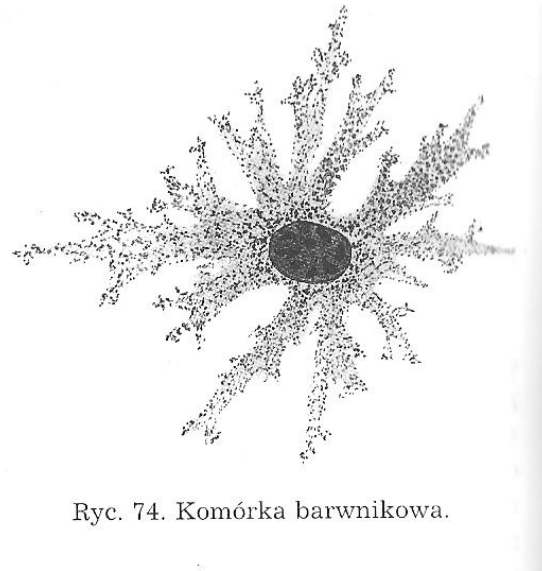
Ścięgna sprężyste zbudowane są z tkanki łącznej zbitej sprężystej - w więzadłach żółtych kręgosłupa i w więzadłach karkowych.



Ryc. 75. Ścięgno: a: --- w przekroju podłużnym, b — w przekroju poprzecznym, 1 — komórki ścięgna oglądane z boku, 2 — leżące prosto na powierzchni włókna.

Tkanki wyspecjalizowanych o czynnościach swoistych :

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

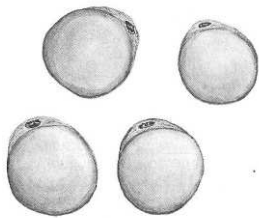


Ryc. 74. Komórka barwnikowa.

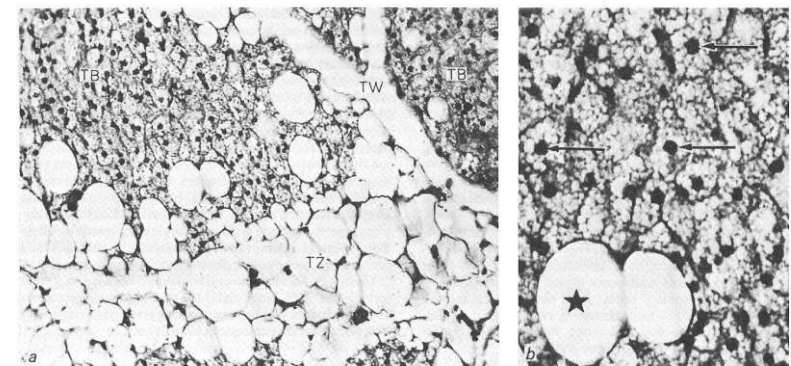
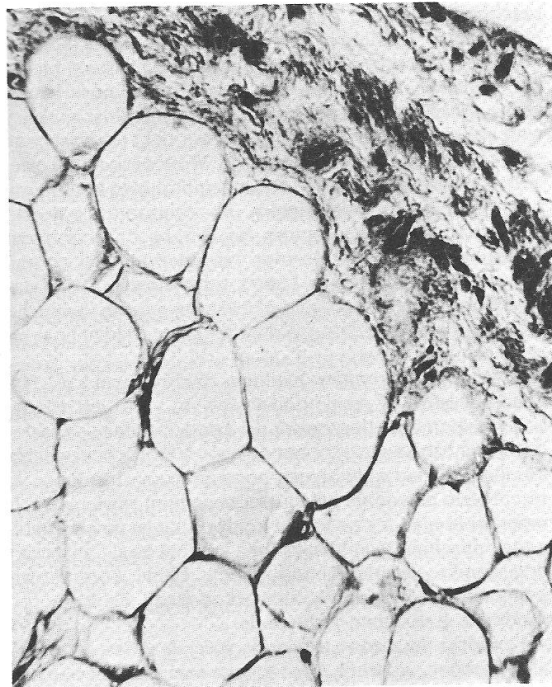
Tkanki wyspecjalizowanych o czynnościach swoistych :

Tkanka tłuszczowa – zawiera komórki tłuszczowe – (*lipocyty*), powstają z kóminek mezenchymy, tworzą się z fibroblastów i histiocytoów. 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 kropełki tłuszczu nie łączą się w jedną dużą kroplę tłuszczu) i żółta



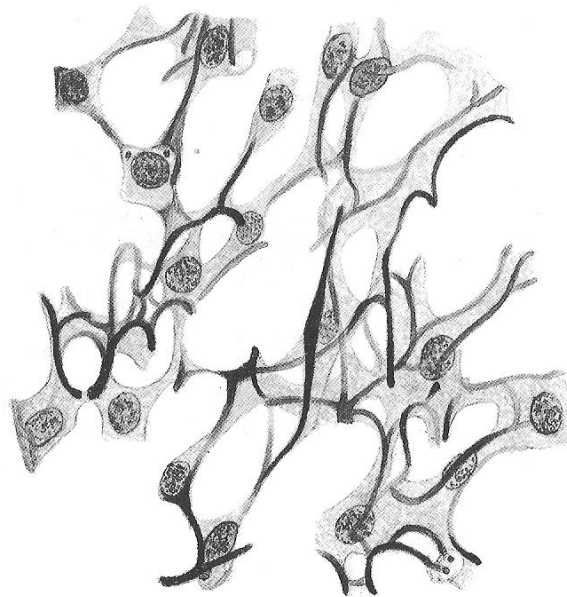
Ryc. 73. Komórki tłuszczowe.



Ryc. 6A.6. Tkanka tłuszczowa brunatna, skrawek barwiony hematoksyliną i eozyną. A — zrzutki tkanki tłuszczowej brunatnej (TB), zrzutki tkanki tłuszczowej żółtej (TZ), pasma tkanki łącznej włóknistej (TW) między zrzutkami (pow. 130 ×). B — fragment skrawka A w większym powiększeniu (300 ×); strzałki wskazują jądra komórkowe trzech komórek tłuszczowych brunatnych, wokół jąder widać małe krople tłuszczu. Gwiazdką oznaczono dużą kroplę tłuszczu w jednej z dwóch komórek tłuszczowych żółtych (preparat wykonał Grzegorz Wilczyński).

Tkanki wyspecjalizowane o czynnościach swoistych :

Tkanka siateczkowata – zbudowana z komórek gwiazdkowatych - podobne do histiocytyów 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



Ryc. 76. Tkanka łączna siateczkowa z węzła chłonnego;
wg Heidenheina.

Tkanka chrzęstna (*textus cartilagineus*) – 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.

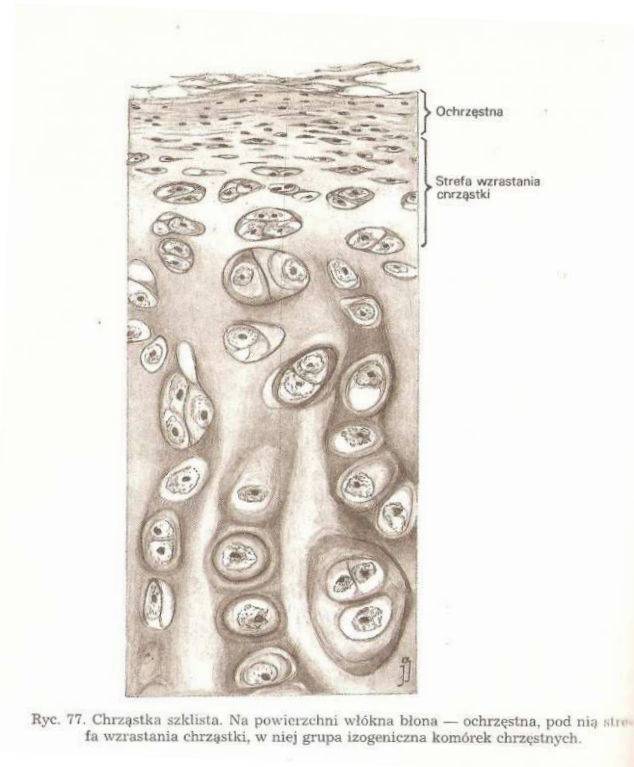
W organizmie dojrzałym występują trzy rodzaje chrząstek: szklista, sprężysta, włóknista.

