Dawid Pawlos

BIOREPETYTORIUM

BIOLOGHELP

"Biorepetytorium"

Autor: Dawid Pawlos

Projekt okładki: Rafael Pawlos

Oprawa graficzna: Rafael Pawlos i Dawid Pawlos (część ilustracji została zaczerpnięta z domeny publicznej).

Wersja: IV; wrzesień 2012r

© Copyright by Dawid Pawlos

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody autora zabronione.

Spis treści

Od autora 5
1. Wirusy i priony 6
1.1. Charakterystyka wirusów 6
1.2. Namnażanie się wirusów 7
1.3. Systematyka wirusów 8
1.4. Przykładowe choroby wirusowe zwierząt i człowieka 9
1.5. Znaczenie wirusów dla człowieka 10
1.6. Wiroidy i priony 10
2. Bakterie 12
2.1. Budowa bakterii 12
2.2. Formy morfologiczne bakterii 13
2.3. Funkcje życiowe prokariontów 14
2.4. Prokarionty, a czynniki niekorzystne 17
2.5. Znaczenie bakterii 18
3. Protisty 19
3.1. Budowa protistów 19
3.2. Procesy życiowe 20
3.3. Krótka charakterystyka poszczególnych grup protistów 24
3.4. Choroby wywoływane przez protisty 29
4. Cytologia 33
4.1. Błony plazmatyczne 33
4.2. Ściana komórkowa 35
4.3. Cytoplazma (hialoplazma) 36
4.4. Wodniczki 37
4.5. Mikrociałka 38
4.6. Lizosomy 39
4.7. Proteasom 39
4.8. Jądro komórkowe i jego zawartość 39
4.9. Mitochondria 42
4.10. Plastydy 44
4.11. Aparat Golgiego 45
4.12. Centrum komórkowe 45
4.13. Różnice w budowie komórek 45
4.14. Zagadnienia związane z cytologią 47
5. Histologia 49
5.1. Tkanka nabłonkowa 49
5.2. Tkanka łączna 53
5.3. Tkanka mięśniowa 58
5.4. Tkanka nerwowa 59
5.5. Tkanki roślinne 63
6. Rośliny 69
6.1. Mszaki 69

6.2. Paprotniki..... 72
6.3. Rośliny nasienne..... 74
6.4. Inne informacje o roślinach..... 86
7. Grzyby.....90
7.1. Systematyka..... 90
7.2. Budowa..... 90
7.3. Cykle życiowe i rozmnażanie..... 90
7.4. Krótka charakterystyka wybranych grup grzybów.....92
7.5. Inne..... 92
8. Zwierzęta.....94
8.1. Gąbki..... 94
8.2. Parzydełkowce..... 95
8.3. Płazińce..... 96
8.4. Wstężnice..... 104
8.5. Nicienie..... 104
8.6. Wrotki..... 109
8.7. Pierścienice..... 109
8.8. Mięczaki..... 111
8.9. Stawonogi..... 113
8.10. Szkarłupnie..... 117
8.11. Lancetnik (przedstawiciel bezczaszkowców)..... 119
8.12. Bezżuchwowce..... 120
8.13. Ryby..... 121
8.14. Płazy..... 123
8.15. Gady..... 125
8.16. Ptaki..... 127
8.17. Ssaki..... 130
9. Anatomia i fizjologia człowieka i zwierząt.....133
9.1. Szkielet 133
9.2. Układ mięśniowy 135
9.3. Układ powłokowy..... 138
9.4. Układ nerwowy i narządy zmysłów 139
9.5. Układ krążenia i oddechowy..... 149
9.6. Układ pokarmowy i żywienie..... 157
9.7. Układ hormonalny..... 160
9.8. Układ odpornościowy..... 166
9.9. Osmoregulacja i wydalanie..... 172
9.10. Układ rozrodczy..... 176
9.11. Rozwój zarodkowy człowieka i zwierząt..... 180
10. Genetyka 186
10.1. Materiał genetyczny..... 186
10.2. Replikacja..... 187
10.3. Kod genetyczny 189
10.4. Transkrypcja..... 189

10.5. Translacja..... 191
10.6. Zmienność mutacyjna..... 194
10.7. Regulacja ekspresji genów..... 196
10.8. Cykl komórkowy 201
10.9. Dziedziczenie..... 203
10.10. Choroby dziedziczne człowieka..... 206
11. Ewolucjonizm 210
11.1. Dowody ewolucji..... 210
11.2. Prawidłowości ewolucji..... 213
12. Hasła ekologiczne..... 218
13. Notatki różne..... 220
14. Systematyka organizmów..... 224
15. Literatura..... 275

Od autora

Niniejsze opracowanie powstało z myślą o uczniach liceum pragnących utrwalić oraz poszerzyć swoją wiedzę z wybranych działów biologii. Forma została tak dobrana, aby przekazać jak najwięcej informacji w małej objętości tekstu, jednocześnie starałem się, aby wiadomości zostały przedstawione w sposób jasny i zrozumiały. Jako trzykrotny uczestnik etapu centralnego, w tym dwukrotny laureat, Olimpiady Biologicznej poruszyłem w nim zagadnienia, które wydały mi się istotne pod jej kątem. W trakcie tworzenia „Biorepetytorium" wykorzystałem własne obszerne notatki sporządzone podczas przygotowań do Olimpiady Biologicznej, a także lekcji biologii. Wiadomości w nim zawarte podawałem w oparciu o literaturę przedstawioną w ostatnim dziale oraz własne, wieloletnie doświadczenie. Myślę, że również maturzyści znajdą w tym opracowaniu przydatne dla siebie informacje. Nowa wersja została poszerzona o dodatkowe działy, wśród których znajduje się systematyka zwierząt, roślin i grzybów z zaznaczeniem gatunków objętych ochroną ścisłą w Polsce, a także wzbogacone zostały już istniejące działy. W celu udogodnienia korzystania z tekstu w wersji elektronicznej, wszelkie odnośniki oraz pozycje spisu treści stanowią hiperłącza przenoszące na pożądaną stronę dokumentu. Wyrażam nadzieję, że opracowanie spełni wszelkie wymagania Czytelnika i przyczyni się do późniejszych sukcesów w dziedzinie biologii.

Życzę owocnej lektury!

1. Wirusy i priony

Pierwszym odkrytym wirusem był wirus mozaiki tytoniowej odkryty przez Dmitrija Iwanowskiego. Wykazał on przenikanie wirusów mozaiki tytoniowej przez porcelanowe sączki bakteryjne.

Wśród hipotez na powstanie wirusów możemy wyróżnić dwie najbardziej prawdopodobne: hipotezę powstania przed organizmami i późniejszej ewolucji oraz hipotezę ucieczki zakładającą, że wirusy powstały z materiału genetycznego i białka, które oddzieliły się od komórek (proces ten mógł zachodzić wielokrotnie). Bardziej trafną wydaje się druga z hipotez, za którą przemawia fakt iż informacja genetyczna wirusa ma nieraz więcej wspólnego z informacją gospodarza, którego wirus atakuje niż z innymi wirusami.

1.1. Charakterystyka wirusów

a) Cechy wirusów jako materii ożywionej:

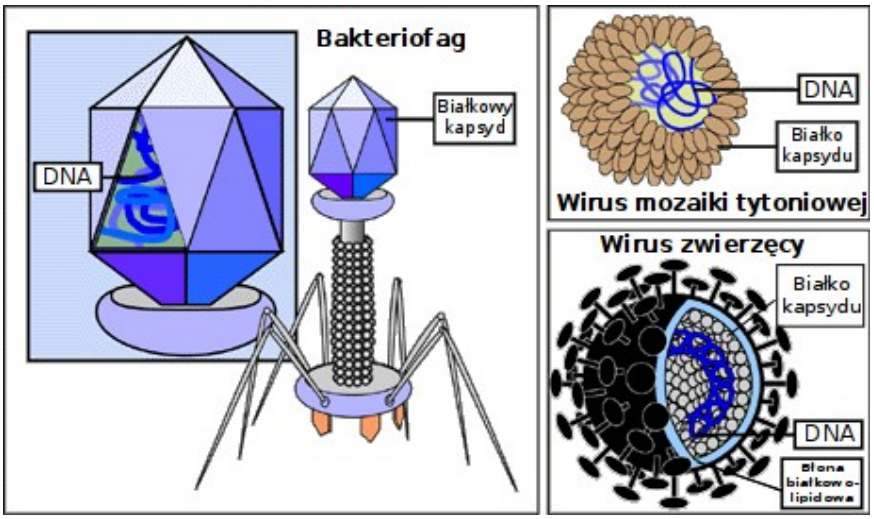
- Zdolność do namnażania się
- Skład chemiczny
- Zdolność do przekazywania informacji genetycznej
- Ulegają mutacjom

b) Cechy wirusów jako materii nieożywionej:

- Brak budowy komórkowej
- Brak własnego metabolizmu
- Możliwość występowania w postaci kryształów

c) Budowa wirusów:

- Białkowy kapsyd o różnych kształtach (np. bryłowy, bry-



Ryc. 1. Budowa wirusów

łowo-spiralny jak u części bakteriofagów, czy w kształcie pałeczki jak u wirusa mozaiki tytoniowej).

- Materiał genetyczny w postaci DNA lub RNA (zarówno DNA jak i RNA może występować w formie pojedynczej lub podwójnej nici).

- Dodatkowa otoczka białkowo-lipidowa (u części wirusów) powstała z oderwania części błony komórkowej gospodarza podczas uwalniania wirusa. Glikoproteiny zawarte na jej powierzchni mogą być pomocne podczas adsorpcji wirusa do komórki.

1.2. Namnażanie się wirusów

a) Cykl lityczny

- Adsorpcja

- Penetracja – u bakteriofagów kapsyd zostaje na zewnątrz komórki, podczas gdy w pozostałych przypadkach wnika do cytoplazmy (na zasadzie pinocytozy lub tzw. wiropeksji stanowiącej rodzaj fagocytozy), gdzie zostaje rozłożony przez enzymy komórkowe; często, aby wirus mógł wniknąć do danej komórki, musi się połączyć z odpowiednim receptorem występującym na jej powierzchni, dzięki czemu niektóre wirusy są bardzo specyficzne i atakują tylko wybrane organizmy a nawet tylko odpowiednie komórki organizmu (np. HIV atakujący limfocyty T_h, lub wirus zapalenia wątroby namnażający się w hepatocytach)

- Replikacja (faza eklipsy, czyli utajenia)

- Składanie (dojrzewanie)

- Uwalnianie (faza elucji) – następuje liza komórki gospodarza

b) Cykl lizogeniczny – podczas cyklu lizogenicznego DNA wirusowy zostaje wklejony w DNA gospodarza. Wirus pozostaje w ten sposób w uśpieniu stając się tzw. prowirusem, który zostaje przekazywany komórkom potomnym podczas podziałów mitotycznych. Pod wpływem różnych czynników takich jak promieniowanie, temperatura lub osłabienie organizmu, prowirus może przejść w formę zjadliwą i doprowadzić do lizy komórki. Niekiedy zainfekowana komórka nie ginie, lecz przekształca się, nabierając cech komórki nowotworowej (transformacja nowotworowa). Dlatego niektóre wirusy są odpowiedzialne za powstawanie nowotworów (wirusy onkogenne np. wirus brodawek ludzkich). Przykładem wirusa mogącego wejść w cykl lizogeniczny, a następnie w cykl lityczny jest wirus opryszczki.

Konwersja lizogenna – zjawisko polegające na nabywaniu przez bakterie nowych cech w wyniku zakażenia ich komórek łagodnymi wirusami przeprowadzającymi cykl lizogeniczny. Przykładem może być nabywanie przez jeden ze szczepów bakterii *Corynebacterium diphtheriae* zdolności do produkcji toksyny. Szczep, który nie syntetyzował toksyny po zarażeniu odpowiednim fagiem produkuje ją, gdyż jest ona kodowana przez DNA łagodnego wirusa. Tylko

szczep uzyskany w wyniku zarażenia przez wirusa jest zdolny do wywołania błonicy. Podobnie jest w przypadku *Clostridium botulinum*, która jest zupełnie niegroźna dopóki nie zawiera w genomie DNA profaga indukującego syntezę toksyny jadu kiełbasianego.

