

# BIOLOGIE OBECNÁ

RNDR. ING. PETR KELBICH, PHD.

MGR. BARBORA DOLEŽALOVÁ

MUDR. KAREL FILIP

MUDR. DAGMAR PARTLOVÁ

MUDR. ANDREA ŠMEJCOVÁ

UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# Biologie obecná

RNDr. Ing. Petr Kelbich, Ph.D.

Mgr. Barbora Doležalová

MUDr. Karel Filip

MUDr. Dagmar Partlová

MUDr. Andrea Šmejcová

Ústí nad Labem 2023

Text neprošel jazykovou korekturou. Za obsahovou, jazykovou a stylistickou správnost odpovídá autor.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

© Jméno Autora, editora a recenzentů 2024

**Vydavatel:** Fakulta zdravotnických studií.

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2023

**ISBN xxxxxxxxx (online: PDF)**

**DOI: xxxxxxxxx**

# Obsah

## ÚVOD

|    |                                                                                           |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Buněčná biologie - Buňka (P. Kelbich) .....                                               | 6  |
| 2  | Buněčná biologie - Molekulární biologie (B. Doležalová) .....                             | 9  |
| 3  | Buněčná biologie - Genetika (B. Doležalová) .....                                         | 16 |
| 4  | Buněčná biologie - Energetický metabolismus buňky (P. Kelbich) .....                      | 23 |
| 5  | Buněčná biologie - Transport látek přes buněčné membrány (P. Kelbich) .....               | 29 |
| 6  | Buněčná biologie - Získávání energie v mitochondriích a chloroplastech (P. Kelbich) ..... | 37 |
| 7  | Buněčná biologie - Buňky, tkáň, tkáňové systémy (K. Filip) .....                          | 40 |
| 8  | Vývojová biologie a embryologie (K. Filip) .....                                          | 45 |
| 9  | Biologie člověka – Základní stavba lidského těla (D. Partlová) .....                      | 50 |
| 10 | Biologie člověka - Pohybový systém (D. Partlová) .....                                    | 52 |
| 11 | Biologie člověka - Oběhová soustava (D. Partlová) .....                                   | 54 |
| 12 | Biologie člověka - Dýchací systém (D. Partlová) .....                                     | 56 |
| 13 | Biologie člověka - Trávicí trakt (D. Partlová) .....                                      | 57 |
| 14 | Biologie člověka - Endokrinní soustava (D. Partlová) .....                                | 59 |
| 15 | Biologie člověka - Vylučovací soustava (D. Partlová) .....                                | 62 |
| 16 | Biologie člověka - Kožní soustava (D. Partlová) .....                                     | 64 |
| 17 | Biologie člověka - Nervová soustava (D. Partlová) .....                                   | 65 |
| 18 | Biologie člověka - Smyslové orgány (D. Partlová) .....                                    | 67 |
| 19 | Biologie člověka - Pohlavní soustava (D. Partlová) .....                                  | 70 |
| 20 | Biologie člověka - Imunitní systém (P. Kelbich) .....                                     | 72 |
| 21 | Mikrobiologie (A. Šmejcová) .....                                                         | 76 |

---

## *Seznam použitých ikon*

Referenční seznam



Cíl kapitoly



Klíčová slova



Kontrolní otázky



Místo pro doplnění



## Úvod

Přehled o předmětu.

Obecná biologie zahrnuje ohromné množství témat dotýkajících se veškerých projevů života. Ani zdaleka tedy není reálné v rámci jednoho semestru obsáhnout předmět v plné šíři. Probírané kapitoly jsme tedy volili se záměrem poskytnout studentům určitý nadhled nad nekonečnou složitostí procesů probíhajících v živých organismech s vyústěním v popis stavby a fungování součástí lidského organismu.

Celý příběh začneme buňkou coby jednotkou života, její stavbou a životními cykly. Pronikneme hlouběji do genetické podstaty životních dějů a objasníme si způsoby uspokojování vysokých energetických nároků živých systémů. Od splynutí samičí a samčí gamety a zkompletování genetické informace vede složitá cesta ke zformování organismu, čemuž se budeme věnovat v čase vyhrazeném pro vývojovou biologii a embryologii. Konečně se tak přes buňky, tkáně a tkáňové systémy propracujeme k orgánům a orgánovým systémům tvořícím lidský organismus.

Samostatná stať je pak věnována tématu pro studijní obor „Ochrana veřejného zdraví“ neopominutelnému, a to obecné a speciální mikrobiologii.

## Učební cíl.

Cílem studia učebního textu je:

- Seznámení se stavbou a základním rozdělením buněk.
- Seznámení s buněčným cyklem a mechanismy buněčného dělení.
- Seznámení s genetickou podstatou životních dějů.
- Seznámení s funkcí biologických membrán.
- Seznámení s uspokojováním energetických nároků životních procesů.
- Seznámení s principy vývoje organismu a embryologií.
- Seznámení s živými systémy na buněčné, tkáňové a orgánové úrovni.
- Seznámení se stavbou a funkcemi lidského organismu.
- Získání základních informací z oblasti obecné a speciální mikrobiologie.

# 1 Buněčná biologie - Buňka (P. Kelbich)

## Anotace, abstrakt

Život lze považovat za vysoce organizovaný systém vysoce organizovaných struktur živých organismů, jejichž vysoká organizovanost je udržována stálým přísunem energie. Pokud přijmeme jako podmínku života schopnost samostatného růstu a množení, pak je jeho jednotkou buňka.

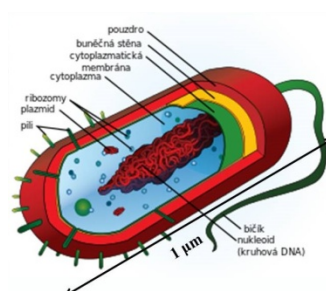
## Cíl kapitoly

Seznámit studenty s rozdělením buněk a s jejich strukturou a životním cyklem.

## Klíčová slova

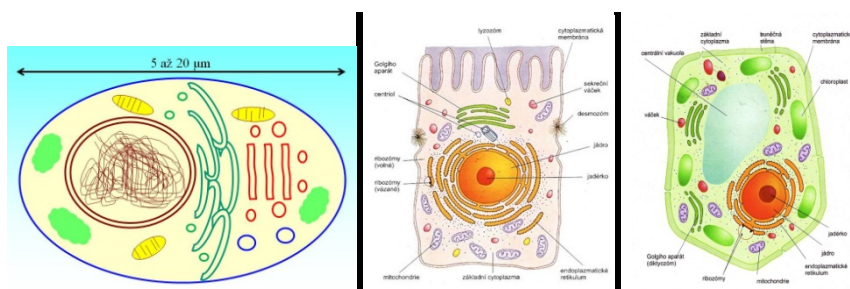
Prokaryotická buňka, eukaryotická buňka, virus, živočišná buňka, rostlinná buňka, buněčné kompartmenty, organely, buněčný cyklus, mitosa, meiosa

Základní jednotkou života je buňka. My si buňky rozdělíme na prokaryotické a eukaryotické. Eukaryotické buňky dále na živočišné a rostlinné.



## Prokaryotická buňka

**Prokaryotické buňky** náleží bakteriím a sinicím. Představují pouze jeden kompartment ohraničený vůči vnějšímu prostředí cytoplasmatickou membránou a buněčnou stěnou.



## Eukaryotická buňka - živočišná buňka, rostlinná buňka

Vnitřní uspořádání **eukaryotických buněk** se vyznačuje kompartmentací a přítomností organel:

**Jádro** obsahuje kompletní genetickou informaci organisovanou v podobě sekvence nukleotidových basí tvořících dvoušroubovici deoxyribonukleové kyseliny (DNA).

**Mitochondrie** poskytují buňkám aerobních organismů energii.

**Endoplasmatické retikulum** tvoří labyrint buněčných prostorů uzavřených membránou. Je místem různých metabolických reakcí, včetně proteosyntézy, posttranslačních úprav proteinů a detoxikačních procesů.

**Golgiho aparát** představuje stohy membránových váčků, kterými přijímá a často mění molekuly vyrobené v endoplasmatickém retikulu. Ty pak směřuje mimo buňku nebo do jejích různých částí.

**Lyzosomy** jsou organely, ve kterých probíhá vnitrobuněčné trávení. Uvolňují živiny z potravy.

**Peroxisomy** jsou malé váčky ohraničené membránou poskytující svůj obsah reakcím odbourávajícím peroxid vodíku.

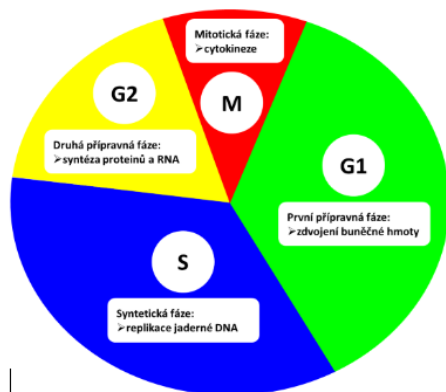
**Cytosol** představuje koncentrovaný vodný gel malých a melkých molekul a je místem mnoha důležitých chemických reakcí.

**Ribosomy** jsou klíčové organely proteosyntézy.

**Cytoskelet** je představován soustavou proteinových vláken ovládajících vnitřní uspořádání buňky i její vnější vlastnosti.

Pro rostlinné buňky jsou charakteristické přítomnost **chloroplastů** a výrazná vakuolisace. Chloroplasty ukládají energii slunečního světla do molekul organických sloučenin (fotosyntéza).

Z hlediska definice života coby schopnosti samostatného růstu a množení nelze považovat **viry** za živé organismy. Nedisponují totiž proteosyntetickým aparátem, který by jim umožnil tyto podmínky naplnit. Jsou pouze nositeli genetické informace v podobě virové deoxyribonukleové nebo ribonukleové kyseliny a jejich životní strategií je absolutní parazitismus, při kterém zcela využívají k růstu a množení hostitelskou buňku.



## Buněčný cyklus

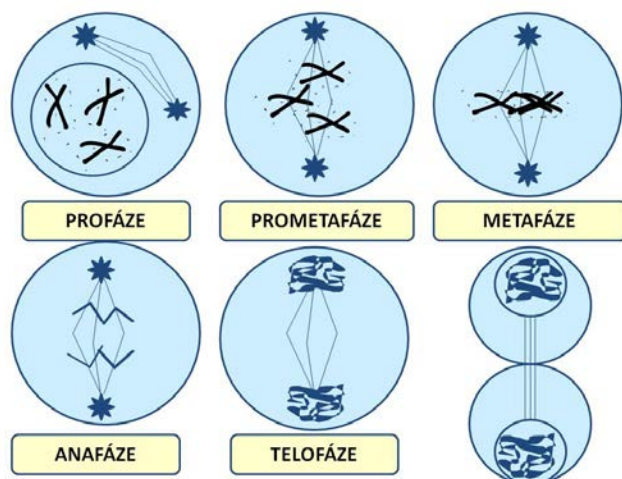
4 fáze **buněčného cyklu** (dle Howarda a Pelce, r. 1953):

**G1-fáze** – Zdvojení buněčné hmoty, zejména syntéza RNA a proteinů. Kumulace nukleotidů a příprava enzymů pro budoucí replikaci jaderné DNA.

**S-fáze** – Replikace jaderné DNA.

**G2-fáze** – Pokračuje růst buňky, probíhá intenzivní syntéza proteinů a RNA a tvorba buněčných struktur.

**M-fáze** – mitotické dělení.



### Mitotické dělení

#### Mitotické dělení (5 stadií):

**Profáze** – kondenzace chromosomů, tvorba dělicího vřeténka.

**Prometafáze** – rozpad jaderného obalu, dělicí vřeténko se stává součástí jaderné oblasti.

**Metafáze** – srovnání chromosomů do ekvatoriální roviny.

**Anafáze** – chromatidy se od sebe oddělí a každá putuje opačnému pólu dělicího vřeténka.

**Telofáze** – rekonstrukce jaderné membrány a dekonenzace chromosomů.

**Somatické buňky** jsou **diploidní**, což znamená, že obsahují dvojitou sadu chromosomů - u člověka  $2 \times 23 = 46$ . Naproti tomu **pohlavní buňky (gamety)** jsou **haploidní**, tzn. pouze s jednou sadou chromosomů (23). Toho je dosaženo **meiotickým dělením**.

#### Kontrolní otázky

1. Uveďte základní rozdíly mezi prokaryotickými a eukaryotickými buňkami.
2. Popište stavbu živočišné a rostlinné buňky.
3. Vysvětlete, proč nelze považovat virové partikule za buňky.
4. Vyjmenujte a popište význam fází buněčného cyklu.
5. Vysvětlete význam mitotického a meiotického dělení.

#### Místo pro doplnění



---

## Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

ALBERTS, B. et al. *Essential Cell Biology*. W. W. Norton & Company 2019. ISBN 9780393680393

MURRAY, R. K. et al. *Harperova biochemie*. H&H, Praha 2002. 80-7319-013-3

---

## 2 Buněčná biologie - Molekulární biologie (B. Doležalová)

---

### Anotace, abstrakt

V předchozí kapitole o buňce jste se dozvěděli, že eukaryotická buňka obsahuje jádro, ve kterém se nachází genetická informace ve formě DNA. V této části se z hlediska molekulární biologie podíváme na to, co se v buňce s genetickou informací děje a jak je docíleno jejího projevu (exprese).

---

### Cíl kapitoly

Cílem této kapitoly je seznámit studenty s podstatou fungování buněk na molekulární úrovni – především jak funguje přenos dědičné informace z nukleové kyseliny do proteinu.

---

### Klíčová slova

Nukleová kyselina, nukleotid, komplementarita, semikonzervativní replikace, transkripce, primární transkript, intron, exon, sestřih, translace, ribozóm, kodón, antikodón, protein

Molekulární biologie je obor, který studuje veškeré buněčné procesy a strukturu makromolekul (sacharidy, proteiny, nukleové kyseliny) na molekulární úrovni. Soustředí se však právě na ty makromolekuly, které souvisí s přenosem genetické informace, tzn. nukleové kyseliny (DNA, RNA)

a proteiny. Tento obor se začal vyvíjet v 50. letech minulého století. Velkým milníkem bylo popsání dvoušroubovicové struktury DNA, kterou v roce 1953 popsali **James Watson** a **Francis Crick**. O pár let později byl také zaveden pojem **centrální dogma molekulární biologie**.

### Centrální dogma molekulární biologie



### Schéma centrálního dogmatu molekulární biologie



Centrální dogma molekulární biologie je základní tvrzení, které popisuje tok informací v živých organismech. Genetická informace zakódovaná v **DNA** je přepsána do **RNA** a ta je přeložena do **proteinu**. Platí, že tok informací nemůže jít opačným směrem, tedy že by z proteinu vznikla DNA nebo že by byly do DNA vnášeny změny prostřednictvím změn proteinů.

Na počátku máme tedy DNA a na konci protein. Protein je ta zásadní makromolekula, prostřednictvím které dochází k expresi genetické informace. Protein vzniká přesně podle genetické informace uložené v DNA a jeho primární struktura je vytvořena přesně podle dané sekvence DNA. Teď se na jednotlivé komponenty tohoto procesu podíváme trochu podrobněji.

### Struktura nukleových kyselin

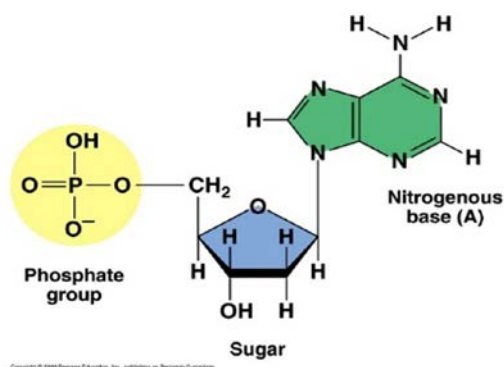
V živých organismech se můžeme setkat se dvěma typy nukleových kyselin:

- **DNA** (deoxyribonukleová kyselina) – kóduje genetickou informaci živých organismů
- **RNA** (ribonukleová kyselina) – umožňuje překlad informace z DNA do proteinu

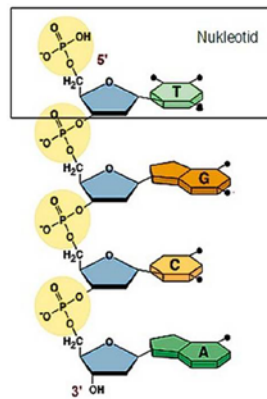
Nukleová kyselina se skládá z opakujících se podjednotek, kterým říkáme **nukleotidy**. Nukleotid je složen z těchto tří částí:

- fosfát
- pětiuhlíkatý sacharid (=pentóza)
- dusíkatá báze

Jednotlivé nukleotidy jsou spojeny **fosfodiesterovými vazbami**. Vytváří **polynukleotidový řetězec**, který je tvořen **sekvencí nukleotidů**.



**Schéma nukleotidu**



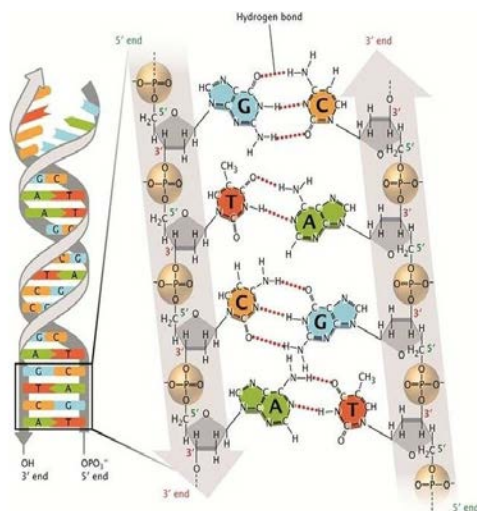
## Část sekvence polynukleotidového řetězce

### Struktura DNA

Ve struktuře DNA se jako pentóza nachází **deoxyribóza** a z dusíkatých bází jsou přítomny **adenin, guanin, cytosin a thymin**. DNA se přirozeně vyskytuje jako dvoušroubovice. Je složena ze dvou polynukleotidových řetězců, které se obtáčí kolem sebe. Kromě kovalentních vazeb jsou pro udržení struktury DNA důležité také vodíkové vazby. Tyto vodíkové vazby vznikají mezi dusíkatými bázemi (báze jednoho řetězce se páruje s bází druhého řetězce). Toto párování bází není náhodné, ale specifické:

- adenin se páruje s thyminem dvěma vodíkovými vazbami
- cytosin se páruje s guaninem třemi vodíkovými vazbami

Tato vlastnost specifického párování bází se nazývá **komplementarita**. Vlákna dvoušroubovice DNA jsou tedy komplementární. Této důležité vlastnosti je využito v celé řadě procesů (viz dále).

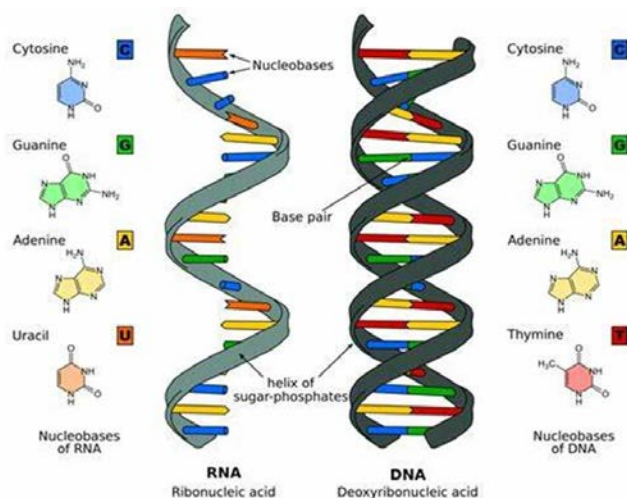


### Struktura DNA a komplementární párování bází

### Struktura RNA

Ve struktuře RNA se jako pentóza nachází **ribóza**, dusíkaté báze jsou stejné jako u DNA, jen místo thyminu je přítomný **uracil**. RNA se vyskytuje

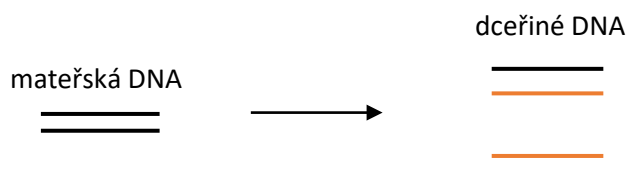
zpravidla jako jeden polynukleotidový řetězec, který dále vytváří různé konformace.



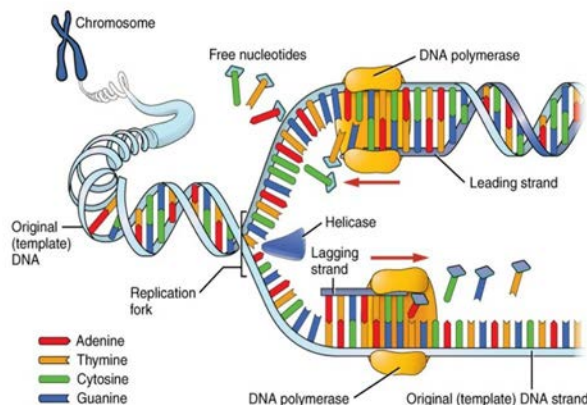
## Struktura DNA a RNA

### Replikace DNA

O procesu buněčného dělení jste se dozvěděli už v předchozích kapitolách. Aby mohly z jedné mateřské buňky vzniknout dvě plně funkční dceřiné buňky, musí se molekula DNA zdvojit. Tomuto procesu se říká **replikace**. Dceřiné buňky mají poté v jádře svou vlastní molekulu DNA, která je tvořena jedním vláknem pocházejícím z mateřské DNA a jedním nově syntetizovaným vláknem - jedná se tedy o tzv. **semikonzervativní replikaci**. Dceřiná DNA je sekvenčně stejná jako původní mateřská DNA, což je zajištěno komplementaritou dusíkatých bází. V rámci buněčného cyklu probíhá replikace v S fázi. Probíhá v buněčném jádře.



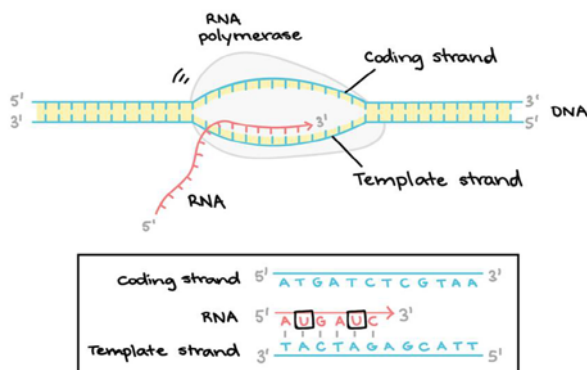
V počátku replikace je potřeba rozvolnit strukturu dvoušroubovice DNA. V tomto procesu se uplatňuje enzym **helikáza**, který naruší vodíkové vazby mezi dusíkatými bázemi. Následně vznikne tzv. replikační počátek (u prokaryot jeden, u eukaryot jich je více), kdy se vytvoří prostor pro okamžité přiřazování nových nukleotidů. Přiřazování nukleotidů a tedy syntézu nové molekuly DNA zajišťuje velmi důležitý enzym **DNA polymeráza**. Tento proces probíhá na základě komplementarity dusíkatých bází, to znamená, že k nukleotidu s adeninem přiřadí DNA polymeráza nukleotid s thyminem. Po replikaci celé mateřské DNA je proces ukončen. Pokud jsou splněny všechny další podmínky, buňka může vstoupit do další fáze buněčného cyklu – v tomto ohledu je připravena na buněčné dělení.



