

Komórki organizmu człowieka: budowa i rozwój. Czynności komórek organizmu człowieka . Rys rozwoju osobniczego człowieka – podstawy embriologii

Dr n. med. Jacek Grudziński

KLINIKA CHIRURGII PLASTYCZNEJ
GDANSKIEGO UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO

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

Komórka – „podstawowy element” zwierząt i roślin

1838. Fizjolog niemiecki Theodor Schwann (1810-1882), od 1834 roku asystent Johanna Müllera w Berlinie, formuluje w swoim dziele „Poszukiwania mikroskopowe” (*Mikroskopische Untersuchungen*) nową teorię komórki. Wychodzi z założenia, że wszystkie organizmy są pochodzenia komórkowego.

Do pojęcia komórki Schwann dołącza otoczkę jądra, która może się sama ukształtować, obwiezioną błoną. Zakłada bowiem, że komórki kształtują się wokół jądra komórkowego w błonie, tj. w substancji amorficznej. Schwann znajduje się pod silnym wpływem botanika Mathiasa Schleidena (1804-1881), który również pracuje w laboratorium Müllera i w 1838 roku sformułował teorię powstania komórki roślinnej.

W wyniku własnych badań struny grzbietowej (*chorda dorsalis*), łowy zęby, Schwann dochodzi do wniosku, że jej komórki mają taką samą budowę podstawową, jak komórki roślinne: posiadają jądra, błony komórkowe i wakuole, czyli wodniczki. Sprowadza rozwój różnych form tkanek (naskórek, zęby, kości, tkanki nerwowe, mięśniowe itd.) do rozwoju komórek. Widzi w tym przejaw działania ślepych praw natury, które decydują o obliczu świata organicznego i nieorganicznego. Z tych też powodów chciałby zastąpić pojmowanie życia zgodne z filozofią natury i teologią (zakładanie przyczyny), jego objaśnianiem fizycznym. Tym podejściem przeciwstawia się pojęciu „siły żywej”, z którym sympatyzuje jeszcze jego nauczyciel, Johannes Müller. Na bazie swojej teorii komórkowej Schwann spodziewa się powiązać ze sobą nieorganiczny świat molekuł i biologiczny świat organizmów, na podstawach mechanistycznych i materialistycznych.



Mathias Schleiden (1804-1881), uczeń Müllera, odkrywa komórkę roślinną

Theodor Schwann (1810-1882) opisuje komórkę zwierzęcą, podstawowy element organizmu

◀ Ilustracja struktury komórki wg Schwanna (1839)

BUDOWA KOMÓRKI

KOMÓRKA – najdrobniejsza cząstka organizmu zdolna do samodzielnego wykonywania zasadniczych funkcji życiowych

Wielkość - od kilkudziesięciu nanometrów do kilkudziesięciu centymetrów (jajo strusia) – największa komórka u człowieka to – komórka jajowa $360\ \mu\text{m}$ – a przeciętny wymiar to 10 do $25\ \mu\text{m}$.

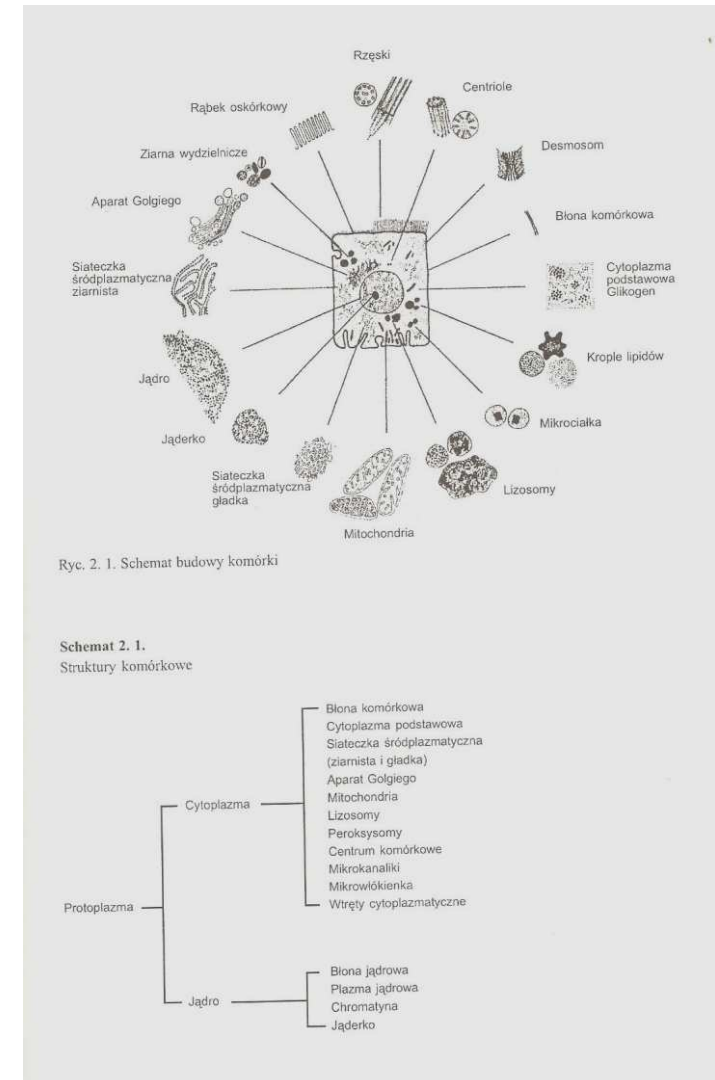
Kształt – liczne zmiany w zależności od współdziałania z otaczającym środowiskiem – nabłonek - spłaszczony, komórki tkanki łącznej liczne rozgałęzienia, krwinki - kuliste