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, zawierającej istotę podstawną i gęste utkanie włókien kolagenowych – cienkich i gęsto utkanych.

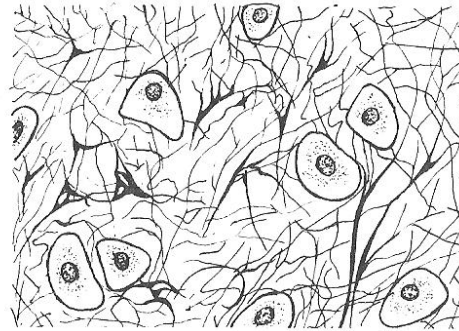
Tkanka chrzęstna szklista

Zbudowana jest z : komórek chrzęstnych (chondrocyty) i istoty międzykomórkowej, zawierającej 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



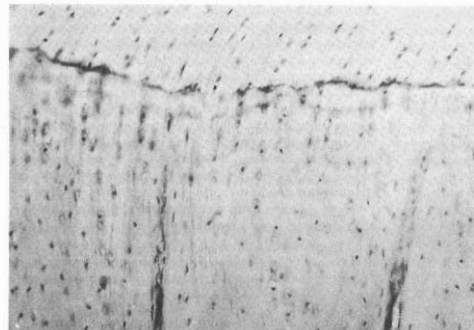
Tkanka chrzęstna sprężysta

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



Ryc. 78. Chrząstka sprężysta, w niej sieć włókien sprężystych.

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.**



Ryc. 7-13. Chrząstka włóknista z miejsca przy-
czepu więzadła głowy kości udowej do dolka
głowy kości udowej. W obrębie chrząstki widać
szeregi chondrocytów, pomiędzy którymi wy-
stępują pasma włókien kolagenowych. W górnej
części zdjęcia znajduje się więzadło. Preparat
barwiony hematoxyliną i cozyną (pow. 160x).

Hodowla chondrocytów

Chondrocyty wyodrębnione z chrząstki za pomocą enzymów proteolitycznych, najczęściej kolagenazy, można hodować *in vitro*. Ekspresja cech fenotypowych chondrocytów zależy od warunków hodowli. Jeśli hodować je w formie niewielkich, trójwymiarowych agregatów, to syntetyzowane przez nie składniki macierzy są podobne do tych, jakie występują w chrząstce *in situ*. Jeśli jednak chondrocyty rosną na powierzchni szkła lub plastyku w jednej warstwie, to wówczas dość szybko zaczynają wytwarzać kolagen typu I zamiast kolagenu typu II i proteoglikany o mniejszym stopniu agregacji niż w normalnej chrząstce. Wydaje się zatem, że o charakterze wytwarzanej przez chondrocyty macierzy decyduje stopień spłaszczenia, jakiemu podlegają w hodowli. Niezależnie od tego, badania przeprowadzane w hodowli *in vitro* znacznie przyczyniły się do poznania struktury macierzy chrząstki i regulacji metabolizmu chondrocytów.



Y. Cao, et al. *Plast.Reconstr.Surg.* (1997) 100:297

Przeszczepianie chrząstki

Fragmety chrząstki przeszczepiane pomiędzy nieidentycznymi pod względem genetycznym osobnikami tego samego gatunku (przeszczep alogeniczny) na ogół wciągają się bez wyraźnych objawów reakcji immunologicznej ze strony biorcy przeszczepu. Przeszczepy większości innych tkanek są natomiast naciekane i niszczone przez komórki układu chłonnego biorcy. O odrębności chrząstki decyduje obecność substancji międzykomórkowej, która utrudnia lub uniemożliwia kontakt chondrocytów z komórkami układu odpornościowego biorcy. Dzięki takim właściwościom alogeniczne przeszczepy chrząstki często stosowane są w chirurgii plastycznej, np. do odtworzenia właściwego konturu nosa. Alogeniczny przeszczep izolowanych chondrocytów wywołuje natomiast immunizację biorcy. Chondrocyty są silnie immunogenne, gdyż na ich powierzchni występują konstytutywnie antygeny głównego kompleksu zgodności tkankowej.

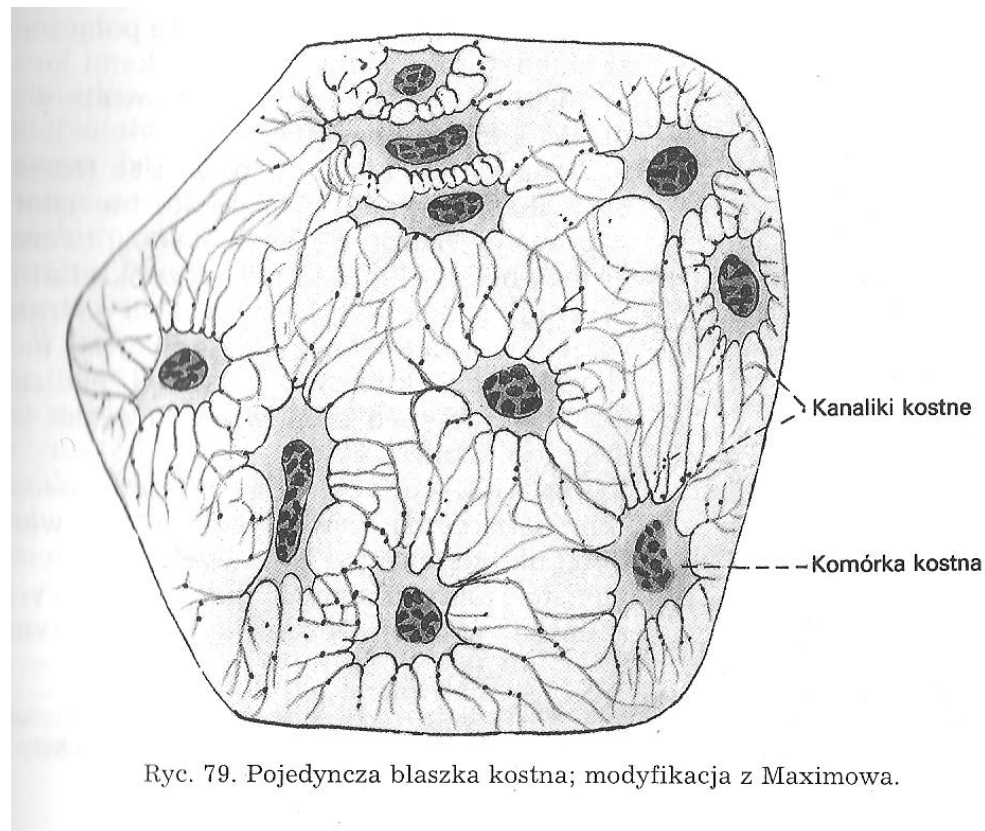
Tkanka kostna (*textus osseus*) – główny składnik szkieletu.

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 dwojakiemu rodzaju – istotę kostną gąbczasta 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.