## Schéma replikace DNA

### Transkripce

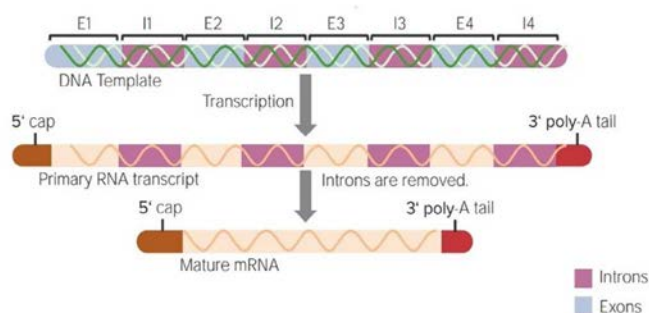
Aby mohly na základě genetické informace uložené v DNA vznikat proteiny, je potřeba přepsat sekvenci DNA na sekvenci RNA. Přepis DNA na RNA se nazývá **transkripce**. V tomto procesu se uplatňuje enzym **RNA polymeráza**. Opět dochází k rozvolnění struktury DNA, následně RNA polymeráza nachází **na jednom z vláken dvoušroubovice** tzv. **promotor**, což je oblast, ze které začne probíhat transkripce. Na základě komplementarity přiřazuje RNA polymeráza k tomuto vlákně volné nukleotidy, které se mezi sebou propojují v jedno vlákno, které se postupně odděluje. Vzniká tedy **jednovláknová RNA**. Důležitou poznámkou je zde to, že k nukleotidu s adeninem přiřazuje RNA polymeráza nukleotid s **uracilem**, **nikoliv s thyminem**.



## Schéma transkripce

Rozlišujeme mnoho typů RNA, mezi ty základní patří:

- **mRNA (messenger RNA)** – slouží jako předloha pro tvorbu proteinu
- **tRNA (transfer RNA)** – účastní se přenosu aminokyselin v translaci
- **rRNA (ribosomal RNA)** – podílí se na tvorbě ribozómu v translaci



### Schéma posttranskripční úpravy - sestřihu

Nyní se podíváme na mRNA, která je pro vznik proteinu stěžejní, protože slouží jako předloha pro jeho tvorbu. RNA, která vznikla v procesu transkripce, se označuje jako **primární transkript**. K tomu, aby z něj vznikla funkční mRNA, jsou nutné tzv. **posttranskripční úpravy**. Jak tedy vzniká taková funkční mRNA? Primární transkript (tzv. **pre-mRNA**) je opatřen tzv. **5-methylguanotinovou čepičkou** na začátku vlákna a na konci vlákna je vytvořen tzv. **poly-A konec**, který se skládá z adeninových zbytků. Primární transkript je složen z tzv. **intronů** a **exonů**. Introny jsou nekódující sekvence, to znamená, že pro funkční mRNA a následně pro funkční protein nekódují žádnou informaci. Jsou proto vystřiženy v procesu, kterému se říká **sestřih (splicing)**. Funkční mRNA se tedy poskládá ze sekvencí exonů, což jsou kódující sekvence, které v sobě nesou informaci o podobě budoucího proteinu. Takto hotová mRNA cestuje ven z jádra do cytoplazmy, kde vstupuje do procesu translace.

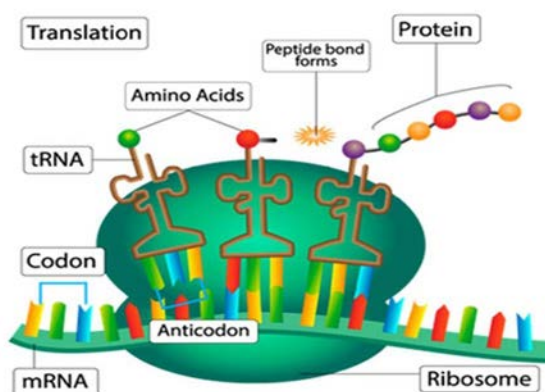
### Translace

|   | U   |                 | C   |         | A   |             | G   |             |
|---|-----|-----------------|-----|---------|-----|-------------|-----|-------------|
| U | UUU | fenylalanin     | UCU | serin   | UAU | tyrosin     | UGU | cystein     |
|   | UUC | fenylalanin     | UCC | serin   | UAC | tyrosin     | UGC | cystein     |
|   | UUA | leucin          | UCA | serin   | UAA | <b>stop</b> | UGA | <b>stop</b> |
|   | UUG | leucin          | UCG | serin   | UAG | <b>stop</b> | UGG | tryptofan   |
| C | CUU | leucin          | CCU | prolin  | CAU | histidin    | CGU | arginin     |
|   | CUC | leucin          | CCC | prolin  | CAC | histidin    | CGC | arginin     |
|   | CUA | leucin          | CCA | prolin  | CAA | glutamin    | CGA | arginin     |
|   | CUG | leucin          | CCG | prolin  | CAG | glutamin    | CGG | arginin     |
| A | AUU | izoleucin       | ACU | treonin | AAU | asparagin   | AGU | serin       |
|   | AUC | izoleucin       | ACC | treonin | AAC | asparagin   | AGC | serin       |
|   | AUA | izoleucin       | ACA | treonin | AAA | lysin       | AGA | arginin     |
|   | AUG | <b>metionin</b> | ACG | treonin | AAG | lysin       | AGG | arginin     |
| G | GUU | valin           | GCU | alanin  | GAU | kys.        | GGU | glycin      |
|   | GUC | valin           | GCC | alanin  | GAC | asparagová  | GGC | glycin      |
|   | GUA | valin           | GCA | alanin  | GAA | kys.        | GGA | glycin      |
|   | GUG | valin           | GCG | alanin  | GAG | glutamová   | GGG | glycin      |

### Tabulka zobrazující kódování jednotlivých aminokyselin

Tento proces spočívá v překladu sekvence mRNA do sekvence aminokyselin, které jsou základním stavebním kamenem proteinů. Jak

tento překlad probíhá? Stěžejní je interakce mRNA s tzv. **ribozómem**, což je komplex proteinů a rRNA, bez kterých translace není možná. Pro každou aminokyselinu existuje pořadí nukleotidů v mRNA, které určuje, že se právě tato aminokyselina bude vyskytovat v daném místě proteinu. Toto specifické pořadí se označuje jako **kodón**, který je tvořen **tripletem nukleotidů**. Dle tabulky uvedené níže můžeme hned v prvním řádku vidět, že v případě přítomnosti kodónu UUU (uracil, uracil, uracil) bude v tomto místě proteinu přítomna aminokyselina fenylalanin. Vidíme také, že každá aminokyselina může být určena více kodóny, avšak jeden kodón určuje vždy jen jednu aminokyselinu! Jak je tedy zajištěno specifické přiřazování aminokyselin? Ke každému kodónu je v procesu translace přiřazena tzv. **tRNA**, která přináší aminokyselinu. Právě tRNA zajišťuje danou specifitu – obsahuje ve své struktuře tzv. **antikodón**, což je opět triplet nukleotidů, pomocí kterého nasedá tRNA s určitou aminokyselinou pouze na určitý kodón v mRNA (antikodón je komplementární pouze k určitému kodónu mRNA). Ve výsledku je tedy zajištěno specifické uspořádání aminokyselin v proteinu přesně podle sekvence mRNA, je tak vytvořena **primární struktura proteinu**, která určuje podstatu samotného proteinu. Nasedání jednotlivých tRNA na kodóny je postupné, jednotlivé aminokyseliny se mezi sebou propojují **peptidickou vazbou** a vytváří tzv. **polypeptidový řetězec**, ze kterého vzniká samotný protein.



## Schéma translace

### Kontrolní otázky

1. O čem pojednává tzv. centrální dogma molekulární biologie?
2. Popište DNA – jakou má strukturu, z čeho se skládá, jakou má funkci?
3. K čemu potřebují organismy replikovat DNA?
4. Popište, co jsou introny a exony – v jaké struktuře/molekule je nalezneme a jaká je jejich funkce?
5. Co a dle čeho vzniká v procesu translace?





---

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---



ALBERTS, B. et al. *Essential Cell Biology*. W. W. Norton & Company 2019. ISBN 9780393680393

SNUSTAD, D. P., SIMMONS, M. J. *Genetika*. 2. ed. Brno: Masarykova univerzita 2017. ISBN 978-80-210-8613-5

---

### 3 Buněčná biologie - Genetika (B. Doležalová)

---

#### Anotace, abstrakt

V kapitole o molekulární biologii jste se dozvěděli, že nositelkou genetické informace je DNA, jejíž struktura je překládána do proteinu. Nyní se na genetickou informaci podíváme z pohledu genů, které se dědí z generace na generaci.

---

#### Cíl kapitoly

---

Cílem této kapitoly je pochopit základní pojmy obecné genetiky a seznámit studenty s tím, jak je genetická informace v buňce organizována a jak dochází k jejímu přenosu z generace na generaci.

---

#### Klíčová slova

---

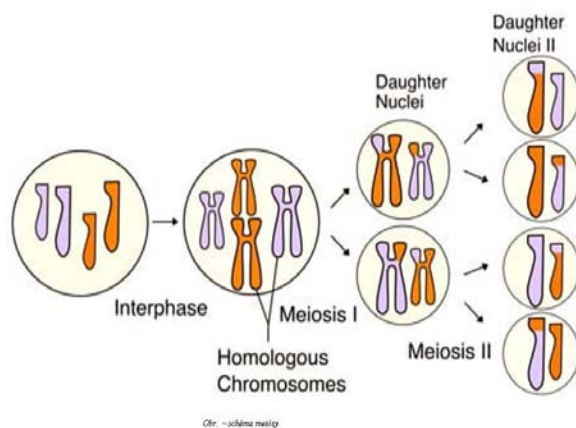
Rozmnožování, gamety, nukleozóm, chromozóm, chromozómová mutace, gen, lokus, genotyp, fenotyp, dominance, recesivita, autozóm, gonozóm

Genetika je obor, který se zabývá **dědičností (hereditou)** a **proměnlivostí (variabilitou)** organismů. Dědičnost znaků se lidé snažili vysvětlit už od pradávna, protože si všímali podobnosti např. mezi rodiči a jejich potomky. Velkého rozmachu se genetika v podobě, v jaké ji dnes známe, dočkala v souvislosti s popisem DNA jako molekuly nesoucí genetickou informaci a centrálním dogmatem molekulární biologie.



## Rozmnožování

Základním znakem živých organismů je schopnost **rozmnožování**. Můžeme ho rozdělit na **nepohlavní** (vznikají geneticky identičtí jedinci, tzv. **klony**) a **pohlavní** (vznikají jedinci, kteří jsou genetickou kombinací svých rodičů). Buňky, které umožňují pohlavní rozmnožování, se nazývají **gamety**. Gamety vznikají **meiotickým dělením**, kdy z **1 diploidní buňky vznikají 4 haploidní gamety**. Vzniklé gamety obsahují stejné množství DNA, ale nejsou z hlediska genetického materiálu identické, což je na obrázku 1 znázorněno dvěma barvami. Je tím zajištěna **variabilita jedinců**. Při rozmnožování splývají **2 haploidní gamety v jednu diploidní zygotu**, která se následně vyvíjí v nového jedince. Tímto způsobem je zajištěn přenos genetické informace do další generace.

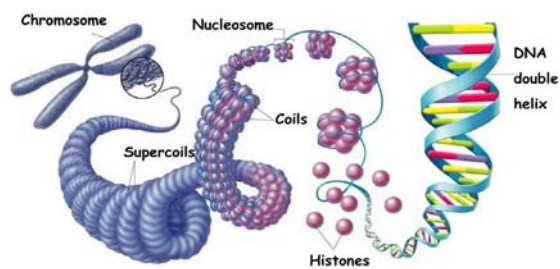


## **Schéma meiózy**

### Uspořádání DNA v jádře

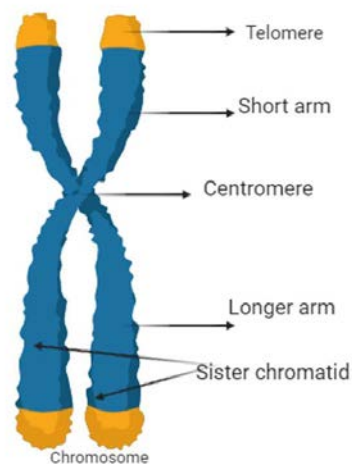
DNA musí být v jádře uspořádána a je tedy rozdělena do útvarů, kterým říkáme **chromozómy**. Každý chromozóm je složen z DNA a proteinů. Proteiny zde můžeme rozdělit na bazické (**histony**) a kyselé (nehistonové proteiny). Základní stavební jednotkou chromozómu je tzv. **nukleozóm**. Nukleozóm je tvořen oktamerem histonů, kolem kterého je obtočeno vlákno DNA. Tato struktura je dále kondenzována a spiralizována tak, až vytvoří chromozóm (viz obrázek č. 2). Pro tuto hmotu komplexu DNA a proteinů se používá označení **chromatin**.

Proč musí být DNA v jádře takto uspořádána? Jeden z důvodů je, že genom člověka (**genom** = veškerá genetická informace organismu) má v haploidním stavu délku cca 100 cm. Je tedy zapotřebí, aby vzhledem k velikosti buňky zaujímal genom co nejmenší prostor.



## Schéma uspořádání DNA do chromozómu

### Chromozóm



## Schéma stavby chromozómu

Chromozóm je tvořen jednou velkou molekulou DNA. Lidské **tělní (=somatické) buňky** jsou tzv. **diploidní** – obsahují dvě sady chromozómů, každý chromozóm je v takové buňce přítomen ve dvou kopiích. Lidské **pohlavní buňky (=gamety)** jsou tzv. **haploidní** – obsahují pouze jednu sadu chromozómů. Na chromozómu rozlišujeme několik základní částí:

- **chromatida** – jedno vlákno chromozómu, po replikaci DNA je chromozóm tvořen dvěma sesterskými chromatidami, z nichž každá při dělení buněk putuje do jedné dceřiné buňky
- **centroméra** – místo na chromozómu, kde se dvě chromatidy spojují, je důležité při buněčném dělení
- **teloméry** – koncové oblasti chromozómu

Soubor všech chromozómů v jádře buňky se nazývá **karyotyp**. Lidský karyotyp je složen z **23 párů chromozómů**, které si můžeme rozdělit na:

- **autozomy** - somatické chromozomy, člověk jich má 22 párů
- **gonozomy** - pohlavní chromozomy, které se u člověka vyskytují v 1 páru, a zodpovídají za **určení pohlaví** jedince

Mezi gonozómy patří **chromozóm X** a **chromozóm Y**. U lidí je **mužské pohlaví** určeno kombinací **XY**, **ženské pohlaví** je určeno kombinací **XX**. Jak jsme si řekli, při meiotickém dělení, kdy vznikají gamety, dochází k redukci počtu chromozómů z diploidního stavu na haploidní. Muž tedy vytváří gamety buď s chromozómem X nebo s chromozómem Y. Žena může vytvořit gamety pouze s chromozómem X. Z hlediska určení pohlaví nového jedince záleží tedy na tom, jaký gonozóm mu předá otec, zda X nebo Y.

U živých organismů může docházet k různým změnám chromozómů. I nepatrné změny chromozómů mohou u lidí způsobovat vážná onemocnění. Hovoříme o **chromozómových mutacích (aberracích)**.



### Ženský karyotyp

**Změny v počtu chromozómů** rozdělujeme na:

- **polyploidie** – přítomnost celé další sady chromozómů (u rostlin, např. triploidní banánovník)
- **aneuploidie** – zmnožení nebo ztráta celého chromozómu

Typickým příkladem aneuploidie u člověka je **Downův syndrom**. Je to genetické onemocnění způsobené **trisomií 21. chromozómu** - místo dvou chromozómů 21 jsou přítomny **tři chromozómy 21**.

**Změny ve struktuře chromozómů** rozdělujeme na:

- **inverze** – úsek chromozómu se odštěpí a začlení se zpět otočený o 180°
- **translokace** – úsek chromozómu se odštěpí a začlení se do jiného chromozómu
- **delece** – ztráta určité části chromozómu
- **duplikace** – zdvojení určité části chromozómu

Pokud dojde k **deleci krátkých ramen 5. chromozómu**, člověk je postižen syndromem cri-du-chat (tzv. **syndrom kočičího křiku**). Způsobuje těžkou mentální retardaci a abnormální vývoj hrtanu – pláč těchto jedinců je podobný nářku kočky.

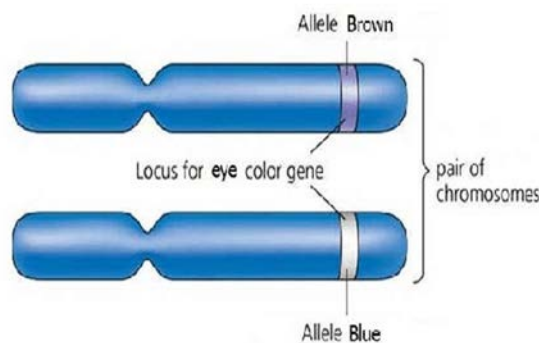
V předchozí kapitole o molekulární biologii jsme si obecně řekli, že DNA je překládána do proteinu v procesu transkripce a translace. Nefunguje to

však tak, že by se v jeden okamžik exprimovala celá jedna molekula DNA (jeden chromozóm). Na chromozómech totiž rozlišujeme jednotlivé úseky, které označujeme jako **geny**. Každý gen má dané místo, ve kterém se na chromozómu nachází, toto místo označujeme jako **lokus**. Překladem jednoho genu se zpravidla vytváří jeden protein, **gen tedy určuje jeden konkrétní znak** (hovoříme o **monogenní dědičnosti**). Existuje ale také **polygenní dědičnost**, kdy se na jednom znaku podílí více genů. Soubor všech genů organismu se nazývá **genotyp**. Výsledný viditelný projev těchto genů se označuje jako **fenotyp**. Protože máme každý chromozóm v somatické buňce dvakrát, je i každý gen přítomen dvakrát. Tyto kopie genu se vyskytují v konkrétních formách, kterým říkáme **alely**. To, jaká alela se ve výsledku projeví, záleží na vztahu mezi oběma alelami tohoto genu. Rozlišujeme tyto vztahy:

- **úplná dominance a recesivita** – jedna alela je dominantní a zcela převládne nad alelou recesivní, která se neprojeví
- **neúplná dominance a recesivita** – jedna alela je dominantní, ale nepřevládne úplně nad alelou recesivní, ta se částečně projeví
- **kodominance** – obě alely se projeví ve stejné míře

V zápisu se dominantní alela označuje velkým písmenem a recesivní alela malým písmenem. Podle toho, jakou má jedinec kombinaci alel jednoho genu, rozlišujeme:

- **homozygot** – jedinec se stejnými alelami jednoho genu
  - **AA** – dominantní homozygot
  - **aa** – recesivní homozygot
- **heterozygot** – jedinec s odlišnými alelami jednoho genu
  - **Aa** – označení heterozygota



### Znázornění alel jednoho genu (gen pro barvu očí) na párových chromozómech

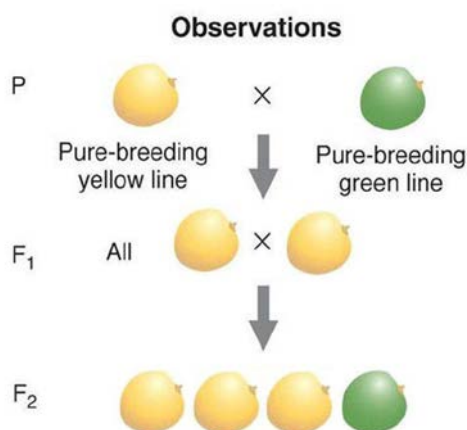
Jméno, které se bezpochyby pojí se základy genetiky, je **Johann Gregor Mendel**. Byl to právě on, kdo v 19. století prováděl pokusy s křížením hrachu a sledoval, jak se určitý znak (např. barva plodů) přenáší do dalších generací. První generace potomků, která vzniká zkřížením dvou jedinců (**P generace**), se označuje jako **F1 generace**. J. G. Mendel zavedl na základě svých pokusů následující pravidla, která jsou v základu dodnes používána. Tato pravidla si modelově popíšeme: budeme řešit 1 gen A, který kóduje barvu plodů hrachu, dominantní alela určuje žlutou barvu, recesivní alela

zelenou barvu. Mezi alelami existuje vztah úplné dominance a recesivity. K zápisu křížení slouží tzv. **Punnettova tabulka**.

### Mendelovy zákony dědičnosti

- zákon o uniformitě F1 generace** – při křížení dominantního a recesivního homozygota vznikají v F1 generaci vždy heterozygoti, kteří jsou vzhledem k dominantní alele fenotypově všichni stejní – mají žlutou barvu plodů

|               |           |           |
|---------------|-----------|-----------|
| AA x aa -> Aa |           |           |
|               | A         | A         |
| a             | <b>Aa</b> | <b>Aa</b> |
| a             | <b>Aa</b> | <b>Aa</b> |



**Zobrazení 1. a 2. Mendelova zákona**

- zákon o náhodné segregaci alel do gamet** – u heterozygota Aa dochází při vzniku gamet k náhodné segregaci alel, některé jeho gamety ponесou **dominantní alelu A** a některé **recesivní alelu a** -> při křížení dvou heterozygotů vzniká **F2 generace**, která není uniformní a dochází ke štěpení:

|   |           |           |
|---|-----------|-----------|
|   | A         | a         |
| A | <b>AA</b> | <b>Aa</b> |
| a | <b>Aa</b> | <b>aa</b> |

- **genotypový štěpný poměr** je **1:2:1** - 25% potomků jsou dominantní homozygoti, 50% jsou heterozygoti a 25% jsou recesivní homozygoti
  - **fenotypový štěpný poměr** je **3:1** – 75% potomků má přítomnou dominantní alelu, mají tedy žlutou barvu plodů, 25% potomků má přítomnou pouze recesivní alelu, mají tedy zelenou barvu plodů
- zákon o nezávislé kombinovatelnosti alel** – tento zákon řeší **2 geny** - A (barvu plodů) + B (tvar plodů – dominantní je kulatý tvar, recesivní je oválný tvar), u heterozygota **AaBb** se alely těchto dvou genů segregují do gamet nezávisle na sobě ve 4 různých kombinacích (**AB, Ab, aB, ab**),

při křížení těchto dvou heterozygotů vzniká **9 různých genotypů** a dochází ke štěpení:

- **genotypový štěpný poměr** je **1:2:1:2:4:2:1:2:1** - různé kombinace dominantních a recesivních homozygotů a heterozygotů v obou genech
- **fenotypový štěpný poměr** je **9:3:3:1** – nejvíce potomků má žlutou barvu a kulatý tvar plodů (dominantní alely), naopak nejméně potomků má zelenou barvu a oválný tvar (recesivní alely)

|    | AB          | Ab          | aB          | ab          |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| AB | <b>AABB</b> | <b>ABAb</b> | <b>ABaB</b> | <b>ABab</b> |
| Ab | <b>AbAB</b> | <b>AbAb</b> | <b>AbaB</b> | <b>Abab</b> |
| aB | <b>aBAB</b> | <b>aBAb</b> | <b>aBaB</b> | <b>aBab</b> |
| Ab | <b>abAB</b> | <b>abAb</b> | <b>abaB</b> | <b>abab</b> |

### Geneticky podmíněná onemocnění

**Dědičnost**, tedy schopnost přenosu genetické informace z generace na generaci, je vázána na chromozómy, které jsme si rozdělili na autozómy a gonozómy. Geneticky podmíněná onemocnění si z tohoto hlediska můžeme rozdělit na:

- **autozomálně dědičné choroby** – souvisí s geny, které se nachází na autozómech
- **gonozomálně dědičné choroby** – souvisí s geny, které se nachází na gonozómech (X a Y)

**Autozomálně dominantní choroba** je způsobena přítomností dominantní alely genu. Nemoc se tak projeví u heterozygotů a dominantních homozygotů. Mezi tyto choroby patří např. polydaktylie, která způsobuje zmnožení počtu prstů na ruce nebo noze.

**Autozomálně recesivní choroba** je způsobena přítomností recesivní alely genu. Nemoc se tak projeví pouze u recesivních homozygotů, **heterozygoti jsou tzv. přenašeči nemoci**. Mezi tyto choroby patří např. fenylketonurie, kdy je narušen metabolismus aminokyseliny fenylalaninu.

