

The background of the cover is a detailed, high-magnification microscopic image of a cell. A large, dark, circular nucleus is the central focus, containing a prominent nucleolus. The surrounding cytoplasm is filled with various organelles and a network of fine filaments, all rendered in shades of brown and red. The overall texture is grainy and detailed, typical of electron microscopy.

# Biológia

pre gymnáziá

6

EXPOL pedagogika

<b>1. Úvod do biológie človeka (K. Ušáková)</b>	<b>5</b>
<b>2. Orgány, sústavy orgánov človeka a ich funkcie (M. Cvičelová, M. F. Pospíšil, K. Ušáková)</b>	<b>6</b>
2.1. Oporná a pohybová sústava	6
2.1.1. Oporná sústava - kostra	6
2.1.2. Pohybová sústava - svaly a činnosť svalov	13
2.2. Tráviaca sústava a výživa	18
2.2.1. Tráviaca sústava a fyziológia trávenia	18
2.2.2. Choroby tráviacej sústavy	23
2.2.3. Metabolizmus živín	23
2.2.4. Výživa a jej dôležité zložky	24
2.2.5. Minerálne látky a vitamíny	25
2.2.6. Zásady správnej výživy	27
2.3. Dýchacia sústava	28
2.3.1. Dýchacie cesty	28
2.3.2. Pľúca a ich fyziológia	29
2.3.3. Choroby dýchacej sústavy	30
2.4. Telové tekutiny	31
2.4.1. Krv a jej funkcie	31
2.4.2. Zloženie krvi	31
2.4.3. Krvné skupiny	34
2.4.4. Tkanivový mok a miazga ( <i>lymfá</i> )	36
2.4.5. Ochorenia krvi	38
2.5. Srdce a cievna sústava	38
2.5.1. Prúdenie krvi vlásočnicami a žilami	41
2.5.2. Choroby srdca a cievnej sústavy	42
2.6. Vylučovacia sústava	43
2.6.1. Stavba a funkcia obličky	43
2.6.2. Tvorba moču	44
2.6.3. Význam obličky pre reguláciu telových tekutín	45
2.6.4. Choroby obličiek	45
2.6.5. Koža ( <i>cutis, derma</i> )	45
2.6.6. Choroby kože	46
2.7. Riadiace a regulačné sústavy	46
2.7.1. Hormonálna regulácia	47
2.7.2. Nervová regulácia	53
2.7.3. Zmyslové orgány	61
2.7.4. Imunitný systém	66
<b>3. Reprodukcia a ontogenetický vývin ľudského jedinca (M. Cvičelová)</b>	<b>70</b>
3.1. Stavba a činnosť pohlavných orgánov	70
3.1.1. Mužské pohlavné orgány	70
3.1.2. Ženské pohlavné orgány	71
3.2. Reprodukčný cyklus ženy	74
3.3. Pohlavne prenosné choroby	75
3.4. Ontogenetický vývin	75
3.5. Plánované rodičovstvo	78
<b>4. Človek a zdravý životný štýl (M. F. Pospíšil, K. Ušáková)</b>	<b>80</b>
4.1. Zdravie a choroba	80
4.2. Civilizačné choroby	81
4.2.1. Sociálne patológie	82
<b>5. Evolúcia organizmov - všeobecné zákonitosti (J. Krajčovič)</b>	<b>83</b>
5.1. Vývoj evolučného myslenia	83
5.2. Základné mechanizmy evolúcie	84
5.3. Vznik a zánik druhov	85
5.4. Koevolúcia	86
5.5. Doklady evolúcie	87
<b>6. Vznik života na Zemi (J. Krajčovič)</b>	<b>91</b>
6.1. Ako vznikol život?	91
6.2. Kedy vznikol život?	91
6.3. Kde vznikol život?	92
6.4. Vek mikroorganizmov	92
6.5. Vznik eukaryotickej bunky	93
<b>7. Pôvod a vývoj človeka (M. Thurzo)</b>	<b>95</b>
7.1. Charakteristika a vznik hominidov	95
7.2. Charakteristika hominínov	95
7.3. Vznik <i>Homo sapiens</i> a zánik neandertálcov	95
7.4. Ľudská variabilita a rasizmus	99