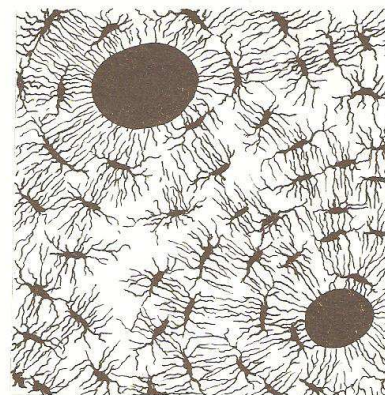
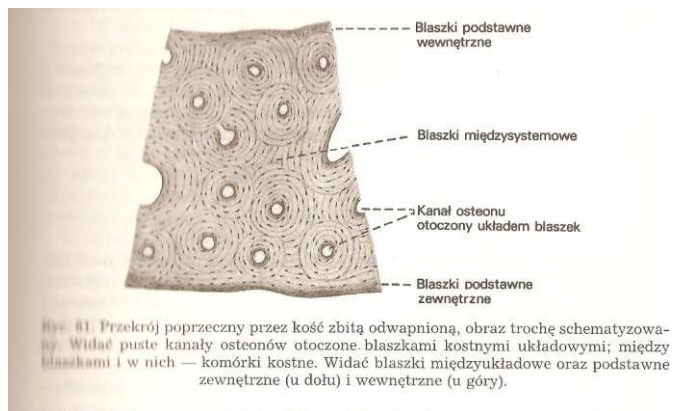
Tkanka kostna – Budowa kości - blaszki kostne (*lamella ossea*) – istota międzykomórkowa – pęczki włókien klejodajnych + istota podstawna spajająca je, zawierająca sole mineralne. W istocie międzykomórkowej rozmieszczone są owalne spłaszczone – osteocyty, poumieszczone w jamkach kostnych – jamki połączone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



Ryc. 79. Pojedyncza blaszka kostna; modyfikacja z Maximowa.

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

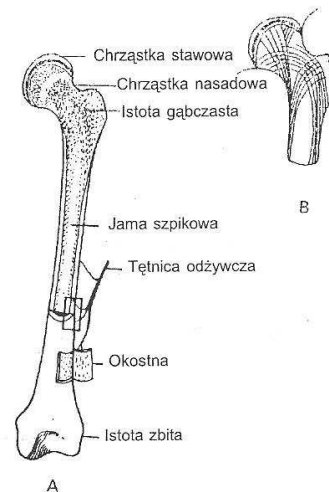
Tkanka kostna zbita – posiada zwarty układ swych blaszek kostnych. W miejsce nieregularnych jam szpikowych znajdujemy liczne kanały, którymi bieżą naczynia krwionośne kości. Naczynia bieżą z okostnej - **kanalami wnikającymi (*canales perforantes*)** – **podłużny kanał osteonu (*canales osteoni*)** – 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.



Ryc. 82. Szlif poprzeczny kości długiej wymacerowanej, w większym powiększeniu; widać dwa kanały osteonu, dookoła nich jamki dla komórek kostnych i rozgałęzione kanaliki kostne.

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 – **zewnątrzną** – 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



Tkanka mięśniowa (*textus muscularis*) – czynna część narządu ruchu – kurczy się i rozkurcza.

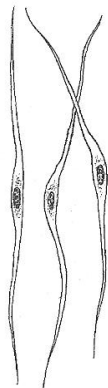
Wyróżniamy –

Tkanke mięśniową gładką

Tkanke mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego

Tkanke mięśniową poprzecznie prążkowaną sercową

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



Ryc. 83. Izolowane komórki mięśnia gładkiego.

Tkanka mięśniowa (*textus muscularis*)

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 – miofilamenty – 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.



Ryc. 83. Izolowane komórki mięśnia gładkiego.

Tkanka mięśniowa (*textus muscularis*)

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

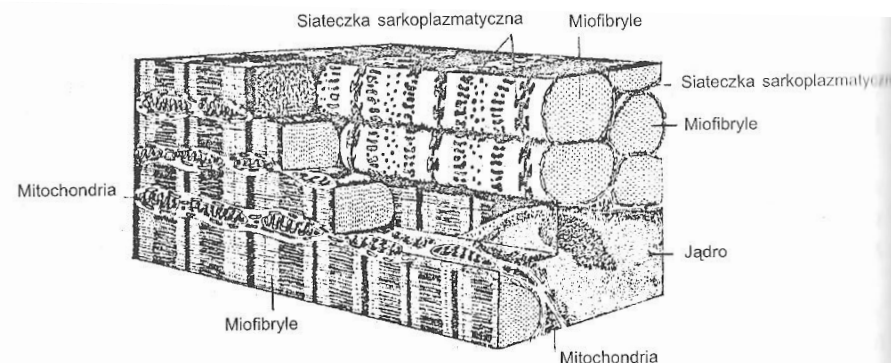
Występuje w **mięśniach szkieletowych**.

Komórki kształtu wrzecionowatego, długości od kilkunastu do paru set μm . Miocyt pokryty jest błoną zwaną **sarkolemą**, zbudowany jest z **licznych jąder położonych na obwodzie w pobliżu sarkolemy**. W cytoplazmie – **sarkoplazmie** – liczne mitochondria, aparat Golgiego, **systemu błon cytoplazmatycznych tworzących system kanalików gęsto oplatających włókna kurczliwe – odpowiada gładkiej siateczce śródplazmatycznej innych komórek – siateczka sarkoplazmatyczna**. Wnętrze miocytu wypełnione jest przez włókna kurczliwe – wykazujące poprzeczne prążkowanie – odcinki jaśniejsze i ciemniejsze

Prążki ciemne – załamują światło podwójnie – prążki anizotropowe - A

Prążki jasne – załamują światło pojedynczo – prążki izotropowe – I

Prążki A i I leżą w włókienku kurczliwym naprzemiennie



Ryc. 5. 1. Schemat budowy miocytu poprzecznie prążkowanego (wg Freemana).

Tkanka mięśniowa (*textus muscularis*)

Tkanę mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego

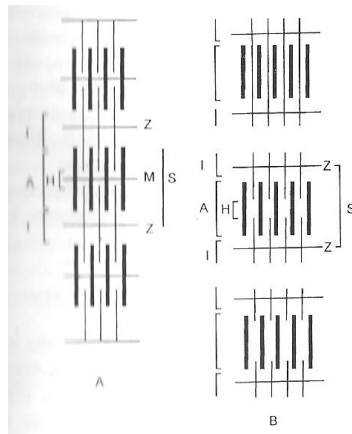
W mikroskopie elektronowym – prążek **A** – podzielony jest **linią M** – **błoną środkową** po jej obydwu stronach znajdują się **jaśniejsze prążki H**

prążek I – podzielony jest **linią graniczną Z** – **błoną graniczną**

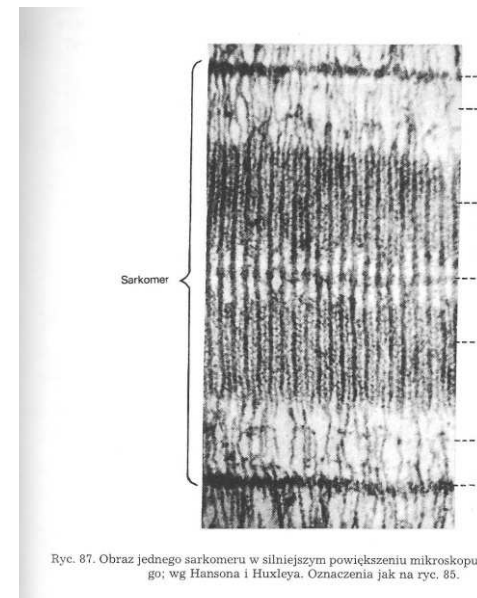
Sarkomer – część włókna kurczliwego zawarta między dwoma liniami granicznymi Z - jest jednostką budowy włókienka kurczliwego

Sarkomer = Z + 1 ½ I + ½ A + ½ H + M + ½ H + ½ A + ½ I + Z

Włókno kurczliwe – miofilamentów – grubych 15 nm zbudowanych z miozyny (prążki A) i cienkich 5 nm **aktyny, tropomiozyny, miozyny** (prążki A i I)



Ryc. 5. 2. Schemat ułożenia miofilamentów w miocycie. Zmiany w strukturze miocytu w czasie skurczu (A) i rozkurczu (B) (wg Huxleya).



Ryc. 87. Obraz jednego sarkomeru w silniejszym powiększeniu mikroskopu elektronowego; wg Hansona i Huxleya. Oznaczenia jak na ryc. 85.