Liczba komórek w organizmie 10^{12} – 10^{14}

Zróżnicowanie pod względem czynnościowym – wysoka specjalizacja

BUDOWA KOMÓRKI

CYTOPLAZMA – egzoplazma - pozbawiona ziarnistości i endoplazma zawiera liczne ziarnistości
Zawiera znajdują się elementy strukturalne - organella komórkowe i ziarnistości
Cytoplazmatyczny system wakuolarny - - błona jądrowa, aparat Golgiego, siateczka srodplazmatyczna
Cytoplazma podstawowa



BUDOWA KOMÓRKI

BŁONA KOMÓRKOWA – model budowy Daniellego i Dawsona 1935 rok, dwucząsteczkowy pokładu lipidowego otoczonego z obydwu stron przez warstwy białkowe i potwierdzona obrazem z mikroskopu elektronowego przez Robertsona w 1959

Model płynnej mozaikowej struktury błon komórkowych Singera i Nicolsa – 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 fosforydowe, hydrofilne od siebie na zewnątrz błony

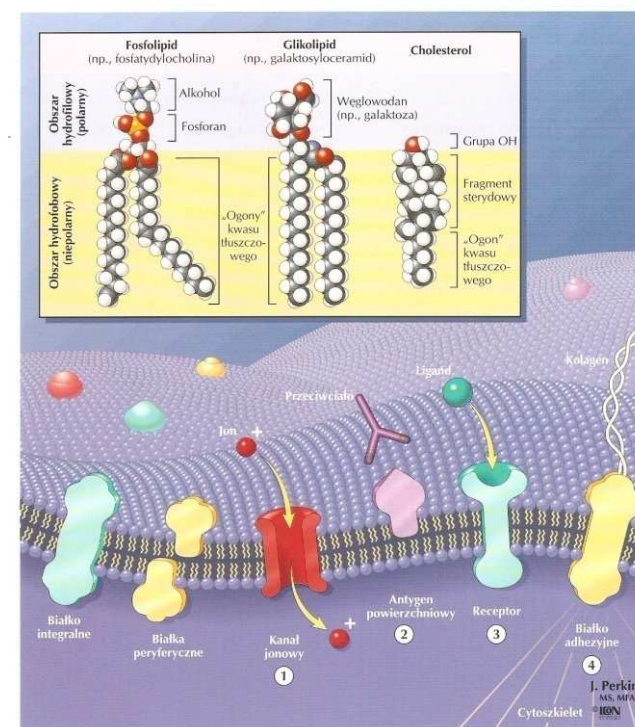
Białka globularne - pływają w błonie komórkowej zajmując zarówno warstwę zewnętrzną lub wewnętrzną fosfolipidową jak i całą grubość

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 śródplazmatyczną, lizosomy, mitochondria, - budowa zbliżona do błony komórkowej - różnica w ilości warstw fosfolipidowych i jakością osadzonych białek



Ryc. 2. 3. Schemat budowy błony elementarnej: A – obraz oglądany w mikroskopie elektronowym: 1 – warstwa ciemna, 2 – warstwa jasna. B – budowa cząstkowa: 3 – białka, 4 – fosfolipidy (wg Robertsona).



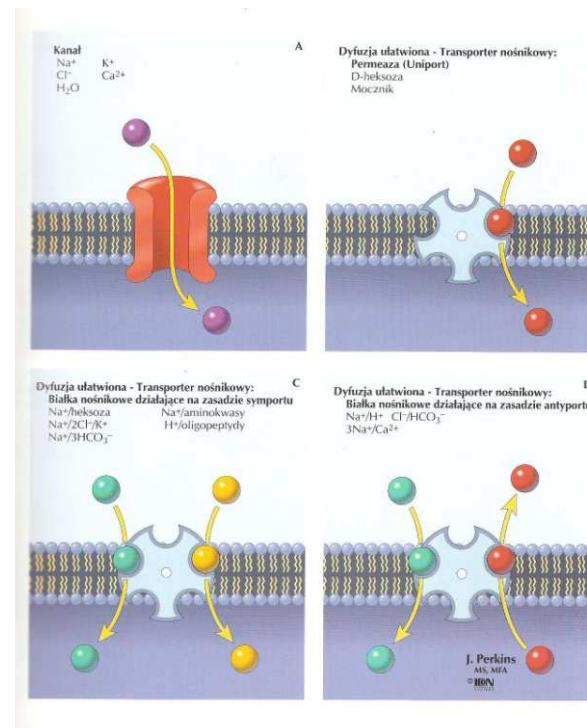
BUDOWA KOMÓRKI

BŁONA KOMÓRKOWA – podstawowa właściwość konieczna dla funkcjonowania komórki jest przepuszczalność - decyduje jakie substancje wnikają do komórki, grubość błony komórkowej 7,4-10 nm