Učebnica, ktorú ste otvorili, je poslednou zo série novokoncipovaných učebníc biológie pre gymnáziá. Obsahom a výberom poznatkov je aktuálna, poskytuje najnovšie informácie z oblasti biológie človeka a z problematiky evolúcie a vzniku života. Zámerom autorov bolo vybrať a do didaktického systému transformovať poznatky, ktoré pomôžu porozumieť nielen otázkam vzniku života a miesta človeka v ňom, ale komplexným pohľadom na človeka prispieť k formovaniu zodpovednosti za život a zdravie každého jednotlivca.

Učebnica nadväzuje na doterajšie vedomosti študentov najmä z problematiky fylogénzy živočíchov a ich sústav orgánov, ale aj na učivo z genetiky a biológie bunky. Zjednotením týchto poznatkov je samostatný tematický celok Človek a zdravý životný štýl. Najnovšie informácie, ktoré sa opierajú o aktuálne vedecké výskumy obsahuje aj kapitola o evolúcii organizmov, vzniku života a pôvode a vývoji človeka.

V učebnici sú vo všetkých kapitolách aj rozširujúce informácie, ich výber je na učiteľovi (základné učivo vymedzuje vzdelávací štandard). Doplnujúce informácie sú vhodné nielen pre maturantov, ktorí chcú pokračovať v rôznych formách biologického vzdelávania, ale aj pre všetkých študentov, ktorí si chcú rozšíriť obzor a získať zjednocujúci pohľad na problémy. Pochopeniu teoretických poznatkov pomáhajú ilustrácie. Pomôckou pre študentov na spätnú väzbu sú úlohy v rámci každej sústavy orgánov a problémové úlohy pre študentov so zvýšeným záujmom o biológiu.

Učebnica má 7 samostatných kapitol. Ťažiskom je kapitola Orgány, sústavy orgánov človeka a ich funkcie, ktorá obsahuje základnú anatomickú a fyziologickú charakteristiku príslušných orgánov a ich význam pre človeka. V závere každej sústavy orgánov sú spomenuté najčastejšie ochorenia a možnosti prevencie.

Samostatnú kapitolu tvorí učivo Reprodukcia a ontogenetický vývin ľudskeho jedinca, ktorá poskytuje pohľad na všetky procesy, ktoré súvisia s reprodukciou a rozmnožovacou sústavou. Pre praktický život sú cenné najmä informácie o plánovanom rodičovstve.

Prakticky orientovaná je obsahom aj kapitola Človek a zdravý životný štýl, ktorá podáva informácie o faktoroch životného štýlu a civilizačných ochoreniach.

Obsahom nové sú záverečné kapitoly, ktoré sa venujú problematike evolúcie človeka a vzniku života. Zjednocujú najnovšie informácie z rôznych vedných odborov, stavajú na faktoch.

Jedným z predpokladov, aby človek mohol poznávať okolitý svet a primerane ho využívať pre svoje potreby, je poznať sám seba, a tak si udržiavať zdravie. Veríme, že táto učebnica bude na ceste za poznaním dobrým základom.

Autori

# 1. ÚVOD DO BIOLÓGIE ČLOVEKA

Biológia je veda o živote, preto je predmetom jej štúdia aj človek. Najstarším vedným odborom, ktorý sa zaoberal biológiou človeka, bola anatómia, veda o stavbe ľudského tela. **Anatómia** (gr. rozseknutie, rozrezanie) opisuje tvar, zloženie a vzájomné vzťahy medzi orgánmi ľudského tela, ako aj vzťahy voči organizmu ako celku.

Otázky – čo je to ľudské telo, ako pracuje, prečo sa mení, starne a umiera – zaujímali človeka odpradáva. Najstarším spôsobom na poznávanie stavby ľudského tela je **pitva**.