Tkanka mięśniowa (*textus muscularis*)

Tkanę mięśniową poprzecznie prążkowaną typu szkieletowego

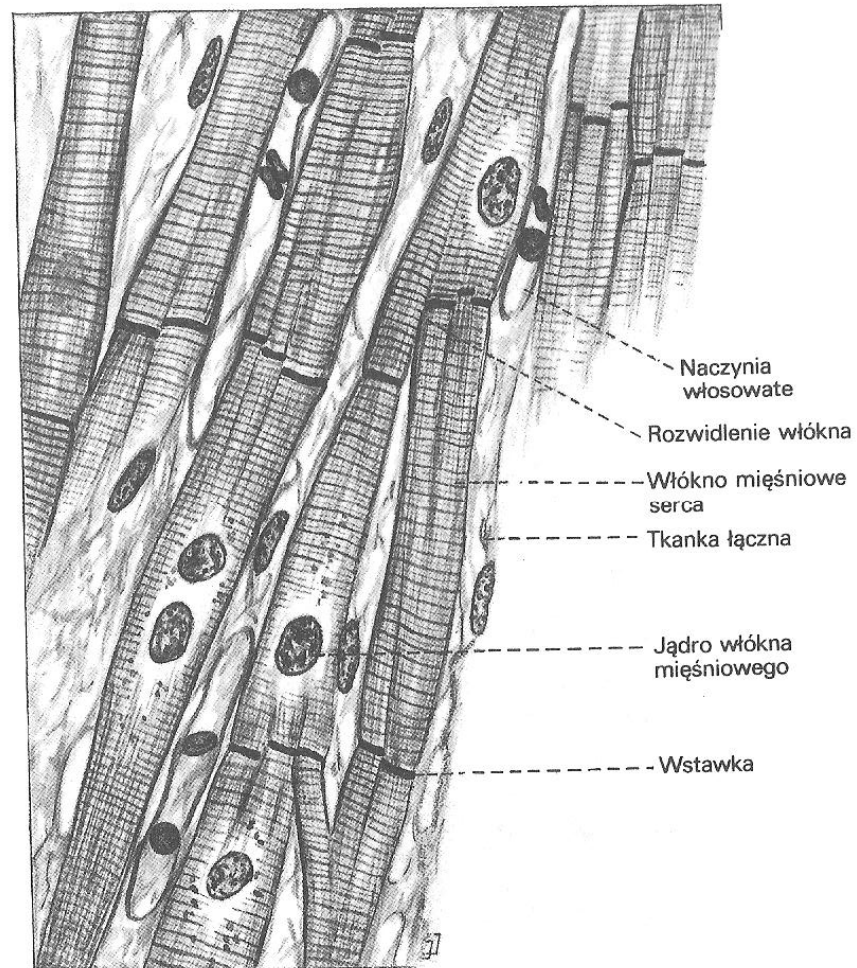
Mechanizm skurczu mięśnia polega na – wnikaniu włókien aktynowych w włókna miozynowe - skracanie, a podczas rozkurczu włókna aktynowe wysuwają się spomiędzy włókien miozynowych

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

Tkanekę mięśniową poprzecznie prążkowaną sercową



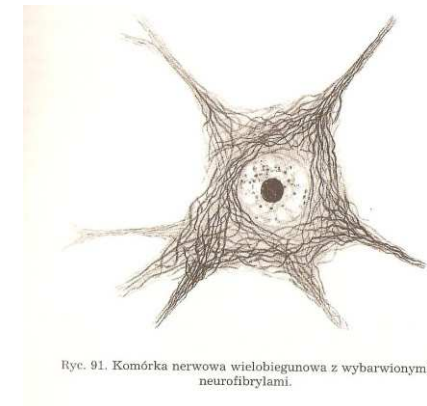
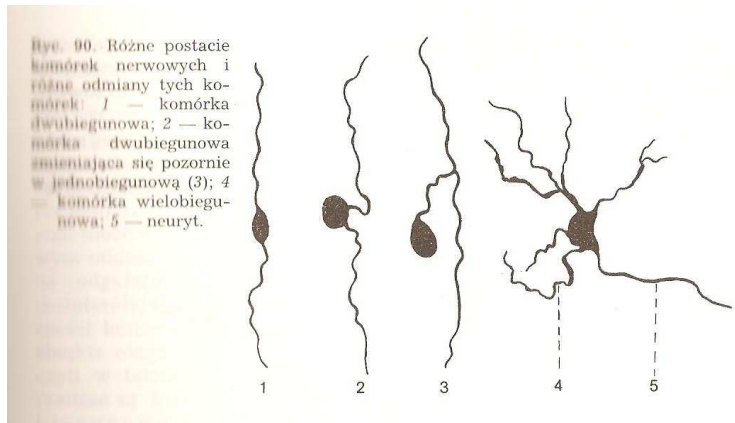
Ryc. 88. Przekrój podłużny przez mięsień sercowy.

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 – k. osłonowe – limocyty - odwodowych włókien nerwowych.

Komórka nerwowa – neurocyt – tworzy wypustkę osiowa tzw. neuryt lub akson.



Komórka nerwowa – perykarion (ciało komórkowe) + wypustki nerwowe.

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 – neuryt i dendryt

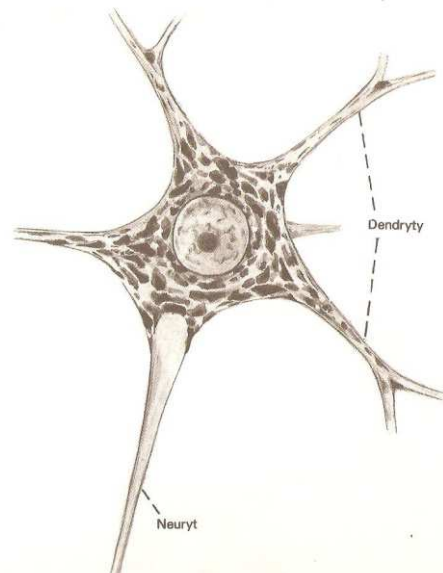
Neuryt - przekazuje stany czynne, wytworzone w komórce przez działający na nią bodziec, z komórki do zakończenia neurytu – **odśrodkowo**. **Nie zawiera tigroidu, zawiera jak dendryt wiązkę neurofibryli.** **Dendryt** – wypustka protoplazmatyczna – doprowadzają bodźce do ciała komórki nerwowej - **dośrodkowo**

Typy komórek nerwowych

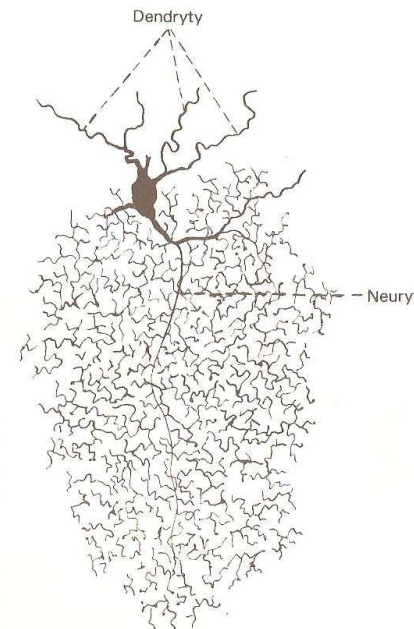
Wielobiegunowe z długim aksonem – długość aksonu metr i więcej.

Wielobiegunowe z krótkim aksonem - wypustki protoplazmatyczne zawierają tigroid,

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



Ryc. 92. Wielobiegunowa komórka nerwowa z wybarwionymi grudkami substancji zasadochłonnej.



Ryc. 93. Komórka nerwowa z krótkim neurylem.

Ostonki włókien nerwowych – otaczają neuryt - neuryt+ostonka nerwowa – włókno nerwowe.