**Gonozomálně X – vázaná dominantní choroba** je způsobena přítomností dominantní alely genu na chromozómu X. Nemoc se projeví u žen, které jsou dominantní homozygoti, heterozygoti, a u mužů, kterým matka předá dominantní alelu (v 100% žena dominantní homozygot, v 50% žena heterozygot). Mezi tyto choroby patří např. vitamín D-rezistentní křivice.

**Gonozomálně X – vázaná recesivní choroba** je způsobena přítomností recesivní alely genu na chromozómu X. Nemoc se projevuje u žen, které jsou recesivní homozygoti a u mužů vždy, pokud jim heterozygotní matka předá recesivní alelu. Heterozygotní ženy jsou přenašečky onemocnění. Mezi tyto choroby patří např. hemofilie, kdy je narušena srážlivost krve.

---

### Kontrolní otázky

---

1. Kolik buněk vzniká v procesu meiózy z 1 diploidní buňky?
  2. Kolika „ploidní“ tyto buňky jsou?
  3. Co je to chromozóm a jaké části na něm rozlišujeme?
  4. Jak je zajištěno určení pohlaví u člověka?
  5. Kdo je to homozygot a kdo heterozygot?
- 

### Místo pro doplnění

---

---

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

SNUSTAD, D. P., SIMMONS, M. J. *Genetika*. 2. ed. Brno: Masarykova univerzita 2017. ISBN~978-80-210-8613-5

### 4 Buněčná biologie - Energetický metabolismus buňky (P. Kelbich)

---

#### Anotace, abstrakt

K udržení vysokého stupně organizovanosti živých struktur je zapotřebí nepřetržitých dodávek značného množství energie. Většina organismů na Zemi potřebuje k pokrytí svých nároků organické sloučeniny s deponovanou energií ze Slunce. Zcela zásadním procesem pro život je proto fotosyntéza produkující organické látky pro výstavbu a uspokojování energetických potřeb živých organismů.

---

#### Cíl kapitoly

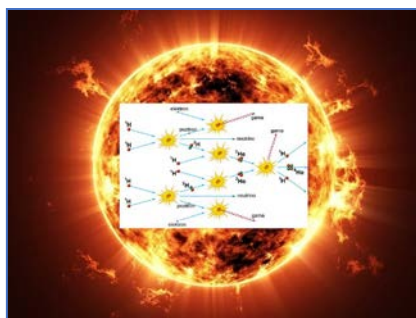
Seznámit studenty s podstatou fotosyntetické asimilace a způsobem získávání energie z organických látek živými organismy.

---

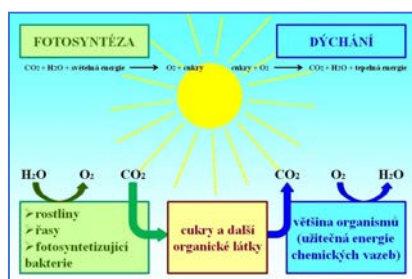
#### Klíčová slova

Fotosyntéza, sacharidy, lipidy, proteiny, dýchání, glykolýza,  $\beta$ -oxidace mastných kyselin, acetyl-CoA, Krebsův cyklus, respirační řetězec, ATP





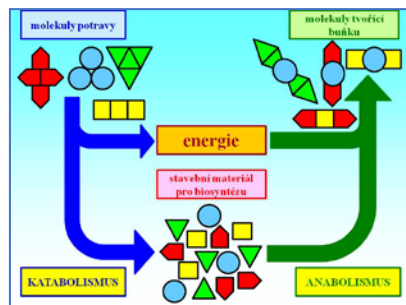
Téměř veškeré životní děje na Zemi pohání energie vzešlá z termonukleárního slučování atomů vodíku na helium probíhající po řadu miliard let na Slunci. Při této reakci se generuje elektromagnetické záření v širokém spektru vlnových délek. Záření o krátkých vlnových délkách (pod cca 400 nm) má vysokou energii a poškozuje živé struktury. Záření o vlnových délkách cca 400 až 700 nm představuje oblast viditelného světla a je zdrojem energie pro naprostou většinu živých systémů na Zemi. Záření o delších vlnových délkách (nad cca 700 nm) je tepelné záření.



### Fotosyntéza

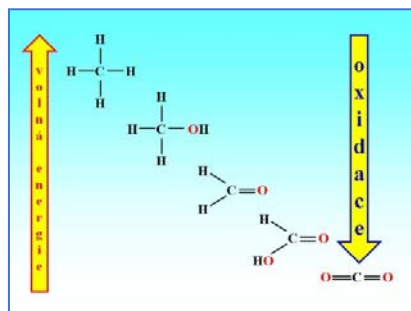
**Fotosyntéza** je klíčovou reakcí pro většinu organismů na Zemi. Za využití energie slunečního záření v rozsahu vlnových délek odpovídajících **viditelnému světlu** (cca 400 až 700 nm) zabudovává do struktury molekul organických sloučenin atomy uhlíku (C) z molekul oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), čímž transformuje energii světelných kvant na chemickou energii organických sloučenin. Ta je následně využívána pro energetické potřeby životních procesů.

### Katabolické a anabolické procesy

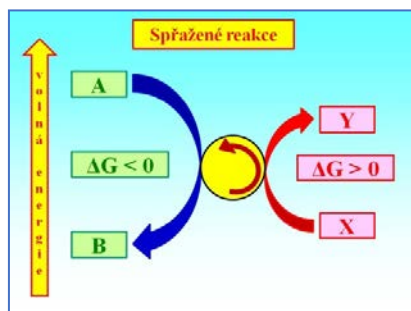


Organické látky v podobě proteinů, lipidů a sacharidů jsou organismem přijímány ve formě potravy. Tyto složité makromolekuly ale nedokáže buňka využít přímo. Dochází proto k jejich rozkladu na elementární stavební kameny. Metabolické procesy, ve kterých se tak děje, nazýváme **katabolismem**. Vedle produkce jednodušších látek se při těchto dějích uvolňuje energie, následně využívaná pro buněčné procesy. Z těchto

stavebních kamenů se **anabolickými procesy** syntetizují makromolekuly (biosyntéza) buňce vlastní, přičemž se využívá energie uvolněná při katabolismu. Katabolické a anabolické procesy se společně označují jako procesy **metabolické**.

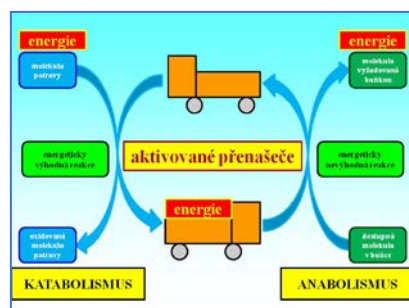


**Při oxidaci organických látek dochází k uvolnění energie** v nich uložené. Podobně je tomu při hoření, jiným slovem oxidaci, při které se uvolňuje a do prostoru vyzařuje světelná a tepelná energie. V buňkách se ale energie uvolněná z organických látek spotřebovává na energeticky náročné metabolické procesy.



### **Spřažené reakce**

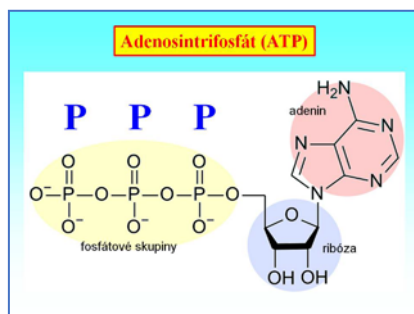
Látka A má vysokou úroveň volné energie a přeměňuje se na látku B, která má nižší úroveň volné energie. Rozdíl volných energií produktu B takové reakce a jejího substrátu A ( $B - A$ ) je vyjádřen symbolem  $\Delta G$ . Pokud je tento rozdíl menší než 0 ( $\Delta G < 0$ ), reakce proběhne a uvolní se energie. Touto energií je dotována přeměna látky X s menším obsahem volné energie na látku Y s vyšším obsahem volné energie ( $\Delta G > 0$ ), která nemůže proběhnout spontánně. V tomto případě hovoříme o spřažených reakcích, kdy energeticky výhodná reakce pohání reakci energeticky nevýhodnou.



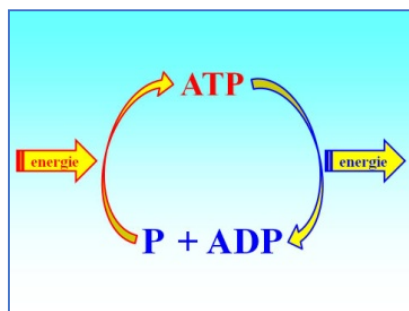
Ukažme si, jak to funguje v případě katabolických a anabolických procesů. Potrava představuje přísun vysoce energeticky hodnotných látek do organismu. **Při katabolických procesech**, kdy dochází k jejich oxidaci a degradaci na jednodušší sloučeniny, se uvolňuje energie ( $\Delta G < 0$ ). Naproti

tomu **anabolické procesy** představují energeticky nevýhodnou syntézu složitějších sloučenin z jednodušších ( $\Delta G > 0$ ). Energetické spřažení katabolických a anabolických procesů se odehrává prostřednictvím **aktivovaných přenašečů**. Na ukázkou si uveďme alespoň dva snad nejfrekventovanější.

Jedná se o **adenosintrifosfát (ATP)** a **nikotinamidadenindinukleotid (NADH)** či **nikotinamidadenindinukleotidfosfát (NADPH)**.

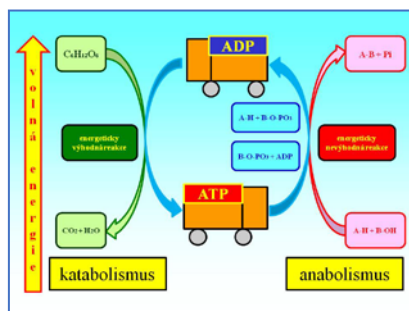


**Adenosintrifosfát (ATP)** obsahuje purinovou bázi **adenin**, cukernou složku **ribózu** a **3 zbytky kyseliny fosforečné** vzájemně spojené makroergickými vazbami.



### Funkce adenosintrifosfátu (ATP)

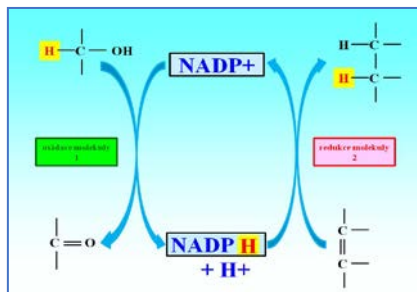
Energie obsažená v živinách se ukládá do **makroergické**, čili energeticky bohaté, vazby fosfátu:  $ADP + P = ATP$ . ATP se pak účastní metabolických procesů, kterým poskytuje energii uvolněnou při defosforylaci z makroergické vazby:  $ATP = ADP + P$ .



Jako příklad energeticky bohatého substrátu získaného z potravy si uveďme glukosu ( $C_6H_{12}O_6$ ). Ta je postupně zmetabolisována energeticky výhodnými ( $\Delta G < 0$ ) katabolickými procesy až na konečné produkty oxid uhličitý ( $CO_2$ ) a vodu ( $H_2O$ ). Uvolněná energie se ukládá do makroergických vazeb adenosintrifosfátu ( $ADP + P_i = ATP$ ).

Na straně anabolických procesů má proběhnout sloučení látek  $A-H + B-OH = A-B$  (např. kondenzace sacharidů, vznik peptidové vazby atd.). Reakce je energeticky nevýhodná ( $\Delta G > 0$ ). Proběhne tedy v několika krocích za přispění energie uvolněné z makroergické vazby ATP:

1.  $ATP + B-OH = B-O-PO_3 + ADP$
2.  $A-H + B-O-PO_3 = A-B + P_i$



Dalšími aktivními přenašeči jsou **nikotinamidadenindinukleotid (NADH)** a **nikotinamidadenindinukleotidfosfát (NADPH)**, přenášející atom vodíku (proton + elektron):

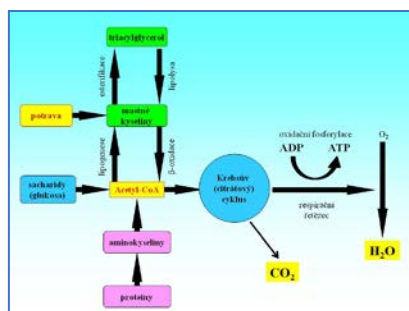
1. Substrát ztrácí vodík (H), čímž se oxiduje a uvolňuje energii. Jeho oxidace je spřažena s redukcí oxidované formy  $NAD^+/NADP^+$  na  $NADH/NADPH$ , která tím energii přijímá.
2. Redukovaná forma  $NADH/NADPH$  se oxiduje na  $NAD^+/NADP^+$  předáním vodíku (H) a právě nabyté energie příslušné látce.

### Od složek potravy k ATP

**Sacharidy** patří mezi nejvýznamnější zdroje energie. Demonstrujme si jejich energetickou přeměnu na majoritním zástupci, kterým je **glukosa**. Glukosa je v procesu nazývaném **glykolysa** přeměňována na **pyruvát**. Pokud je v prostředí k dispozici dostatečné množství kyslíku ( $O_2$ ), dochází k přeměně pyruvátu v procesu nazvaném **oxidační dekarboxylace** na **acetylkoenzym A (acetyl-CoA)**. Ten vstupuje do tzv. **Krebsova, neboli citrátového, cyklu**, produkujícího redukované sloučeniny pro systém oxidačně-redukční reakcí, které souhrnně nazýváme jako **respirační (dýchací) řetězec**. Poslední reakcí respiračního řetězce je redukce  $O_2$  na vodu. Respirační řetězec je spřažen s tzv. **oxidační fosforylací ADP na ATP**. Přeměnou jedné molekuly glukosy se tímto způsobem získá teoreticky **38 molekul ATP**.

Pokud není k dispozici  $O_2$ , dochází k alternativní anaerobní přeměně pyruvátu na **laktát (kyselinu mléčnou)**. Tentokrát s podstatně nižší energetickou výtežností **2 molekul ATP** na jednu molekulu glukosy.

Energetickou přeměnu **lipidů (tuků)** si budeme demonstrovat na příkladu **triacylglycerolů**. Ty jsou tvořeny **glycerolem** se třemi navázanými **mastnými kyselinami**. **Lipolysa** vede k oddělení mastných kyselin od glycerolu. Následně dochází v procesu nazývaném  **$\beta$ -oxidace** ke zkracování jejich uhlíkového řetězce za produkce **acetylkoenzymu A**.



## Energetický metabolismus sacharidů, lipidů a proteinů

Acetylkoenzym A vstupuje do Krebsova cyklu a následné procesy jsou identické s těmi výše popsanými při metabolické přeměně glukosy.

Stejně jako mastné kyseliny, tak také sacharidy přijímáme v podobě potravy, které se známým sledem událostí přeměňují na acetyl-CoA. V případě nadbytečného příjmu sacharidů se z acetyl-CoA v procesu nazvaném **lipogenese** syntetizují mastné kyseliny. Jejich následnou esterifikací s glycerolem vznikají zásobní triacylglyceroly.

Konečně též proteiny se prostřednictvím aminokyselin a jejich přeměny na acetyl-CoA účastní klíčových energetických procesů v buňce.

### Kontrolní otázky

1. Vysvětlete význam fotosyntézy.
2. Vysvětlete energetické sprzęžení katabolických a anabolických procesů.
3. Jaká je podstata makroergické vazby?
4. Vysvětlete funkci ATP a NADH/NADPH.
5. Popište energetickou přeměnu glukosy.
6. Popište metabolickou přeměnu lipidů.
7. Vysvětlete význam kyslíku ( $O_2$ ) při aerobní přeměně glukosy a triacylglycerolu.

### Místo pro doplnění

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

ALBERTS, B. et al. *Essential Cell Biology*. W. W. Norton & Company 2019. ISBN 9780393680393



## 5 Buněčná biologie - Transport látek přes buněčné membrány (P. Kelbich)

### Anotace, abstrakt

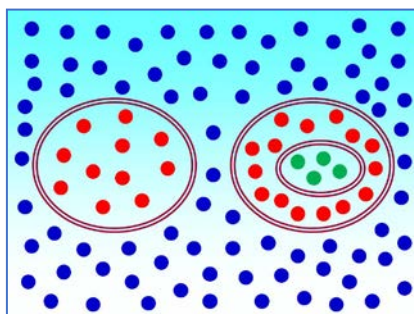
Živá buňka je samoreprodukční soustava molekul držených uvnitř obalu. Tímto obalem je **plasmatická membrána**. Slouží jako bariéra bránící úniku obsahu buňky, ale také jako důmyslný transportní systém pro výměnu látek mezi buňkou a vnějším prostředím. Je tvořena lipidy a proteiny. Proteiny tvoří systémy pro export a import látek a také receptory pro komunikaci buňky s vnějším prostředím. Prokaryotické buňky obsahují jednu povrchovou membránu. Buňky eukaryotické obsahují vedle povrchové membrány též řadu vnitřních membrán ohraničujících příslušné kompartmenty.

### Cíl kapitoly

Ozřejmit strukturu a fungování buněčných membrán. Vysvětlit způsoby transportu látek přes buněčné membrány a jejich klíčový biologický význam.

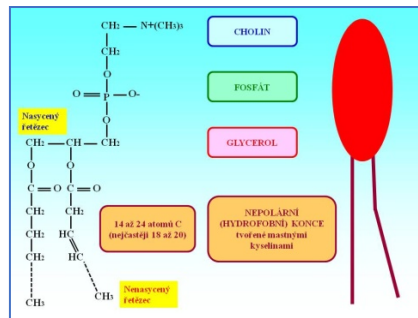
### Klíčová slova

Fosfolipidy, amfipatická molekula, micela, lipidová dvojvrstva, transport látek, membránové proteiny, přenašečové proteiny, iontové kanály, gradient elektrochemického potenciálu, pasivní transport, aktivní transport, uniport, symport, antiport, ATP-syntáza, osmoza, osmotická síla, osmotická rovnováha

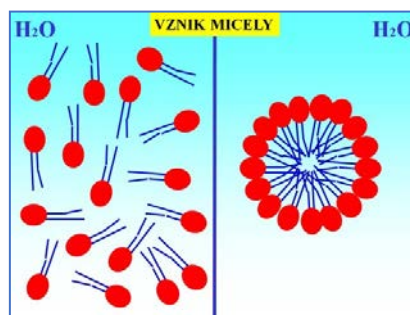


Buněčné membrány slouží jako přepážky mezi dvěma oddíly a brání spontánnímu smísení molekul z jedné strany s molekulami z druhé strany.

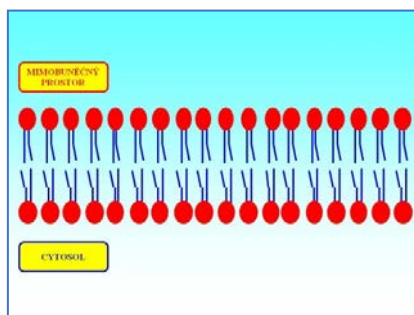




Buněčné membrány jsou tvořeny fosfolipidovou dvouvrstvou. Molekuly fosfolipidu jsou odvozeny od triacylglycerolu, v němž je jedna OH skupina nahrazena zbytkem kyseliny fosforečné s nejčastěji navázaným cholinem a dvě OH skupiny nahrazené mastnými kyselinami. Kyselina fosforečná s cholinem tvoří **hydrofilní část** a řetězce mastných kyselin (nasycených i nenasycených) **hydrofobní část** molekuly fosfolipidu. Molekuly nesoucí zároveň hydrofilní a hydrofobní část se označují jako **amfipatické**.

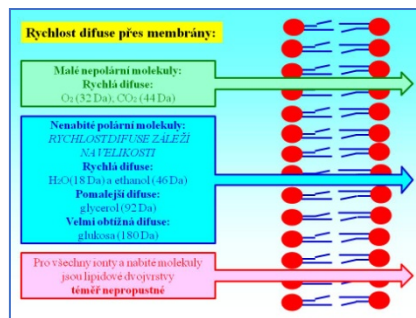


Jak zásadní význam pro vznik a funkci fosfolipidové membrány má amfipatický charakter molekuly fosfolipidu si ukážeme na jejich spontánním uspořádání do tzv. **micely**. Ve vodném prostředí se budou fosfolipidy chovat tak, že hydrofilními částmi přilnou k vodě a naopak, ty hydrofobní před vodou ukryjí.



Micela transformovaná na plochu obalující buňku a její kompartmenty spontánně vytvoří **lipidovou dvouvrstvu**.

## Difuze látek lipidovou dvouvrstvou



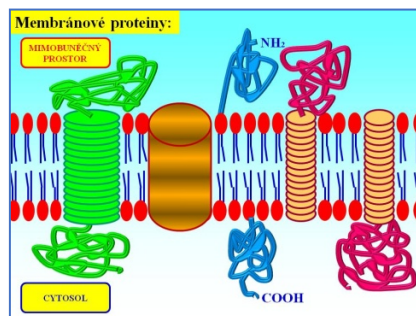
**Nejrychleji difundují** lipidovou dvojvrstvou malé nepolární molekuly – dýchací plyny **kyslík** a **oxid uhličitý**.

V případě nenabitých polárních molekul ovlivňuje jejich difuzi velikost.

**Voda** (18 Da) a **etanol** (46 Da) **difundují rychle**. **Pomaleji difunduje glycerol** (92 Da). **Velmi obtížně difunduje glukosa** (180 Da).

**Ionty** a **nabité molekuly** lipidovou dvojvrstvou **téměř neprochází**.

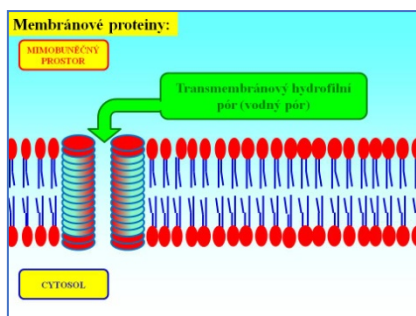
## Membránové proteiny



Membránové proteiny plní většinu specifických funkcí membrány – transport látek, detekce chemických signálů, katalýza specifických reakcí atd.

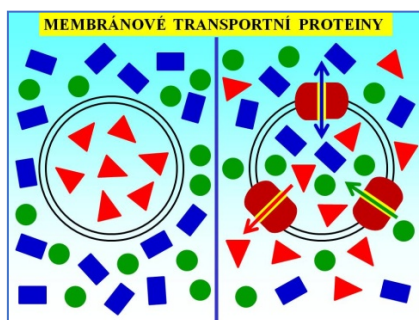
**Proteiny jsou do membrány zakomponovány různými způsoby:**

1. Jako samostatné  $\alpha$ -šroubovice.
2. Jako skupiny  $\alpha$ -šroubovic.
3. Jako  $\beta$ -skládaný list ( $\beta$ -soudek).
4. Kovalentní vazbou k lipidové molekule.
5. Nekovalentní vazbou k jinému membránovému proteinu.

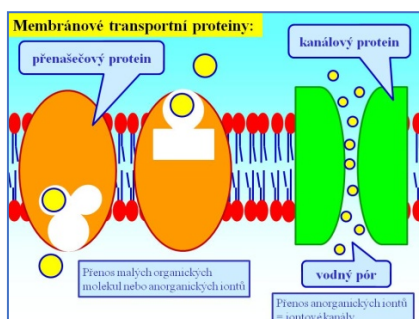


**Transmembránové hydrofilní póry umožňují prostup molekul rozpustných ve vodě přes lipidovou membránu.** Hydrofobní aminokyseliny

transmembránových proteinů jsou v kontaktu s lipidy, hydrofilní směřují dovnitř póru.



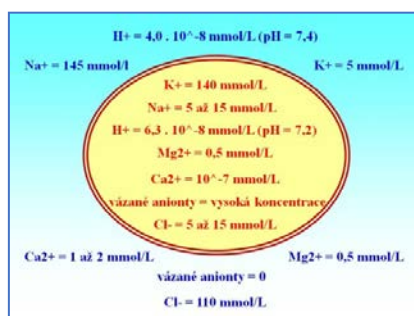
Vnitřek lipidové dvojvrstvy je hydrofobní a brání přenosu téměř všech látek rozpustných ve vodě. Jejich přenos zajišťují membránové transportní proteiny.