Specyficzny sposób namnażania mają retrowirusy zawierające dwuniciowy RNA jako materiał genetyczny. Polega on na początkowym przepisaniu informacji z RNA na DNA dzięki enzymowi odwrotnej transkryptazie, a następnie tak utworzony DNA jest wbudowywany w DNA gospodarza przy udziale enzymu integrazy. Włączenie się materiału genetycznego wirusa do DNA gospodarza może zachodzić w różnych miejscach, przez co może ono spowodować uszkodzenie pewnych genów gospodarza. W związku z powyższym niektóre z retrowirusów są onkogenne. Wyjątkowość retrowirusów polega również na tym, że w swoim kapsydzie zawierają dwa enzymy, a mianowicie odwrotną transkryptazę oraz integrazę, które pełnią swoje funkcje po wprowadzeniu do komórki gospodarza.

1.3. Systematyka wirusów

a) DNA-wirusy

Klasa: Nie posiadające osłonek (Bezosłonkowe)

Rodzina: *Parvoviridae*

Rodzina: *Papovaviridae*

Rodzina: *Adenoviridae*

Klasa: Posiadające osłonkę (Osłonkowe)

Rodzina: *Herpesviridae*

Rodzina: *Poxviridae*

b) RNA-wirusy

Klasa: Bezosłonkowe

Rodzina: *Picornaviridae*

Rodzina: *Reoviridae*

Klasa: Osłonkowe

Rodzina: *Togaviridae*

Rodzina: *Orthomyxoviridae*

Rodzina: *Paramyxoviridae*

Rodzina: *Rhabdoviridae*

3.3. Krótka charakterystyka poszczególnych grup protistów

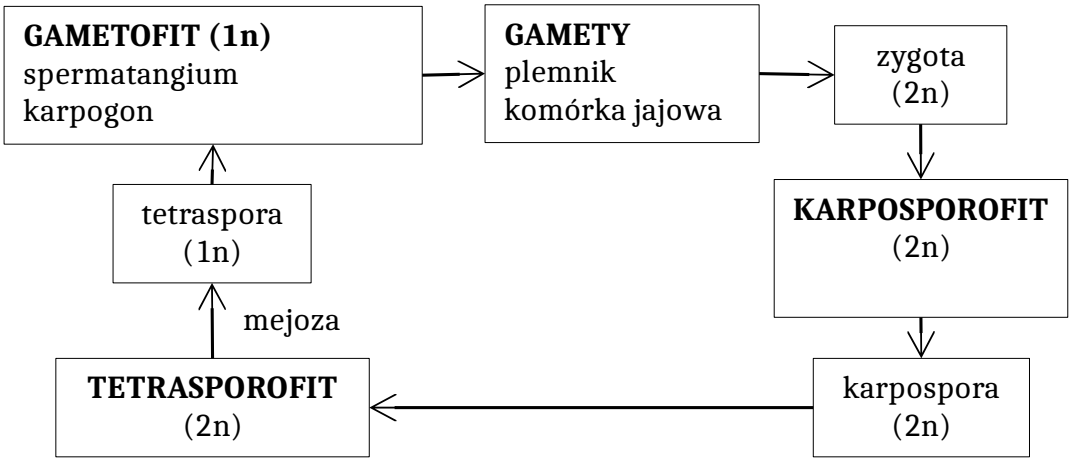
a) Zielenice – należą do nich zarówno formy jednokomórkowe jak i kolonijne (np. toczek), czy plechowce, zdarzają się także komórczaki (np. pełzatka). Występują formy uwiciowione (wyjątkiem są sprzężnice, u których w całym cyklu rozwojowym brak form uwiciowionych), przy czym liczba wici wynosi zwykle 2. Zielenice dzięki obecności wici mogą posiadać zdolność ruchu jak np. jednokomórkowa zawłotnia lub kolonijna gromadnica (*Pandorina*) czy toczek. Formy nieruchome występują także wśród jednokomórkowców, czego przykładem jest chlorella. Podobnie jak u roślin protisty te zawierają w swoich otoczonych podwójną błoną chloroplastach chlorofil a i b. Produktem asymilacji jest skrobia, zaś ściana komórkowa zbudowana jest z celulozy i pektyn. Zielenice rozmnażają się zarówno płciowo jak i bezpłciowo. Do bezpłciowych sposobów rozmnażania zielenic należą podział komórki, fragmentacja plechy oraz wytwarzanie zarodników: ruchliwych zoospor i nieruchomych aplanospor. U organizmów tych spotykamy przemianę pokoleń zarówno izo- jak i heteromorficzną, a także wszystkie rodzaje gamii (izo-, anizo- i oogamię). Do zielenic zaliczamy między innymi sprzężnice, wrażliwe na zanieczyszczenia i przypominające wyglądem zewnętrznym skrzypy ramienice, czy pierwotka żyjącego na korze drzew.

b) Brunatnice – organizmy wielokomórkowe o najwyższym stopniu organizacji plechy wśród glonów. W pokroju zewnętrznym możemy wyróżnić część liściokształtną (fylloid), część łodygokształtną (kauloid) oraz chwytniki (ryzoidy). Ich budowa wewnętrzna również jest bardzo złożona, gdyż często tworzą pseudotkanki przypominające tkanki roślinne i pełniące podobne do nich funkcje. U niektórych gatunków w części łodygokształtnej stwierdzono nawet obecność komórek podobnych do rurek sitowych roślin. Ściana komórkowa u brunatnic zbudowana jest z celulozy z dodatkiem kwasu alginowego. Barwnikami fotosyntetycznymi są chlorofile a i c oraz fukoksantyna, zaś do produktów fotosyntezy należą laminaryna i mannitol. Chloroplasty otoczone są czterema błonami. Przedstawiciele brunatnic rozmnażają się zarówno bezpłciowo (przez zoospory lub aplanospory) jak i płciowo na drodze izo-, anizo-, bądź oogamii. Może również występować przemiana pokoleń zarówno z przewagą gametofitu (np. u kalterii) jak i z przewagą sporofitu (np. u listownicy). U przedstawiciela tej grupy jakim jest morszczyn stadium haploidalne w cyklu rozwojowym ogranicza się do samych gamet.

c) Krasnorosty – organizmy jedno-, bądź wielokomórkowe. Ściany komórkowe zbudowane z celulozy i pektyny, budowa biochemiczno-fizjologiczna nawiązuje do sinic, czego przykładem mogą być chociażby barwniki fotosyntetyczne, do których obok chlorofili a i d należą czerwona fikoerytryna i niebieska fikocyjanina. Jako produkt asymilacji odkładają skrobię krasnorostową. Dzięki odpowiedniemu zestawowi barwników fotosyntetycznych mogą żyć nawet na znacznych głębokościach, gdzie nie dociera światło czerwone natomiast docierają promienie niebieskie i zielone pochłaniane przez fikoerytrynę. Krasnorosty wykazują przeważnie cykl rozwojowy z przemianą pokoleń przy czym występuje oogamia. W gametoficie możemy wyróżnić narządy płciowe: rodnie (karpogony) oraz plemnie (spermatangia). Wyżej uorganizowane kra-

snorosty posiadają skomplikowany cykl rozwojowy z dwiema postaciami diploidalnymi: karposporofitem i tetrasporofitem. Pełny cykl życiowy obejmuje trzy pokolenia:

- Haploidalny gametofit, na którym znajdują się gametangia: męskie – spermatangia; żeńskie – karpogonia.
- Diploidalny karposporofit powstający z zygoty i rozwijający się na gametoficie i wytwarzający diploidalne zarodniki karpospory.
- Powstający z kiełkujących karpospor diploidalny tetrasporofit wytwarzający w wyniku mejozy haploidalne zarodniki tetraspory, z których powstają haploidalne gametofity.



Ryc. 6. Cykl życiowy krasnorostów

Cechą charakterystyczną dla krasnorostów jest brak stadiów opatrzonych wiciami (nawet plemniki nie posiadają tych organelli). W ich komórkach nie występują również centriole. Niektóre gatunki odkładają duże ilości węglanu wapnia dzięki czemu biorą udział w tworzeniu raf koralowych.

d) Chryzofity (glony złociste) – należą do nich między innymi dwie grupy protistów:

- Złotowiciowce – występują w postaci pełzaków lub wiciowców, czasem tworzą kolonie. Zwykle nie posiadają ściany komórkowej, u gatunków fotoautotroficznych chromatofory zawierają chlorofil, karotenoidy i złocistożółtą fikochryzozę. Niektóre złotowiciowce wytwarzają częściowo je okrywające szkieleciki zbudowane z węglanu wapnia i dodatkowo połączone z galaretowatą substancją otaczającą komórkę.
- Okrzemki – otoczone są sztywną ścianą komórkową zbudowaną z pektyn i silnie przesyconą krzemionką dzięki czemu tworzy ona rodzaj pancerzyka składającego się z dwóch części: większego wieczka i mniejszego denka. Do barwników asymilacyjnych tej grupy protistów należy chlorofil, karoten i fukoksantyna, zaś produktem fotosyntezy są tłuszcze, czasem węglowodany. Okrzemki rozmnażają się głównie na drodze podziału komórki, przy czym jedna z komórek potomnych otrzymuje wieczko, a druga denko krzemionkowego pancerzyka, następnie obie komórki do-

budowują denko. W związku z takim przebiegiem tego procesu jedna z linii komórek staje się coraz mniejsza, co po osiągnięciu przez nie pewnej minimalnej wielkości powoduje konieczność wytworzenia tzw. auksospor. Polega to na odrzuceniu pancerzyka przez protoplast, następnie jego intensywnym wzroście i odbudowie pancerzyka. Wytwarzanie auksospor wiąże się często z rozmnażaniem płciowym.

Chryzofity zawierają chlorofile a i c, natomiast ich chloroplasty otoczone są czterema błonami. Materiałem zapasowym jest chryzolaminaryna. Mogą one rozmnażać się płciowo na zasadzie izogamii.

e) Tobołki – organizmy przeważnie jednokomórkowe, których komórki wegetatywne zaopatrzone są w dwie wici. Ściana komórkowa zbudowana z celulozy i pocięta systemem bruzd. Chloroplasty otoczone trzema błonami zawierają chlorofile a i c. Jako materiał zapasowy magazynują tłuszcze i skrobię. Mogą rozmnażać się płciowo na zasadzie izogamii. Cechą charakterystyczną jest prymitywna budowa jądra komórkowego, w którym chromosomy wykazują podobieństwo do genoforów komórek prokariotycznych. Do tobołków należą między innymi bruzdnice, które charakteryzują się występowanie dwóch bruzd w ścianie komórkowej: poprzecznej i podłużnej. W bruzdach tych umieszczone są dwie wici. Tobołki wykazują wiele cech zwierzęcych, przy czym szczególnie wśród bruzdnic jest wiele form cudzożywnych odżywiających się za pomocą nibynóżek, a także pasożytniczych.

f) Glaukofity – grupa niezbyt licznie reprezentowana i bardzo zróżnicowana. Cechą charakterystyczną glaukofitów jest występowanie w komórkach tworów o barwie i kształtach przypominających sinice. Z tego też względu są one niezwykle ważne dla zrozumienia pochodzenia roślin. Ich ściana komórkowa zbudowana jest z celulozy zaś materiał zapasowy stanowi skrobia.