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

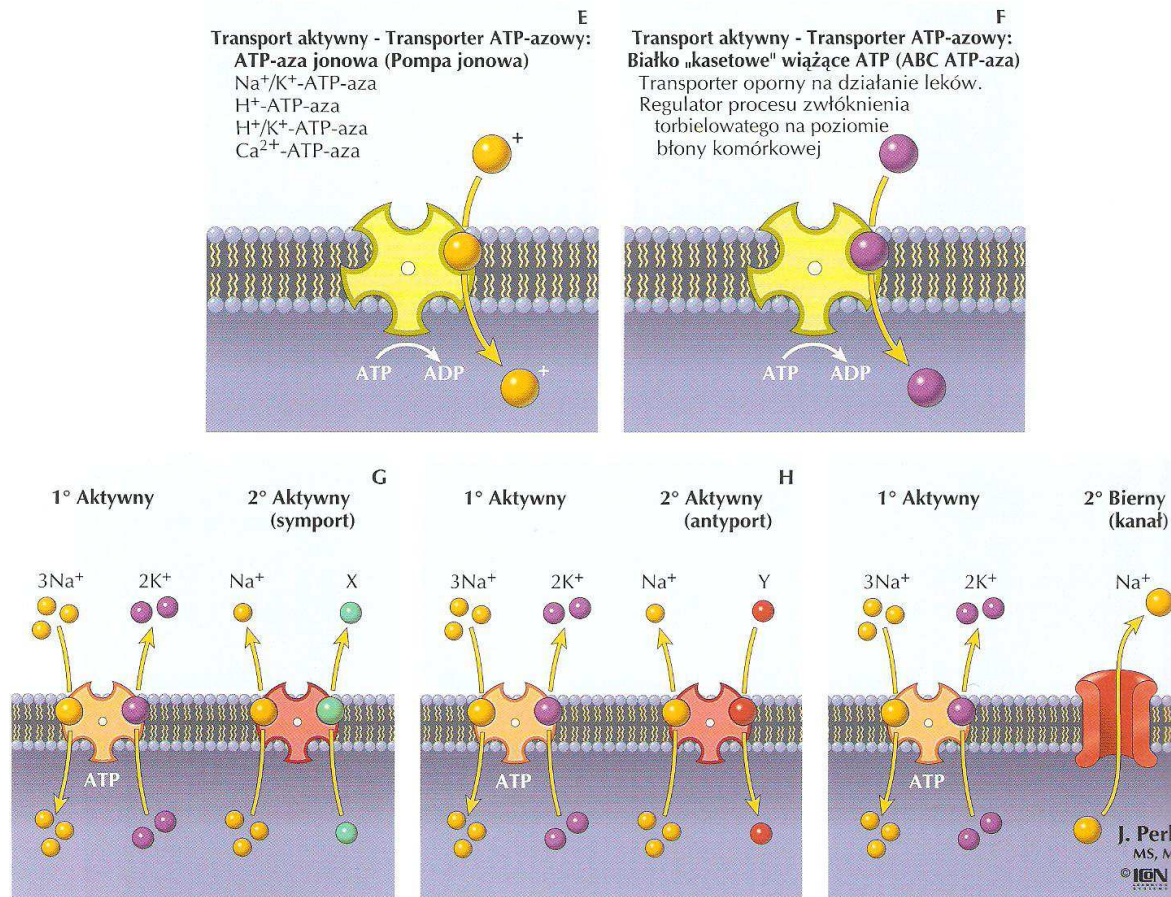
Rodzaje transportu – **bierne przenikanie** – bez energii, decyduje gradient stężeń w poprzek błony substancje rozpuszczalne w tłuszczach O₂, CO₂, kwasy tłuszczowe, steroidy, rozpuszczalniki organiczne (alkohole, estry)