Už **Aristoteles** (384 – 322 pred n. l.), grécky filozof polyhistor sa domnieval, že ak bude starostlivo skúmať život rýb a cicavcov a pitvať ich, nájde kľúč k stavbe ľudského tela. Prvé pitvy, ktoré znamenali začiatok systematického poznávania stavby ľudského tela, sú známe z egyptskej Alexandrie.

Prvú verejnú pitvu v Čechách urobil **J. Jesenius** (1566 – 1621), pôvodom Slováč, rektor a anatóm na Karlovej univerzite v Prahe. Bol popravený na Staromeskom námestí po bitke na Bielej hore.

Za priekopníka novodobej anatómie sa považuje belgický lekár a anatóm **A. Vesalius** (1514 – 1564). Vytvoril prvé dielo s uceleným a presným opisom ľudského tela.

Významným medznikom v poznaní ľudského tela bolo objavenie a opísanie krvného obehu, ktorého autorom je anglický lekár **W. Harvey** (1578 – 1657). Postupné poznanie stavby – štruktúry ľudského organizmu tak umožnilo chápať funkcie orgánov a ich častí. Bolo základom pre vznik **fyziológie**, vedy o priebehu životných procesov v ľudskom organizme. W. Harvey sa považuje za jedného z jej zakladateľov.

O činnosti ľudského tela dlho prevládali rôzne dohady a ničím nepodložené domnienky. Podstata činnosti jednotlivých orgánov sa vysvetľovala pôsobením zvláštného fluida, ktoré nazývali „pneumy“ alebo „spiritus“. Tento názor vyslovil aj slávny staroveký rímsky lekár **C. Galenos** (cca 130 – 201 n. l.), ktorý vysvetľoval dráždivosť pohybom zvláštného fluida nervovou sústavou od mozgu až k svalom.

Až v druhej polovici 18. storočia urobil švajčiarsky fyziológ **A. von Haller** (1708 – 1777) pokus, ktorým túto domnienku vyvrátil.

Na poznanie funkcie živých organizmov a človeka nestačilo len jednoduché pozorovanie javov. Bolo treba hľadať ich príčiny. Tak sa popri pozorovaní v biologických vedách, ako aj pri štúdiu človeka začala uplatňovať experimentálna metóda – **pokus** (experiment).

Biológovia a lekári hľadali a nachádzali spojenia medzi jednotlivými orgánmi ľudského tela a jeho základnými činnosťami, ako sú procesy trávenia, dýchania, rastu, pohybu, rozmnožovania, regulácie, a koordinácie jednotlivých činností. Vedci zistili, že skupiny orgánov navzájom súvisia a vytvárajú systémy orgánov. Štúdium stavby a funkcie ľudského tela viedlo k rozvoju medicíny a lekárskeho vied.

Medzi významných prírodovedcov a lekárov patrila aj **J. E. Purkyně** (1787 – 1869). Okrem toho, že objasnil bunkovú teóriu, bol aj významný histológ a fyziológ. V Prahe založil prvý fyziologický ústav na svete. Študoval pomocou mikroskopu zloženie rôznych tkanív ľudského tela a opísal veľa dovtedy neznámych útvarov, napr. vláknité útvary v svalovine srdca, pinné žľazy v koži a pod.

Neskôr sa začali rozvíjať ďalšie biologické vedné odbory, ktoré významne urýchlili rozvoj poznania biológie človeka – **biochémia** a **biofyzika**. Biochémia skúma funkciu orgánov a tkanív využívaním najmä chemických metód a biofyzika prevažne fyzikálnych metód.

Rozvoj lekárskeho vied, ako aj štúdium normálnych a patologických (chorobných) znakov v ľudskom tele by nebol možný bez vývoja a zdokonaľovania technických prostriedkov. Okrem klasických prístrojov (svetelný mikroskop, röntgen) sa dnes používajú najmä elektrónový mikroskop, ultrazvuk a encefalograf – prístroj na sledovanie elektrických signálov mozgu, elektrokardiograf, prístroj na meranie elektrických signálov ľudského srdca. Na zistenie nádorových ochorení sa využíva NMR – tomograf, ktorý pracuje na princípe nukleárnej magnetickej rezonancie. Na štúdium lokálnych chemických reakcií v mozgu sa využíva pozitronová tomografia.