g) Eugleniny – organizmy jednokomórkowe nie posiadające ściany komórkowej natomiast otoczone przez tzw. pellikulę będącą wytworem błony komórkowej. Zaopatrzone są one dodatkowo dwie wici rożnej długości, które wyrastają z zagłębienia zwanego gardzielą. Do gardzieli uchodzi wodniczka tętniąca, zaś u nasady dłuższej wici znajduje się fotoreceptor regulujący jej ruch w zależności od oświetlenia (dokładniejszy opis tego organellum znajduje się w punkcie 3.1.f). Chloroplasty otoczone potrójną błoną zawierają chlorofile a i b, natomiast materiałem zapasowym jest paramylon. Eugleniny rozmnażają się praktycznie tylko bezpłciowo poprzez podział komórki. Eugleniny to organizmy miksotroficzne, co oznacza iż mogą odżywiać się zarówno heterotroficznie jak i autotroficznie przeprowadzając fotosyntezę zależnie od warunków środowiska. Gdy oświetlenie nie jest dostateczne organizmy te tracą chloroplasty i przechodzą na heterotroficzny tryb życia.

h) Wiciowce zwierzęce – jednokomórkowce opatrzone jedną lub kilkoma wiciami, odżywiające się heterotroficznie. Gdy wić występuje pojedynczo może być wzmocniona membraną rozpiętą między nią, a ciałem komórki tworząc tzw. błonkę falującą, co ma miejsce u świdrowców. Niekiedy w jednej komórce występuje kilka jąder, zaś niektóre gatunki należą do anaerobów, co oznacza, że żyją w środowisku całkowicie bez-

tlenowym. Do wiciowców należą między innymi, interesujące z ewolucyjnego punktu widzenia, wiciowce kołnierzykowe, przypominające budową komórki kołnierzykowe gąbek.

i) Zarodziowe (sarkodowe) – organizmy głównie jednokomórkowe i jednojądrowe, aczkolwiek zdarzają się wśród nich wielojądrowe komórczaki, formy kolonijne, a nawet wielokomórkowe. Najczęściej są to heterotrofy, pozbawione ściany komórkowej jak i wyraźnego wewnętrznego cytoszkieletu. Zwykle poruszają się ruchem pełzakowatym wytwarzając nibynóżki. Niektóre potrafią wytwarzać krzemionkowe, bądź wapienne zewnętrzne pancerzyki. Do zarodziowych zaliczamy:

   - Korzenionóżki – reprezentowane są przez ameby i otwornice. Poruszają się za pomocą wysuwanych pseudopodiów, które mogą być grube i tępo zakończone (lobopodia), bądź cienkie (filopodia). Otwornice posiadają często wielokomorowe wapienne skorupki z otworkami, przez które wysuwają nibynóżki aby zdobyć pokarm. Z pancerzyków tych powstały np. pokłady kredy piszącej.

   - Promienionóżki – charakteryzują się wytwarzaniem cienkich, wystających promieniście nibynóżek. Specyficzną dla nich formą nibynóżek są aksopodia mające oś z zagęszczonej cytoplazmy, dzięki czemu sterczą jak kolce. Do promienionóżek zaliczamy słodkowodne słonecznice i morskie promienice (posiadają krzemionkowe pancerzyki).

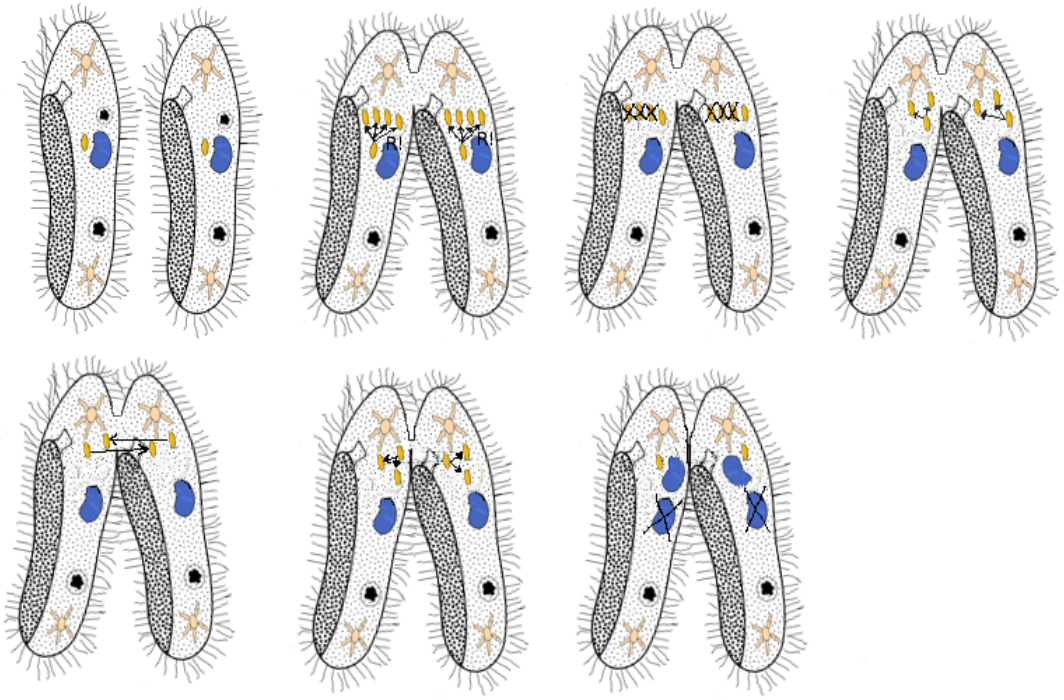
   - Śluzorośla – dawniej zaliczane do grzybów, organizmy saprofityczne bądź pasożytnicze. Charakteryzują się wytwarzaniem śluźni (galaretowatych, wielojądrowych i wolno pełzających tworów) albo nibyśluźni (rodzaj śluźni, w której jest zachowana odrębność tworzących ją pełzaków). Zwykle nie posiadają ściany komórkowej jednak mogą ją wytworzyć np. podczas produkcji zarodników przy czym zbudowana jest ona z polimerów galaktozaminy. Śluzorośla podzielić możemy na protostelliowe o prostym cyklu życiowym i dominującą formą śluźni, dikcjosteliowe tworzące nibyśluźnię oraz śluzowce właściwe. Śluzowce właściwe w stadium wegetatywnym mają postać wielojądrowej śluźni jednak w pewnych okresach śluźnia ta przemieszcza się w miejsce suche i dobrze oświetlone aby wytworzyć zarodnie z zarodnikami. Otoczone ścianą komórkową zarodniki powstają w wyniku mejozy, są więc haploidalne. W zależności od środowiska mogą kiełkować z nich opatrzone wiciami pływki (miksomonady, powstają w środowisku wilgotnym) bądź też formy pełzakowate (miksoameby, powstają w środowisku suchym). Zarówno miksoameby jak i miksomonady mogą zlewać się ze sobą tworząc zygotę. Jeśli łączą się dwie miksoameby zygota ma postać pełzaka, natomiast gdy łączą się dwie pływki ma ona najpierw postać pływki, która następnie przekształca się w pełzaka. Zygota przechodzi wielokrotne podziały jądra czemu nie towarzyszą podziały cytoplazmy dzięki czemu ponownie rozwija się wielojądrowa śluźnia.

j) Lęgniowce – dawniej zaliczane do grzybów organizmy tworzące grzybnię zbudowaną z wielojądrowych strzępek bez przegród. Ściana komórkowa składa się z celulozy. Znaczna część lęgniowców żyje w wodzie. Rozmnażają się zarówno bezpłciowo jak i

płciowo. Podczas rozmnażania bezpłciowego wytwarzają opatrzone dwiema wiciami pływki (zoospory). Gatunki lądowe mogą rozmnażać się za pomocą nieruchliwych zarodników konidialnych. Płciowo lęgniowce rozmnażają się sposobem oogamii jednak nie wytwarzają uwiciowionych gamet (wytwarzają lęgnie i plemnie; plemnia obrasta lęgnię, a następnie cała zawartość plemni przelewa się do lęgni; między przekazaniem jądra męskiego do centralnej części lęgni, a jego połączeniem z jądrem żeńskim występuje krótka dikariofaza, czyli faza jąder sprzężonych charakterystyczna dla grzybów). Do lęgniowców zaliczamy między innymi roztoczka będącego pasożytem ryb oraz fitoftorę wywołującą tzw. zarazę ziemniaczaną.

k) Sporowce – prawie wyłącznie jednokomórkowe pasożyty charakteryzujące się uproszczeniem budowy i haploidalnością wszystkich stadiów rozwojowych poza zygotą, która u niektórych gatunków zachowuje zdolność ruchu (tzw. ookineta). Większość z nich w fazie wzrostowej żyje wewnątrz komórek gospodarza. Wykształciły one także charakterystyczny typ podziału komórki noszący nazwę schizogonii i polegający na wielokrotnym podziale jądra i dopiero późniejszym podziale cytoplazmy, tak że jednocześnie powstaje wiele komórek potomnych. Do sporowców zaliczamy między innymi zarodźca malarii, którego cykl rozwojowy omówiony został w punkcie 3.4.a. Innym, także chorobotwórczym sporowcem jest toksoplazma (patrz punkt 3.4.b).

l) Orzęski – organizmy jednokomórkowe, heterotroficzne (w komórkach niektórych orzęsków mogą występować symbiotyczne glony), wolnożyjące bądź osiadłe, których cechami charakterystycznymi jest orzęsienie komórki oraz obecność aparatu jądrowego złożonego z makro- i mikronukleusa. Makronukleus jest poliploidalny i powstaje najprawdopodobniej w wyniku kilkakrotnej replikacji całego garnituru chromosomów. Podczas podziałów mitotycznych makronukleus dzieli się amitotycznie. Jądro te