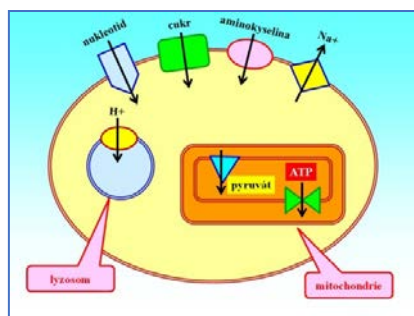
Základním rozdělením membránových transportních proteinů jsou **přenašečové a kanálové proteiny**.

**Přenašečové proteiny** naváží na jedné straně solut a změnou své konformace jej přenesou na druhou stranu. Umožňují **pasivní** (po koncentračním spádu) i **aktivní** (proti koncentračnímu spádu) **transport látek**.

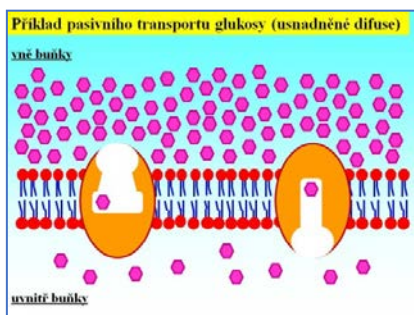
**Kanálové proteiny** vytvářejí v membráně hydrofilní póry, kterými mohou rozpouštěné látky difundovat. Umožňují pouze **pasivní transport látek** (po koncentračním spádu).



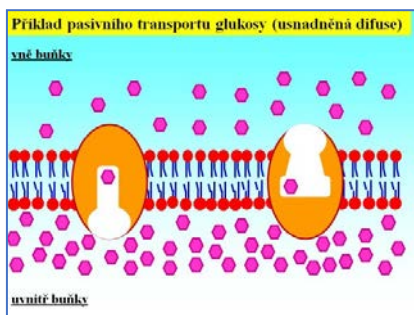
Buňky udržují oproti okolí výrazně odlišné složení svého vnitřního prostředí (viz na obrázku příklad savčí buňky). Proto hraje transport látek přes buněčné membrány klíčovou biologickou roli.



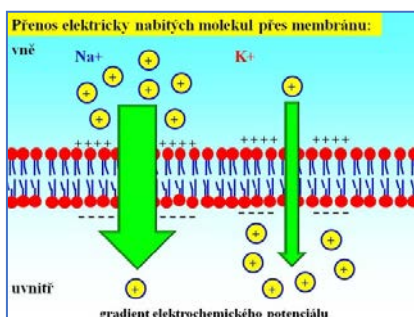
Přenašečové proteiny umožňují transport látek mezi buňkou a vnějším prostředím i mezi vnitřními buněčnými kompartmenty.



Po jídle se vně jaterní buňky vyskytuje velké množství molekul glukosy. Ty se specificky váží na přenašečové proteiny a jsou specificky po koncentračním spádu přenášeny dovnitř buňky.



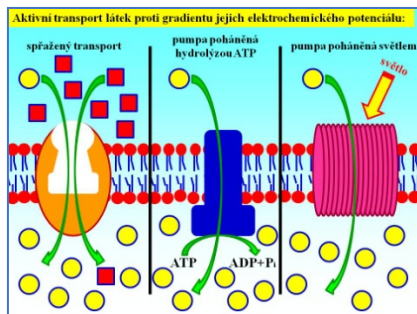
V případě hladovění stimuluje hormon glukagon jaterní buňky k uvolňování glukosy z glykogenu. Ta se vnitrobuněčně váže na přenašečový protein a je specificky po koncentračním spádu transportována vně buňky.



U elektricky nabitých molekul je transport ovlivněn nejen koncentračním gradientem, ale také elektrickým napětím mezi vnější a vnitřní stranou membrány = **gradient elektrochemického potenciálu** (vnitřní strana membrány je oproti straně vnější nabita záporně).

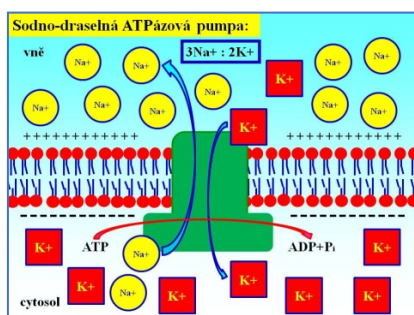
Transport  $\text{Na}^+$  do buňky je společně poháněn **nižší koncentrací v buňce a záporným nábojem** na vnitřní straně membrány. **Gradient jeho elektrochemického potenciálu je proto vysoký.**

Transport  $\text{K}^+$  do buňky je sice poháněn **záporným nábojem** na vnitřní straně membrány, zároveň je ale brzděn pohybem **proti koncentračnímu spádu**. **Gradient jeho elektrochemického potenciálu je proto malý.**

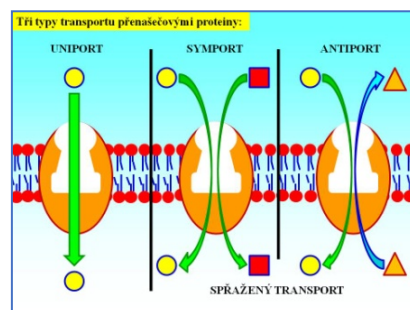


**Aktivní transport látek** přes membrány probíhá proti gradientu jejich chemického nebo elektrochemického potenciálu. Buňky jej uskutečňují třemi způsoby:

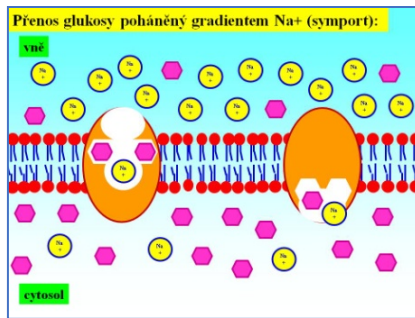
1. Transport spřážený s energeticky výhodným transportem po koncentračním spádu.
2. Transport spřážený s hydrolyzou ATP a s uvolněním energie z makroergické vazby.
3. Transport spřážený s přívodem světelné energie.



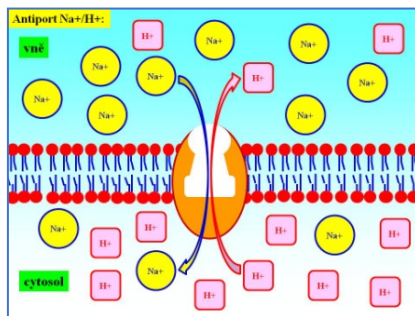
Sodno-draselná ATPázová pumpa využívající energii z makroergických vazeb ATP k pohonu aktivního transportu  $\text{Na}^+$  z buňky a  $\text{K}^+$  do buňky.



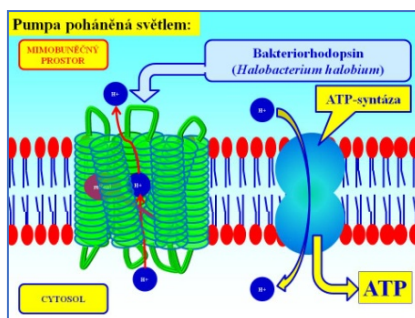
Některé přenašečové proteiny transportují pouze jednu látku (**uniport**), některé dvě (**spřážený transport**) stejným směrem (**symport**) nebo směrem opačným (**antiport**).



Příklad **symportu** - přenašečový protein využívá vysokého elektrochemického potenciálu  $\text{Na}^+$  k pohonu aktivního transportu glukosy do buňky proti koncentračnímu spádu.



Příklad **antiportu** – přenašečový protein využívá vysokého elektrochemického potenciálu  $\text{Na}^+$  k pumpování  $\text{H}^+$  z buňky a tím pádem k regulaci pH v cytosolu.

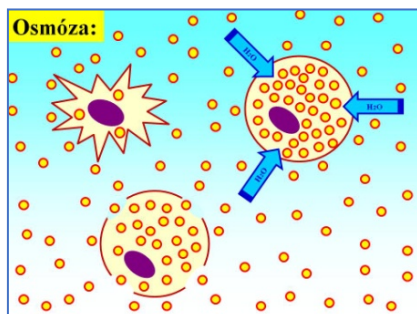


Membránový protein **bakteriorhodopsin** archebakterie *Halobacterium halobium* obsahuje kovalentně navázanou neproteinovou složku **retinal**. Když retinal absorbuje foton, změní svůj tvar a způsobí řadu malých změn bakteriorhodopsinu. Tyto změny vedou k přenosu protonů ( $\text{H}^+$ ) ven z buňky.



$\text{H}^+$  se hromadí vně buňky a vytváří koncentrační gradient napříč membránou. Stejně jako voda zadržovaná nad přehradní hrází je

zásobárnou energie. Energie vodní masy prohnaná přes turbínu je přeměněna na použitelnou elektrickou energii. Energie  $H^+$  je přetransformována enzymem ATP-syntázou na chemickou energii ATP.



Plasmatická membrána je propustná pro vodu. Pokud je celková koncentrace rozpuštěných látek na jedné její straně větší než na druhé, voda se snaží pronikat přes membránu do míst o nižší koncentraci solutu tak dlouho, až se koncentrace vyrovnají. Takovému pohybu vody z oblasti nízké koncentrace solutu do oblasti s jeho vysokou koncentrací se říká **osmoza**. Hnací silou pohybu vody je **osmotický tlak**.

Živočišné buňky nemají buněčnou stěnu, která by vzdorovala osmotickému tlaku. Pokud je dáme do vody, nabobtnají a prasknou.

Přirozené extracelulární prostředí je bohaté na soluty, zejména  $Cl^-$  a  $Na^+$ , bránící osmotickému zničení buňky. Přesto mají soluty z vnějšího prostředí tendenci pronikat podél svého gradientu elektrochemického potenciálu do buněk. Aby buňky udržely osmotickou rovnováhu, musejí tyto nežádoucí soluty odčerpávat. Na odčerpávání  $Na^+$  z buněk se podílí především  $Na^+/K^+$ -ATPáza.

---

#### Kontrolní otázky

---

1. Popište vznik micely z molekul fosfolipidů.
  2. Popište limity transportu látek přes fosfolipidovou membránu.
  3. Uveďte příklad uniportu, symportu a antiportu látek přes buněčnou membránu.
  4. Uveďte příklad transmembránového přenosu látky kanálovým proteinem.
  5. Uveďte příklad transmembránového přenosu látky usnadněnou difúzí a aktivním transportem.
  6. Vysvětlete funkci fyziologického roztoku.
- 

#### Místo pro doplnění

---



---

## Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

ALBERTS, B. et al. *Essential Cell Biology*. W. W. Norton & Company 2019. ISBN 9780393680393

---

## 6 Buněčná biologie - Získávání energie v mitochondriích a chloroplastech (P. Kelbich)

---

### Anotace, abstrakt

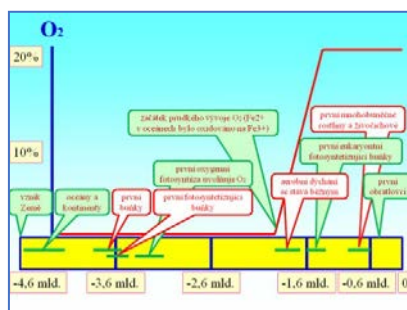
Klíčovou událostí pro rozvoj života na Zemi byl vznik kyslíkové atmosféry a aerobní způsob získávání energie. V hlavní roli mitochondrie a chloroplasty.

### Cíl kapitoly

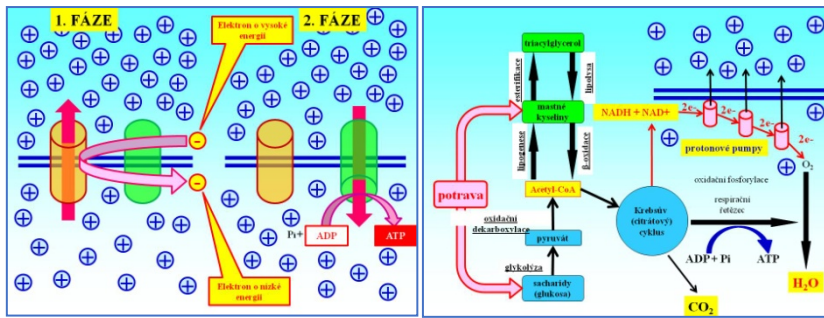
Objasnění mechanismu získávání energie mitochondriemi a chloroplasty.

### Klíčová slova

Mitochondrie, vnější a vnitřní membrána mitochondrií, kyslík,  $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADH}$ , membránové přenašeče elektronů, protonové pumpy, ATP-syntáza, ATP, chloroplasty, tylakoid, chlorofyl,  $\text{CO}_2$ , fotosyntéza

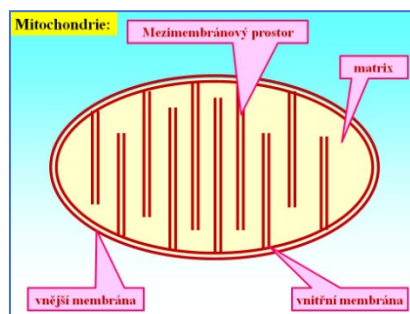


Země vznikla před cca 4,6 miliardami let. Před cca 3,8 miliardami let se na Zemi objevily první známky života. Před cca 3,6 miliardami let se objevily **bakterie štěpící při fotosyntéze molekuly vody a uvolňující kyslík**. Více než 1 miliardu let se pak uvolňovaný kyslík spotřebovával na oxidaci železnatých iontů ( $\text{Fe}^{2+}$ ) na ionty železité ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Teprve potom začal kyslík v atmosféře přibývat, až se ustálil na současné úrovni. Jako odpověď na vzrůstající koncentraci kyslíku v ovzduší vzniklo **membránové aerobní dýchání**. Život na Zemi mohl akcelarovat.



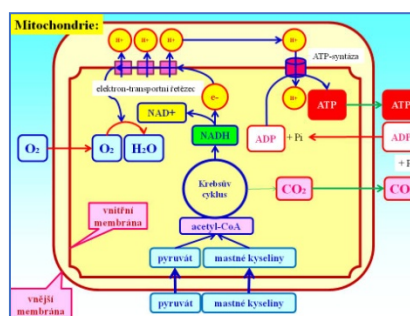
Hlavním chemicko-osmotickým platidlem v buňkách je ATP. Většina ATP se tvoří v mitochondriích a v případě rostlin a řas také v chloroplastech. Proces se nazývá **chemiosmotické spřažení** a odehrává ve dvou fázích:

1. **Elektrony** pocházející především z oxidace molekul potravy jsou přenášeny řadou **přenašečů elektronů** zanořených v membráně. Při tom se uvolňuje energie, která se využívá k čerpání protonů ( $H^+$  z vody) přes membránu (**protonové pumpy**). Tak **vzniká gradient elektrochemického potenciálu protonů**.
2.  $H^+$  proudí zpět po spádu svého elektrochemického potenciálu proteinovým komplexem **ATP-syntáza**, který katalyzuje enzymovou syntézu **ATP** z ADP a anorganického fosfátu (Pi).



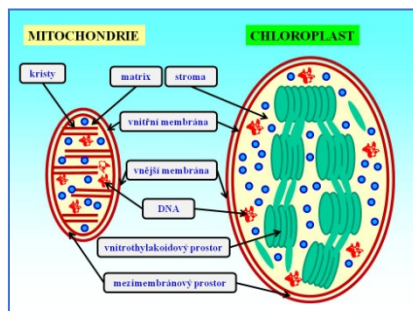
**Mitochondrie** odpovídají tvarem a velikostí bakteriím. Obsahují svou **vlastní DNA a RNA** a uskutečňují transkripci a translaci, včetně použití vlastních ribozomů.

Každá mitochondrie má dvě membrány, vnitřní a vnější. Tyto membrány vytváří dva mitochondriální oddíly: velký vnitřní prostor zvaný **matrix** a úzký **mezimembránový prostor**.

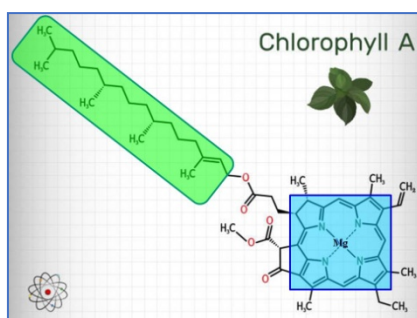


**Pyruvát a mastné kyseliny** vstupují do mitochondrie, jsou odbourávány na **acetylkoenzym A** a poté metabolizovány v **Krebsově cyklu**, kde se **NAD<sup>+</sup>** redukuje na **NADH** (a **FAD<sup>+</sup>** na **FADH<sub>2</sub>**). V oxidační fosforylaci se potom vysokoenergetické elektrony z NADH (a z FADH<sub>2</sub>) přenášejí

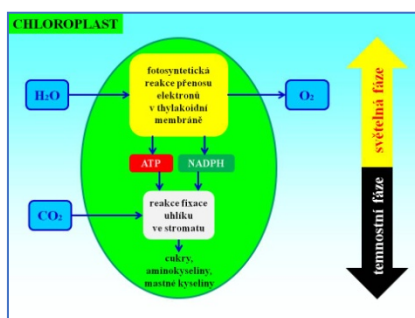
v elektrontransportním řetězci ve vnitřní membráně na kyslík. Tento transport elektronů vytváří protonový gradient přes vnitřní membránu, který se využívá k pohonu tvorby ATP s pomocí ATP-syntázy.



Podobně jako mitochondrie se i chloroplast vyvinul z pohlčené bakterie. **Chloroplasty** mají **vnější membránu** a **vnitřní membránu**, v níž jsou zanořeny **transportní proteiny**. Vnitřní membrána obklopuje velký prostor zvaný **stroma** (analogický mitochondriální matrix), který obsahuje mnoho **enzymů**, **sadu ribozomů**, **DNA** a **RNA**. Na rozdíl od mitochondrií neobsahuje vnitřní membrána chloroplastů elektrontransportní řetězce. Místo toho jsou **systémy zachycující světlo**, **elektrontransportní řetězce** a **ATP-syntáza** obsaženy v **tylakoidní membráně**.



Atom hořčíku (Mg) je držen v centru porfyrinového kruhu. Světlo je pohlcováno elektrony v modře vyznačené oblasti. Dlouhý hydrofobní řetězec (zelená oblast) pomáhá držet chlorofyl v tylakoidní membráně.



Velké množství reakcí probíhajících během fotosyntézy v chloroplastech lze rozdělit do dvou fází:

**Světelná fáze:** *Fotosyntetické reakce přenosu elektronu.* Energie slunečního světla se přenáší na elektron v chlorofylu a umožňuje elektronu putovat elektrontransportním řetězcem v tylakoidní membráně. Chlorofyl získává elektrony z vody, přičemž vedlejším produktem je  $O_2$ . Během přenosu elektronů jsou přes tylakoidní membránu čerpány  $H^+$  a výsledný gradient

elektrochemického potenciálu protonů pohání syntézu ATP ve stromatu. Elektrony s vysokým obsahem energie redukují NADP<sup>+</sup> na NADPH.

**Temnostní fáze:** *Reakce fixace uhlíku.* ATP a NADPH vytvořené ve světelné fázi slouží jako zdroj energie a jako redukční činidlo při pohonu syntézy sacharidů z CO<sub>2</sub>. Reakce, při nichž se váže uhlík, začínají ve stromatu chloroplastu a pokračují v cytosolu. Výsledkem je sacharosa a mnoho jiných organických molekul.

---

#### Kontrolní otázky

---

1. Popište chemiosmotické spřažení.
  2. Popište vznik elektrochemického potenciálu protonů.
  3. Popište strukturu a význam mitochondrií.
  4. Popište vznik ATP v mitochondriích.
  5. Popište strukturu a význam chloroplastů.
  6. Popište světelnou a temnostní fázi fotosyntézy.
- 

#### Místo pro doplnění

---

---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

ALBERTS, B. et al. *Essential Cell Biology*. W. W. Norton & Company 2019. ISBN 9780393680393

#### 7 Buněčná biologie - Buňky, tkáně, tkáňové systémy (K. Filip)

---

##### Anotace, abstrakt

---

Lidské tělo je tvořeno orgány, které jsou složeny z tkání, které se zase skládají z jednotlivých buněk se společnou funkcí. V této kapitole položíme základy histologie. Začneme od nejmenších struktur – buněk a jejich složení, probereme základní druhy tkání, složení orgánových soustav, jejich morfologii a funkci. V závěru zmíníme i praktické využití mikroskopické morfologie tkání v medicíně – histopatologii.

---

##### Cíl kapitoly

---



Položit základy cytologie a histologie. Názorně si představit morfologii a zmínit funkce jednotlivých druhů tkání a orgánů.

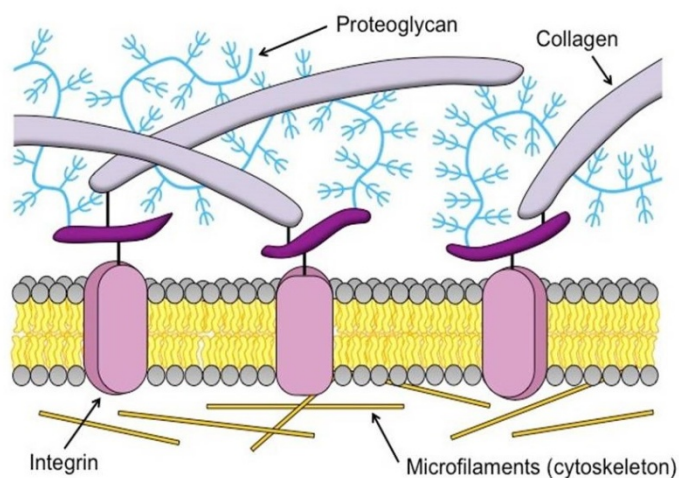
#### Klíčová slova

Cytologie, orgány, jádro, cytoplasma, histologie, histopatologie, tkáň, epitely, bazální membrána, pojiva, orgány, mikroskop, histologická barvení, nádor, karcinom, metastáza

#### Tkáň

Tkáň je skupina buněk stejné funkce a podobného vzhledu. Jsou tvořeny nejen jednotlivými **buňkami**, ale i tzv. **extracelulární matrix** (mezibuněčnou hmotou). Poměry množství jednotlivých složek se mění podle druhu tkáně a její funkce. Např. epitelová tkáň je tvořena buňkami nasedající těsně a pevně vedle sebe a naopak pojivová tkáň jako je třeba chrupavka je naopak složena z řídce rozmístěných buněk "zalitých" v extracelulární matrix.

**Mezibuněčná hmota** se skládá ze dvou složek **fibrilární (vláknitá)** – různé druhy kolagenu, elastických vláken atp., která dodává pevnost a elasticitu a ze složky **amorfní (lat. beztvářá)**, která je složena z proteoglykanu a glykoproteinů její hlavní funkcí je vázat vodu, konkrétně tkáňovou tekutinu s rozpuštěnými látkami.

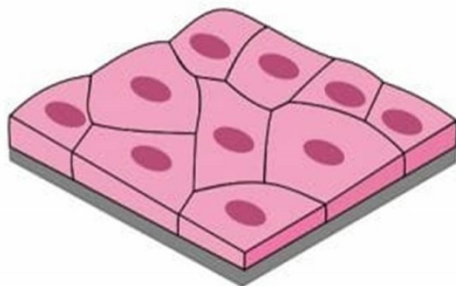


#### Napojení ECM na cytoplasmatickou membránu (žlutá)

#### Druhy tkání a výskyt

#### Epitelová tkáň

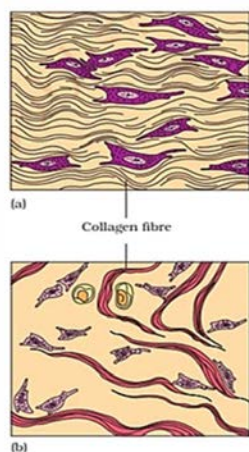




Jednotlivé buňky nasedají těsně na sebe, tvoří často bariéru (kůže, sliznice žlučníku, močového měchýře) nebo naopak umožňují vstřebávání (sliznice tenkého a tlustého střeva) a nebo tvoří exokrinní (žlázy s vnější sekrecí - slinné žlázy) i endokrinní žlázy (s vnitřní sekrecí – adenohypofýza, štítná žláza, nadledviny atp.). Všechny epitely "sedí" na bazální membráně.