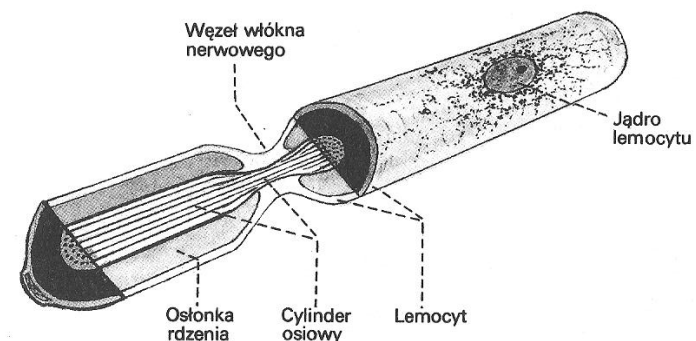
W zależności od rodzaju osłonek wyróżniamy – włókna rdzenne – białe i włókna bezrdzenne – szare.

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 lemocytu. W centralnym układzie nerwowym, rdzeniu i mózgowiu osłonkę produkują komórki oligodendrogleju.

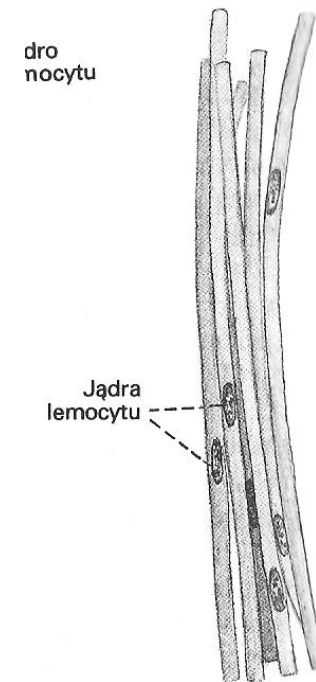
We włóknach rdzennych osłonka mielinowa wraz z lemocytem tworzy przerwy co 50 μm - 1mm -węzłem włókna nerwowego. Przestrzeń pomiędzy dwoma węzłami -pokrywa cytoplazma jednego lemocytu.



Ryc. 94. Schemat budowy rdzennego włókna nerwowego w obrazie mikroskopu świetlnego; wg Clary.

Jądra lemocytu :

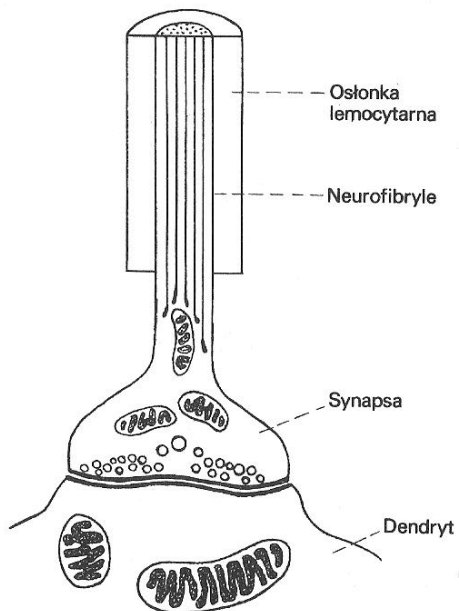
Włókna bezrdzenne – szare – okryte tylko lemocytami, w których cytoplazmę pogrążony jest cylinder osiowy . Włókna tego typu występują w n. węchowym i w układzie nerwowym autonomicznym



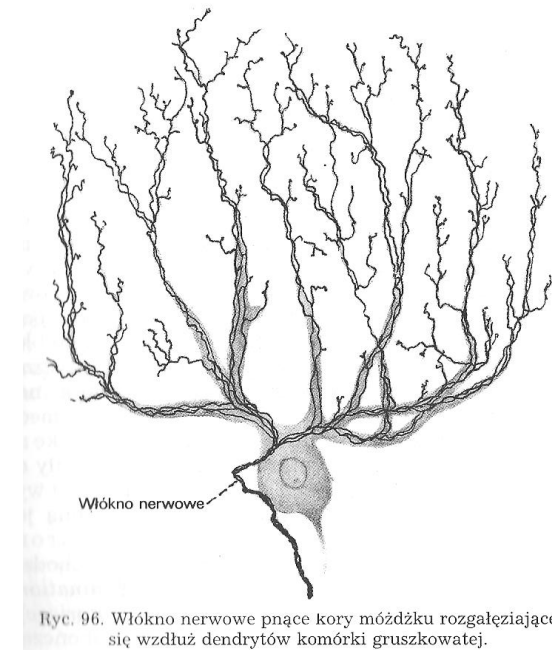
Ryc. 95. Włókna nerwowe bezrdzenne oglądane w mikroskopie świetlnym.

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

OUN – proste zakończenie pod postacią synapsy – złącza 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



Ryc. 97. Schemat budowy synapsy w ośrodkowym układzie nerwowym. W cienkiej szyjce synapsy widać wiązkę neurofibryli, w kolbce mitochondria i pęcherzyki synaptyczne. Błona przedsynaptyczna kolbki przylega do błonki zasynaptycznej dendrytu, oddzielona od niej szczeliną; wg Bargmanna.



Ryc. 96. Włókno nerwowe pnące kory mózdku rozgałęziające się wzdłuż dendrytów komórki gruszkowatej.

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

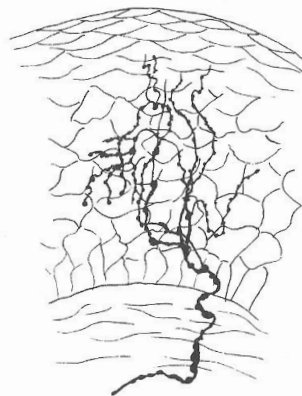
Zakończenie włókien nerwów obwodowych – czuciowe – dendrytów i ruchowe – neurytów

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

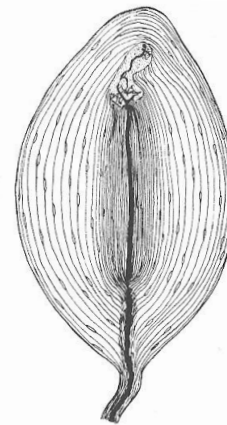
Wyróżniamy zakończenia czuciowe

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



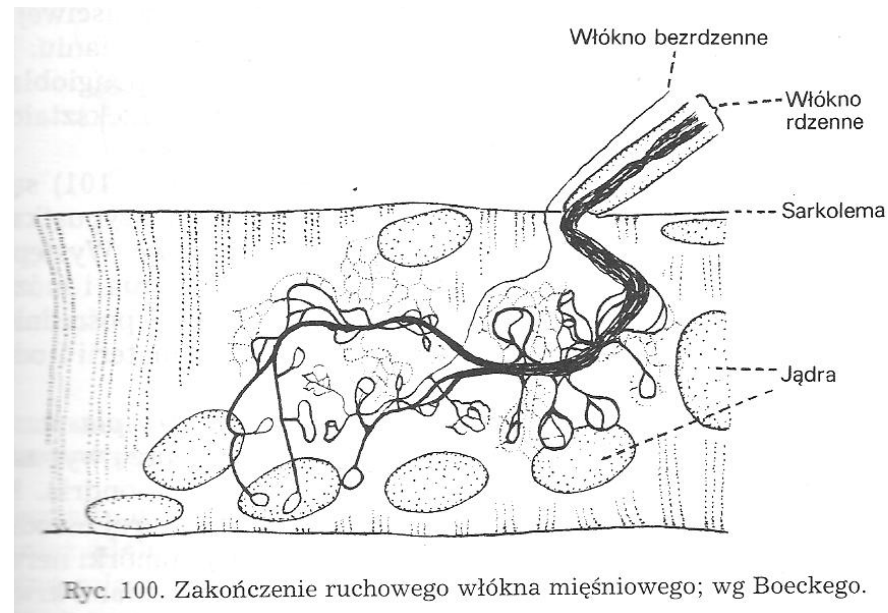
Ryc. 98. Wolne obwodowe zakończenia nerwowe wśród komórek nabłonka wielowarstwowego.



Ryc. 99. Otorbione zakończenia obwodowe czuciowego włókna nerwowego, tzw. ciało blaszkowate.

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

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



Ryc. 100. Zakończenie ruchowego włókna mięśniowego; wg Boeckego.