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



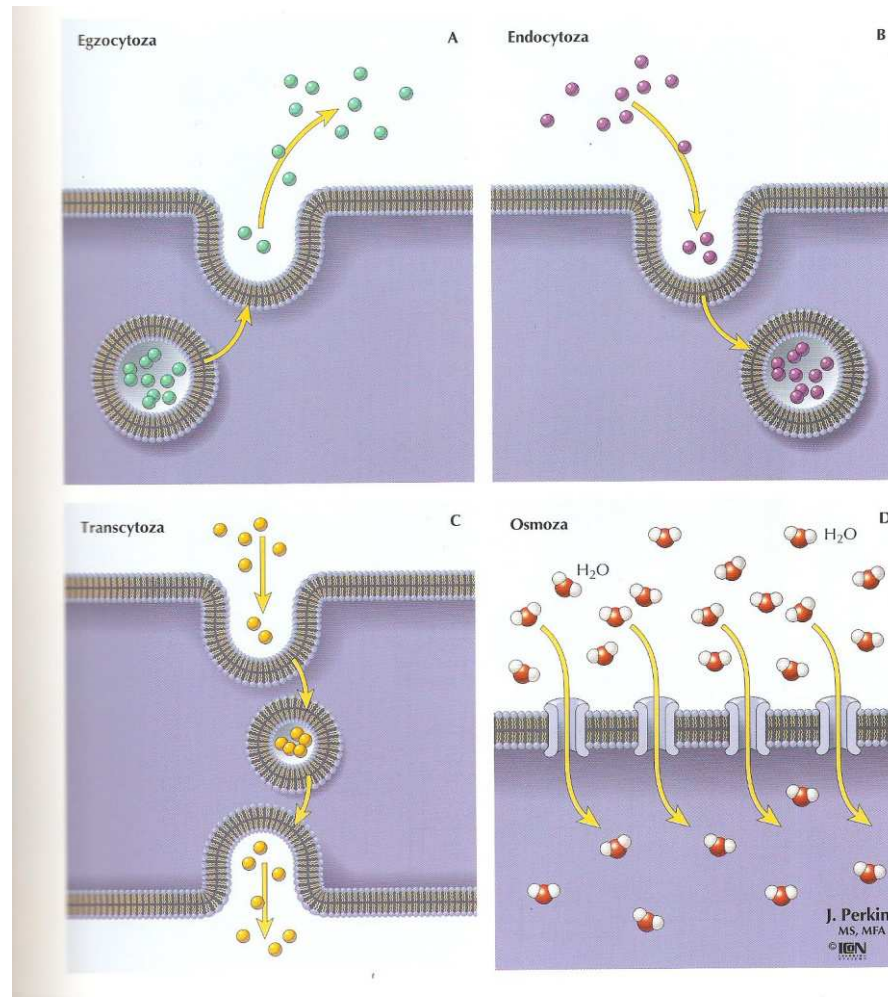
BUDOWA KOMÓRKI

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



BUDOWA KOMÓRKI

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



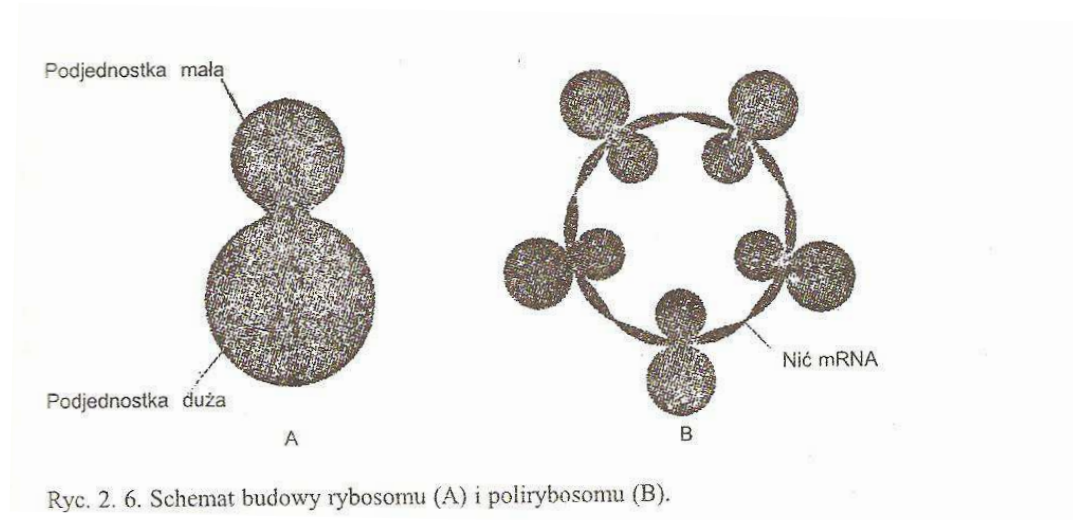
BUDOWA KOMÓRKI

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

Siateczka śródplazmatyczna ziarnista i siateczka śródplazmatyczna gładka

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 – nicią 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.

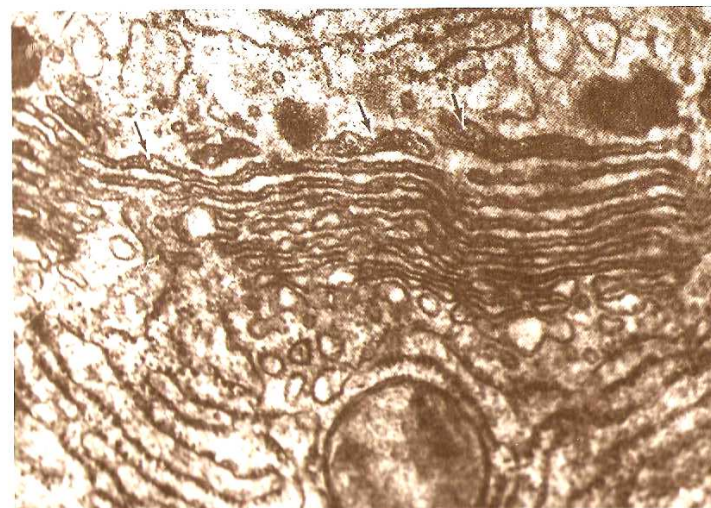


Ryc. 2. 6. Schemat budowy rybosomu (A) i polirybosomu (B).

BUDOWA KOMÓRKI

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 (jadra, jajniki, kora nadnerczy) oraz w przemianie węglowodanów (wątroba – glikogen), mięśnie poprzecznie prążkowane (jony wapnia).

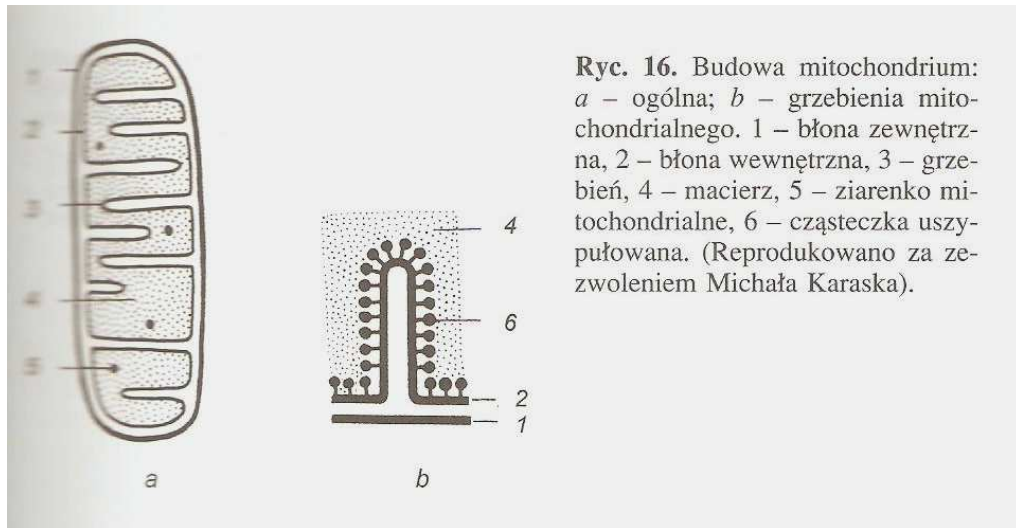
Aparat Golgiego - występuje we wszystkich komórkach. Składa się z zespołu równolegle ułożonych, spłaszczonych woreczków o szerokości około 20nm, często z rozdętymi częściami zewnętrznymi, otoczony od strony wewnętrznej i na obwodzie pęcherzykami i wakuolami. Kojarzony z czynnością wydzielniczą komórki. W nim odbywa się ostateczne formowanie i otaczanie błoną wydzieliny białkowej wytwarzanej przez ziarnistą siateczkę śródplazmatyczną substancji tj. polisacharydy i mukopolisacharydy.