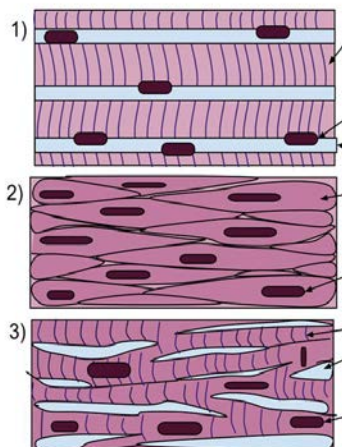
### Pojivová

Buňky jsou spíše řídce rozmístěné v mezibuněčné hmotě, kterou samy tvoří a vznikají podle složení různé druhy pojivové tkáně: vazivo, chrupavka, kost, ale i tuk.



### Svalová

Základní funkce této tkáně je stah. Svaly dělíme na hladký (vůli neovladatelný, např. Ve stěně zažívacího traktu), srdeční (pouze v srdci a také není vůli ovladatelný, stavbou je však podobný kosternímu) a kosterní (vůli ovladatelný popř. zapojen do různých reflexů, např. míšních).

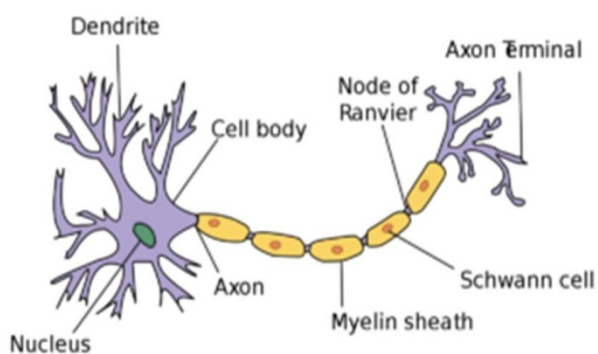


### Nervová

Je to tkáň se schopností přenášet vzruchy a reagovat na signály.

Někde se uvádí ještě další skupina tkáň trofická (tekutá), kam spadá krev.

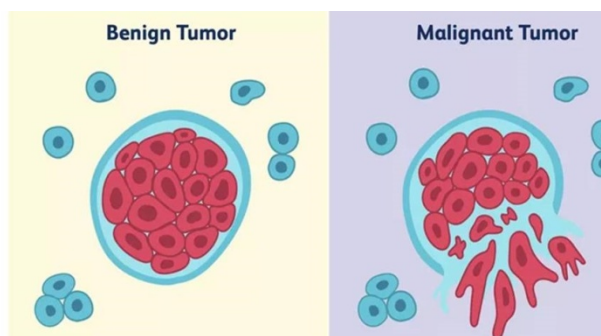
Tkáňě dohromady tvoří orgány a ty cele dohromady celý organismus.



### Maligní nádory

Maligní znamená zhoubný, tzn. že vznik tumoru ohrožuje pacienta na životě nejčastěji metastázami. Opak jsou benigní nádory (lat bene = dobře) - nezahubné, pacienta na život přímo neohrožují, pouze obtěžují, výjimka je ale třeba růst v omezeném prostoru lebky.

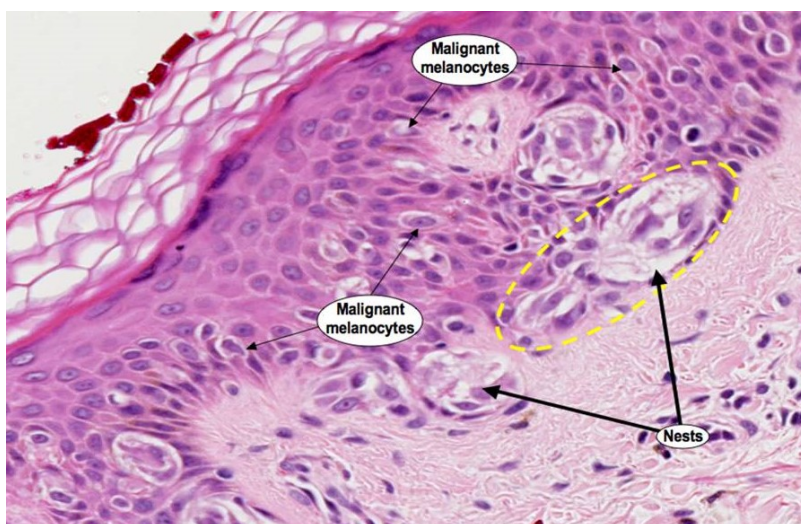
Maligní nádory nejčastěji vznikají zvrhnutím jedné buňky, která přestane "hrát týmově" nekomunikuje s ostatními a nekontrolovatelně se dělí. Obvykle při tom poruší bazální membránu, které ostatní buňky respektují jako bariéru pro svůj růst.



## Histologie a mikroskopická technika

Rozeznat povahu nádoru, zda se jedná o benigní nebo maligní lze obvykle pouze mikroskopicky, histologickým vyšetřením, které provádí histologická laboratoř patologických oddělení.

V principu se pacientovi odebere malý vzorek, zpracuje se a ve výsledku se zhotoví 10µm řezy tkání, které se obarví speciálním barvením a pak se materiál prohlíží v mikroskopu a hodnotí se.



### Kontrolní otázky

1. Z čeho je složená tkáň?
2. Jaké znáte druhy tkání a jaké mají vlastnosti?
3. Z čeho se skládá extracelulární matrix?
4. Jaký je rozdíl mezi maligními a benigními tumory?
5. Jaké znáte druhy svalů?

### Místo pro doplnění

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, 3. ed., Grada 2012



## 8 Vývojová biologie a embryologie (K. Filip)

### *Anotace, abstrakt*

Obecný princip vzniku a vývoje vyšších organismů včetně člověka spočívá ve splynutí dvou haploidních (pohlavních) buněk za vzniku jedné buňky – zygoty, která při své velikosti 0,1mm má ve svém jádře a cytoplasmě vše důležité pro vznik celého dospělého jedince.

Kapitola má za úkol vysvětlit, jak k tomu dochází a zaměřit se zejména na embryologii člověka. Vývoj orgánových soustav se zaměřením na vznik některých základních vrozených vývojových vad a zmínit i problematiku asistované reprodukce.

### *Cíl kapitoly*

Cílem kapitoly je nastínit základy prenatálního vývoje člověka se zaměřením na klinické a praktické využití v medicíně.

### *Klíčová slova*

Embryologie, zygota, embryo, plod, zárodečné listy, endoderm, mesoderm, ektoderm, somity, vrozené vývojové vady, prenatální vývoj, porod, potrat, asistovaná reprodukce, IVF, embryotransfer, preimplantační diagnostika

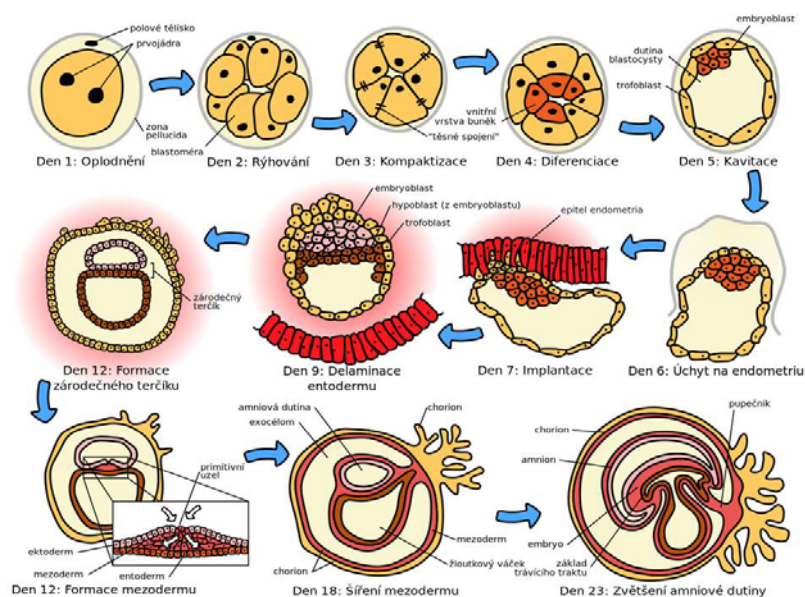
### **První dva týdny prenatálního vývoje člověka**

Po splynutí dvou pohlavních haploidních buněk (buněk s poloviční sadou chromozomů), v případě člověka to je vajíčko a spermie vzniká **zygota** první den oplození. Další den dochází k dělení, kdy vznikají naprosto identické buňky z nichž z každé může vzniknout kompletní jedinec v tomto případě (po rozdělení až po vzniku zygoty) hovoříme jednovaječných dvojčatech. Jiná situace vzniká když dojde k oplození dvou vajíček – pak má každé embryo svojí vlastní zygotu, ale i placentu atp.

Zhruba po třech dnech vznikne dělením útvar složený se stejných buněk připomínající plod moruše **morula**.

7. den vývoje dochází k nidaci – uhníždění celé skupiny buněk do děložní sliznice a v tomto čase je již v plném proudu vlivem buněčné signalizace diferenciací buněk. Pomocí gradientů koncentrací různých signálních molekul se v různých buňkách začínají exprimovat různé molekuly a ty se specializují na různé funkce. Pro naše téma stačí zdůraznit vznik **extrambryonálních tkání** (placenta, pupečník a plodové obaly), které po porodu již nepotřebujeme a ztrácíme je. Jsou to speciální typy tkání, jejichž vzhled i funkce je velmi specifická. **Embryonální tkáň** je naopak ta tkáň, z které se vyvinou všechny tkáně našeho těla a za další měsíce dají vzniknout zralému novorozenci schopného života mimo dělohu a dalšího vývoje.





### Embryo (3-8 týden)

Nastává 3 – 8 týden vývoje. Zjednodušeně se položí základy orgánových soustav a my můžeme pozorovat již specializované skupiny buněk.

### Fetus (plod) (9-38 týden)

O plodu mluvíme od 9. do 38. gestačního týdne. Základy orgánů jsou založeny a probíhá v nich postupný vývoj, zrání a od 10. týdne lze ultrazvukem ověřit srdeční akci plodu.

Do 12. týdne lze ukončit těhotenství z jakéhokoli důvodu a do 24. týdne již pouze ze zdravotních (např. genetických) důvodů. Zde vyvstávají mnohé etické problémy, protože v tomto gestačním týdnu má již plod šance na přežití mimo dělohu matky a předčasně narození novorozenci o hmotnosti 1000g již díky vyspělé zdravotní péči běžně přežívají.

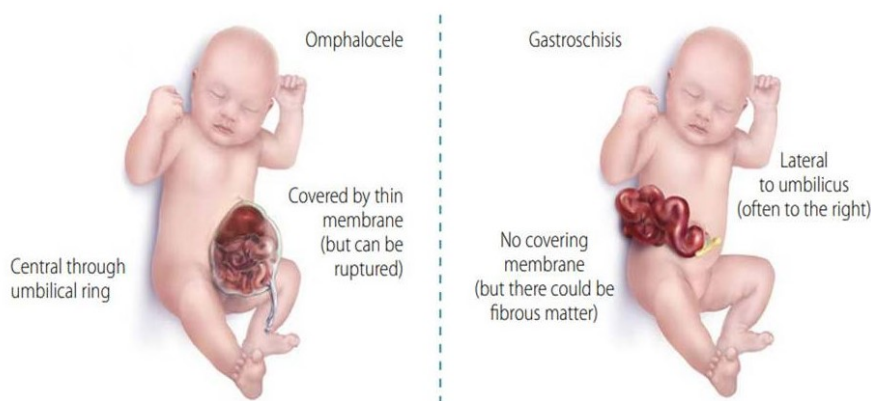
Hlavní limitací přežití jsou plíce. Zpočátku vývoje připomínají svojí strukturou spíše žlázu než vzdušné plíce s plicními sklípky a nejsou připravené na výměnu plynů a dále v nich chybí surfaktant – lipoprotein snižující povrchové napětí ve sklípcích. Zrání lze urychlit podáváním kortikoidů matce.

Vrozené vývojové vady

Když se zaměříme na vrozené vývojové vady, tak ty vznikají na konci embryonálního a v průběhu fetálního období.

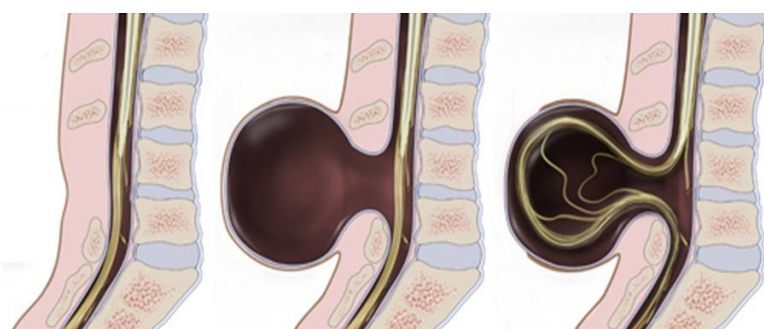
#### Trávicí trubice:

Celá trávicí trubice nějakou dobu vyplněná buňkami – bez volného prostoru uprostřed. Pokud dojde k porušení tohoto procesu a buňky nezmizí, trávicí trubice není průchodná a nazýváme to atrezie, pokud jde jen o zúžení mluvíme o stenózách. Tenké i tlusté střevo při vývoji na nějaký čas opustí prostor těla plodu a mimo něj probíhá složitá rotace o 270° a ta pokud neproběhne v pořádku je střevo nedorotované nebo nedojde k zanoření zpět do těla a vzniká omfalokéla v pupočníku nebo gastroschíza (kličky střev volně mimo plod.)



### Nervová soustava:

Nervová trubice vzniká vnořením z povrchového epitelu a na jednom konci vznikne složitým vývojem a regulací mozek, na druhém konec míchy v lumbosakrální oblasti (bederní a křížová část páteře). Pokud dojde k poruše těchto procesů, otvory na koncích se neuzavřou a vznikají nejčastěji lehčí poruchy typu rachischízy (chybí jen tělo obratle) dále pak meningokély nebo meningomyelokély, kdy defekt uzavření vytvoří na plodu cystu s obsahem nervových vláken s nutností operačního řešení po narození.



Spina bifida occulta

Meningocele

Myelomeningocele

### Končetiny:

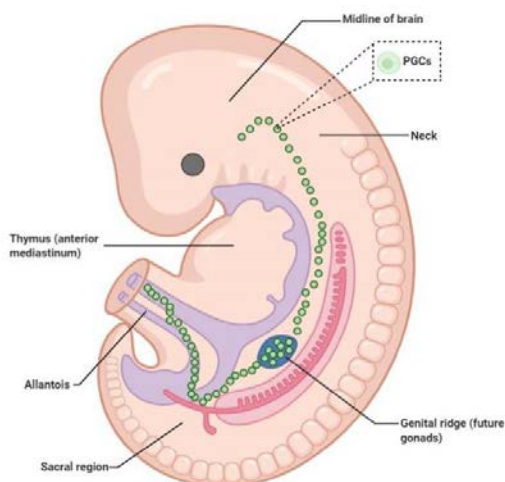
Prsty končetin jsou zpočátku srostlé a připomínají ploutve ryb. Buňky mezi prsty prodělávají apoptózu a pokud k tomu nedojde prsty zůstanou srostlé, popř. Se může objevit i nadbytečný prst šestý (hexadaktilie). Známá vada vznikala po užití léku proti nevolnosti používaném těhotnými ženami v 50.-60. letech – Thalidomid, která se nazývá amélie. Novorozencům chyběly končetiny nebo byly významně deformované, ale způsoboval i další vrozené vývojové vady,

### Migrace buněk:

Orgány v průběhu vývoje prodělávají různé migrace po těle a pokud dojde k odloučení buněk, mohou se zbytky orgánu vyskytnout na netypických místech.

Štítná žláza zklesává z oblasti jazyku krkem a usadí se na svém obvyklém místě. Může ale zůstat kdekoli v cestě nebo se dostat až do hrudníku, kde spolu s příštítnými tělísky může imitovat tumory. Klasickým případem jsou i varlata, která vznikají v oblasti ledvin a po narození by měla být sestoupená v šourku. Ve výjimečných případech lze najít zbytky tkáně varlat i v

hrudníku, kde z nich mohou vzácně vznikat tumory. V nesestoupělých varlatech také častěji vznikají maligní nádory – seminomy.



### Asistovaná reprodukce

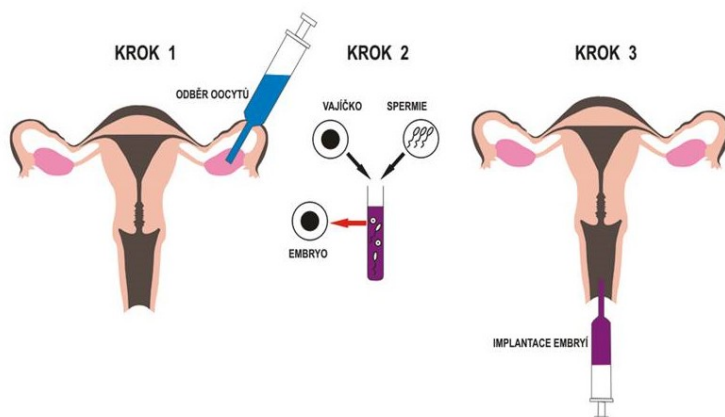
Metoda, která umožní mít vlastní děti párům, kde to nelze přirozenou cestou. Dochází k manipulaci s pohlavními buňkami, s embrii, popř. k preimplantační diagnostice, což jsou všechno úkony vyžadující etický přístup. Dochází tak k narození minimálně 1% všech dětí.

Metody:

**IUI** - Intrauterinní inseminace, zavedení spermie do dělohy. To má ale nízkou účinnost okolo 10-15%.

**IVF** - In vitro fertilizace, odběr pohlavních buněk a v oplození dojde mimo lidské tělo (in vitro – ve "skle") a po vzniku zygoty následuje embryotransfer 2-3 embryí katetrem do dělohy. Kvůli tomu pak je vyšší šance vícečetných těhotenství. Lze je i zmrazit a uskladnit pro další pokusy. Tato metoda umožňuje preimplantační diagnostiku – embryo lze geneticky vyšetřit a vyloučit genetické vady.

**ICS** - intracytoplasmatické injekce spermie – využívá se v případě, kdy spermie nejsou schopny proniknout do vajíčka.



Ledviny (nefros) jsou párovým orgánem, uloženým po obou stranách bederní části páteře, na průřezu je ledvina tvořena – kůrou a dřením.

Kůra tvoří úzký pás při povrchu ledviny.

**Funkční jednotkou ledvin je N E F R O N.**

1. každá ledvina obsahuje 1 – 2 miliony nefronů
2. nefrony procházejí kůrou i dřením
3. v nefronech dochází k filtraci krve, tvorbě primární moči, k její úpravě a vzniku sekundární (definitivní) moče
4. nefron se skládá z glomerulu, proximálního tubulu, Henleovy kličky, distálního tubulu

---

#### Kontrolní otázky

---

1. Co je to zygota? Kdy vzniká?
  2. Co patří mezi extraembryonální orgány?
  3. Jaká orgánová soustava je obvykle nejvíce limitující pro předčasně narozeného novorozence?
  4. Vyjmenujte a zhruba popište 3 vrozené vývojové vady.
  5. Uveďte metody asistované reprodukce.
- 

#### Místo pro doplnění

---



---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---



SADLER, W. Thomas. *Langmannova lékařská embryologie*, 10. vydání, Grada 2011

TRÁVNÍK, P. *Klinická embryologie*, Mladá fronta 2018

## 9 Biologie člověka – Základní stavba lidského těla (D. Partlová)

---

### *Anotace, abstrakt*

Lidské tělo je tvořeno mnoha různými tělesnými orgány. Většinu orgánů lidského těla spolu s jejich doprovodnými strukturami lze rozdělit na základě jejich povahy do jednotlivých skupin – tělesných systémů. Každá skupina orgánů, která tvoří jeden tělesný systém, je zodpovědná za specifickou tělesnou funkci. V zásadě všechny tělesné systémy – a také všechny buňky, která jsou základními stavebními kameny orgánů a tkání – udržují zdraví a vnitřní rovnováhu lidského těla za neustále se měnících okolností.

---

### *Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základními pojmy lidského těla

---

### *Klíčová slova*

Homeostáza, buňky a chromozomy, membrány, metabolismus, orgány, tělesné systémy

---

**Homeostáza** - za všech měnících se zevních okolností musí být v našem těle udrženo stabilní vnitřní prostředí pro udržení zdraví. Tento proces se nazývá **homeostáza**.

**Buňky a chromozomy** - buňky lidského těla se navzájem liší svým tvarem, velikostí a složením podle funkce, kterou zastávají. Například svalové buňky jsou dlouhé a tenké a mají schopnost stažení (kontrakce) a uvolnění (relaxace), a tím umožňují pohyb těla. Mnohé nervové buňky jsou také dlouhé a tenké, ale jsou určeny k přenosu impulsů, ze kterých vznikají vzkazy přenášené nervy z centrálního nervového systému do periferních tkání. Jaterní buňky, mající tvar šestiúhelníku, jsou vybaveny k provádění mnoha životně důležitých chemických procesů. V každém buněčném jádru je uložen informační kód ve formě chemické látky zvané deoxyribonukleová kyselina (DNA). DNA je organizována do skupin zvaných geny, které jsou uspořádány do struktur tvaru šroubovice – **chromozomů**. Většina buněk lidského těla má 46 chromozomů uspořádaných do 23 dvojic. Jeden chromozom z každé dvojice pochází od matky a druhý od otce



**Membrány** - jsou jednoduché vrstvy tkáně, které pokrývají, vystýlají nebo rozdělují tkáně, resp. orgány. Existuje 5 hlavních typů membrán. Slizniční membrány tvoří především výstelku dutých útrob, například zažívací roury nebo dýchacích cest. Synoviální membrány pokrývají vnitřní povrchy kloubů a povrchy šlach. Serózní membrány obalují orgány v hrudníku a břiše. Speciálním typem membrán jsou meningy, které kryjí mozek a míchu.

**Metabolismus** - složité procesy, které pomáhají udržovat normální funkci našeho těla, jsou v těle účinně kontrolovány chemickými látkami zvanými enzymy a hormony. Enzymy ovlivňují procesy látkové přeměny tak, aby vznikaly látky nezbytné pro tělesné buňky, zatímco hormony kontrolují činnosti významné pro celý organismus.

**Orgány** - struktura ukazuje jednotlivé stavební prvky, z kterých je sestaven celek. V případě lidského těla se jedná o velmi komplikovanou strukturu, vezmeme-li v úvahu základní stavební součásti a jejich vzájemné uspořádání.

**Tělesné systémy** - k pochopení činnosti jednotlivých orgánů lidského těla je třeba studovat tělesné systémy, tj. skupiny navzájem spolupracujících orgánů. V lidském těle pracují tyto systémy: trávicí systém, dýchací (respirační) systém, vylučovací systém, pohlavní (reprodukční) systém, srdečně – cévní (kardiovaskulární) systém, mízní (lymfatický) systém, nervový systém, hormonální (endokrinní) systém, kostra (skelet), svalstvo (muskulatura) a kůže.

---

#### Kontrolní otázky

---

1. Vysvětlete pojem „homeostáza“
  2. Kolik má buňky chromozomů a jak jsou uspořádány?
  3. Kolik typů membrán existuje?
  4. Co ovlivňují enzymy?
  5. Jaké systémy pracují v lidském těle?
- 

#### Místo pro doplnění

---

---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

MACHOVÁ, J. *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2



## 10 Biologie člověka - Pohybový systém (D. Partlová)

### *Anotace, abstrakt*

Pohybový systém je tvořen soustavou kosterní a soustavou kosterního svalstva.