Podział synaps ze względu na czynność – pobudzające i hamujące

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

Według budowy synaps i ich położenia można je podzielić na: 1) synapsy między komórkami nerwowymi, czyli synapsy aksonodendrytyczne (*synapses axodendriticae*), 2) synapsy między komórką nerwową i włóknem mięśniowym (*synapses axomusculares*), 3) synapsy między komórkami czuciowymi i dendrytami, 4) synapsy między dendrytem i komórką innych tkanek, 5) synapsy między neurytem i gruczołami dokrewnymi (*synapses axoglandulares*), 6) mogą występować także struktury podobne do synaps między neurytem i komórką glejową oraz ependymą.

Glej

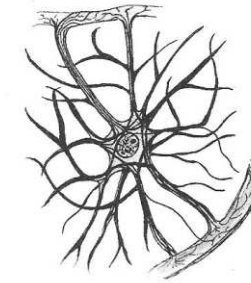
Glej, czyli neuroglej, tworzy zrąb tkanki nerwowej właściwej ośrodkowego układu nerwowego i pośredniczy w jej odżywianiu. Powstaje on ze spongioblastów, komórek cewy nerwowej. Spongioblasty wnikają w głąb różnicującej się tkanki nerwowej i tam przekształcają się w następujące rodzaje komórek gleju:

1. Astrocyty włóknikowe (*astrocyti fibrosi*; ryc. 101) są to gwiazdkowate komórki o długich, słabo rozgałęzionych wypustkach, zawierające w swej cytoplazmie cienkie włókienka glejowe. Występują one głównie wśród włókien rdzennych istoty białej rdzenia i mózgowia. Część tych wypustek oplata naczynia krwionośne i pośredniczy między nimi a właściwą tkanką nerwową w wymianie materii i odżywianiu.

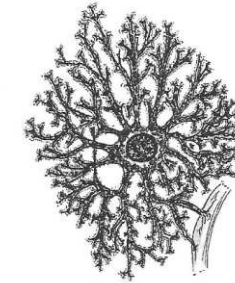
2. Astrocyty protoplazmatyczne (*astrocyti plasmatici*) kształtem podobne są do poprzednich (ryc. 101), lecz tworzą wypustek więcej i bardziej rozgałęzionych; zawierają liczne mitochondria. Komórki te występują wśród komórek nerwowych istoty szarej ośrodkowego układu nerwowego; wypustkami swymi oplatają komórki nerwowe i pośredniczą w wymianie materii między nimi a naczyniami krwionośnymi.

3. Komórki gleju skąpowypustkowego, czyli oligodendrogleju (*oligodendrogliaocyti*), są mniejsze od poprzednich, mają krótkie, cienkie wypustki (ryc. 101) i występują na powierzchni włókien rdzennych mózgowia i rdzenia, gdzie odgrywają rolę podobną do roli komórek osłonkowych (lemocytów) w stosunku do włókien rdzennych obwodowych, tj. wytwarzają osłonki mielinowe włókien białych ośrodkowego układu nerwowego. Ponadto w ośrodkowym układzie nerwowym występują liczne drobne komórki mikrogleju, czyli mezogleju (*microphagi gliales*), o długich, cienkich wypustkach, pokrytych licznymi krótkimi wpustkami drugorzędnymi (ryc. 101). Komórki te powstają w okresie płodowym z elementów mezenchymy wnikającej do tkanki nerwowej mózgowia i rdzenia wraz z naczyniami krwionośnymi. Z takim pochodzeniem wiąże się ich zdolność do zmia-

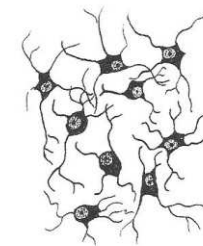
ny kształtu na przypominający komórki żerne tkanki łącznej; mają one również zdolność do ruchu pełzakowatego i do fagocytozy. Odgrywają istotną rolę w procesach patologicznych w usuwaniu obumarłych elementów tkanki nerwowej.



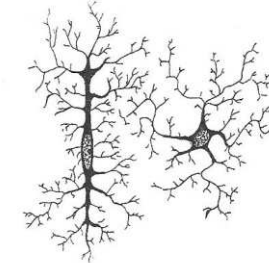
Astrocyt włóknikowy



Astrocyt protoplazmatyczny



Komórki oligodendrogleju

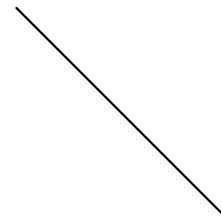


Komórka mezogleju

Ryc. 101. Komórki gleju: astrocyt włóknikowy, astrocyt protoplazmatyczny, komórka oligodendrogleju (gleju skąpowypustkowego) i komórka mezogleju; z Maziarskiego.

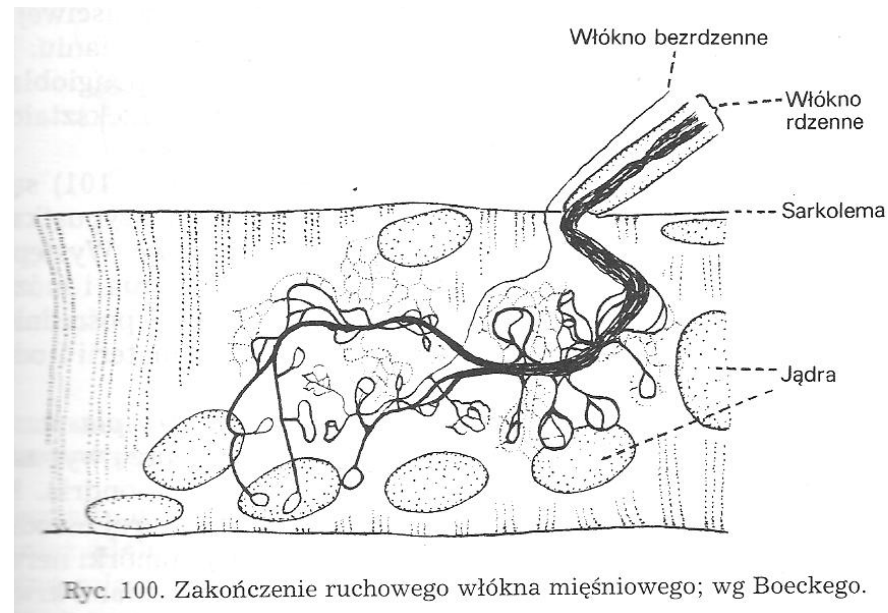
Wyściółka (*ependyma*). Komórki wyściółki — ependymocyty, zwane także glejem nabłonkowym — wyścielają od wewnątrz światło kanału środkowego w rdzeniu kręgowym oraz komór mózgu. Od strony światła kanału, tj. na swej wolnej powierzchni, mają drobne włoski i nazywają się komórkami wyściółki migawkowymi (*ependymocytus ciliatus*). Sięgają one do płynu mózgowo-rdzeniowego. Natomiast ze strony przeciwnej komórki te mają długie wypustki, które biegną w głąb utkania tkanki nerwowej.

Inną postacią komórek wyściółki są tanocyty. Mają one długie wypustki — do 500 μm , odchodzące od podstawy tych komórek. Wypustki te sięgają do przestrzeni przynaczyniowej. Tanocyty w części w pobliżu szczytu komórki są ze sobą połączone złączami zwartymi (*tight*



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

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

Żywe ekwiwalenty skóry – zastosowanie inżynierii tkankowej w leczeniu ran oparzeniowych

Osiągnięcia, ale również niepowodzenia w (►) **rekonstrukcji naskórka** przeprowadzanej **metodą biotechnologiczną** przyczyniły się w znacznym stopniu do powstania i rozwoju nowej dziedziny biomedycznej, jaką stanowi **inżynieria tkankowa**.

Definicja inżynierii tkankowej (wg Wysieńskiego i wsp., 1999):

Inżynieria tkankowa jest nową interdyscyplinarną gałęzią medycyny, której celem jest zastąpienie, przywrócenie, odtworzenie, udoskonalenie lub podtrzymanie funkcji tkanek i narządów uszkodzonych w wyniku urazu, choroby przewlekłej lub schorzeń wrodzonych, przy pomocy implantów zawierających komórki własne pacjenta, osadzone na wchłanialnych biomateriałach

Definicję tę należałoby uzupełnić o wskazanie możliwości (lub czasem konieczności) stosowania nie tylko komórek własnych – autogennych, lecz również allogennych.