V súčasnosti sa biologický výskum človeka rýchlo rozvíja. Prináša nové poznatky, ktoré pomáhajú zmierniť alebo odstrániť trápenie chorých. Biologický výskum sa tak stáva jedným z faktorov, ktoré ovplyvňujú vývoj ľudstva.

## 2. ORGÁNY, SÚSTAVY ORGÁNOV ČLOVEKA A ICH FUNKCIE

### 2.1. Oporná a pohybová sústava

Základom opornej a pohybovej sústavy človeka sú **kostra a svaly**. Ich vzájomné prepojenie a súhra činnosti sú predpokladom vzpriameného držania tela a pohybovej aktivity.

#### 2.1.1. Oporná sústava – kostra

Základom opornej sústavy je kostra. **Kostra** (*sceletum*) je pasívny pohybový aparát. Tvoria ju prevažne **kosti**, ale i **chrupka** a **väzivo**. Je pevnou a pohyblivou oporou tela a zároveň má i ochranné funkcie (lebka chráni mozog a zmyslové orgány, chrbtica chráni miechu, kostra hrudníka chráni pľúca a srdce). Kosti, chrupka a väzivo sú **spojivové tkanivá**.

#### Spojivové tkanivá

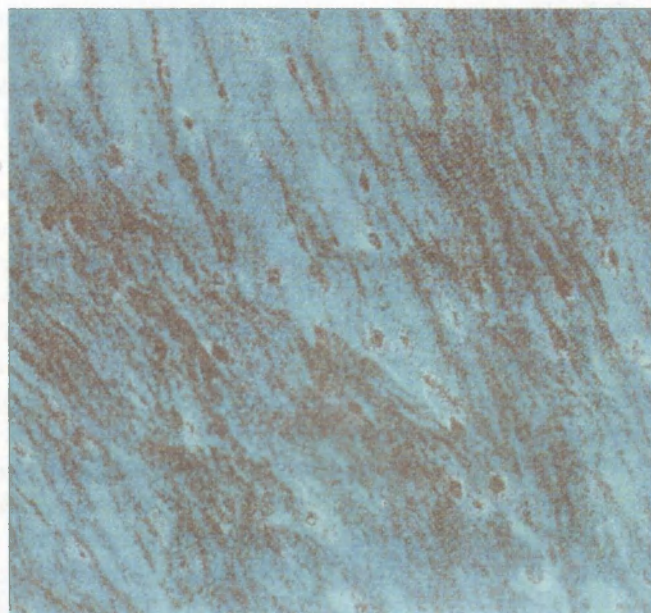
Väčšinou sú tvorené riedko rozloženými **bunkami**, medzi ktorými je veľké množstvo **medzibunkovej hmoty**. Medzibunkovú hmotu tvoria dve hlavné zložky, a to – bez tvaru **základná hmotu** a **vláknitá zložka**, ktorá je tvorená **vláknami – fibrilami**. Môžu byť **kolagénové**, **elastické** a **sieťkovité**.

Medzibunková hmotu je produktom buniek spojivového tkaniva. Spojivové tkanivá majú dvojakú funkciu v organizme, a to **podpornú** (pre iné tkanivá) alebo zabezpečujú **látkovú výmenu**.

Podľa funkcie, tvaru buniek a štruktúry medzibunkovej hmoty rozlišujeme tri hlavné typy spojivového tkaniva:

- väzivo,
- chrupku,
- kosť.