### *Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základy pohybového ústrojí člověka

### *Klíčová slova*

Kosterní soustava, svalová soustava

### **Kosterní soustava**

Tvoří nosnou strukturu lidského těla. Funkce kostí je opěrná a ochranná (např. lebka). Na povrchu kostí je část zvaná okostice (periost) a kostní tkáň je různě rozvrstvena buď jako tzv. kost hutná (většinou na povrchu kosti), nebo jako kost houbovitá, která je tvořena trámečky z kostních buněk, mezi nimiž jsou prázdné prostory. Ty jsou vyplněny kostní dřevinou, která je zejména v dětském věku důležitá pro tvorbu krevních buněk. Tvar kosti je rozmanitý a odpovídá většinou funkci, které kost slouží.

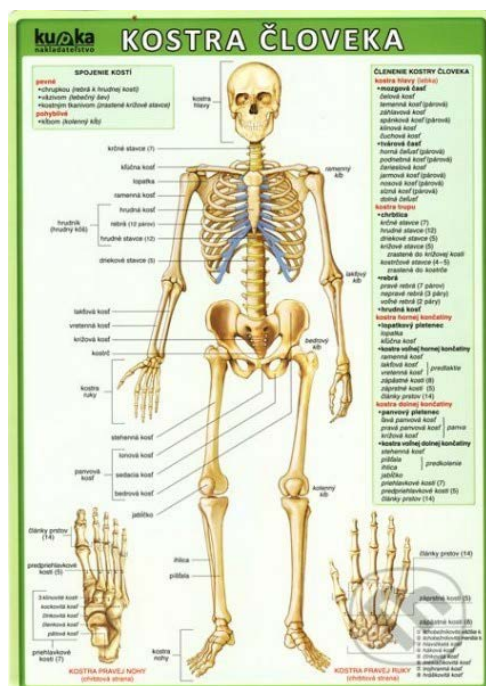
- Dlouhé kosti – stehenní, pažní, holenní.
- Krátké kosti – obratle, články prstů.
- Ploché kosti – lopatka, kost temenní, lopata kosti kyčelní.

Jednotlivé kosti jsou spojeny pevně nebo pohyblivě (kloubem).

Klouby mají různý tvar daný kloubním pouzdem a kloubní hlavici. Rozeznáváme tyto tvary kloubů:

- Kulovitý – rameno, kyčel
- Válcovitý – klouby prstů ruky
- Kladkovitý – loket
- Sedlovitý – palec ruky
- Nepravidelný – křížokyčelní kloub (spojení páteře s pánví)





Kostra člověka

## Soustava svalová

Svalů je v lidském těle asi 600, většinou párových. Obecně má každý sval začátek a konec. Začíná přímým připojením většinou ke kosti, pak následuje vlastní masa svalu, která přechází v různě dlouhou šlachu upínající se na sousední kost. Stažením svalu dojde k pohybu v kloubu, přes nějž sval probíhá.

Základní činností svalu je stah (kontrakce), který je vykonáván na základě pokynů z CNS (vzruchů) přiváděných pomocí motorických odstředivých nervových vláken. Přenos vzruchu na samotný sval je zabezpečen na tzv. nervosvalové ploténce.

## Kontrolní otázky

1. Uveďte tvary kostí
2. Popište tvary kloubu
3. Co je základní činností svalu?

## Místo pro doplnění



MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0

---

## 11 Biologie člověka - Oběhová soustava (D. Partlová)

---

### Anotace, abstrakt

---

**Oběhová soustava (kardiovaskulární systém, cévní soustava)** slouží zejména k transportu živin, plynů, hormonů a odpadních látek z tkání nebo do tkání. **Transportním médiem je krev.**

---

### Cíl kapitoly

---

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základy oběhové soustavy

---

### Klíčová slova

---

Oběhová soustava, srdce, chlopeč, krevní oběh

---

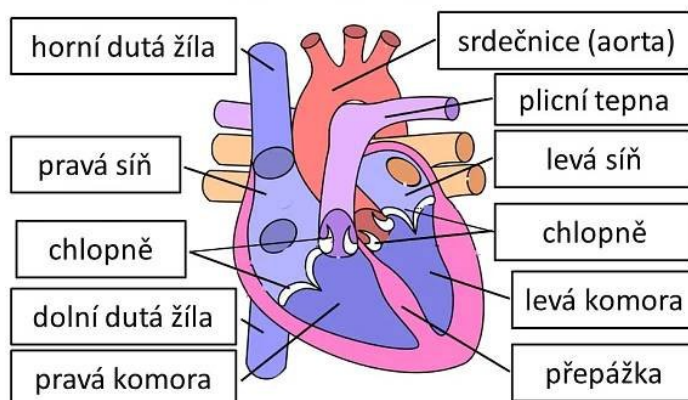
### Tři hlavní části oběhové soustavy člověka

- **velký oběh:** tělní, systémový. Začíná v levé srdeční komoře, odkud je okysličená krev tepnami odváděna do celého těla. Odkysličená krev je pak přiváděna žilami do pravé síně v srdci.
- **malý oběh:** plicní. Začíná v pravé srdeční komoře. Odtud je odkysličená krev vedena tepnami do plic. Z plic je přiváděna okysličená krev do levé síně srdeční.
- **srdce:** pumpa oběhového systému. Činnost srdce: 1 tep (puls) = systola (stah) + diastola (uvolnění).

**Stavba srdce** – Srdce u dospělého člověka váží 250-330 g. Svislou svalovou přepážkou je srdce rozděleno na pravou a levou část. Dutiny obou částí jsou vystlány vazivovou nitroblánou srdeční (endokard). Nitroblána vytváří v síňokomorových otvorech cípaté chlopně, které v každé polovině srdce oddělují horní menší síň od dolní větší komory. Mezi pravou síní a pravou komorou je chlopeč trojcípá a mezi levou síní a levou komorou je chlopeč dvojčípá. Chlopně usměrňují průtok krve jen jedním směrem, a to ze síní do komor.



## Stavba srdce



### Stavba srdce

#### Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte tři části oběhové soustavy
2. Popište stavbu srdce
3. Definujte pojem chlopeň

#### Místo pro doplnění

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha: Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021. ISBN 978-80-7492-545-0



## 12 Biologie člověka - Dýchací systém (D. Partlová)

### Anotace, abstrakt

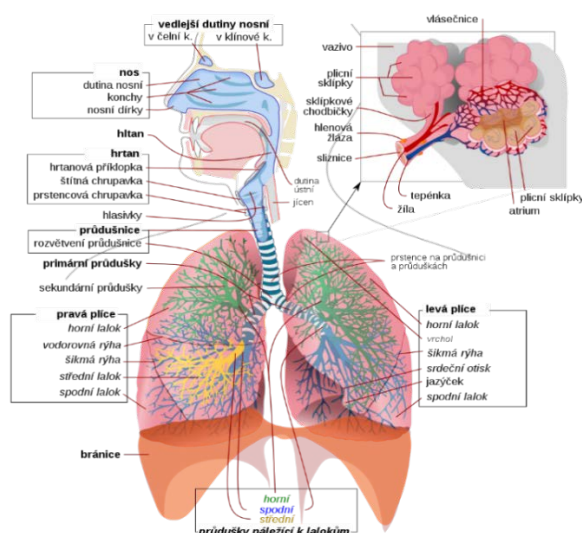
**Organismus potřebuje pro zajištění všech životních funkcí energii. Energie se uvolňuje** při oxidaci látek bohatých na energii (cukry, tuky, bílkoviny). Vzniká při tom také oxid uhličitý.

### Cíl kapitoly

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základy dýchací soustavy

### Klíčová slova

Dýchací soustava, horní cesty dýchací, vedlejší dutiny nosní, hltan, dolní cesty dýchací, hrtan, průdušnice, průdušky, plíce



### Anatomie dýchací soustavy

**Funkce dýchacího ústrojí** - základní funkcí dýchací soustavy je zajištění výměny kyslíku a oxidu uhličitého (tzv. dýchacích plynů) mezi zevním prostředím a organismem. Kyslík potřebuje člověk nutně k udržování života. Na složitém procesu dýchání se podílí:

- vlastní dýchací ústrojí (anatomicky se dělí na dýchací cesty a plíce)
- dýchací svaly (bránice, mezižeberní svaly)
- krev (zajišťuje vazbu a transport kyslíku a oxidu uhličitého mezi plícemi a ostatními tkáněmi celého organismu)
- oběhový, srdečně-cévní systém (zabezpečuje oběh krve, a tím i transport a výměnu dýchacích plynů)
- centrální nervová soustava (řídí proces dýchání)

Dýchání se dělí na zevní (plicní) a vnitřní (tkáňové).



---

### Kontrolní otázky

---

1. Vyjmenujte části dýchacího ústrojí
  2. Jaká je základní funkce dýchacího ústrojí?
  3. Jak se dělí dýchání?
- 

### Místo pro doplnění

---

---

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0

## 13 Biologie člověka - Trávicí trakt (D. Partlová)

---

### Anotace, abstrakt

---

**Trávicí soustava spolu se soustavou oběhovou, dýchací a vylučovací zajišťuje látkovou přeměnu.**

---

### Cíl kapitoly

---

Cílem této kapitoly je seznámit s anatomií a funkcí trávicí soustavy

---

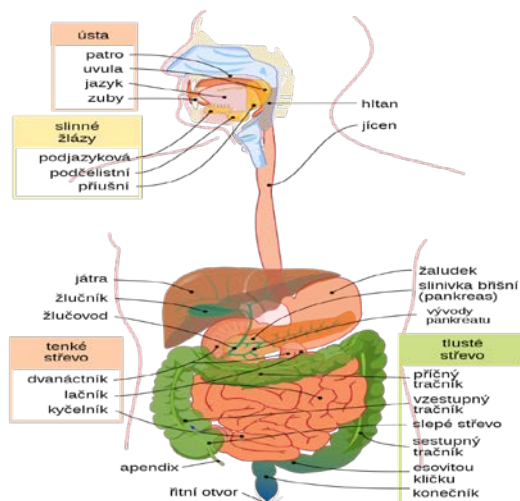
### Klíčová slova

---

Trávení, řízení činnosti, metabolismus, vstřebávání

---





## Trávicí trakt

Hlavními funkcemi trávicí soustavy je **příjem potravy**, její mechanické a chemické zpracování, kterému říkáme **trávení**. Dále **vstřebávání** jednotlivých látek do organismu, **odvádění** nestrávených odpadních látek, zbytků a nadbytků z organismu. Trávicí systém umožňuje látkový metabolismus.

Všechny procesy jsou řízeny pomocí hormonů, které se tvoří v trávicím traktu.

### Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte části trávicí soustavy
2. Jaká je základní funkce trávicího ústrojí?

### Místo pro doplnění

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0



## 14 Biologie člověka - Endokrinní soustava (D. Partlová)

*Anotace, abstrakt*

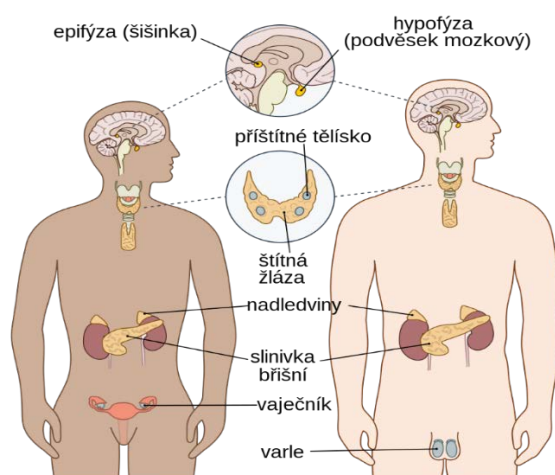
**Soustava žláz s vnitřní sekrecí spolu s nervovou soustavou zajišťují neurohumorální regulaci orgánů a organismu jako celku.**

*Cíl kapitoly*

Seznámení studentů se základy endokrinní soustavy, jednotlivých žláz a produkci hormonů

*Klíčová slova*

Hormony, vnitřní sekrece, žlázy, hypofýza, nadledviny, štítná žláza, příštítná tělíska



### Přehled žláz s vnitřní sekrecí

Endokrinní soustava zahrnuje **soubor žláz s vnitřní sekrecí** - (Nemají vlastní vývod. Látky, které tvoří, se vylučují do krve a transportují na místo určení.)

Žlázy produkují biologicky aktivní látky - **hormony**. Hormony řídí: metabolismus, rozmnožování, růst a vývoj. Mohou ovlivňovat řadu dalších funkcí organismu. (Např. adrenalin - ovlivňuje intenzitu srdeční činnosti, endorfiny - vyvolávají příjemné pocity po námaze atd.) → Vylučování hormonů může být jen jednou z více funkcí žlázy. (Slinivka břišní - produkuje hormon inzulin, ale také trávicí enzymy). Hormony vylučují také jiné buňky: tkáně - tkáňové hormony nervové buňky - mediátory

### PŘEHLED ŽLÁZ S VNIŘNÍ SEKRECÍ :

**HYPOFÝZA** (podvěsek mozkový) – leží na spodině mozku a je rozdělen na dva laloky, adenohypofýzu a neurohypofýzu. Činnost adenohypofýzy řídí prostřednictvím regulačních hormonů (neurohormonů) hypotalamus – (mezimozek)

**ADENOHYPOFÝZA** - především ovlivňuje a řídí ostatní žlázy s vnitřní sekrecí. Vylučuje šest základních hormonů: **Somatotropin** - (růstový



hormon) podporuje syntézu bílkovin v buňkách a růst dlouhých kostí (stimuluje růstové chrupavky). kalcitonin **Prolaktin** – U žen podporuje růst mléčné žlázy a po porodu řídí laktaci. **Kortikotropin** – stimuluje nadledvinky k vylučování kortizolu – (hormon kůry nadledvin) Tyreotropin – řídí činnost štítné žlázy **Folitropin** (FSH - folikuly stimulující hormon) – u žen podporuje růst folikulů, u mužů vyvolává množení pohlavních buněk (spermatogenezi). **Lutropin** (luteinizační hormon LH) – Spolu s FSH podporuje růst folikulů, vyvolává ovulaci a tvorbu žlutého tělíska, které produkuje progesteron a estrogeny. U mužů podporuje činnost buněk produkujících testosteron.

**NEUROHYPOFÝZA** – vylučuje hormony produkované hypotalamem **Antidiuretický hormon** (ADH) dříve vasopresin – Vzniká v hypotalamu a v neurohypofýze je jen skladován. Působí na sběrné kanálky nefronů v ledvinách a podporuje v nich zpětné vstřebávání vody. Působí proti vylučování vody močí. **Oxytocin** – Vzniká také v hypotalamu, v neurohypofýze je skladován. Uvolňuje se u žen po stimulaci prsu, dělohy a vagíny. Na konci těhotenství podněcuje stahy dělohy a ovlivňuje také vylučování mléka

**ŠTÍTNÁ ŽLÁZA** - vylučuje tři hormony: **tyroxin, trijodtyronin, kalcitonin**. **Tyroxin a trijodtyronin** - oba hormony ovlivňují látkový metabolismus a především jeho rychlost. Nemoci štítné žlázy způsobují její zvětšení a někdy vznik strumy – lidově se tomuto útvaru na krku říká „vole“. Poruchy vylučování hormonů štítné žlázy se označují jako: Hypotyreóza – nedostatečná činnost – pomalost, pomalý tep, chladné končetiny, špatná paměť, podporuje sklony k obezitě... Hypertyreóza – hubnutí, zvýšená srdeční činnost, hubenost, hladovost, často bývají výrazně vypouklé oči. Kalcitonin – snižuje hladinu vápníku v krvi – podporuje jeho zabudovávání do kostí.

**PŘÍŠTÍTNÁ TĚLÍSKA** - představují 4 drobná tělíska na zadním laloku štítné žlázy. Produkují jediný hormon. Parathormon - v kostech stimuluje činnost buněk rozrušujících kostní tkáň. V důsledku toho se zvyšuje množství vápníku a fosforu v krvi.

**NADLEDVINY** - jsou párové žlázy uložené na horní části ledvin. Rozlišují se na kůru a dřeň. Kůra nadledvin Produkuje hormony ovlivňující metabolismus cukrů a iontů i imunitní reakce organismu **GLUKOKORTIKOIDY** - např. kortizol – zvyšuje pohotovost organismu při stresových reakcích - přispívá k udržování stabilní hladiny glukózy v krvi. Ve vyšších dávkách má imunosupresivní účinek – snižují aktivitu imunitní soustavy – Kortikoidy se proto přidávají do mastí a léků proti alergiím (atopický ekzém) **MINERALOKORTIKOIDY** – regulují zastoupení iontů v krvi – např. aldosteron – hlavní mineralokortikoid – působí na kanálky nefronů v ledvinách, kde zvyšuje zpětné vstřebávání vody, iontů sodíku a vylučování draslíku. Dřeň nadledvin Produkuje dva významné hormony: adrenalin a noradrenalin - oba hormony ovlivňují celou řadu orgánů – především oběhovou a cévní soustavu, hladké svalstvo a CNS. Jeho vylučování je řízeno z mezimozku při: tělesné námaze, stresu, chladu, úzkosti, strachu atd.

**SLINIVKA BŘÍŠNÍ** Kromě produkce trávicích enzymů, které odchází do dvanáctníku, vylučuje také: **Inzulín** - regulující hladinu glukózy v krvi

(stimuluje vstup glukózy z krve do buněk) **Glukagon** - působí opačně než inzulín – zvyšuje štěpení glykogenu na glukózu ve svalech a tím zvyšuje množství cukru v krvi. **CUKROVKA – (diabetes)** Onemocnění vyznačující se zvýšeným množstvím cukru v krvi. V krvi se hromadí glukóza, která se ale nedostává do buněk a je vylučována močí.

**POHLAVNÍ ŽLÁZY** – Hormony pohlavních žláz způsobují pohlavní dospívání organismu, ovlivňují vývoj pohlavních orgánů, sekundárních pohlavních znaků a sexuální chování. **VAJEČNÍKY Progesteron, estrogeny** – uvolňují se ze žlutého tělíska, které vzniká po ovulaci z Gráfova folikulu - (Ovulaci vyvolává Lutropin v součinnosti s folitropinem.) **Progesteron** – podporuje růst a výživu děložní sliznice. Pokud žena neotěhotní, dojde k zastavení produkce progesteronu a menstruaci. **Estrogeny** - ovlivňují celou řadu orgánů, ale především mají vliv na vývoj sekundárních pohlavních znaků – růst prsní žlázy a usazování tuku v „určitých“ partiích, zjemňují pokožku a ovlivňují sexuální chování ženy. Vznikají také ve folikulech vaječníků. **VARLATA Testosteron** – produkují ho buňky varlat na základě působení Lutropinu. Testosteron patří mezi tzv. anabolické steroidy, které urychlují proteosyntézu a výrazně podporují růst svalové hmoty. Podporuje především vývoj sekundárních pohlavních znaků muže – růst vousů, chlupů, svalů, hrubnutí hlasu atd. Zvyšuje také agresivitu a ovlivňuje sexuální chování muže.

---

#### Kontrolní otázky

---

1. Vyjmenujte žlázy s vnitřní sekrecí
  2. Jaké hormony produkuje hypofýza?
  3. Vysvětlete význam inzulínu
  4. Co patří mezi mužské pohlavní hormony?
- 

#### Místo pro doplnění

---

---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0



## 15 Biologie člověka - Vylučovací soustava (D. Partlová)

*Anotace, abstrakt*

**Při metabolismu vznikají v těle odpadové látky(exkrekty). Na odstraňování exkretů se podílejí orgány několika tělesných soustav (potní žlázy, tlusté střevo, plíce). Hlavní funkci má ale soustava vylučovací. Skládá se z ledvin a močových cest**

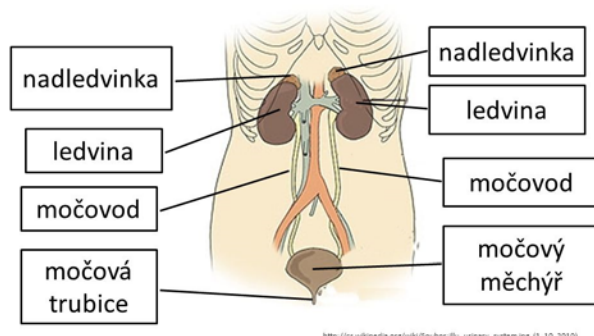
*Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základy vylučovací soustavy

*Klíčová slova*

Ledviny, nefron, moč, močové cesty

### Popis vylučovací soustavy



[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Ilu\\_urinary\\_system.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Ilu_urinary_system.jpg) (3. 10. 2010)

### Popis vylučovací soustavy

**Funkcí vylučovací soustavy je odstraňování odpadních látek metabolismu z těla.**

**Ledviny (ren)** jsou párový orgán, uložený po stranách bederní páteře, mají délku asi 12 cm a fazolovitý tvar. Na řezu ledvinou rozlišujeme kůru a dřev. Ve dřevě se nachází 6 až 15 pyramid, jejichž vrcholky se otevírají do ledvinových kalichů (*calices renales*), které se spojují do ledvinové pánvičky (*pelvis renalis*). Ledvinová pánvička má objem 6 až 8 ml a je začátkem odvodných cest močových. Základní funkční jednotkou ledviny je nefron, kterých jedna ledvina obsahuje asi jeden milion. Nefron se skládá z Malpighiho tělíska, proximálního kanálku, Henleovy kličky a distálního kanálku. Malpighiho tělísko je složeno z klubíčka vlásečnic (*glomerulus*) uloženého v Bowmanově váčku. V Malpighiho tělísku probíhá filtrace krve a tvoří se zde tzv. primární moč, které vzniká 160 až 200 l denně. V průběhu primární moče proximálním kanálkem, Henleovou kličkou a distálním kanálkem dochází ke zpětnému vstřebávání vody, glukózy a aminokyselin, naopak dochází k vylučování kreatininu a některých iontů.

Na distální kanálek navazuje sběrací kanálek ústící do ledvinových kalichů, ve kterých se nachází už definitivní moč, denně jí vzniká 1,5 až 2 l.

**Močovod (urether)** je párová trubice o délce 20 až 30 cm, která odvádí moč z ledvinové pánvičky do močového měchýře. Moč je transportována v podobě tzv. močových vřetének pomocí peristaltické vlny.

**Močový měchýř (vesica urinaria)** je dutým rezervoárem moči o objemu přibližně 700 ml. Při náplni 250 až 300 ml se dostavuje pocit nucení na močení (mikce). Při vyústění močové trubice se v močovém měchýři nachází vnitřní svěrač močové trubice (*m. sphincter urethrae internus*) z hladké svaloviny.

**Močová trubice (urethra)** je u žen dlouhá pouze 3 až 5 cm, u mužů 15 až 20 cm. Při jejím průchodu svalovým dnem pánevním se nachází vnější svěrač močové trubice (*m. sphincter urethrae externus*) tvořený příčně pruhovanou svalovinou, tedy vůlí ovladatelný.