Autorzy tej definicji precyzują również schemat postępowania mającego na celu wytworzenie tzw. **konstruktu komórkowo-biomateriałowego**, który może zostać przeszczepiony (wszczepiony) choremu, w miejscu istniejącego ubytku tkanki. Schemat ten, zaadaptowany do potrzeb rekonstrukcji skóry u oparzonych ludzi, obejmuje:

- Pobranie biopsji ze zdrowej skóry chorego, lub fragmentu tkanki skórnej od zdrowego dawcy
- Wyzolowanie keratynocytów i ewentualnie innych komórek (np. melanocytów)

Żywe ekwiwalenty skóry – zastosowanie inżynierii tkankowej ...

- Założenie hodowli komórek *in vitro*
 - Przygotowanie biodegradowalnego i biozgodnego „rusztowania” (*ang. scaffold*), do zasiedlenia przez wyhodowane komórki
 - Utworzenie konstruktu (kompozytu) komórkowo-biomateriałowego
 - Dalsza hodowla (w bioreaktorze) zawartych w konstrukcie komórek, w celu ich zaadaptowania do środowiska biomateriału i uzyskania bardziej zróżnicowanej struktury otrzymanej „sztucznej tkanki”
 - Implantacja (przeszczepienie) konstruktu do ciała pacjenta
- Schematy budowy różnych konstruktyw komórkowo-biomateriałowych, określanych czasem mianem „sztucznej skóry”, przedstawione są w Tabeli 1.

W piśmiennictwie biomedycznym konstrukty takie opisywane są najczęściej jako **żywe ekwiwalenty skóry** (*ang. Living Skin Equivalents*) i oznaczane akronimem **LSE**.

Jak widać z przedstawionych danych, preparaty LSE są bardzo różnorodne. Istotą ich jest struktura – można w nich wyróżnić **ekwiwalent naskórka** oraz **ekwiwalent skóry właściwej**. Biodegradowalne rusztowanie, stosowane w postaci nieożywionej struktury, będącej z reguły biopolimerem, musi spełniać warunek bardzo dobrej biozgodności z tkankami łożyska rany – nie może być toksyczne ani nie może wywoływać nawet niewielkiego stanu zapalnego; powinno być poza tym biodegradowalne w odpowiednim czasie, aby organizm mógł zrekonstruować strukturę własnych tkanek jak najbardziej zbliżoną do pierwotnej, przed zranieniem (oparzeniem).

Najbardziej złożone preparaty LSE, jak opracowany przez Lopez Valle i wsp. (1996), zawierają w swoim rusztowaniu większość składników macierzy pozakomórkowej skóry właściwej; wykazują tym samym największe podobieństwo do natywnej skóry. Bardzo istotne wydają się doświadczenia z hodowlą komórek śródbłonna, ze względu na możliwość przyspieszenia angiogenezy i usprawnienia tym samym odżywiania przeszczepionego ekwiwalentu skóry.

Różne preparaty LSE przyjmowane są jako przeszczepy z różną efektywnością, z reguły poniżej 100%. Preparaty Lopez Valle (i wsp.) stosowane były doświadczalnie u myszy nagich (bezgranicznych) z bardzo dobrym skutkiem.

Biologia rany oparzeniowej

Tab. 1. Przykłady konstruktów komórkowo-biomateriałowych (oznaczane akronimem LSE od ang. *Living Skin Equivalent*), stosowane w badaniach doświadczalnych i próbach klinicznych leczenia ran skórnych (najczęściej oparzeniowych) pełnej lub niepełnej grubości.

Rusztowanie	Komórki i sposób ich zasiedlenia	Autorzy
Kolagen bydłęcy (żel)	Powierzchnia: keratynocyty Wnętrze żelu: fibroblasty	<i>Bell i wsp.</i> , (1983)
Kolagen bydłęcy i siarczan chondriotyny z chrząstki rekina (<i>koprecypitat</i>)	Powierzchnia: keratynocyty (wysiana pojedyncza warstwa)	<i>Yannas i Burke</i> , (1980)
Kolagen bydłęcy i siarczan chondriotyny z chrząstki rekina (<i>koprecypitat</i>)	Powierzchnia: keratynocyty (wielowarstwowa hodowla) Spód: fibroblasty (wysiane na powierzchni)	<i>Boys i Hansbrough</i> , (1988)
Polimer syntetyczny biodegradowalny (preparat handlowy <i>Dermograft TC</i>)	fibroblasty	Firma <i>Advanced Tissue Sciences</i>
Preparat allogennej skóry właściwej	Powierzchnia: keratynocyty (wielowarstwowa hodowla), na warstwie fibryny	<i>Pellegrini i wsp.</i> (1999)
Kolagen ludzki typu I i III (63:37) (żel) z dodatkiem: <ul style="list-style-type: none">• elastyny• kwasu hialuronowego• siarczanu chondroityny• siarczanu heparanu	Powierzchnia: keratynocyty (wielowarstwowa hodowla) Wnętrze żelu: fibroblasty	<i>Lopez Valle i wsp.</i> , (1996)
Kolagenowy Biopolimer	Mieszana hodowla: keratynocyty fibroblasty komórek śródbłonna	<i>Black i wsp.</i> , (1998)

Żywe ekwiwalenty skóry – zastosowanie inżynierii tkankowej ...

Preparaty LSE otrzymane przez Pellegrini (i wsp.) przyjmowane były w 60 do 95%; charakteryzowały się bardzo dobrym odtworzeniem naskórka. Za ich wadę można uważać konieczność użycia allogennej skóry właściwej; nie są więc całkowicie syntetyczne. Stosowanie allogennych tkanek zawsze wiąże się z pewnym ryzykiem – transmisji patogenów. Nawet sterylizacja radiacyjna nie całkowicie eliminuje to ryzyko.

Rozwój metod inżynierii tkankowej w celu otrzymania **dobrych żywych ekwiwalentów skóry** jest niezbędny. Dane statystyczne wykazują wciąż bardzo dużą liczbę zgonów po oparzeniu pełnej grubości skóry (w USA 5 000 zgonów rocznie), pomimo znacznych postępów w metodach leczenia oparzeń. Jedynie dysponowanie dostateczną ilością preparatów zastępczych skóry byłoby w stanie uratować znaczną liczbę tych ofiar.

Piśmiennictwo

- Wysiński Ł. i wsp.: *Blok Operacyjny*. 1999, 2, 25.
Bell i wsp.: *J. Invest. Dermatol.*, 1983, 81 (supl.), 2S.
Black i wsp.: *FASEB J.*, 1998, 12, 1331.
Boys i Hansbrough: *Surgery*, 1988, 103, 421.
Grzybowski J., Dobke M.: *Post. Hig. Med. Dośw.*, 1992, 46, 581.
Lopez Valle i wsp.: *Transplantation*, 1996, 62, 317.
Pellegrini i wsp.: *Transplantation*, 1999, 68, 868.
Yannas i Burke: *J. Biomed. Mat. Res.*, 1980, 14, 65.

NOWE TECHNOLOGIE

Szkło możemy nosić także w ciele

Każdy z nas styka się na co dzień z klasycznym szkłem pod wieloma postaciami. Czy wiesz, że dzięki rozwojowi nauki można je teraz umieszczać także w kościach, ustach i głowie?

Poza powszechnymi zastosowaniami szkła, które widzimy dookoła nas, istnieje też cały szereg możliwości nowego wykorzystania tego materiału. I tak na przykład spotkać można szkło używane w optycznych urządzeniach elektronicznych, do neutralizacji niebezpiecznych odpadów czy giętkie szkła do membran.