Ryc. 21. Elektronogram aparatu Golgiego, wg Fawcetta

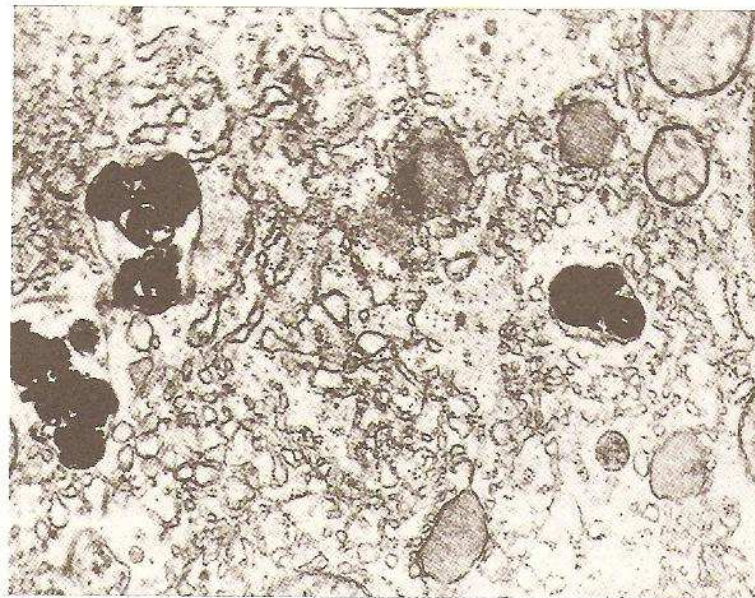
BUDOWA KOMÓRKI

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 wpukla 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 zawierająca liczne ziarenka – cząstki Mg i Ca, DNA i RNA. Główne zadanie mitochondrium – wytwarzanie energii w procesach utleniania biologicznego - oddychanie komórkowe i fosforylacji tlenowej.



BUDOWA KOMÓRKI

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 **wtórnym** 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



Ryc. 19. Elektronogram lizosomów; wg Fawcetta.



BUDOWA KOMÓRKI

Peroksysomy

Centrosom

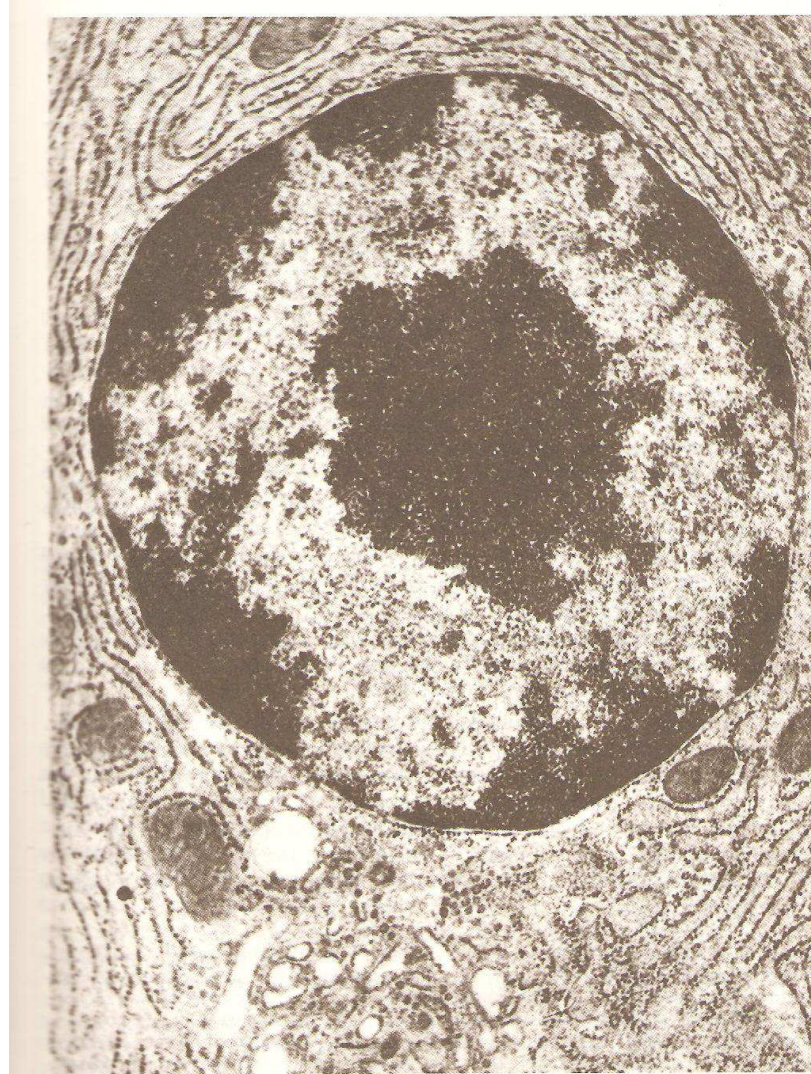
Centriola

Mikrotubule

Mikrowłókienka

Wtręty cytoplazmatyczne

BUDOWA KOMÓRKI – JĄDRO KOMÓRKOWE



Ryc. 23. Elektronogram jądra komórkowego; wg Fawcetta.

BUDOWA KOMÓRKI

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.

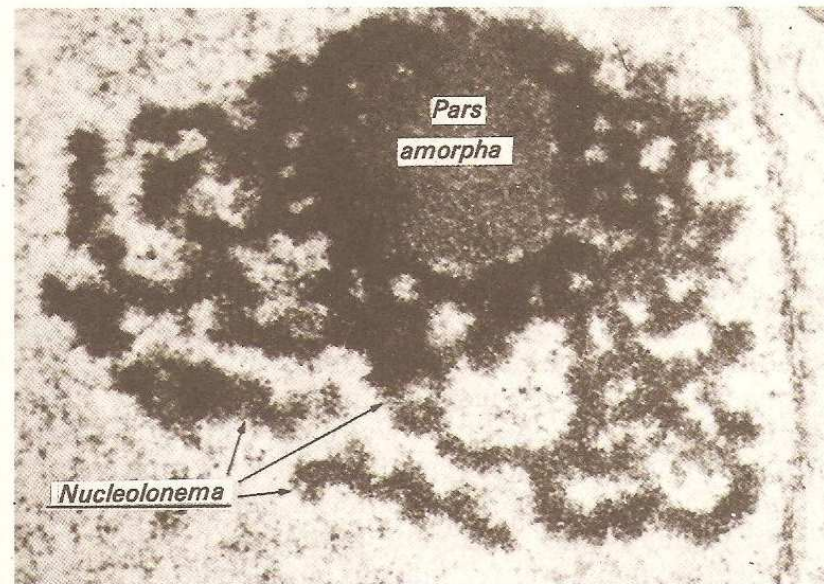
Błona jądrowa - zbudowana z dwóch błon elementarnych (7,5 nm), przedzielonych jasną przestrzenią (10-15 nm). Błona jądrowa zawiera liczne pory o kształcie ośmiokąta (60 nm), liczba porów waha się w zależności od rodzaju komórki. Pory otoczone pierścieniami (zewnętrzna średnica 120 nm, wewnętrzna 20-40 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 jąderako

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

BUDOWA KOMÓRKI

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.