---

#### Kontrolní otázky

- 
1. Vyjmenujte části dýchacího ústrojí
  2. Jaká je základní funkce dýchacího ústrojí?
  3. Jak se dělí dýchání?
- 

#### Místo pro doplnění

---

---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0



## 16 Biologie člověka - Kožní soustava (D. Partlová)

*Anotace, abstrakt*

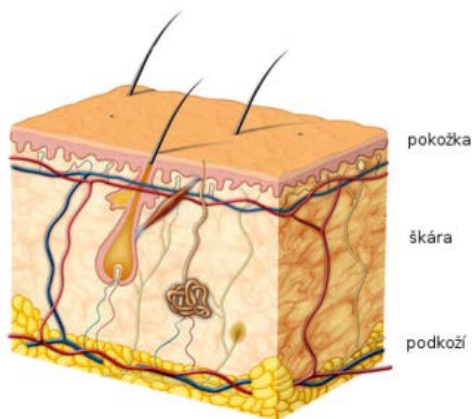
**Kůže pokrývá povrch těla. Kůže novorozence je velmi tenká. Později se její tloušťka pohybuje mezi 1 až 4 mm. Nejtenčí je kůže na očních víčkách, nejtlustší na chodidlech a dlaních.**

*Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se základy kožní soustavy

*Klíčová slova*

Kůže, pokožka, škára, podkožní vazivo



**Stavba kůže**

**Funkce kůže:**

- Ochranná funkce, smyslové funkce, udržování tělesné teploty
- Skladování tuku, vylučovací funkce, resorpční funkce

*Kontrolní otázky*

1. Popište stavbu kůže
2. Jaká je funkce kůže?

*Místo pro doplnění*



## Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0

## 17 Biologie člověka - Nervová soustava (D. Partlová)

### Anotace, abstrakt

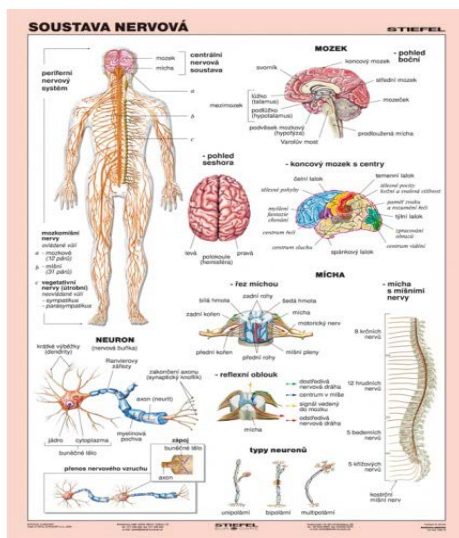
**Funkcí nervové soustavy je zajišťovat vzájemnou souhru mezi jednotlivými orgány a jejich funkční spojení v jednotný celek-organismus- a zprostředkovávat vztahy mezi vnějším prostředím a organizmem.**

### Cíl kapitoly

Cílem této kapitoly je seznámit se se základy nervové soustavy

### Klíčová slova

Mícha, mozek, mozkomíšni mok, prodloužená mícha



### Nervová soustava

#### Základní stavba nervové soustavy

Nervovou soustavu lze teoreticky rozdělit na dvě části. Mозek spolu s míchou je označován jako **centrální nervová soustava**, nervové tkáně uložené mimo tuto centrální část nazýváme periferním nervovým systémem.

**Mozek je uložen v dutině lebeční** a u dospělého člověka váží asi 1375 g. Anatomicky se dělí na tři části: zadní, střední a přední. Přední část je složena z mezimozku a koncového mozku. Střední mozek se nachází ve střední části a jako zadní část je označována **prodloužená mícha**, Varolův



**most a mozeček.** Koncový mozek je rozdělen na dvě hemisféry oddělené uprostřed velkou podélnou rýhou. Jeho povrch je tvořen četnými záhyby a lze zde odlišit laloky čelní, temenní, týlní a spánkové.

**Mícha** je trubice dlouhá 40 - 45 cm. Od velkého týlního otvoru sestupuje kostěným páteřním kanálem a končí v druhém bederním obratli. Na řezu míchy lze odlišit šedou hmotu míšní (těla neuronů), která tvoří uprostřed míchy motýlovitou strukturu ve tvaru písmene H. Je obklopena bílou hmotou tvořenou převážně axony neuronů, které vytváří vzestupné a sestupné dráhy míšní. Z míchy vychází 31 párů míšních nervů: 8 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových a 1 kostrční nerv.

Úkolem periferní nervové soustavy je zajistit obousměrné vedení informací mezi centrální nervovou soustavou a orgány a tkáněmi těla. Jsou zde nervy mozkomíšní - **somatická nervová soustava** a **nervy vegetativní - vegetativní nervová soustava**.

### Neuron - stavební jednotka

Nejmenší jednotkou celé nervové soustavy jsou **nervové buňky neboli neurony**. Tyto buňky mají hvězdovitý tvar a dlouhé výběžky. Jejich úkolem je přenos elektrických impulzů mezi mozkem a orgány. Jeden z typů těchto výběžků – tzv. dendrity - přijímají informace, které jsou následně vedené dalším výběžkem – axonem. Ten je pak propojen s dalším neuronem a takto je tvořena celá nervová dráha. Informace si neurony mezi sebou předávají tak hbitě, že jejich přenos probíhá rychlostí až 100 m/s.

### Funkce nervové soustavy

**Mozek i mícha** zpracovávají vstupní informace ze smyslových orgánů a vytváří výstupní impulsy, které jsou následně vedeny k výkonným orgánům a ty provedou žádanou reakci těla. Mozek je však zejména zodpovědný za integraci a koordinaci ostatních orgánů těla. U každé části nervové soustavy je navíc možné uvést samostatné funkce. Např. v prodloužené míše jsou životně důležitá centra (dýchací a kardiovaskulární, centra potravních reflexů a centra reflexů obranných). Mozeček má na starosti pohybovou aktivitu a je centrem rovnováhy.

---

#### Kontrolní otázky

- 
1. Jaká je základní stavba nervové soustavy?
  2. Co je neuron?
  3. Popište funkce nervové soustavy
- 

#### Místo pro doplnění

---

---

#### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---



MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021 ISBN 978-80-7492-545-0

## 18 Biologie člověka - Smyslové orgány (D. Partlová)

*Anotace, abstrakt*

**Činnost nervové soustavy je úzce spjata s činností smyslových orgánů. Smyslové orgány zprostředkují centrální nervové soustavě informace o vnějším a vnitřním prostředí.**

*Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je seznámit studenty se smyslovými orgány, funkcí smyslového ústrojí, receptory

*Klíčová slova*

Receptory, zrakové ústrojí, sluchové ústrojí, chuťové ústrojí

**Každé smyslové ústrojí se skládá ze tří částí. Jsou to:**

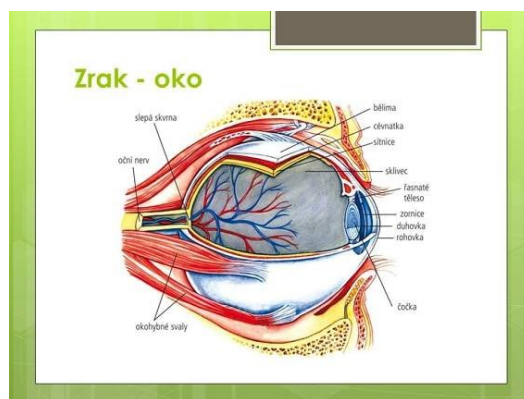
- receptor
- dostředivá nervová dráha
- korové projekční centrum

Zrakovým ústrojím je **oko** (oculus), které je tvořeno oční koulí (bulbus oculi) a přídatnými orgány (okohybné svaly, víčka, spojivky, řasy a slzné ústrojí). Oko je párový orgán. Oči jsou uloženy v očníkách – v jamkách tvořených 4 lebečními kostmi: čelní, lícni, slzní a horní čelistí. Mezi oční koulí a kostěným podkladem je tukový polštář, který chrání oko před nárazem na kost.

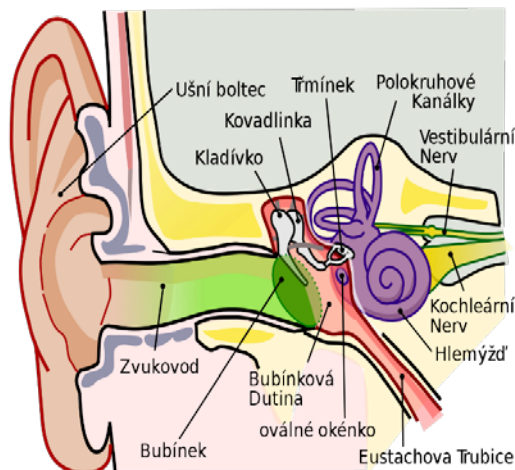
**Zrakové receptory:** Zrakové receptory řadíme mezi exteroceptory (jsou na povrchu těla), z jiného hlediska patří mezi radioreceptory (zachycují světelné záření). Světlo je elektromagnetické vlnění, které zachycují zrakové receptory sítnice oka (retina). Těmto receptorům se říká tyčinky a čípky. Tyčinky (120 mil.) vnímají světlo (černobílé vidění). Čípky (6 mil.) vnímají barvy (barevné vidění). Elektromagnetické vlnění způsobuje v oku různé chemické reakce. Tyčinky obsahují barvivo rodopsin (zrakový purpur), který se při osvětlení štěpí na bezbarvý opsin a retinal, opsin pak podráždí zrakovou buňku. Za tmy dochází ke zpětné reakci, ta ale probíhá pomaleji (proto se ve tmě déle rozkukáváme). Čípky zajišťují barevné vidění. I na čípcích probíhají chemické reakce (chemické podráždění). Jsou 3 typy čípků, které rozeznávají 3 základní barvy – červenou, modrou a zelenou. Při rovnoměrném podráždění všech 3 typů receptorů vzniká bílá barva. Při různě nerovnoměrném podráždění vznikají různé odstíny barev. Pro dobré vidění je třeba dostatek očních pigmentů (pro chemické reakce) a jedním ze složek těchto pigmentů je vitamin A (nedostatek vitaminu A se proto projevuje zhoršeným viděním za šera). V místě nejostřejšího vidění jsou koncentrovány pouze čípky a říká se mu žlutá skvrna. Na sítnici



existuje také místo, kde nejsou žádné receptory – slepá skvrna (když tedy dopadne paprsek na slepou skvrnu, nedojde k podráždění a nic nevidíme). Ta se nachází v místě vývodu zrakového nervu. Když dojde k podráždění receptorů, nervové vzruchy odchází zrakovým nervem (II. mozkový nerv – nervus opticus), z každého oka vychází 1 nerv. Oba zrakové nervy se před hypofýzou (podvěskem mozkovým) kříží a spojují, pak vstupují do mezimozku – do thalamu, z thalamu pak vedou do korového centra v týlním laloku koncového mozku (telencephalonu). Zrakové centrum v týlním laloku je také párové a zrakový nerv z levého oka jde do zrakového centra v pravé hemisféře, zatímco nerv z pravého oka vede do centra v levé hemisféře. Ve zrakovém centru se skládá výsledný obraz. Na sítnici vzniká obraz obrácený a dvojrozměrný (plochý), ve výsledku je obraz rovný a trojrozměrný.



**Anatomie oka**



**Anatomie ucha**

- Sluch je jedním z pěti smyslů, založený na percepci (zpracování a vedení) akustických (zvukových) podnětů. Jeho podstatou je transformace mechanických zvukových vln na elektrické akční potenciály.
- Zvuk je mechanické vlnění vyvolané nějakým vnějším činitelem, vyskytující se ve formě podélné vlny na základě střídavého

zahuštění a zředění molekul v okolí původce podnětu (tj. kolísání akustického tlaku). K zobrazení zvukové vlny užíváme jejích vlastností: amplitudy a vlnové délky.

- Amplituda je maximální výchylka akustického tlaku. Udává sílu zvuku (přímo úměrně): čím vyšší amplituda, tím silnější zvuk.
- Vlnová délka je úsek vlny, který se periodicky opakuje. Je nepřímo úměrná frekvenci. Udává výšku tónu (nepřímo úměrně). Čím větší frekvence, tím vyšší tón. (Čím větší vlnová délka, tím nižší tón.)

#### **Zevní ucho:**

Zvuková vlna je zachycena **ušním boltcem** a beze změny vedena **zevním zvukovodem** až k **bubínku**, který funguje jako rezonátor.

#### **Střední ucho**

Ve středoušní dutině se nachází 3 sluchové kůstky, vzájemně kloubně spojené: kladívko (malleus), kovadlinka (incus) a třmínek (stapes), dále svaly m. tensor tympani (úpon na kladívko, inervace z N. V.) a m. stapedius (úpon na stupátko třmínku, inervace z N. VII.). Kladívko je připojeno k bubínku, kloubně spojeno s kovadlinkou. Kovadlinka je spojena s třmínkem, jehož stupátko přiklápí a odklápí fenestra ovalis do prostoru vnitřního ucha, konkrétně scala vestibuli hlemýždě. Vnitřní ucho vyúsťuje kochleární scala tympani zase zpět do středoušní druhým okénkem, fenestra rotunda, které leží těsně pod fenestra ovalis.

#### **Vnitřní ucho**

Ve vnitřním uchu se jako sluchově relevantní (nachází se tu ještě vestibulární aparát) vyskytuje kostěný hlemýžď, zvnitřku kopírovaný hlemýžděm membranózním (stočená membranózní trubice uvnitř stočené kostěné trubice), vyplněný tekutinou.

---

#### *Kontrolní otázky*

1. Vyjmenujte smyslové orgány
2. Popište stavbu oka
3. Popište stavbu středního ucha
4. Z jakých tří částí se skládá smyslové ústrojí?

---

#### *Místo pro doplnění*

---

---

#### *Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu*

---

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2



## 19 Biologie člověka - Pohlavní soustava (D. Partlová)

### Anotace, abstrakt

Soustava pohlavní zabezpečuje rozmnožovací funkci. Skládá se z pohlavních žláz a přídatných pohlavních orgánů.

### Cíl kapitoly

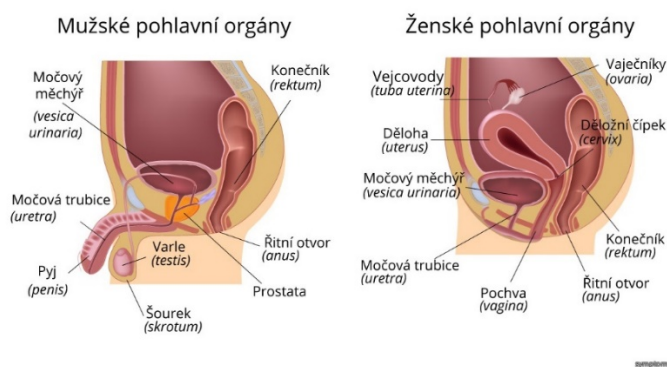
Cílem této kapitoly je seznámit se s pohlavní soustavou, základními pojmy a funkcí pohlavní soustavy

### Klíčová slova

Pohlavní žlázy, vnitřní pohlavní orgány, zevní pohlavní orgány, menstruační cyklus



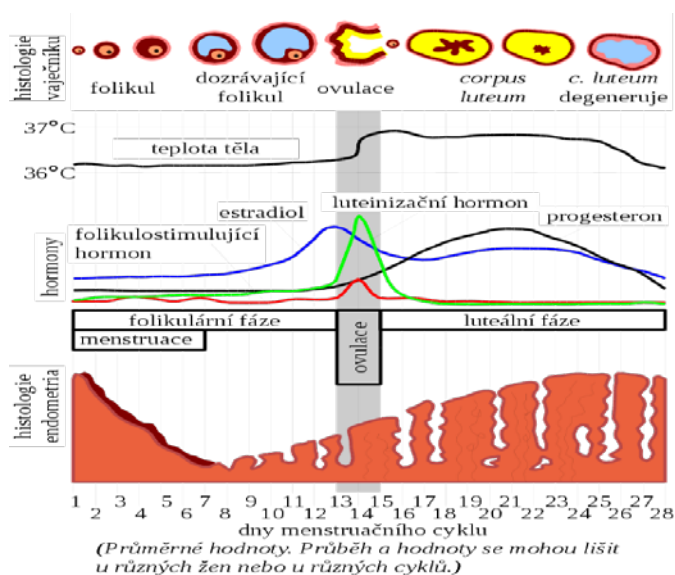
### Pohlavní soustava člověka



### Anatomie pohlavní soustavy

Základní funkce soustavy je tvorba pohlavních buněk, hormonů a pohlavní rozmnožování.

### Menstruační cyklus



## Menstruační cyklus

V širším slova smyslu je termín menstruační cyklus používán pro pravidelně se opakující změny *celého organismu ženy*. V užším slova smyslu bývá používán pro cyklické změny *endometria*, které mají přímý vztah s ovariálním cyklem. Jejich smyslem je příprava děložní sliznice na uhníždění oplozeného vajíčka a jeho další vývoj.

Fyziologický menstruační cyklus se nazývá *eumenorea* a jeho průměrná délka je 28 dní (s 3–5denní odchylkou). Probíhá od puberty až po klimakterium. V praxi (klinicky) se za začátek cyklu považuje první den menstruačního krvácení. Z hlediska hormonálních změn je však začátek cyklu spojen se vzestupem hladiny FSH, který předchází samotnému menstruačnímu krvácení o 2–3 dny. Absence menstruačního cyklu se označuje jako *amenorea*.

### Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte části trávicí soustavy
2. Jaká je základní funkce trávicího ústrojí?

### Místo pro doplnění

### Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

RACEK, J., RAJDL, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5:Galén, 2021



## 20 Biologie člověka - Imunitní systém (P. Kelbich)

### *Anotace, abstrakt*

Imunitní systém je po všech stránkách velmi složitý a svým účinkováním ovlivňuje prakticky veškeré procesy v organismu. Ani pro rámcové pochopení jeho struktury a funkcí se neobejdeme bez znalosti některých pojmů a principů, které jsou vysvětleny v této kapitole.

### *Cíl kapitoly*

Cílem této kapitoly je ve stručnosti seznámit studenty se strukturou a fungováním imunitního systému člověka.

### *Klíčová slova*

Obranyschopnost, imunitní dohled, autotolerance, antigen, vrozená imunita, adaptivní imunita, buněčné a humorální složky imunitního systému, primární a sekundární lymfatické orgány, imunokompetentní buňky, receptory B lymfocytů, imunoglobuliny, receptory T lymfocytů

Imunitní systém se spolupodílí na zajištění integrity orgánových systémů a homeostázy vnitřního prostředí. Rozeznává škodlivé od neškodného a cizí od vlastního. Jeho strategie spočívá v:

- obranyschopnosti - obrana proti škodlivým faktorům vnějšího prostředí.
- imunitním dohledu - obrana před vnitřními škodlivými faktory.
- autotoleranci - tolerance vůči strukturám vlastního organismu.

Imunitní systém funguje na bázi rozpoznávání antigenů:

- exoantigeny – cizorodé látky z vnějšího prostředí.
- autoantigeny – antigeny vlastního organismu.
- alergeny – antigeny schopné vyvolat alergickou reakci.

Antigeny jsou chemické struktury ve formě makromolekul. Zejména se jedná o:

- proteiny
- polysacharidy
- lipidy
- lipoproteiny

Oblast alergenu rozeznávaná receptory imunitního systému se nazývá **epitop**.

Komplexy antigenu s protilátkami a komplementovými fragmenty se nazývají **imunokomplexy**.

Mechanismy a složky imunitního systému:

Mechanismy imunitního systému rozdělujeme na:

- **vrozené** (neadaptivní) – evolučně starší, u všech mnohobuněčných organismů



- **adaptivní** (antigenně specifické) – evolučně mladší, známé až u obratlovců

Obě kategorie disponují složkami:

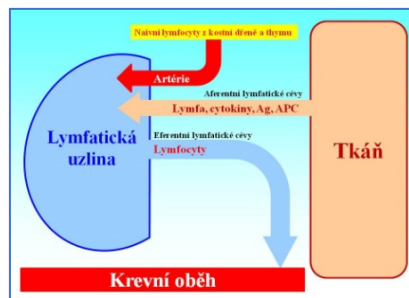
- **buněčnými**
- **humorálními**

**Složky vrozené imunity** reagují na přítomnost škodlivého faktoru bezprostředně, řádově v minutách. Nedisponují imunologickou pamětí.

**Složky adaptivní imunity** se spouštějí až po setkání s antigenem. K úplnému rozvoji jejich reakce dochází za několik dní až týdnů. Disponují imunologickou pamětí.

**Primární lymfatické orgány** jsou místem vzniku, diferenciaci a zrání imunokompetentních buněk. Jsou jimi kostní dřeň, thymus (brzlík) a Fabriciova burza (u ptáků).

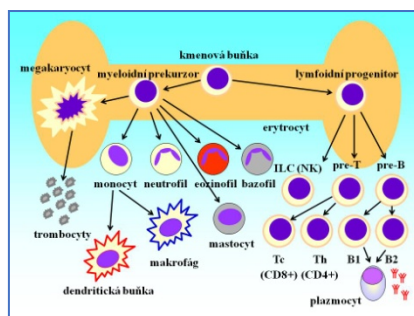
**Sekundární lymfatické orgány a tkáně** jsou místem probíhajících antigenně specifických imunitních reakcí. Jsou jimi slezina, lymfatické uzliny a slizniční lymfatická tkáň (tonzily, apendix, Peyerovy pláty atd.)



### Lymfatický systém

**Lymfatické cévy** začínají ve tkáních. Z nich odvádějí lymfu do **lymfatických uzlin**. Lymfa je tkáňový mok, který se spolu s cytokiny, antigeny a některými leukocyty, zejména buňkami prezentujícími antigen (APC) dostává do lymfatických cév. Lymfatické cévy přivádějí lymfu do lymfatických uzlin. Odtud je lymfa s částí lymfocytů odváděná do krevního řečiště. V lymfatických uzlinách dochází ke kontaktu T a B lymfocytů s APC. V případě kontaktu s odpovídajícím antigenem dojde k aktivaci, opakovanému dělení (proliferaci), diferenciaci a vzniku **efektorových lymfocytů**. Do každé uzliny vstupuje **artérie**, která přináší čerstvě vzniklé („naivní“) lymfocyty z kostní dřeně a thymu. Z primárních do sekundárních lymfatických orgánů se tedy lymfocyty dostávají krevním řečištěm a opouštějí je **eferentními lymfatickými cévami**, kterými se dostávají do krevního řečiště. Odtud putují do dalších lymfoidních orgánů, dokud nedojde ke kontaktu s antigenem. Po setkání s antigenem se lymfocyty diferencují v **efektorové** lymfocyty putující eferentními lymfatickými cévami do krevního řečiště a odtud do tkání, kde plní své poslání.

### Buňky imunitního systému – imunokompetentní buňky



## Imunokompetentní buňky – vznik a rozdělení

Buněčnou část imunitního systému tvoří **leukocyty** diferencující se z pluripotentních **kmenových buněk** přítomných v kostní dřeni. Z kmenových buněk vznikají dvě buněčné linie – **myeloidní** a **lymfoidní**.

Z **myeloidního precursoru** vznikají **monocyty**, **makrofágy** a **neutrofilní, eozinofilní a bazofilní granulocyty**, dále **dendritické buňky** a **mastocyty** (žírné buňky). Tyto buňky tvoří základ vrozené části imunitního systému. Jsou schopné **fagocytózy**, produkují **cytokiny** a další rozpustné mediátory. Dendritické buňky, monocyty a makrofágy působí jako **buňky prezentující antigen** (APC) pro T lymfocyty.

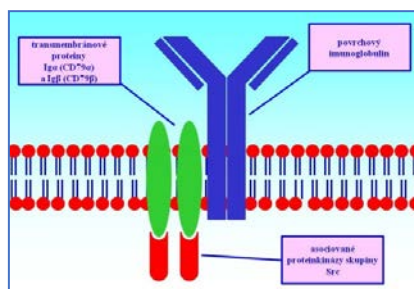
Z **lymfoidního progenitoru** se diferencují **B** a **T lymfocyty** a **ILC buňky** (innate lymphoid cells). Mezi ILC buňky patří též **NK buňky** (přirození zabíječi) a některé další typy lymfocytů.

**Vývoj B lymfocytů** probíhá u lidí v **kostní dřeni** a dokončuje se po setkání s antigenem v **sekundárních lymfoidních orgánech** (uzliny, slezina, Peyerovy pláty). Konečným diferenciačním stadiem jsou **plazmatické buňky** (plazmocyty) produkující protilátky.

**Vývoj T lymfocytů** probíhá převážně v **thymu** (brzlíku). Thymus opouští **prekurzory pomocných T buněk** (Th) s povrchovým receptorem CD4, **prekurzory cytotoxických T buněk** (Tc) s receptorem CD8 a ILC buňky. Ty se po interakci s antigenem prezentovaným APC diferencují na **efektorové Th a Tc lymfocyty**.