Mała warstwa potrafi czynić wielkie cuda

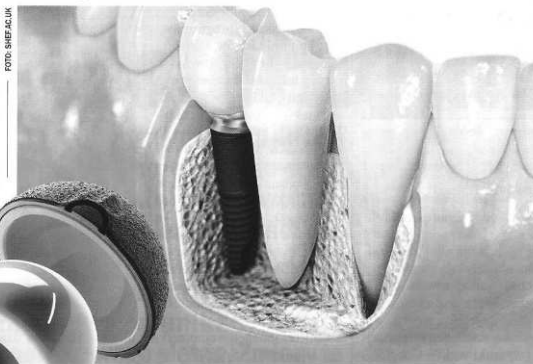
Jednym z nowych zastosowań są tzw. szkła bioaktywne, w szerszym ujęciu – materiały bioaktywne. Pierwotnie opracowane szkła zaczęto z czasem używać przede wszystkim w połączeniu z innymi tworzywami. Dzięki temu powstały materiały wykorzystywane w medycynie do tworzenia implantów, najczęściej kostnych i zębowych.

U podstaw idei nowego wykorzystania tego materiału leżą badania nad korozją szkła. Okazało się, że niektóre rodzaje szkieł umieszczone w organizmie wytrącają jony wapniowe, a w konsekwencji szkło się rozpuszcza. Na jego powierzchni powstaje wówczas żelowa warstewka SiO_2 – tlenku krzemu. Mało odporne szkła o niższej zawartości tego związku w zasadzie korodują w ciele w opisany powyżej sposób. Przesycają roztwór i na ich powierzchni wytrąca się potem hydroksyapatyt – hydroksyfosforan wapnia, składnik naszych kości i zębów. Dzięki wytrąconej warstwie nowy materiał może się zrosnąć z tkankami kostnymi.

Kolejne testy dowiodły, że taka międzywarstwa nie zawsze pozostaje martwa, w określonych warunkach może posłużyć jako swego rodzaju rusztowanie dla komórek kości. W takim miejscu może się nawet wytworzyć nowa kość.

Nieustający rozwój

Był to początek rozwoju tak zwanych szkieł bioaktywnych, czyli mało odpornych chemicznie szkieł, które się rozpuszczają i pomagają w zaistnieniu opisanej wyżej reakcji. Później podstawową wiedzę w zakresie reakcji szkieł bioaktywnych w środowisku organizmu zaczęto wykorzystywać także do innych materiałów. W chirurgii dentystrycznej używa się często tytanu i jego stopów, mających znacznie wyższą wytrzymałość niż szkła, bez odpowiedniej obróbki nie zrasta się on jednak z kością. Obecnie specjaliści



» Stawy, zęby i inne mocno obciążone miejsca ludzkiego organizmu można z powodzeniem zastąpić szklano-ceramicznymi implantami

starają się przygotować warstwę, która pozwala na zrost z kością w laboratorium – w ten sposób chcą ułatwić naszemu organizmowi pracę. Produkt końcowy mógłby m.in. przyspieszyć czas wgojenia implantu.

Jedną z nowych stosowanych tu technologii szklarskich jest metoda żol – żel. Chodzi w zasadzie o transformację koloidalnych roztworów silanu (żol) na fazę stałą (żel). Żol nanosi się na odpowiedni substrat, np. szkło lub tytan. Potem, po wysuszeniu i wypaleniu, na powierzchni powstaje warstwa pożądanego żelu SiO_2 . Jest ona bardzo cienka – 80–500 nanometrów. W pierwotnym żolu można dodatkowo rozproszyć drobne cząsteczki fosforanu wapnia, które pomagają później w utworzeniu warstwy hydroksyapatytu. Wprowadzenie nanocząsteczek srebra pozwala z kolei na uzyskanie warstwy antybakteryjnej.

Może nawet powstać nowa kość

W przypadku innych implantów używa się skryształizowanego w kontrolowany sposób szkła, tzw. szkła ceramicznego. Podobnie jak niektóre szkła lub ceramiki, sprawdza się ono na przykład jako wypełniacz różnych jam

kostnych, m.in. po usunięciu cyst. W wielu kościach nie można pozostawić jam, gdyż skutkowałoby to ich nadmierną kruchością.

Duża ilość tych materiałów jest resorbowalna, tj. w pełni wchłaniana. Chodzi tu o niektóre szkła, szkła ceramiczne i ceramikę. Materiały te z czasem całkowicie rozpuszczają się w organizmie, co aktywuje wzrost nowej kości. Powyższe tworzywa mają bogate zastosowanie w chirurgii szczękowej i zębowej. Gdy brakuje części tkanki kostnej, z krwi pacjenta lub płynu fizjologicznego oraz z cząstek rozdrobnionej masy ze szkła lub szkła ceramicznego bądź cząsteczek fosforanu tworzy się pastę, która nakłada się na uszkodzone miejsce i wszystko zmienia się potem stopniowo w kość.

Szkło na ból

Istnieją również krążki międzykręgowo, swego rodzaju amortyzatory, które w wypadku złego funkcjonowania wywołują znaczny ból. Również te elementy można zastąpić biomateriałami. Produktów na bazie tytanu używa się w okolicach kręgosłupa lędźwiowego, natomiast produktów na bazie ceramiki szklanej – w okolicach kręgosłupa szyjnego. Dostępne są też różne płytki ze szkła ceramicznego, które zdają egzamin w wypadku uszkodzenia kości czaszki.

Kiedyś używano płytek metalowych, które jednak mogły w wyraźny sposób reagować na zmiany pogody, w związku z czym ich posiadaczom nierzadko dokuczał ból. Nowoczesne płytki, dzięki swym właściwościom, takim jak przewodność cieplna i elastyczność, są o wiele bardziej zbliżone do tkanki kostnej i z powodzeniem można je stosować w jej obrębie. Na bazie ceramicznej przygotowuje się na przykład drobne kosteczki uszne. <<

OPRAC. STANISŁAW GAJDA

IMPLANTY MAJĄ PRZYSZŁOŚĆ

Wyobraź sobie szkielet. Od głowy do kolan znaleźliśmy w nim miejsca, w których jako **implanty można wykorzystywać szklane (i ceramiczne) materiały**. Ośrodki naukowe na całym świecie starają się opracować takie tworzywa, którego skład chemiczny i struktura byłyby najbardziej odpowiednie dla organizmu. <<



ILUSTRACJA: BECZKA/SHUTTERSTOCK

Amerykańscy lekarze rozpoczęli pierwsze oficjalne próby wykorzystania embrionalnych komórek macierzystych w leczeniu pacjentów. Zgodę na kontrowersyjne testy wydał amerykański sąd.

Licencję na wykorzystanie ludzkich komórek w terapii niektórych schorzeń otrzymała amerykańska firma Geron z San Francisco, która zainwestowała dotychczas ponad 170 milionów dolarów w badania nad leczeniem chorób rdzenia kręgowego. Rozpoczęcie badań umożliwiła decyzja rządowej Agencji ds. Żywności i Leków.

Próby wykonane zostaną w szpitalu w Atlancie, gdzie sprawdzane będzie bezpieczeństwo tej metody leczenia.

Szansa dla tysięcy chorych

Eksperymentalnemu leczeniu poddani będą pacjenci z uszkodzeniami kręgosłupa. W samych Stanach Zjednoczonych na takie schorzenia cierpi ok. 120 tysięcy osób.

Komórki macierzyste pobrane z ludzkich embrionów mają przekształcić się w komórki nerwowe. Naukowcy mają nadzieję, że dzięki temu sparaliżowani pacjenci odzyskają - przynajmniej częściowo - władzę i czucie w kończynach. Wcześniejsze próby przeprowadzone na szczurach dały obiecujące wyniki.

Kontrowersyjne komórki

Terapie z udziałem embrionalnych komórek macierzystych budzą wiele kontrowersji.

Przeciwnicy podkreślają, że w tym procesie giną ludzkie zarodki. Naukowcy podkreślają jednak, że embrionalne komórki macierzyste mogą w przyszłości stać się ratunkiem dla ludzi z uszkodzeniami układu nerwowego i serca, cukrzycą czy chorobą Alzheimera.