Ryc. 24. Elektronogram jąderka; wg Fawcetta.

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PRZEMIANA MATERII

PRZEMIANA ENERGII

RUCHY KOMÓRKI

WRAŻLIWOŚĆ

RECEPTORY KOMÓRKOWE

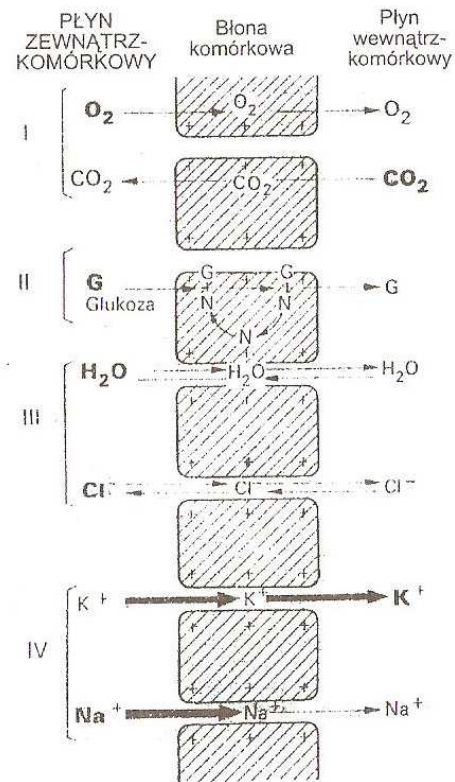
PODZIAŁ KOMÓRKI

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.

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PRZEMIANA MATERII

Sposoby wymiana ze środowiskiem



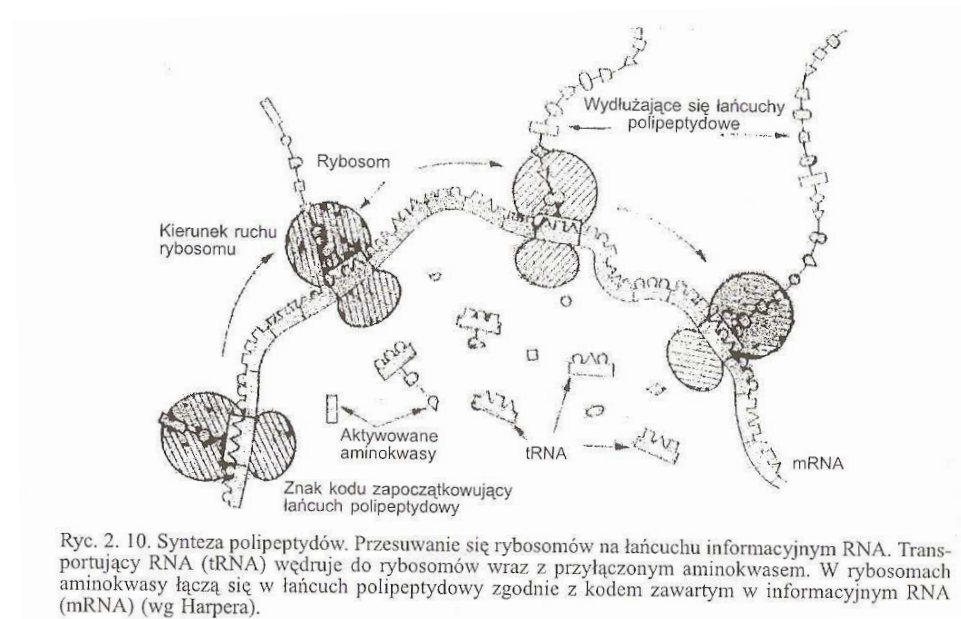
Ryc. 2. 9. Przenikanie przez błonę komórkową cząsteczek: I – rozpuszczalnych w tłuszczach, II – na zasadzie ułatwionej dyfuzji, łączących się z nośnikiem (N), III – o ładunku obojętnym lub ujemnym i średnicy mniejszej od porów, IV – o ładunku dodatnim i średnicy mniejszej od porów.

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PRZEMIANA MATERII – Synteza i przemiana białek w komórce

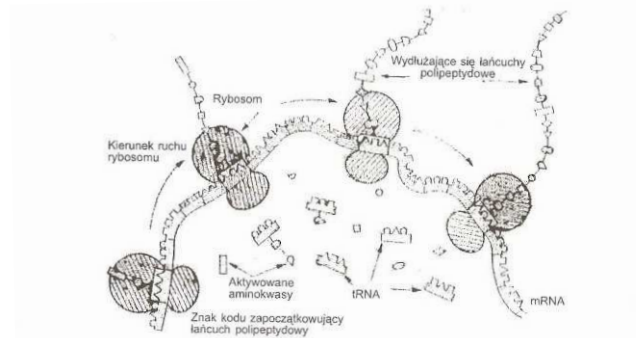
Transkrypcja odbywa się w jądrze komórkowym – powstają prekursorzy mRNA, tRNA, rRNA

Translacja - synteza polipeptydu odbywa się na **rybosomach** – elongacja – terminacja translacji



Zsyntetyzowane w rybosomach polipeptydy podlegają **potranslacyjnej enzymatycznej modyfikacji** w wyniku której powstaje

CZYNNOŚCI KOMÓRKI



Ryc. 2. 10. Synteza polipeptydów. Przesuwanie się rybosomów na łańcuchu informacyjnym RNA. Transportujący RNA (tRNA) wędruje do rybosomów wraz z przyłączonym aminokwasem. W rybosomach aminokwasy łączą się w łańcuch polipeptydowy zgodnie z kodem zawartym w informacyjnym RNA (mRNA) (wg Harpera).