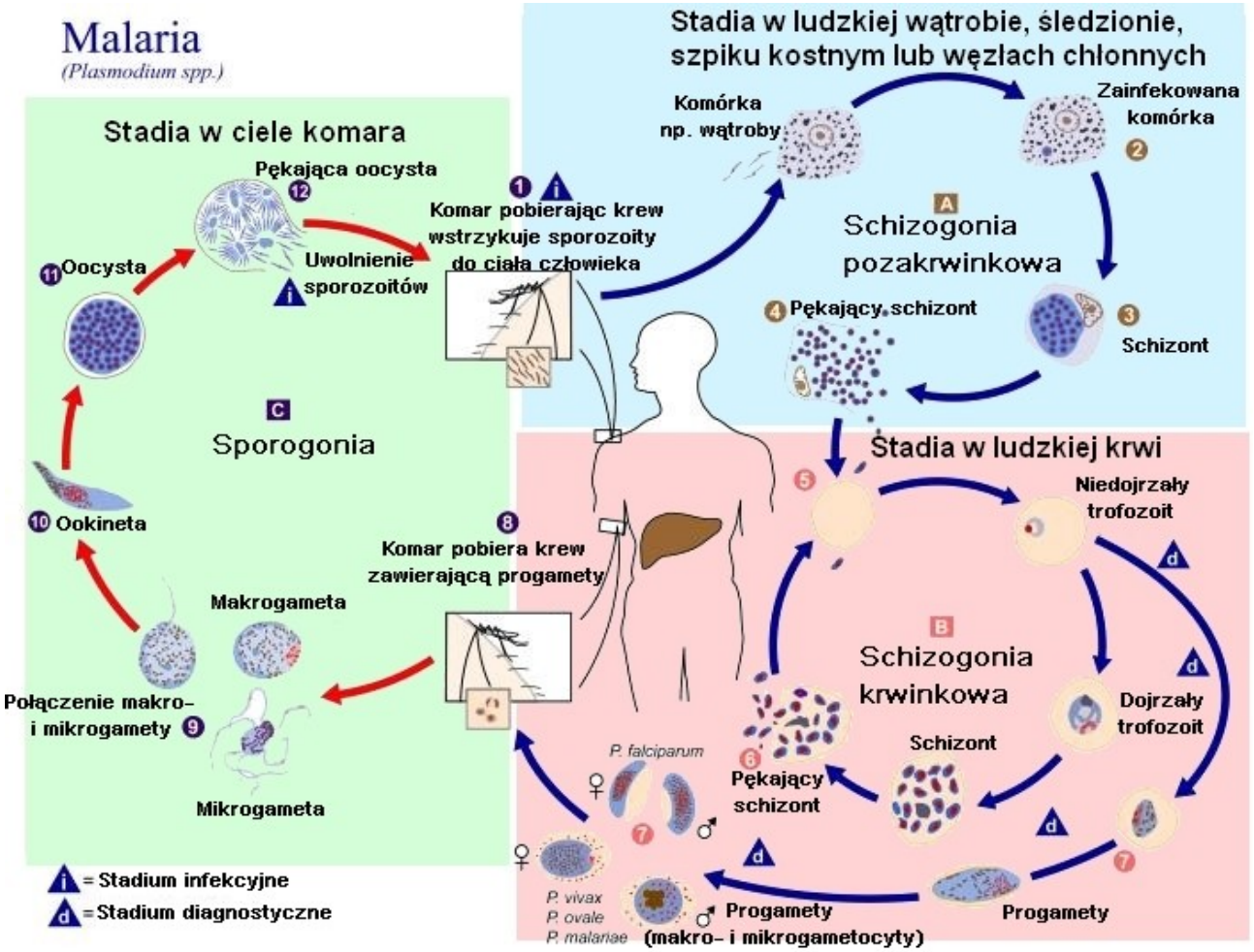
Ryc. 7. Koniugacja pantofelków

bierze głównie udział w transkrypcji regulując procesy metaboliczne i wzrost pierwotniaka. Mikronukleus jest natomiast diploidalny i bierze udział w przechowywaniu i przekazywaniu informacji genetycznej. U orzęsków występuje proces płciowy zwany koniugacją, podczas którego zostaje wymieszany materiał genetyczny między dwoma osobnikami. Polega on na połączeniu się dwóch orzęsków z wytworzeniem mostka cytoplazmatycznego po czym następuje zanik makronukleusów i podział mejotyczny mikronukleusów. Powstałe w ten sposób trzy z czterech jąder potomnych u każdego z osobników ulegają zanikowi zaś pozostałe jądro przechodzi podział mitotyczny. Jedno z dwóch jąder każdego z osobników przemieszcza się do partnera (jest to tzw. pronukleus migracyjny), natomiast drugie pozostaje na miejscu (pronukleus stacjonarny). Po przemieszczeniu się jąder następuje połączenie się ich w każdym osobniku, tak że powstaje po jednym jądrze zygotycznym w każdym z orzęsków. Jądro te dzieli się mitotycznie na dwa, przy czym jedno staje się mikronukleusem, natomiast drugie po zwielokrotnieniu ilości materiału genetycznego – makronukleusem. Ostatecznie dochodzi do rozdzielenia się osobników, które dzięki zaszłemu procesowi posiadają zmieniony materiał genetyczny. Gdy koniugacja nie jest możliwa orzęski mogą przeprowadzić autogamię. Proces ten jest zbliżony do koniugacji jednak pronukleusy łączą się w obrębie tego samego osobnika. Autogamia umożliwia przebudowę i uporządkowanie własnego materiału genetycznego. Typowym przedstawicielem orzęsków jest pantofelek. W związku z pokryciem tych organizmów pellikulą, a co za tym idzie niemożnością pochłaniania cząstek pokarmowych całą powierzchnią komórki, posiadają one cytostom pełniący funkcje otworu gębowego. Prowadzi do niego wklęsły lejek, tzw. perystom. Niestrawione resztki usuwane są przez cytopyge pełniący funkcje otworu odbytniczego. Jednym z ciekawszych zjawisk występujących u pantofelków jest odziedziczenie pewnych cech przez cząstki kappa, będące nukleoproteidami zawartymi nie w jądrze, lecz w cytoplazmie. Cząstki te występują jedynie u niektórych szczepów pantofelków. W procesie podziałów cząstki kappa są rozdzielane losowo do komórek potomnych (a zatem niektóre osobniki w klonie mogą ich nie posiadać). Cząstki kappa replikują się niezależnie od podziałów jądrowych. Osobniki zawierające te specyficzne twory są zdolne do produkcji i wydzielania „cząstek zabójczych" toksycznych dla innych pantofelków. Obecność cząstek kappa w komórce warunkuje jednocześnie odporność na cząstki zabójcze. Cząstki kappa mogą być przekazywane w trakcie koniugacji, dzięki czemu osobniki wrażliwe łącząc się w odpowiednim momencie (pomiędzy kolejnymi wyrzutami cząstek zabójczych) z osobnikiem niewrażliwym może nabyć cząstki kappa, a tym samym zdolność do produkowania cząstek zabójczych i odporność na nie.

Niekiedy rzęski mogą zrastać się w sztywne kolce zwane *cirri* co ma miejsce np. u małżynków. Jedną z ciekawszych grup orzęsków są sysydlaczki, których młode, urzęsione osobniki pływają swobodnie, natomiast z czasem przytwierdzają się do podłoża i tracą urzęsienie (pozostają jednak ciałka podstawowe rzęsek). Ciało osobników osiadłych pokrywają pęczki delikatnych cytoplazmatycznych rureczek zwanych tentakulami, służących do pobierania pokarmu.

3.4. Choroby wywoływane przez protisty

a) Malaria (zimnica) – choroba wywoływana przez należącego do sporowców zarodźca malarii. Jest on przenoszony przez samicę komara widliszka, który stanowi dla tego pasożyta żywiciela ostatecznego (w nim rozmnaża się płciowo), na człowieka będącego w tym przypadku żywicielem pośrednim. Ukąszenie przez zarażonego komara powoduje przedostanie się wraz z jego śliną do krwi człowieka form inwazyjnych pasożyta, tzw. sporozoitów, które następnie transportowane są w krwiobiegu do komórek wątroby, śledziony, szpiku kostnego lub węzłów chłonnych, gdzie dojrzewają przekształcając się w schizonty, które z kolei dzielą się schizogenicznie na liczne merozoity. Ten okres choroby nazwany został schizogonią pozakrwinkową i może on przebiegać bez objawów. Merozoity powodują rozpad komórki, w której powstały i gdy ich liczba osiągnie w organizmie wartość 8-10 tys. część z nich atakuje krwinki czerwone. W erytrocytach zarodziec ponownie przyjmuje formę schizonta i przechodzi podziały schizogeniczne dając nowe pokolenie merozoitów, które po uwolnieniu, łączącym się z zsynchronizowanym rozerwaniem zaatakowanych krwinek czerwonych, mogą zarażać kolejne krwinki. Te stadium choroby nosi nazwę schizogonii krwinkowej. Rozpad wielu krwinek w tym samym czasie spowodowany uwalnianiem się merozoitów skutkuje atakiem gorączki, połączonym z występowaniem dreszczy, silnych bólów głowy, nudności, wymiotów i zaburzeniami akcji serca. Wiąże się to z uwolnieniem zawartości erytrocytów oraz metabolitów pierwotniaka. Zsynchronizowane uwalnianie merozoitów, a co za tym idzie towarzyszące temu ataki powtarzają się zwykle co 3 lub 4 dni w zależności od gatunku zarodźca. Po kilku dniach część merozoitów z krwinek przekształca się w progamety (komórki macierzyste gamet): makro- i mikrogametocyty. W przypadku gdy w tej fazie rozwoju malarii człowiek zostanie ukąszony przez komara, progamety mogą przedostać się wraz z krwią do przewodu pokarmowego komara, gdzie podczas rozpoczynającego się procesu sporogonii, dążącego do ponownego powstania sporozoitów, przekształcają się w gamety: mikrogametocyt w 4-6 małych mikrogamet, a makrogametocyt w pojedynczą makrogametę. Po połączeniu tworzą one ruchliwą zygotę (ookinetę) będącą jedyną w całym cyklu formą diploidalną. Ookineta wniknąwszy do jelita owada otacza się grubą błoną i przekształca się w oocystę, która po podziale mejotycznym i dalszych kilku podziałach mitotycznych pęka uwalniając nowe pokolenie sporozoitów, które z kolei przenikają do gruczołów ślinowych komara. W ten sposób komar może ponownie zarazić człowieka. Proces sporogonii w temperaturze 25ºC w przypadku zarodźca ruchliwego wywołującego malarię trzeciaczkę (nazwaną tak ze względu na powtarzanie się ataków gorączki co trzy dni) trwa 10 dni zaś w gdy temperatura spadnie poniżej 16ºC proces ten trwa tak długo, że komar w międzyczasie ginie. Tłumaczy to jego występowanie w Europie Południowej (Grecja, Turcja, Włochy) oraz Afryce, Azji i Oceanii, gdzie temperatury są wyższe. Cały cykl został przedstawiony w formie schematu poniżej.



Ryc. 8. Cykl życiowy zarodźca malarii

b) Toksoplazmoza – choroba wywoływana przez należącego do sporowców pasożytniczego pierwotniaka o łacińskiej nazwie *Toxoplasma gondii*. Zarażenie człowieka może nastąpić poprzez kontakt z chorym zwierzęciem, bądź spożycie zarażonego mięsa. Żywicielem ostatecznym toksoplazmy są drapieżne kotowate, u których w jelicie ma miejsce rozród płciowy tego pasożyta sposobem anizogamii. Toksoplazma rozmnaża się bezpłciowo wewnątrz komórek tworząc pseudocysty i wywołując przewlekłe choroby takich narządów jak płuca, węzły chłonne i centralny układ nerwowy. U znacznej części ludzi jej obecność nie wywołuje objawów chorobowych. Szczególne niebezpieczeństwo istnieje gdy toksoplazma dostanie się z organizmu matki, będącej nosicielką, do płodu. W takim wypadku następuje uszkodzenie mózgu rozwijającego się dziecka, które rodzi się z toksoplazmozą wrodzoną dającą zwykle trwałe kalectwo. Ciekawym zjawiskiem występującym w cyklu rozwojowym tego pasożyta jest jego zdolność do zmiany zachowania żywiciela pośredniego. Wygląda to mniej więcej w ten sposób iż np. mysz zaatakowana przez toksoplazmę nie przejawia strachu przed drapieżnikami takimi jak koty (będącymi żywicielami ostatecznymi dla toksoplazmy), co ułatwia jej upolowanie, a tym samym zamknięcie cyklu rozwojowego sporowca. Istnieją uzasadnione przypuszczenia iż pasożyt ten może wpływać także na zachowanie ludzi, aczkolwiek nie w taki sam sposób jak w opisanym przypadku myszy.

c) Czerwonka pełzakowata – choroba wywoływana przez pełzaka czerwonki należącego do korzenionóżek. Pierwotniak ten bytuje w jelicie grubym człowieka pod dwoma postaciami: dużą i małą. Postać duża produkuje enzymy trawiące ścianę jelita i tym samym powodując owrzodzenie jego owrzodzenie. W związku z tym jednym z objawów czerwonki są krwawe biegunki. Postać mała pełzaka nie powoduje objawów chorobowych jednak podobnie jak postać duża może wytwarzać cysty, które po wydaleniu z kałem mogą zostać spożyte np. wraz z zakażonymi nimi warzywami. Formy małe mogą przekształcać się w formy duże.

d) Rzęsistkowica – wywołuje ją należący do wiciowców rzęsistek pochwowy. Jest to choroba weneryczna występująca w większym stopniu u kobiet i objawiająca się stanami zapalnymi narządów płciowych.

e) Lamblioza – choroba wywoływana przez należącą do wiciowców lamblię jelitową. Zarażenie następuje w wyniku spożycia wraz z pokarmem lub wodą cyst tego pasożyta. Lamblia bytuje w jelicie człowieka wywołując w postaci ostrej biegunkę, nudności i bóle brzucha.