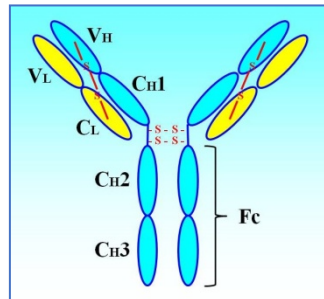
Část B a T lymfocytů se po setkání s antigenem diferencuje v **paměťové buňky**. Ty jsou odpovědné za **imunologickou paměť**. Po setkání se stejným antigenem jsou rychle aktivovány a zahájí **sekundární (anamnestickou) odpověď**.

**Specifická imunita** - antigenně specifické receptory B lymfocytů a protilátky



## Receptor B lymfocytu (BCR)

- Antigenně specifickými receptory B lymfocytů jsou povrchové imunoglobuliny – tzv. **BCR** (B-cell receptor).
- **BCR rozeznávají antigeny v nativní formě.**



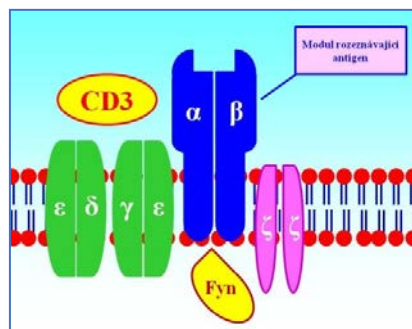
## Imunoglobuliny

### Rozpustné (sekretované) imunoglobuliny

- Jsou složeny ze dvou **těžkých (H)** a dvou **lehkých (L)** řetězců spojených disulfidickými (cystinovými) můstky.

### Interakce antigen – protilátka

- Vazebné místo imunoglobulinu je svým tvarem a rozložením nábojů více či méně komplementární ke struktuře antigenu (epitopu).
- Komplexy antigenů s protilátkami se nazývají **imunokomplexy**.



## Receptor T lymfocytu (TCR)

### Specifická imunita - receptory T lymfocytů (TCR)

- Buněčnou složkou specifické imunity jsou T lymfocyty. Jejich kontakt s antigeny se odehrává přes TCR.

---

### Kontrolní otázky

---

1. Vysvětlete pojem „antigen“.
2. Uveďte základní rozdíly mezi vrozenou a adaptivní imunitou.
3. Vysvětlete rozdíl mezi primárními a sekundárními lymfatickými orgány.
4. Vyjmenujte buňky vrozené a adaptivní imunity.
5. Jaké jsou mechanismy účinkování buněk vrozené imunity?
6. Vysvětlete rozdíl mezi T a B lymfocyty.
7. Popište strukturu a funkci imunoglobulinů.



---

Místo pro doplnění

---



---

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

---



HOŘEJŠÍ, V., BARTUŇKOVÁ, J., BRDIČKA, T., ŠPÍŠEK, R. *Základy imunologie*. 6. vydání, Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-250-3.

KREJSEK, J., ANDRÝS, C., KRČMOVÁ, I. *Imunologie člověka*. 1. vydání. Garamon s.r.o., Hradec Králové, 2016.

## 21 Mikrobiologie (A. Šmejcová)

---

*Anotace, abstrakt*

Mikrobiologii můžeme členit na obecnou a speciální. Obecná mikrobiologie se zabývá obecnými zákonitostmi mikrobů, jejich morfologií, fyziologií, metabolismem, rozmnožováním a taxonomií. Speciální mikrobiologie studuje vlastnosti jednotlivých druhů a skupin mikroorganismů.



*Cíl kapitoly*

Cílem kapitoly je seznámit studenty s obecnými vlastnostmi mikroorganismů, jejich základním dělením a následnou charakteristikou jednotlivých skupin virů, bakterií, sinic.

*Klíčová slova*



Prokaryotické organismy, selektivní propustnost, hydrofilní, hydrofobní, cytosol, nukleoid, virion, bakteriofág, reverzní transkriptáza, priony, patogenní bakterie, botulismus, spory, plankton

**Nebuněčné organismy: viry**

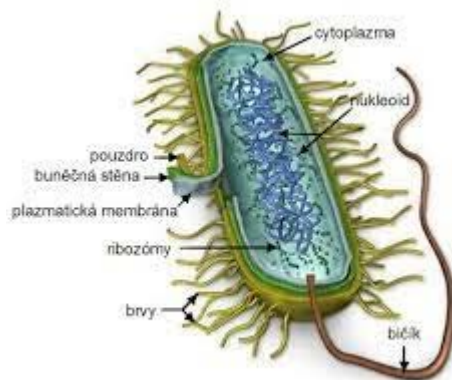
**Prokaryotické organismy: - bakterie, sinice** (nejstarší organismy na Zemi)

**Prokaryotická buňka**

Obecná charakteristika:

- základní stavební a funkční jednotka
- nejmenší živý útvar schopný samostatné existence
- vlastní genetický a proteosyntetický aparát
- bakterie, sinice

Stavba prokaryotické buňky

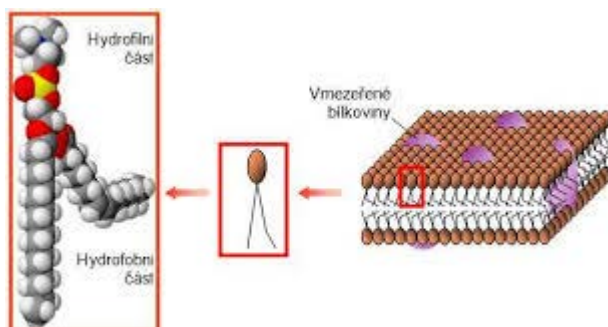


## Buňky bakterie

Buněčná stěna – tuhý obal, zajišťuje tvar buňky, mechanicky ji ochraňuje před vlivy vnějšího prostředí, je tvořena vrstvou peptidoglykanů

Cytoplazmatická membrána – izoluje vnitřní prostředí buňky od vnějšího, je selektivně propustná (propustná pouze pro ionty a molekuly některých látek např. vody), je složena:

- z dvojvrstvy fosfolipidů uspořádaných tak, že řetězce mastných kyselin (hydrofobní konce) směřují k sobě a fosfátové části (hydrofilní konce) směřují od sebe
- z molekul bílkovin zanořených do dvojvrstvy fosfolipidů



Cytoplazma – viskózní koncentrovaný roztok obsahující molekuly organických a anorganických látek

- vyplňuje celý obsah buňky
- obsahuje kapénky nebo krystalky odpadních nebo zásobních látek, tzv. inkluze
- tekutá složka (cytosol)

Jaderná hmota (nukleoid, bakteriální chromozom)

- je uložena volně v cytoplazmě
- není ohraničena jaderným obalem
- u bakterií – do kruhu stočená dvoušroubovice DNA na konci spojená
- u sinic – více molekul DNA = nukleoplazma

ribosomy – tělíčka v cytoplazmě

- tvorba bílkovin
- jsou přisedlé k membráně nebo volné

plazmidy – malé, do kruhu uzavřené molekuly DNA

- obsahují geny, které nesou informaci o rezistenci vůči antibiotikům

pouzdro – udržuje tvar bakterie

fimbrie – brvy - nepohyblivá vlákna

bičík – slouží k pohybu

## Viry

### Charakteristika

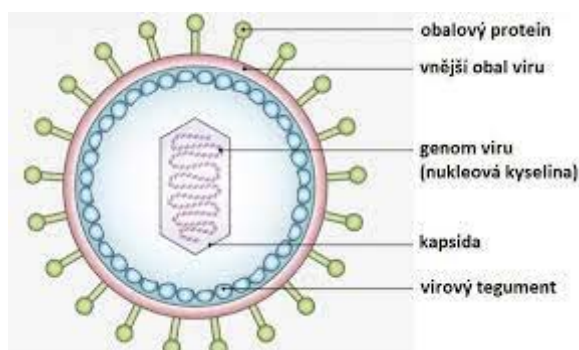
- virus – nebuněčná částice o velikosti 15-390 nm (pozorovatelné pouze elektronovým mikroskopem)
- rozmnožování pouze v hostitelské buňce
- chybí vlastní metabolismus
- tzv. *nitrobuněční parazité*

### Význam

- původci různých onemocnění např.: u člověka (spalničky, příušnice, neštovice, opary, rýma, chřipka, žloutenka, AIDS), u zvířat (kulhavka, slintavka, vzteklin, drůbeží mor), u rostlin (mozaikové onemocnění tabáku)
- modelové systémy v molekulární biologii a genetice
- evoluční význam – mohou vyvolat změnu genetické informace

### Stavba virové částice (virionu)

- molekula nukleové kyseliny (DNA nebo RNA) nesoucí genetickou informaci (genomová nukleová kyselina)
- nukleová kyselina je uložena v bílkovinném plášti – *kapsidu*, ten chrání nukleovou kyselinu a může zprostředkovat vazbu viru na buněčnou stěnu hostitelské buňky (komplex nukleové kyseliny a kapsidu = nukleokapsid)
- jednoduché viriony – holé nukleokapsidy
- obalené viry – kapsida + obal z proteinů a lipidů + povrchové antigeny(glykoproteiny)



### Rozmnožování

*Virová infekce* buňky probíhá v několika fázích:

- virion přilne na povrch buňky
- celý virion nebo pouze NK proniká do hostitelské buňky

- NK vyvolá v hostitelské buňce podle svých genů syntézu bílkovin(enzymů), které jsou nutné pro pomnožení viru
- Syntéza virové NK a kapsidu je zajišťována enzymy a energií z buňky hostitele
- Sestaví se nové viriony, které se z buňky uvolňují(napadenou buňku nezničí nebo způsobí její zánik tzv.lýzu) a napadají další buňky

#### *Formy virové infekce:*

- Perzistence – virus pronikne do buňky a přetrvává v ní, aniž by se množil
- Latentní infekce – virus se množí pomalu, buňka jím není omezena
- Virogenie – virová DNA se může začlenit do chromozomu hostitele
- Viremie – virus po pomnožení v buňce a napadením dalších buněk vzniká nekrotické ložisko, z kterého se virus může dostat do krevního oběhu

Každý virus je schopen infikovat jen určitý typ buněk, vazba je selektivní a je dána specifickou strukturou vnějšího obalu buňky – *receptory* – jsou tvořeny polysacharidy a bílkovinami

Přenos virů je uskutečňován např. vzduchem (kapénkovou infekcí, prachem), potravinami, vodou, hmyzem, přímým kontaktem s kůží, s krví nemocného nebo pohlavním stykem.

#### Dělení

Podle typu genomové nukleové kyseliny rozlišujeme:

- RNA viry – obsahují *jednovláknovou +RNA* nebo *jednovláknovou - RNA* nebo *dvoušroubovicovou RNA*

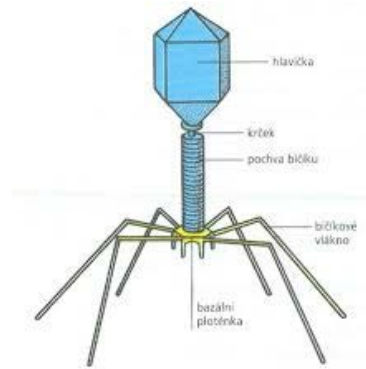


- DNA viry – obsahují *jednořetězcovou DNA (ssDNA)* nebo *dvoušroubovicovou DNA (dsDNA)*



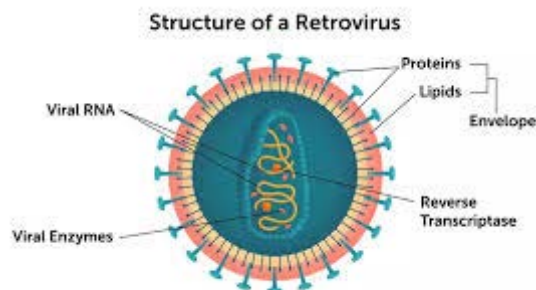
Podle hostitele rozlišujeme:

- Bakteriofágy – napadají bakterie (dají se snadno namnožit na bakteriálních kulturách, jejich NK je relativně jednoduchá)



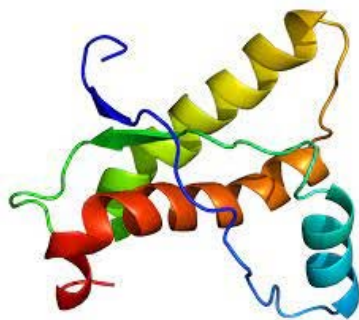
- Cyanofágy – napadají sinice
- Fytopatogenní viry – napadají rostliny
- Zoopatogenní viry – napadají živočichy
- Mykoviry – napadají houby

Zvláštním typem virů jsou **retroviry** – obalené RNA viry s jednovláknovou NK, pomocí enzymu reverzní transkriptázy přepisují svojí genomovou RNA do DNA, následuje buď syntéza nových virových částic, nebo se DNA začlení (inzerce) do chromozomální DNA hostitelské buňky (provirus), virus je v této podobě neaktivní a jeho genom se při dělení buňky přenáší do dceřiných buněk – virus je tak dokonale chráněn před imunitním systémem hostitele.



Existují jednodušší infekční částice, než jsou viry:

- **Viroidy** – jsou to jednořetězcové molekuly RNA bez kapsidy, způsobující onemocnění rostlin
- **Priony** – jsou infekční bílkovinné částice, které postrádají genetickou informaci ve formě NK, jsou malé, odolné vůči teplu, dezinfekčním prostředkům a záření. Množí se pomalu, proto onemocnění, která vyvolají, mají dlouhou inkubační dobu. Prionové onemocnění vzniká změnou normálního prionového proteinu, který se běžně vyskytuje na nervových buňkách. Priony způsobují neurodegenerativní onemocnění mozku. (např. Creutzfeldtova-Jacobova nemoc nebo BSE-nemoc šílených krav)



## **Bakterie**

### Charakteristika:

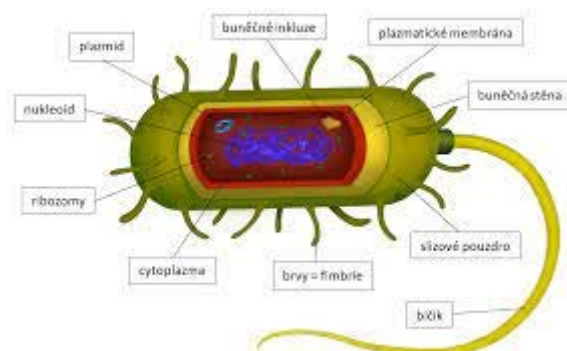
- Jednobuněčné prokaryotické organismy o velikosti 0,3-2  $\mu\text{m}$
- Heterotrofní i autotrofní výživa
- Přítomnost plazmidů – do kruhu stočená malá molekula DNA – schopnost pronikat z jedné buňky do druhé
- Bakterie jsou všudypřítomné např. v 1g půdy je jich až  $10^8$
- Žijí ve vzduchu, vodě, na povrchu i uvnitř těl živočichů i rostlin (např. ve střevě člověka bakterie *Escherichia coli*)

### Význam:

- Významní dekompozitoři – odbourávají odpadní produkty a mrtvá těla organismů
- Vstřebávání živin a vitaminů z potravy – bakterie střevní mikroflóry (u býložravců pomáhají rozkládat celulózu)
- Využití v průmyslu – např. při klasické kvasné výrobě (sýry, ocet, kysané zelí atd.) nebo při výrobě různých látek (kyselina octová, enzymy, hormony)
- Původci různých onemocnění, některé bakterie jsou patogenní, napadají a rozrušují tkáně, některé vylučují jedovaté látky – toxiny (např. botulotoxin – produkuje ho bakterie *Clostridium botulinum*, onemocnění botulismus – k otravě může dojít nedostatečně tepelně upravenou potravinou – zeleninová nebo masné konzervy) (do organismu vnikají např. trávicí, dýchací soustavou, ranami v kůži nebo pohlavním stykem) způsobují např.:
- Střevní onemocnění – salmonelózu (rod *Salmonella*), choleru (*Vibrio cholerae*)
- Onemocnění dýchací soustavy – angínu, zánět plic (*streptokoky*), tuberkulózu (*Mycobacterium tuberculosis*)
- Pohlavní nemoci – kapavku (*Neisseria gonorrhoeae*), syphilis (*Treponema pallidum*)
- Hnisání ran – způsobeno především stafylokoky (*Staphylococcus aureus*)
- Bakteriální onemocnění léčíme nejčastěji antibiotiky (=látky produkované některými houbami nebo bakteriemi, které slouží k omezení růstu nebo zničení jiných druhů mikroorganismů, řada antibiotik je dnes semisyntetické povahy)
- Modelové organismy v molekulární biologii a genetice
- Využití v genové inženýrství
- Čištění odpadních vod, likvidace ropných látek
- Využití v biologickém boji se škůdci (selektivní bioinsekticidy)

#### Stavba:

- Na povrchu mívají: slizové pouzdro, bičíky (jeden nebo více umožňující pohyb), fimbrie (usnadňující přilnutí k různým povrchům)

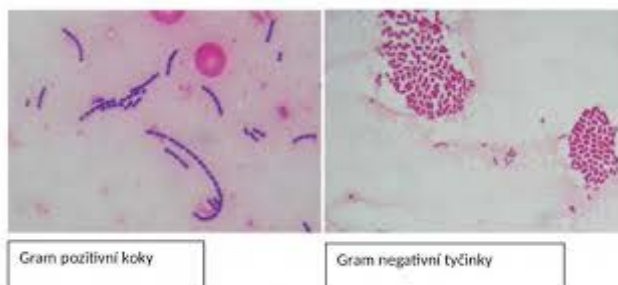


- Některé bakterie vytvářejí spory – endospory, které jim umožňují přežít v nepříznivých podmínkách (i několik desítek let), jsou to klidová stadia tyčinkovitých bakterií, za příznivých podmínek se opět mohou změnit v aktivní stadium a rozmnožovat se.



Podle stavby buněčné stěny, která ovlivňuje jejich barvitelnost, rozlišujeme:

- **Grampozitivní bakterie** – jejich buněčná stěna je tvořena silnou vrstvou peptidoglykanu (mureinu), po obarvení technikou barvení dle Grama zůstávají zbarvené modře a neobarvují se organickými rozpouštědly
- **Gramnegativní bakterie** – jejich buněčná stěna je složena z tenké vrstvy peptidoglykanu a nad ní je další vrstva složená z fosfolipidů, lipoproteinů a lipopolysacharidů (vnější membrána)-díky vysokému podílu lipidů v buněčné stěně je barvivo z buňky vyplavováno organickými rozpouštědly (musí být tedy buňka dobarvena karbolfuchsinem)



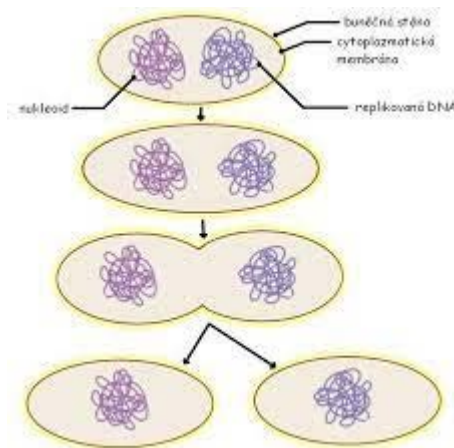
Existují různé tvary bakterií:

- Kulovité – tzv.*koky*, které mohou tvořit např.dvojice (diplokoky-neiserie), řetězky (streptokoky), hroznovité útvary (stafylokoky)
- Tyčinkovité – tzv.bacily
- Zakřivené – např.vibria (lehce zakřivené), spirily (zvlněné), spirochety (šroubovice)

|                   |                                                                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>kok</b>        |  |
| <b>diplokok</b>   |  |
| <b>streptokok</b> |  |
| <b>stafylokok</b> |  |
| <b>vibrio</b>     |  |
| <b>spirocheta</b> |  |
| <b>bacil</b>      |  |

#### Rozmnožování

1. Rozmnožují se příčným dělením – chromozom se zdvojí, buňka se protáhne a obě molekuly DNA putují k opačným pólům buňky, uprostřed se tvoří přehrádka a buňka se rozdělí (po rozdělení mohou bakterie zůstat spojeny a vytváří se charakteristická uskupení)



#### Dělení bakterií:

- a) *Podle základního metabolismu:*
  - **Autotrofní** – zdroj uhlíku je CO<sub>2</sub>, fototrofní bakterie získávají energii ze slunečního záření (obsahují bakteriochlorofyl)
  - **Heterotrofní** – získávají uhlík a energii z organických látek, v přírodě jsou destruenti organické hmoty-mineralizace organické hmoty-proces tlení (za aerobních podmínek), proces hnití (za anaerobních podmínek)
- b) *Podle potřeby kyslíku:*
  - **Aerobní** – k životu nutě potřebují kyslík
  - **Anaerobní** – kyslík nepotřebují

- **Fakultativně anaerobní** – mohou žít za aerobní i anaerobních podmínek
- c) *Podle vztahu k dusíku:*
  - **Nitrogenní bakterie** – vážou molekulární dusík z půdy a přeměňují ho na organické látky (žijí na kořenech bobovitých rostlin)
  - **Nitrifikační bakterie** – aerobní bakterie přeměňují amoniak na dusičnany
  - **Denitrifikační bakterie** – anaerobní bakterie redukuji dusičnany na plyný dusík

#### Prevence virových a bakteriálních onemocnění:

- Dodržování zásad hygieny (mytí rukou)
- Očkování (navození zvýšené odolnosti vůči virovému nebo bakteriálnímu onemocnění)
- Posilování imunity (dostatek pohybu, zdravá strava)
- Dostatečná tepelná úprava pokrmů (většina bakterií je ničena při teplotě 70°C)

### Sinice

#### Charakteristika:

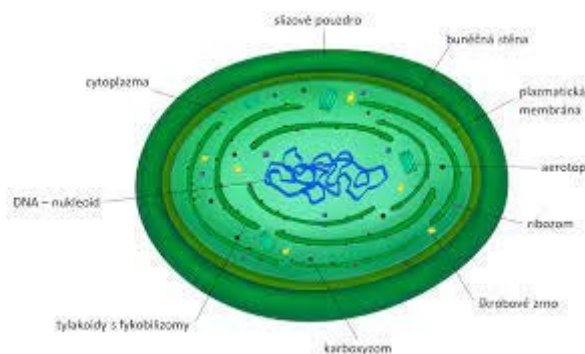
- Autotrofní (fotoautotrofní) gramnegativní bakterie
- V tylakoidech obsahují chlorofyl (β-karoten, fykocyanin)
- Zásobní látka je sinicový škrob
- Nachází se v *planktonu*, při přemnožení tvoří tzv. *vodní květ*

#### Význam:

- Producenti kyslíku
- Fixují molekulový dusík (na  $\text{NH}_3$ )
- Využívají se k přípravě jídel nebo potravních doplňků s vysokým obsahem bílkovin (např. rod *Spirulina*)

#### Stavba:

- Mohou být jednobuněčné nebo tvoří vlákna
- Na povrchu vytváří slizové pochvy



#### Rozmnožování:

- Rozmnožují se dělením (vchlípením cytoplazmatické membrány)

- U jednobuněčných sinic se dceřiné buňky neoddělí od mateřské- vznik kolonií

#### Zástupci:

- Jednořadka (Nostoc) – v symbióze s houbou tvoří těla lišejníků
- Anabaena – součást vodního květu
- Trichodesmium erythraeum – zapříčiňuje zbarvení Rudého moře

---

#### *Kontrolní otázky*

1. Stavba prokaryotické buňky-stručná charakteristika
2. Co to je virion a z čeho je složen
3. Fáze virové infekce
4. Co to je reverzní transkriptáza?
5. Co to jsou endospory?
6. Jak rozděluje bakterie podle barvení dle Grama?
7. Jak se rozmnožují bakterie?
8. Na jaké skupiny rozdělujeme bakterie podle vztahu ke kyslíku?
9. Jaká je prevence virových a bakteriálních onemocnění?
10. Stručná charakteristika sinic a jejich zástupci

---

#### *Místo pro doplnění*

---

#### *Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu*

SCHINDLER, J., *Mikrobiologie*. Praha: Grada. 2014. ISBN 978-80-247-4771.

KOLÁŘOVÁ, L. et al., *Obecná a klinická mikrobiologie*. 1. vydání, Praha: Galén, 2020. ISBN 978-80-7492-477-4