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 - **egzocytoza**. Stanowią – podstawowy składnik płynów ustrojowych i soków trawiennych. Są także – nośnikiem informacji w organizmie – hormony białkowe i polipeptydowe, jak również modulatory synaptyczne

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PRZEMIANA MATERII – Synteza i przemiana węglowodanów w komórce

Glikogeneza – polimeryzacja cząsteczek glukozy – glukoza – 6 - fosforan (*heksokinaza*) – polimeryzacja polisacharyd glikogen – magazynowanie w komórkach wątroby i mięśni poprzecznie prążkowanych

Glikogenoliza - proces rozpadu glikogenu na cząsteczki glukozy (*fosforylaza*) – glukoza jest zużywana w mięśniach poprzecznie prążkowanych lub jest wydalana na zewnątrz i krąży we krwi – wątroba

Procesem glikogenolizy steruje cAMP , a przemianą węglowodanów insulina i glukagon

PRZEMIANA MATERII – synteza i przemiana tłuszczów

Wolne kwasy tłuszczowe – przechodzą do wnętrza komórki – mogą pochodzić z cyklu kwasów trójkarboksylowych węglowodanów - powstaje acetylo – koenzymu A – synteza w mikrosomach - kwasy tłuszczowe – 16 atomowe – estryfikacja glicerolem – estry

Nasyconych lub nienasyconych kwasów tłuszczowych - magazynowanie w postaci kropli tłuszczu w lipocytach

Trójglicerydy - po hydrolizie powstaje glicerol i wolne kwasy tłuszczowe

glicerol – glukoza lub CO₂ i H₂O –

wolne kwasy tłuszczowe - acetylo – koenzymu A - cyklu

kwasów trójkarboksylowych –

wolne kwasy tłuszczowe - mogą krążyć we krwi i wnikać do innych komórek – gdzie są spalane lub magazynowane

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PRZEMIANA ENERGII – 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 – aktywny transport, pinocytoza, fagocytoza.**

Tlen na drodze dyfuzji poprzez błonę komórkową jest dostarczany z zewnątrz (płynu międzykomórkowego) do komórki – prężność tlenu – PO_2 .

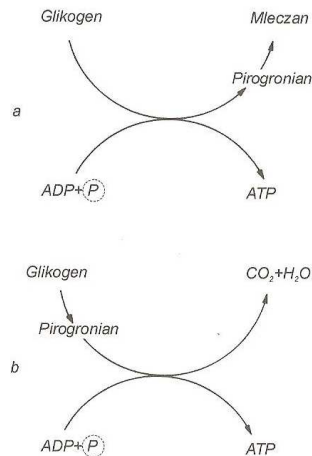
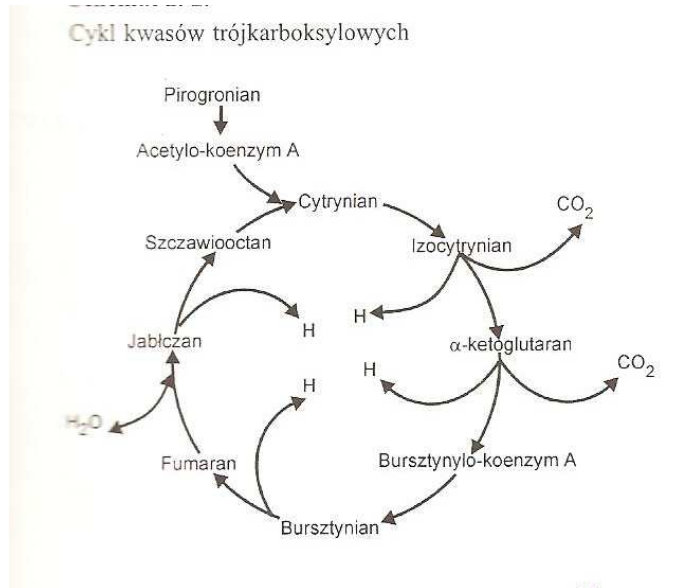
Wytwarzanie energii - oddychanie wewnętrzne - faza beztlenowa 5% energii i faza tlenowa 95% energii

Faza beztlenowa – glikoliza – z glukozy powstaje pirogronian – 2 cząsteczki ATP – nie wymaga tlenu – cytoplazma komórkowa

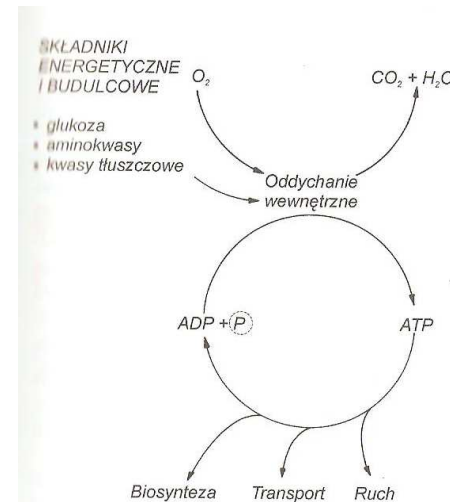
Faza tlenowa – wymaga tlenu - pirogronian – **$H_2O + CO_2 + 2ATP$** – w mitochondriach – cykl kwasu cytrynowego - poza pirogronianem z glikolizy – metabolity kwasu trójkarboksylowych z katabolizmu aminokwasów i kwasów tłuszczowych

Cykl kwasu cytrynowego – uwalniane są atomy wodoru odbywa się to w macierzy mitochondrialnej – **białka łańcucha oddechowego** w wewnętrznej błonie mitochondrialnej – **$H_2 - H_2O - 3ATP$**

CZYNNOŚCI KOMÓRKI - PRZEMIANA ENERGII



Ryc. 17. Wytwarzanie w komórce energii potrzebnej do syntezy ATP w następnym rozpadzie glikogenu komórkowego w warunkach: *a* – beztlenowych; *b* – tlenowych.