f) Śpiączka afrykańska – wywołują ją wiciowce z grupy świdrowców: świdrowiec gambijski (*Trypanosoma gambinese*) i świdrowiec rodezyjski. Oba te gatunki przenoszone są przez muchy tse-tse, która stanowi dla nich żywiciela pośredniego. Świdrowiec gambijski posiada jedno jądro, wić tworzącą na długim odcinku błonkę falującą oraz jedno mitochondrium umieszczone między jądrem, a ciałkiem podstawnym wici (czasem może jednak ciągnąć się przez całą długość komórki). Świdrowce te nie posiadają wodniczek tętniących ani pokarmowych, gdyż jako pasożyty wewnętrzne nie potrzebują tych organelli. Po dostaniu się pasożyta wraz ze śliną muchy tse-tse do organizmu człowieka, pasożytują one jakiś czas (do 2 lat) w osoczu krwi i limfie wywołując wysoką gorączkę, bóle głowy i stawów, uszkodzenia mięśnia sercowego, wątroby, śledziony, naczyń chłonnych i niedokrwistość – jest to pierwsza faza choroby. W fazie drugiej pasożyty przenikają do płynu mózgowo-rdzeniowego zatruwając mózg wydzielanymi przez siebie substancjami. Objawia się to zaburzeniami psychicznymi lub okresami głębokiej śpiączki. Faza ta prowadzi do śmierci chorego.

g) Choroba Chagasa – wywołuje ją występujący w tropikalnej Ameryce świdrowiec o łacińskiej nazwie *Trypanosoma cruzii*. Choroba może być śmiertelna, a zarażenie następuje gdy pasożyty wnikną przez uszkodzoną skórę z kału pewnych pluskwiaków, u których pasożytuje.

h) Nagana – jest to groźna choroba bydła, którą wywołuje przenoszony przez muchy tse-tse świdrowiec nagany (*Trypanosoma brucei*).

i) Leiszmanioza – można wyróżnić kilka rodzajów leiszmanioz wywoływanych przez odmienne gatunki wiciowców z rodzaju *Leishmania*. Występują w strefie tropikalnej, a także w Europie Południowej, przenoszone zaś są przez moskity z rodzaju *Phlebotomus*. Leiszmaniozę narządową, zwaną także chorobą czarną (kala-azar) i często kończącą się śmiercią, wywołuje *Leishmania donovani*. Leiszmaniozę skórną zwaną inaczej wrzodem wschodnim wywołuje *Leishmania tropica*.

Gruczoły mleczne (sutkowe) są przekształconymi gruczołami potowymi. Gruczoły potowe są wytworem naskórka, natomiast gruczoły łojowe są wytworem mieszków włosowych lub naskórka.

Zobacz też: 8.3.a, 8.4.a, 8.5.a, 8.6.a, 8.7.a, 8.8.a, 8.9.a, 8.10.a, 8.11.a, 8.12.a, 8.13.a, 8.14.a, 8.15.a, 8.16.a, 8.17.a.

9.4. Układ nerwowy i narządy zmysłów

(zobacz też: Tkanka nerwowa)

a) Mózg i ośrodkowy układ nerwowy

W rozwoju osobniczym cewka nerwowa rozszerza się w przedniej części tworząc najpierw 3 (przodomózgowie, śródmózgowie, tyłomózgowie), a później 5 (kresomózgowie, międzymózgowie, śródmózgowie, tyłomózgowie, rdzeniomózgowie) pęcherzyków.

Mózgowie można podzielić na: mózg (kresomózgowie i jądra podstawy), móżdżek i pień mózgu. Pień mózgu składa się z międzymózgowia, śródmózgowia i rdzenia przedłużonego.

Na tyłomózgowie składają się móżdżek i most.

Niektóre funkcje poszczególnych części mózgowia człowieka:

- Rdzeń przedłużony – znajdują się tam ośrodki odpowiedzialne za oddychanie, krążenie (szybkość skurczu serca oraz stan napięcia naczyń), połykanie i wymioty. W rdzeniu przedłużonym krzyżują się także drogi nerwowe tak iż lewa półkula unerwia prawą stronę ciała zaś prawa półkula mózgu unerwia lewą stronę ciała.

- Tyłomózgowie – móżdżek odbiera informacje ze wszystkich receptorów całego ciała i kontroluje ruchy, utrzymuje stałe napięcie mięśni (tonus), natomiast most umożliwia koordynację ruchów prawej i lewej części ciała (łączy obie półkule móżdżku). Astazja – drżenie zamiarowe, skutek usunięcia lub uszkodzenia móżdżku.

- Śródmózgowie – mieszczą się tu ośrodki regulujące utrzymanie postawy ciała i napięcie mięśni oraz ośrodki niektórych odruchów wzrokowych (np. odruchu źrenicznego) i słuchowych.

- Międzymózgowie – składa się z nadwzgórza (połączonego z szyszynką), wzgórza i podwzgórza. W podwzgórzu mieszczą się ośrodki: głodu, sytości, pragnienia, zaspokojenia pragnienia, agresji, ucieczki, popędu płciowego, termoregulacji, a także regulujące gospodarkę wodno-elektrolitową, przemiany cukrów i tłuszczów, ciśnienie krwi oraz współdziałające w zapadaniu w sen. Znajduje się tu także jądro nadskrzyżowaniowe, w którym u ssaków znajduje się nadrzędny zegar biologiczny. W poszczególnych narządach organizmu mogą znajdować się peryferyczne zegary biologiczne sterujące ich pracą.

- Kresomózgowie – w każdej z półkul kresomózgowia wyróżniamy płaty: czołowy (ośrodki ruchowe), ciemieniowy (ośrodki czuciowe – ciepła, zimna, dotyku, ucisku), potyliczny (ośrodek wzroku), skroniowy (ośrodek słuchu, ruchowy mowy – Broca) oraz wyspowy. Półkule kresomózgowia połączone są spoidłem wielkim (ciałem modzelowatym). Kresomózgowie pierwotnie pełniło funkcję nadrzędnego ośrodka węchu.

- Twór siatkowaty – ważna struktura pnia mózgu, zespół komórek nerwowych związanych czynnościowo z utrzymywaniem stanu świadomości (rytm snu i czuwania), moduluje pracę układu ruchowego działając pobudzająco lub hamująco na neurony ruchowe (odpowiada za właściwe napięcie mięśniowe i utrzymywanie równowagi).

- Układ limbiczny – odpowiada za kształtowanie emocji, pamięci, decyzji i za uczenie się. W jego skład wchodzi między innymi wzgórze, podwzgórze, hipokamp i ciało migdałowate.

Ośrodek czuciowy mowy (Wernickiego) mieści się na granicy płata ciemieniowego i skroniowego.

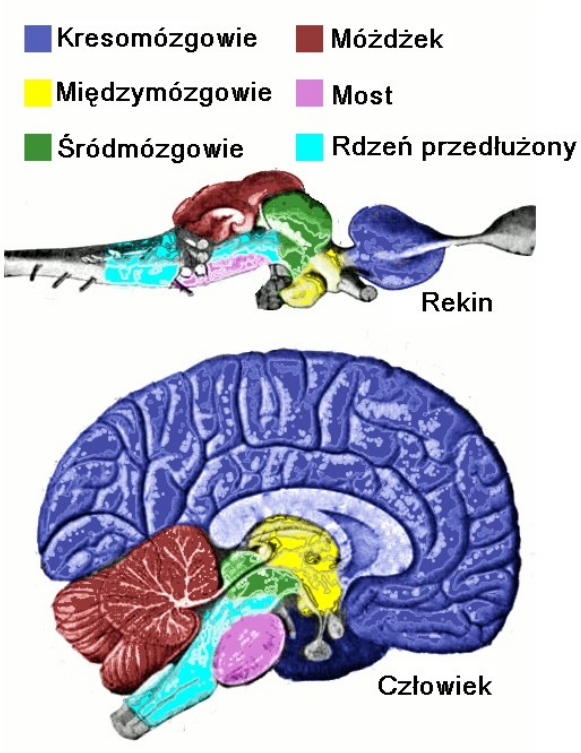
Afazja – zanik zdolności mówienia na skutek uszkodzenia ośrodka czuciowego mowy (afazja sensoryczna) lub ośrodka Broca (afazja ruchowa).

Kora móżdżku zbudowana jest z trzech warstw komórek:

- Warstwa drobinowa (zewnętrzna)
- Warstwa zwojowa (środkowa)
- Warstwa ziarnista (wewnętrzna)

Kora mózgu w przeważającej części zbudowana jest z sześciu warstw:

- Drobinowej
- Ziarnistej zewnętrznej
- Piramidalnej zewnętrznej



Ryc. 36. Części mózgowia

- Ziarnistej wewnętrznej
- Piramidalnej wewnętrznej
- Zwojowej

W polach ruchowych kory mózgowej lepiej rozwinięte są warstwy piramidalne, natomiast w polach czuciowych – warstwy ziarnistej

Jądra podkorowe – skupienia istoty szarej w istocie białej kresomózgowia.

U owodniowców występuje 12 par nerwów czaszkowych. Nerwy czaszkowe są czuciowe (I, II i VIII para), ruchowe (IV i VI para), bądź mieszane. Wśród nerwów czaszkowych u człowieka wyróżniamy:

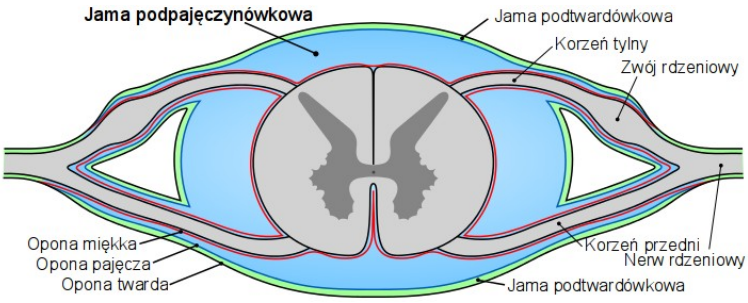
- Nerwy węchowe (I)
- Nerwy wzrokowe (II)
- Nerwy okoruchowe (III) – są mieszane; część czuciowa prowadzi impulsy z proprioreceptorów mięśni gałki ocznej, natomiast włókna ruchowe wiodą impulsy do mięśni zwężających źrenicę, mięśni zmieniających kształt soczewki oraz poruszających gałką oczną.
- Nerwy bloczkowe (IV) – przewodzą bodźce do mięśni skośnych górnych gałki ocznej.
- Nerw trójdzielny (V) – górna część zaopatruje górną część twarzy i głowy, środkowa (szczękowa) zęby szczęki, okolice nosa i policzki, zaś dolna (żuchwowa) żuchwę i jej zęby.
- Nerwy odwodzące (VI) – unerwiają mięśnie proste boczne oka.
- Nerw twarzowy (VII) – czuciowo-ruchowy, prowadzi impulsy z kubków smakowych przedniej części języka; część ruchowa zaopatruje mięśnie twarzy, natomiast gałązki układu przywspółczulnego wiodą bodźce do ślinianek podjęzykowych i podszczękowych.
- Nerw przedsionkowo-ślimakowy (słuchowy, VIII).
- Nerwy językowo-gardłowe (IX) – są mieszane; część czuciowa niesie informację z kubków smakowych tylnej części języka i z błony śluzowej gardła, natomiast część ruchowa zaopatruje mięśnie gardzieli. Gałązki parasympatyczne nerwów IX unerwiają wydzielniczo ślinianki przyuszne.

- Nerw błędny (X) – jest jednym z najważniejszych nerwów przywspółczulnych. Włókna czuciowe biegną z gardła, krtani, tchawicy, oskrzeli, serca, aorty, żołądka, wątroby i nerek; włókna ruchowe dochodzą do tych samych narządów.
- Nerw dodatkowy (XI) – unerwia zarówno czuciowo jak i ruchowo mięśnie ramienia.
- Nerwy podjęzykowe (XII) – unerwiają zarówno czuciowo jak i ruchowo mięśnie języka.