Ryc. 18. Wytwarzanie i zużycie energii w komórce w procesie syntezy i rozpadu ATP.

Adenozynotrifosforan (ATP) syntetyzowany jest z adenozynodifosforanem (ADP – adenosine diphosphate) i ortofosforanem. Adenozynotrifosforan jest bogaty w energię wykorzystywaną w procesach wewnątrzkomórkowych.

Energia wyzwolona w czasie rozpadu ATP zostaje zużyta:

- na **transport aktywny** jonów i substancji drobnocząsteczkowych przez błonę komórkową wbrew gradientowi stężenia oraz na transport wewnątrzkomórkowy,
- do **syntezy** składników komórkowych, takich jak DNA, RNA, białka, lipidy, oraz do **resyntezy** glukozy i **polimeryzacji** glikogenu komórkowego,
- na **pracę mechaniczną** komórki, polegającą na ruchu cytoplazmy komórkowej lub skracaniu się białek kurczliwych w komórkach mięśniowych.

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

RUCHY KOMÓRKI - może być bierny lub czynny. Bierny – przesuwalność składników morfotycznych krwi. Czynny – ruch pełzakowaty – prądy protoplazmatyczne - cytoplasma przelewa się do wytwarzanych przez komórkę wypustek , ruch za pomocą migawek lub witki – specjalne narządy , ruch mięśniowy – kurczliwe miofibryle – kurczliwość włókienek cząstek białkowych – fałdowanie się ich prostowanie

WRAŻLIWOŚĆ – odpowiedź na działanie pewnych czynników – mechanicznych, chemicznych (bodźce) - polegająca na oddziaływaniu w zmianami w zachowaniu np. przewodzenie stanu pobudzenia komórki z miejsca zadziałania bodźca na dalsze części komórki – komórki nerwowe - przewodzenie stanu czynnego

RECEPTORY KOMÓRKOWE – zdolność odpowiadania na bodźce chemiczne i fizyczne, co odbywa się dzięki obecności receptorów – cytoplazmatycznych lub błonowe
Liczba receptorów błonowych – 1000 – 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 – wędrówka informacji poprzez błonę komórkową

wzmacnianie - sygnały po odebraniu ich przez komórkę muszą ulec wzmocnieniu – są zbyt słabe by wpłynąć na metabolizm wewnątrzkomórkowy – **cyklaza adenylova** – wzmacniacz uniwersalny - **ATP** – **cyklaza adenylova** – **cykliczny AMP**

Efekt – wzrost lub zahamowanie aktywności enzymów wewnątrz komórki, w błonie otwierają się lub zamykają kanały dla do- lub odkomórkowych prądów jonowych

CZYNNOŚCI KOMÓRKI

PODZIAŁ KOMÓRKI – umożliwia wzrost i regenerację.

Może być :

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

pośredni – mitoza – ze zmianami morfologicznymi

wyróżnia się fazy **profaza** – wyodrębniają się chromosomy z nici chromatynowych

metafaza – chromosomy przemieszczają się do środka komórki (wrzeciono podziałowe), i rozszczepiają się wzdłuż długiej osi

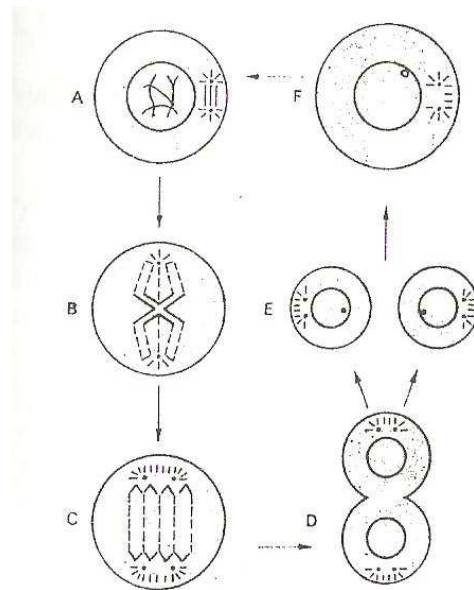
anafaza – rozszczepione chromosomy (chromatydy) rozchodzą się do przeciwległych biegunów komórki

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

CZYNNOŚCI KOMÓRKI - PODZIAŁ KOMÓRKI



Ryc. 2. 8. Okresy podziału pośredniego komórki: A – profaza, B – metafaza, C – anafaza, D – telofaza, E – komórki potomne, F – interfaza.

CZYNNOŚCI KOMÓRKI – SCHEMAT CYKLU KOMÓRKOWEGO

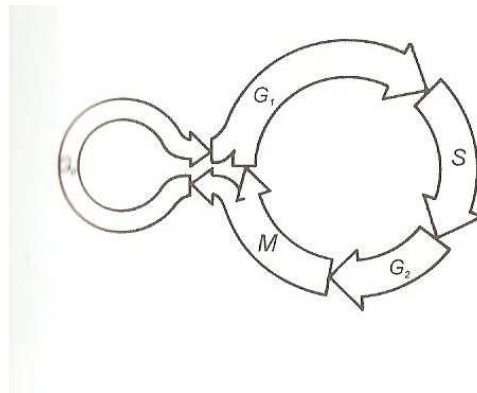
Zdolność podziału – **komórki nabłonka, krwiotwórcze, tkanki łącznej**

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

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** – mitozą – chromosomy rozdzielają się do dwóch komórek potomnych – **faza G_0** spoczynku lub kolejny cykl komórkowy – **faza G_1**

Nekroza – śmierć komórki - samostrawienie

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



Ryc. 10. Schemat cyklu komórkowego. Faza G_1 – przerwa, faza S – replikacja łańcuchów DNA, faza G_2 – interfaza, faza M – mitozą i faza G_0 – spoczynek.