Istota szara rdzenia kręgowego tworzy tzw. rogi przednie i rogi tylne. Rogi przednie złożone są z ciał komórek ruchowych, natomiast rogi tylne z komórek odbierających informacje od neuronów czuciowych. Perikariony neuronów czuciowych leżą blisko rdzenia kręgowego tworząc w korzeniach tylnych zgrubienia – zwoje rdzeniowe. Korzenie przednie i tylne utworzone są z aksonów wychodzących odpowiednio z przednich bądź tylnych rogów rdzenia kręgowego. Korzenie te łączą się tworząc nerwy rdzeniowe. U ssaków występuje 31 par nerwów rdzeniowych. Najdłuższym nerwem organizmu człowieka jest nerw kulszowy wychodzący ze splotu krzyżowego.

Zarówno mózgowie jak i rdzeń kręgowy są chronione przez opony oraz płyn mózgowo-rdzeniowy. Opony mózgowe dzielimy na:

- Twardą (pomiędzy jej dwiema blaszkami: zewnętrzną i wewnętrzną występują zatoki żylne biorące udział w chłodzeniu)



Ryc. 37. Przekrój przez rdzeń kręgowy

- Pajęczą (przestrzeń podpajęczynówkowa wypełniona jest płynem mózgowo-rdzeniowym)
- Miękką (naczyniówkę)

Płyn mózgowo-rdzeniowy powstaje z przesączonej krwi oraz dzięki aktywności wydzielniczej komórek śródbłonka splotów naczyniówkowych komór mózgu.

b) Autonomiczny układ nerwowy (AUN)

Nadrzędną rolę nad całym AUN pełni podwzgórze dodatkowo integrując go z układem hormonalnym.

Tabela 6. Porównanie budowy i działania układu nerwowego współczulnego (sympatycznego) i przywspółczulnego (parasympatycznego).

Cecha/efektor	Układ współczulny	Układ przywspółczulny
Charakterystyczny przekaźnik synaptyczny	Adrenalina i noradrenalina	Acetylocholina
Okolica, z której wychodzą nerwy	Segmenty piersiowe i trzy pierwsze lędźwiowe rdzenia kręgowego	Rdzeń przedłużony (nerwy czaszkowe III, VII, IX i X) i krzyżowa część rdzenia kręgowego
Włókna przedzwojowe	Krótkie, zmielinizowane (białe), wydzielają acetylocholinę	Długie, zmielinizowane (białe), wydzielają acetylocholinę
Włókna zazwojowe	Długie, bezrdzenne (bez osłonki mielinowej), wydzielają noradrenalinę	Krótkie, bezrdzenne (bez osłonki mielinowej), wydzielają acetylocholinę
Lokalizacja zwojów	Wzdłuż kręgosłupa (tworzą pnie sympatyczne)	Obwodowo (w unerwianych narządach)
Działanie na serce	Zwiększenie liczby i siły skurczów	Zmniejszenie liczby skurczów
Działanie na oskrzela	Rozszerzenie	Zwężenie
Źrenica	Rozszerzenie	Zwężenie
Gruczoły ślinowe	Wydzielanie gęstej śliny	Wydzielanie wodnistej śliny
Żołądek	Spadek motoryki	Wzrost motoryki
Mięśnie jelita	Spadek perystaltyki	Wzrost perystaltyki
Gruczoły trawienne	Spadek wydzielania	Wzrost wydzielania
Wyspy trzustki	Spadek wydzielania insuliny	Wzrost wydzielania insuliny
Wątroba	Pobudza rozkład glikogenu do glukozy	Brak wyraźnego oddziaływania
Tkanka tłuszczowa	Rozkład tłuszczów zapasowych	Brak oddziaływania
Rdzeń nadnerczy	Pobudzanie wydzielania adrenaliny i noradrenaliny	Brak oddziaływania
Gruczoły potowe	Wydzielanie potu na dłoniach	Ogólne pocenie się

Współczulne włókno zazwojowe jest silnie rozgałęzione w obrębie unerwianego narządu i tworzy tzw. splot podstawny. Te liczne rozgałęzienia aksonu posiadają specjalne zgubienia (żylakowatości), w których znajdują się pęcherzyki synaptyczne z mediatorem (brak jest typowych zakończeń synaptycznych).

Rdzeń nadnerczy jest wyspecjalizowanym do czynności dokrewnej fragmentem układu nerwowego współczulnego; stanowi on przekształcone neurony zazwojowe.

Acetylocholina (wydzielana na zakończeniach zazwojowych układu parasympatycznego) łączy się z receptorem muskarynowym i receptorem nikotynowym. Atropina (alkaloid z wilczej jagody) blokuje receptor muskarynowy co powoduje przewagę układu współczulnego nad przywspółczulnym.

Układ jelitowy – część AUN w dużym stopniu niezależna od jego ośrodków, odpowiada za czynności i motorykę jelit.

c) Funkcjonowanie układu nerwowego

Neuroprzekaźniki podzielić można na transmitery synaptyczne (związki o małej cząsteczce, pobudzające lub hamujące przenoszenie bodźców w synapsach) i modulatory synaptyczne (zwykle peptydy zmieniające funkcjonowanie synaps):

- Do transmiterów pobudzających zaliczamy: acetylocholinę (ACh), aminy (adrenalina, noradrenalina, histamina, serotonina, dopamina) oraz sole aminokwasów.
- Do transmiterów hamujących zaliczamy glicynę oraz kwas gamma-aminomasłowy (GABA). Obie te substancje powodują hiperpolaryzację błony neuronu poprzez umożliwienie wnikania do jego wnętrza jonów chlorkowych.
- Modulatory synaptyczne aktywują lub inaktywują enzymy znajdujące się w błonach synaptycznych oraz zmieniają liczbę receptorów błonowych (np. powodują ich internalizację – przechodzenie do cytoplazmy, lub przeciwnie: eksternalizację – pojawienie się na powierzchni błony). Należą do nich między innymi peptydy opioidowe. Peptydy opioidowe łączą się z receptorami opioidowymi tłumiąc przewodnictwo synaptyczne. Należą do nich enkefaliny, endorfiny i dynorfiny.

W zależności od umieszczenia synapsy na błonie postsynaptycznej możemy podzielić synapsy na trzy rodzaje:

- Aksono-dendrytyczne
- Aksono-somatyczne (akson tworzy synapsę z perykarionem)
- Aksono-aksonalne

Włókna w pniu nerwowym możemy podzielić na dośrodkowe (aferentne) i odśrodkowe (eferentne).

Siła bodźca kodowana jest poprzez zmianę częstotliwości impulsów elektrycznych w neuronie, a nie zmianę amplitudy tych impulsów.

Zachowania reaktywne są to sposoby zachowania się zwierząt, u podstaw których leżą odruchy bezwarunkowe. Można je podzielić na: kinezy (zmiana kierunku lub szybkości ruchu), taksje oraz tropizmy.

Pamięć możemy podzielić na krótko- i długotrwałą. Pamięć krótkotrwała ma najprawdopodobniej charakter elektryczny i polega na krążeniu sygnałów elektrycznych w zamkniętych obwodach mózgu (tzw. rewerbacyjnych; sygnał wysłany przez jeden neuron powraca do niego ponownie go pobudzając, układ ten działa na zasadzie dodatniego sprzężenia zwrotnego) aż do zmęczenia się synaps, bądź nałożenia się nowego sygnału. Pamięć długotrwała polega natomiast na trwałych zmianach chemicznych synaps i powstawaniu nowych połączeń między neuronami. Zmiana charakteru chemicznego synaps może prowadzić do długotrwałego wzmocnienia synaptycznego (wzrasta siła odpowiedzi neuronów postsynaptycznych) bądź długotrwałego osłabienia synaptycznego (maleje siła odpowiedzi neuronów postsynaptycznych). Konsolidacja pamięci (przetwarzanie danych z pamięci krótkotrwałej na długotrwałą) odbywa się w hipokampie. Osoby z usuniętym hipokampem posiadają pamięć o zdarzeniach z przed zabiegu, ich pamięć krótkotrwała także działa prawidłowo, jednak nie potrafią trwale zapamiętywać nowych informacji. Procesy związane z powstawaniem pamięci długotrwałej najintensywniej zachodzą podczas snu. Znane są przypadki ludzi posiadających pamięć absolutną. Jednym z nich jest dziennikarz, którego mózg w wyniku uszkodzenia potrafił wygenerować dodatkowe informacje o rzeczach zapamiętywanych (np. płot oprócz koloru miał zapach, liczby miały imiona i układały się w historie). W procesie zapamiętywania nie jest ważna ilość informacji jakie mamy zapamiętać, lecz to czy tworzą one logiczną całość, dlatego warto świadomie tworzyć związki pomiędzy zapamiętywanymi rzeczami. Faktem jest także to iż im dłużej dana informacja znajduje się w naszej pamięci, tym trudniej ją stamtąd usunąć (np. nieraz osoby starsze łatwiej potrafią sobie przypomnieć historie z przed kilkudziesięciu lat niż to co robiły przed chwilą).

Fale mózgowe:

- Fale alfa – występują przy odpoczynku gdy oczy są zamknięte.
- Fale beta – występują podczas aktywności umysłowej, charakteryzują się większą częstotliwością.
- Fale delta i theta – występują podczas snu (fazy NREM), charakteryzują się mniejszą częstotliwością i większą amplitudą.

Tetrodoksyna – neurotoksyna występująca u najeżki wiążąca się z napięciozależnymi kanałami sodowymi uniemożliwiając przepływ Na^+, a tym samym przerywając przewodnictwo nerwowe. Tetrodoksyna nie przenika przez barierę krew-mózg, w związku z czym osoba zatruta zachowuje świadomość, podczas gdy całe jej ciało jest sparaliżowane. Śmierć następuje w wyniku uduszenia spowodowanego paraliżem mięśni oddechowych.

d) Narządy zmysłów

Z fizjologicznego punktu widzenia czucie można podzielić na cztery grupy:

- Czucie teleceptywne – jego receptory reagują na bodźce z pewnej odległości (wzrok, słuch, powonienie).
- Czucie eksteroceptywne – jego receptory reagują na bodźce, których źródło znajduje się blisko receptora (czucie bólu, dotyku i ucisku, ciepła i zimna oraz smaku).
- Czucie proprioceptywne – jest źródłem informacji o stanie układu ruchu.
- Czucie interoceptywne (trzewne). Do interoceptorów zaliczamy między innymi presoreceptory tętnic, baroreceptory, mechanoreceptory płuc oraz ogólnie chemoreceptory.

W skórze mogą występować następujące receptory eksteroceptywne:

- Wolne zakończenia nerwowe – znajdują się również w błonach śluzowych, gruczołach, powięziach, stawach itd. Są one receptorami bólu oraz ciepła. Szereg wolnych zakończeń nerwowych oplata mieszki włosowe, reagują one prawdopodobnie na dotyk.
- Ciałka dotykowe (Meissnera) i łąkotki dotykowe (krążki Merkela) – odpowiadają za czucie dotyku.
- Ciałka blaszkowate (Vater-Paciniego) – zlokalizowane są w tkance podskórnej, a także w torebkach stawowych i w krezce jelit; odpowiadają za czucie ucisku.
- Kolby końcowe (ciała buławkowate, Krausego) – odbierają uczucie zimna.
- Ciałka zmysłowe (Ruffiniego) – odbierają uczucie ciepła (wg nowszych poglądów odpowiadają za czucie dotyku).

Za odczuwanie bólu odpowiadają takie substancje jak histamina, serotonina i kininy (np. bradykinina).

Czucie bólu ze względu na drogę przewodzenia do mózgu można podzielić na:

- Czucie epikrytyczne – pozwala zlokalizować miejsce bólu.
- Czucie protopatyczne – nie pozwala zlokalizować miejsca bólu.

Umami – rodzaj smaku słodkiego charakteryzujący np. aminokwasy i przenoszony w inny sposób niż smak słodki.

Kubki smakowe w największej liczbie związane są z brodawkami języka okolonymi, grzybowatymi, liściastymi i piramidalnymi; nie ma ich natomiast w brodawkach nitkowatych.

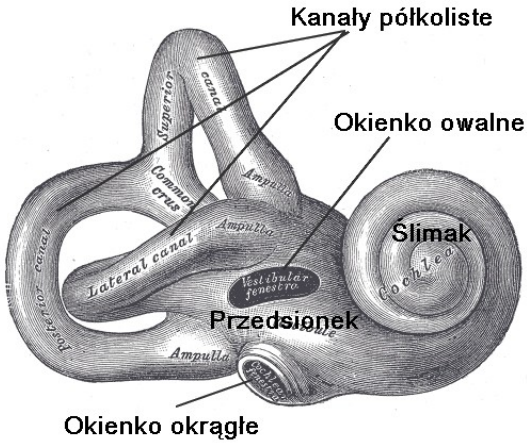
Za czucie proprioceptywne odpowiadają:

- Wrzecionka nerowo-mięśniowe – informują o ruchach mięśni, są szczególnie liczne w mięśniach wykonujących precyzyjne ruchy.
- Narządy ścięgnowe Golgiego – informują o napięciu mięśni i ścięgien.
- Receptory stawów – informują o zmianach kąta stawowego.

W błędniku kostnym możemy wyróżnić dwie części:

- Przedsionek połączony z trzema kanałami półkolistymi
- Ślimak, w którym mieści się narząd Cortiego

Błędnik błoniasty zawarty w przedsionku składa się z woreczka i łagiewki, która połączona jest z trzema kanałami półkolistymi i ich bańkami. Wszystkie te struktury wypełnione są endolimfą (śródchłonką).

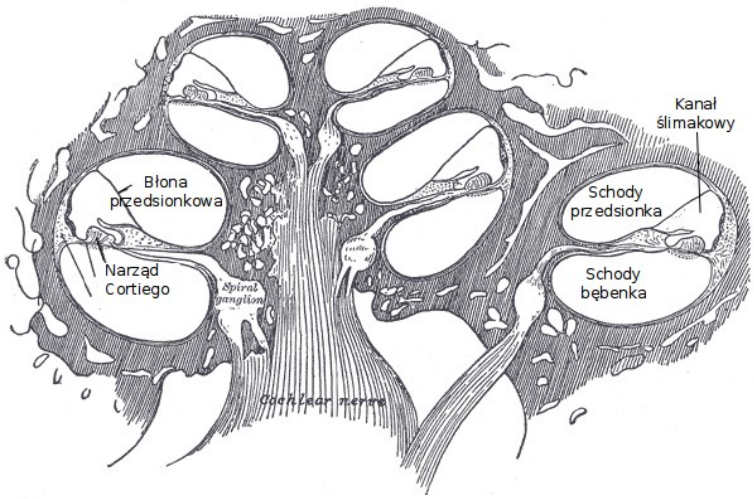


Ryc. 38. Błędnik kostny

W przekroju poprzecznym przez rurę jaką jest ślimak możemy wyróżnić trzy kanały:

- Schody przedsionka (wypełniony perylimfą)
- Przewód ślimaka (wypełniony śródchłonką)
- Schody bębenka (wypełniony perylimfą)

Schody przedsionka i schody bębenka łączą się małym otworem zwanym szparą osklepka.



Ryc. 39. Przekrój przez ślimak

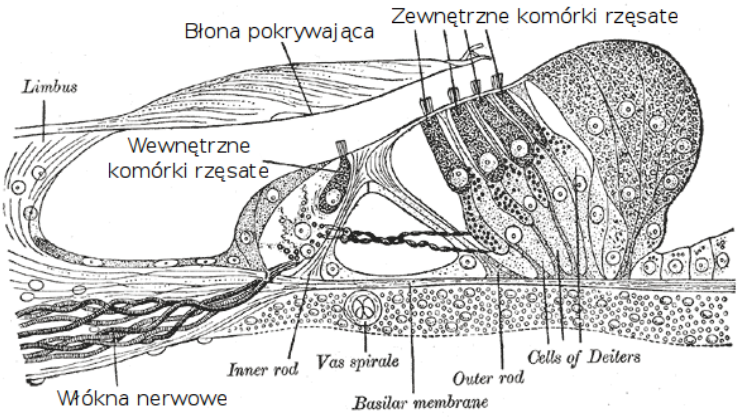
W bańkach przewodów półkolistych receptorami zmysłu równowagi są grzebienie bańkowe. Rzęski komórek zmysłowych w grzebieniach bańkowych zlepione są osklepkiem.

W łagiewce i w woreczku receptorami są plamki ustawione do siebie prostopadle i reagujące na przyspieszenie liniowe.

Błędnik u człowieka jest najprawdopodobniej homologiczny do linii nabocznej ryb.

W uchu człowieka występują następujące kosteczki słuchowe:

- Młoteczek – powstał z kości stawowej (I łuk skrzelowy).
- Kowadełko – powstał z kości kwadratowej (I łuk skrzelowy).
- Strzemiączko – powstało z chrząstki gnykowo-żuchwowej (II łuk skrzelowy).



Ryc. 40. Narząd Cortiego

Komórki węchowe człowieka najsilniej reagują na merkaptan metylowy.

Feromony nie są odbierane przez nabłonek węchowy, lecz przez specjalny narząd womero-nasalny (przylemieszowy). Sygnały z tego narządu przesyłane są do podwzgórza.

Błonę naczyniową oka tworzy naczyniówka, ciało rzęskowe oraz tęczówka.

Ruchy gałek ocznych możemy podzielić na cztery rodzaje:

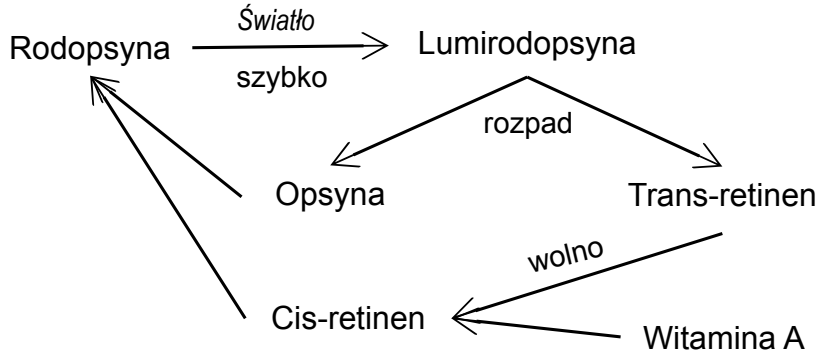
- Ruchy szybkie (przy przenoszeniu wzroku z jednego przedmiotu na drugi).
- Ruchy powolne (np. przy obserwacji poruszającego się przedmiotu).
- Ruchy konwergencyjne (przy obserwacji przedmiotów zbliżających i oddalających się).
- Ruchy wyzwalane przez bodźce płynące z narządu równowagi.

Do narządów ochronnych oka zaliczamy spojówki, powieki oraz gruczoły łzowe.

W plamce żółtej znajduje się największe nagromadzenie czopków odpowiadających za ostre i barwne widzenie przy dobrym oświetleniu, natomiast na obrzeżach plamki żółtej przeważają pręciki odpowiadające za nieostre widzenie przy słabym oświetleniu.

Większość ssaków ma 2 typy czopków, podczas gdy ludzie i inne naczelne posiadają ich 3 rodzaje. Pręciki jako fotoreceptory różnią się od innych neuronów tym, że kanały jonowe w ich błonie w stanie spoczynku są zwykle otwarte; fotoreceptor ulega depolaryzacji i stale uwalnia neuroprzekaźnik, którym jest glutaminian. Inną cechą fotoreceptorów i komórek dwubiegunowych jest to, że nie generują one potencjałów czynnościowych (neuroprzekaźnik jest uwalniany przez fotoreceptory stopniowo, w zależności od stopnia depolaryzacji).

Poniżej został przedstawiony schemat ilustrujący przemiany rodopsyny pod wpływem światła w komórce pręcikowej:



Ryc. 41. Przemiany rodopsyny

e) Układ nerwowy i narządy zmysłów u zwierząt

Rodzaje uczenia się u zwierząt:

- Habituacja (zobojętnienie na dany bodziec)
- Wpajanie (imprinting) – występuje np. w przypadku piskląt zagniazdowników (np. kaczek), które w pierwszych chwilach po wykluciu uczą się rozpoznawać swoją matkę, za którą później podążają. Jeżeli w pierwszych chwilach po wykluciu nie zobaczą matki tylko jakiś przedmiot, to będą podążać za tym przedmiotem.
- Warunkowanie klasyczne
- Warunkowanie instrumentalne (zachowanie spontaniczne jest wzmacniane np. szczur i dźwignia)
- Uczenie się przez wzgląd (nabyte doświadczenia są wykorzystywane do rozwiązywania nowych problemów)

Zobacz też: 8.2.b, 8.3.e, 8.4.e, 8.5.f, 8.6.e, 8.7.e, 8.8.f, 8.9.e, 8.10.e, 8.11.f, 8.12.f, 8.13.f, 8.14.f, 8.15.f, 8.16.f, 8.17.f.

9.5. Układ krążenia i oddechowy

a) Serce

W sercu człowieka wyróżnia się:

- Podstawę zwróconą ku górze i w prawo
- Wierzchołek zakończony koniuszkiem tworzonym przez lewą komorę

Objętość wyrzutowa serca człowieka wynosi 120-180 ml w spoczynku (średnio 140 ml).

14. Systematyka organizmów

Z oznaczeniem gatunków objętych ścisłą ochroną gatunkową w Polsce.

Królestwo: Zwierzęta (*Animalia*)

Podkrólestwo: Zwierzęta wielokomórkowe (*Metazoa*)

Organizmy wielokomórkowe, heterotroficzne, charakterystyczna obecność kolagenu w substancji międzykomórkowej, w rozwoju obecne stadium blastuli.

☞ **Typ:** Gąbki (*Porifera, Spongiaria*)

Obecne komory choanocytowe przepompowujące wodę od zewnętrznej powierzchni ciała do kanału centralnego wylotowego.

➳ **Gromada:** Gąbki różnoszkieletowe

Igły szkieletu krzemionkowo-sponginowe i krzemionkowo-sponginowo-wapienne, wewnątrzkomórkowe.

➳ **Gromada:** Sklerogąbki

Igły szkieletu krzemionkowe i krzemionkowo-wapienne, niektóre mają zdolność do wytwarzania bazalnego szkieletu wapiennego.

➳ **Gromada:** Gąbki szklane

Wewnątrzkomórkowe igły szkieletu krzemionkowe, komórki ciała tworzą syncytium.

➳ **Gromada:** Gąbki wapienne

Igły szkieletu wapienne.

☞ **Typ:** Parzydełkowce *(Cnidaria)*

Dwuwarstwowce, posiadają parzydełka oraz charakteryzują się symetrią promienistą

➳ **Gromada:** Stułbiopławy

Cykl życiowy z przemianą pokoleń, występuje forma meduzy i polipa, jednak dominuje stadium polipa.

➳ **Rząd:** Stułbiowce

➳ **Rząd:** Rurkopławy, cewiopławy



Ryc. 68. Żeglarz portugalski

➳ **Gromada:** Krążkopławy

Cykl życiowy z przemianą pokoleń, występuje forma meduzy i polipa, jednak dominuje stadium meduzy.



Ryc. 69. Chełbia modra

➳ **Gromada:** Koralowce

Brak stadium meduzy.

➳ **Podgromada:** Koralowce sześciopromienne

➳ **Rząd:** Kolczniki

➳ **Rząd:** Szorstniki

➳ **Rząd:** Skleraktinie

➳ **Rząd:** Ukwiały

➳ **Rząd:** Ukwiałki

➳ **Podgromada:** Koralowce ośmiopromienne

➳ **Rząd:** Korkowce

➳ **Rząd:** Gąścioły

➳ **Rząd:** Stolonowce

➳ **Rząd:** Zdobnice

➳ **Rząd:** Piórówki

☞ **Typ:** Żebropławy *(Ctenophora)*

Należą do zwierząt dwuwarstwowych.

☞ **Typ:** Płazińce *(Platyhelminthes),* robaki płaskie

Należą do zwierząt trójwarstwowych

➳ **Gromada:** Wirki

Wolno żyjące, wodne, rzadziej bytują w wilgotnych środowiskach lądowych, posiadają duże zdolności regeneracyjne, ciało pokryte urzęsionym nabłonkiem.

➳ **Gromada:** Bruzdossawce

Pasożyty wewnętrzne niektórych zwierząt, ciało pokryte ochronnym tegumentem.

➳ **Gromada:** Przywry

W stadium dorosłym pasożyty, ciało pokryte syncytialnym tegumentem, obojnaki.

➳ **Podgromada:** Przywry monogeniczne, przywry jednorodne

Pasożyty zewnętrzne, cykl życiowy bez zmiany żywiciela.

➳ **Podgromada:** Przywry digeniczne, przywry dwurodne

Pasożyty wewnętrzne, cykl życiowy ze zmianą żywiciela.



Ryc. 70. Motylica wątrobowa

➳ **Gromada:** Tasiemce

Pasożyty wewnętrzne, brak jelita, ciało członowane pokryte tegumentem.

➳ **Podgromada:** Tasiemce nieczłonowane

➳ **Podgromada:** Tasiemce członowane

☞ **Typ:** Wstężnice *(Nemertini),* wstężniaki

W większości morskie drapieżniki, posiadają zamknięty układ krwionośny, rozdzielnopłciowe, mają duże zdolności regeneracyjne.

☞ **Typ:** Szczękogębe (*Gnathostomulida)*

Mikroskopijne, morskie zwierzęta.

☞ **Typ:** Brzuchorzęski *(Gastrotricha)*

Głównie słodkowodne, mikroskopijne organizmy, posiadające rzęski po brzusznej stronie ciała.

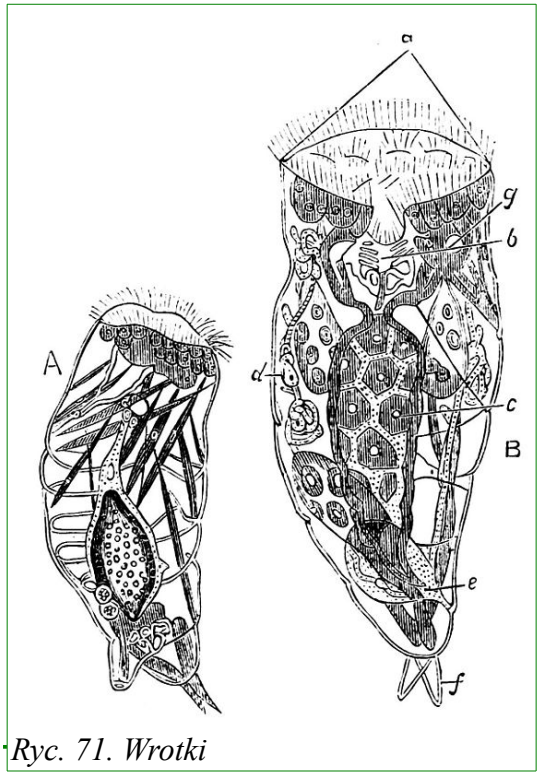
☞ **Typ:** Nicienie *(Nematoda)*

Wtórnojamowce pozorne, wolnożyjące lub pasożyty roślin i zwierząt.

☞ **Typ:** Nitkowce *(Nematomorpha)*

Larwy pasożytnicze, natomiast postacie dorosłe o nitkowatym kształcie mają zredukowany układ pokarmowy i nie przyjmują pokarmu.

☞ **Typ:** Wrotki *(Rotatoria)*



Ryc. 71. Wrotki

Wtórnojamowce pozorne, mikroskopijne organizmy (do 3 mm) wodne. Charakteryzują się występowaniem aparatu wrotnego.

☞ **Typ:** Kolcogłowy *(Acanthocephala)*

Rozdzielnopłciowe pasożyty wewnętrzne kręgowców.

☞ **Typ:** Ryjkogłowy *(Kinorhyncha)*

Drobne organizmy morskie związane z dnem. Występują u nich mięśnie poprzecznie prążkowane.

☞ **Typ:** Kolczugowce *(Loricifera)*

Mikroskopijne, rozdzielnopłciowe organizmy morskie.

☞ **Typ:** Kielichowate *(Kamptozoa)*

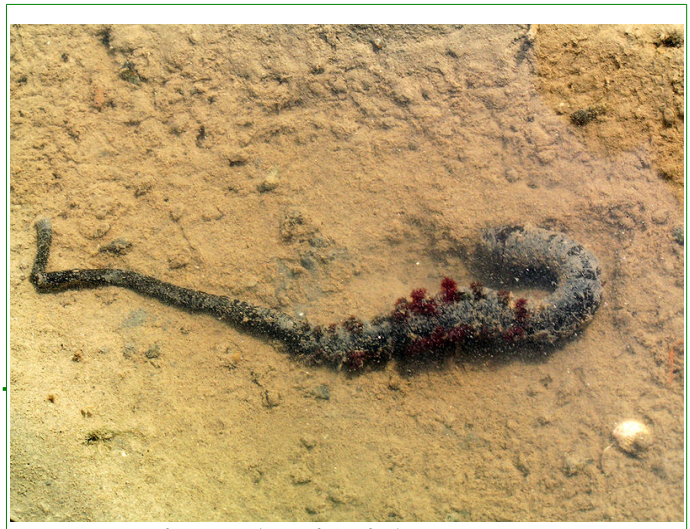
Kolonijne organizmy morskie, osiadłe lub wolnożyjące.

☞ **Typ:** Pierścienice *(Annelida)*

Należą do wtórnojamowców, charakteryzują się metamerią homonomiczną bądź heteronomiczną. Występuje układ krwionośny zamknięty.

➳ **Gromada:** Wieloszczety

Kosmopolityczne, morskie, posiadają liczne szczecinki na każdym z segmentów, mogą one pełnić funkcję narządów wymiany gazowej.



Ryc. 72. Nalepian (piaskówka)

➳ **Gromada:** Skąposzczety

Segmentacja homonomiczna, odnóża zredukowane do grup krótkich szczecinek, obojnaki.

➳ **Gromada:** Pijawki

Pasożyty lub drapieżniki, posiadają przyssawki.

GATUNKI CHRONIONE: **Pijawkowate:** pijawka lekarska.

☞ **Typ:** Pratchawce *(Protracheata),* pazurnice *(Onychophora)*

Ciało robakowate, segmentowane z licznymi odnóżami zakończonymi pazurkami. Występują w wilgotnych środowiskach półkuli południowej.

☞ **Typ:** Wrzęchy *(Pentastomida)*

☞ **Typ:** Niesporczaki *(Tardigrada)*

☞ **Typ:** Niezmogowce *(Priapulida)*, gruboryjkowce

☞ **Typ:** Sikwiaki *(Sipunculida)*

☞ **Typ:** Szczetnice *(Echiurida)*

☞ **Typ:** Stawonogi *(Arthropoda)*

Wtórnojamowce. Ciało pokryte chitynowym oskórkiem składa się zwykle z kilku tagm. Poszczególne części ciała połączone stawami.



Ryc. 73. Trylobit

➳ **Podtyp:** Trylobitokształtne *(wymarłe)*

➳ **Gromada:** Trylobity *(wymarłe)*

➳ **Gromada:** Trylobitopodobne *(wymarłe)*

➳ **Podtyp:** Skorupiakokształtne

➳ **Gromada:** Skorupiaki

Zwykle wodne, ciało podzielone na głowę, tułów i odwłok. Na głowie występują dwie pary czółków (antenule i anteny) i trzy pary odnóży gębowych.

➳ **Grupa:** Skorupiaki niższe

➳ **Podgromada:** *Skrzelonogi, liścionogi*

➳ **Rząd:** Bezpancerzowce

➳ **Rząd:** Tarczowce

➳ **Rząd:** Wioślarki

➳ **Podgromada:** Małżoraczki

➳ **Podgromada:** Widłonogi

➳ **Podgromada:** Splewki

➳ **Podgromada:** Wąsonogi

➳ **Grupa:** Skorupiaki wyższe, Pancerzowce

➳ **Podgromada:** Pancerzowce właściwe, rakowce

- **Nadrząd:** Liścioraki
- **Nadrząd:** Hoplitowce
  - **Rząd:** Ustonogi
- **Nadrząd:** Zbornoraki
- **Nadrząd:** Torboraki
  - **Rząd:** Lasonogi
  - **Rząd:** Pośródki
  - **Rząd:** Równonogi
  - **Rząd:** Obunogi

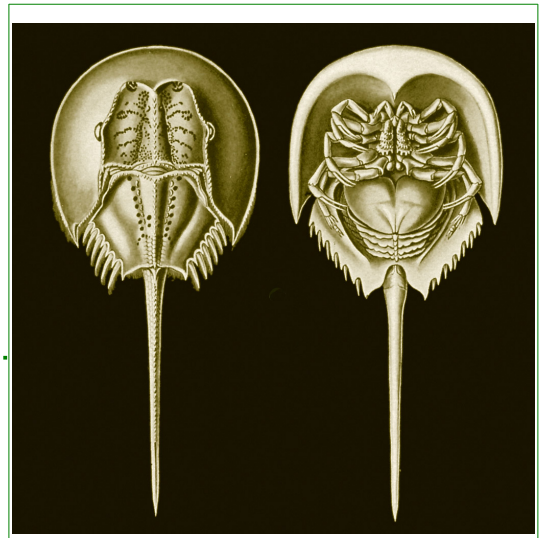
GATUNKI CHRONIONE: **Zmieraczkowate:** zmieraczek plażowy

- **Nadrząd:** Raki właściwe
  - **Rząd:** Szczętki, eufazje, kryle
  - **Rząd:** Dziesięcionogi
    - **Podrząd:** Pływające
    - **Podrząd:** Kroczące
    - **Podrząd:** Miękkoodwłokowe
    - **Podrząd:** Kraby, krótkoodwłokowe

- **Podtyp:** Szczękoczułkowce
  - **Gromada:** Staroraki

Ciało złożone z głowotułowia pokrytego pancerzem i segmentowanego odwłoka. Na blaszkowatych odnóżach znajdują się wyrostki skrzelowe.

  - **Rząd:** Wielkoraki *(wymarłe)*
  - **Rząd:** Ostrogony *(grupa reliktowa)*
  - **Gromada:** Pajęczaki



Ryc. 74. Skrzypłocz

15. Literatura

1. Praca zbiorowa pod redakcją Ewy Bartnik i Waldemara Lewińskiego: *Biologia – zakres rozszerzony*; cz. 1-3. Wyd. Operon.
2. Jacek Danowski: *Biologia – repetytorium dla maturzystów i kandydatów na uczelnie medyczne*; cz. 1-3. Wyd. Medyk
3. *Biologia – jedność i różnorodność*; Wyd. PWN.
4. *Biologia* Villego; według wydania VII amerykańskiego; Wyd. Multico
5. Waldemar Lewiński: *Cytologia i histologia*. Wyd. 5. OPERON, 2001.
6. Waldemar Lewiński: *Anatomia i fizjologia człowieka*. Wyd. 1. OPERON, 1996.
7. Waldemar Lewiński: *Fizjologia zwierząt*. OPERON.
8. *Biologia – encyklopedia szkolna*. Wyd. 2. Warszawa: WSiP.
9. *Słownik terminów biologicznych* [http://aneksy.pwn.pl/biologia/]
10. *Encyklopedia PWN online* [http://encyklopedia.pwn.pl/]
11. Testy z poprzednich edycji Olimpiady Biologicznej
12. Testy ze zbiorów książkowych różnych autorów
13. Inne źródła.