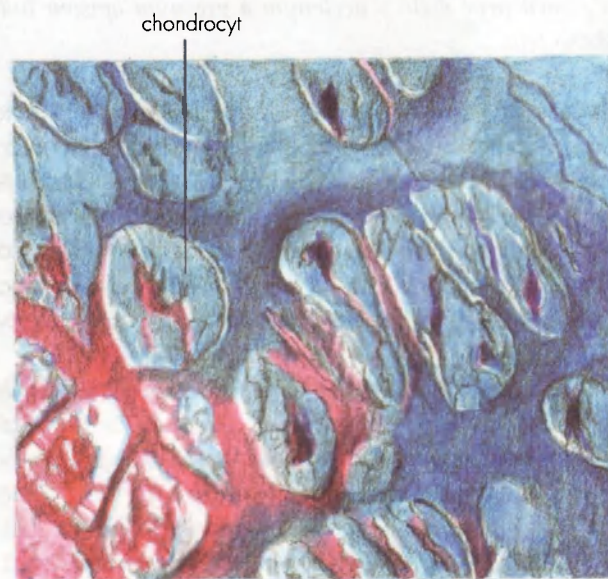
**Väzivo** (*tela fibrosa*) je zväčša mäkké, poddajné tkanivo, s pomerne veľkým obsahom vody. Väzivo tvoria bunky **fibrocyty** a **medzibunková hmotu** (má prevahu), ktorá ob-



Obr. 1 Kolagénové vlákna väziva

sahuje vlákna – **fibrily**, najmä **kolagénové** a **elastické**. **Kolagénové vlákna** sú odolné voči **fahu** a **elastické** podmieňujú **pružnosť**. Kolagénové vlákna sú najmä vo väzive, ktoré tvorí šlachy a kĺbové puzdrá (obr.1). Elastické vlákna sú v stenách ciev.

**Chrupka** (*cartilago*) je pevné a pružné podporné spojivové tkanivo odolné voči tlaku. Tvoria ju bunky – **chondrocyty** a **medzibunková hmotu**, ktorá obsahuje aj vláknitú zložku.

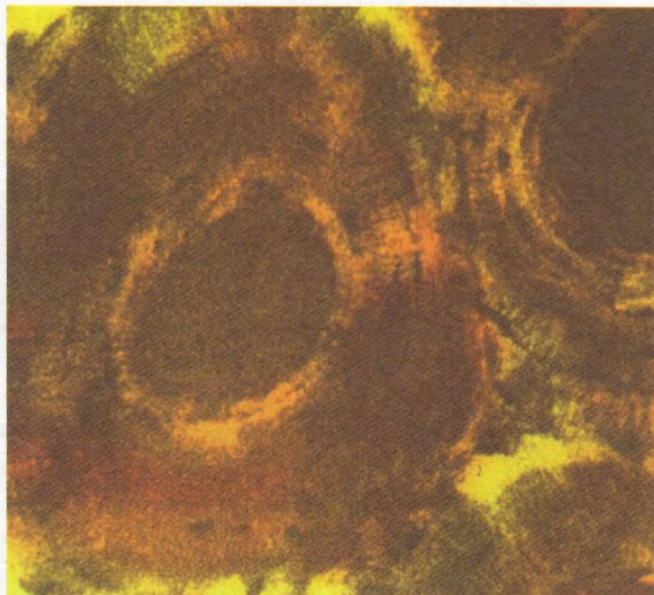


Obr. 2 Sklovitá (hyalínna) chrupka

- Vlákná v chrupke sú podľa druhu chrupky kolagénové, elastické alebo obe. Rozlišujeme:
  - **sklovitú** — **hyalinnu chrupku**, ktorá obsahuje tenké kolagénové vlákna. V zárodku tvorí väčšinu základu kostry, v dospelosti kĺbové chrupky, priedušnicové chrupky, nosovú priehradku (obr. 2).
  - **elastickú chrupku**, ktorá sa vyznačuje prevahou elastických vlákien nad kolagénovými. Tvorí podklad ušnice a hrtanovej príchlopky.
  - **väzivovú chrupku**, ktorá má v medzibunkovej hmote hustú sieť kolagénových vlákien. Tvorí medzistavcové platničky a lonovú sponu.

### Kosť (os)

Je to spojivové tkanivo, špecializované na **podpornú** a **ochrannú** funkciu. Je najtvrdším tkanivom v tele. Tak ako ostatné spojivové tkanivá skladá sa i kosť z **buniek** a z **medzibunkovej hmoty**. Kostné bunky — **osteocyty** sú drobné pavúkovité bunky uložené v dutinkách kostnej hmoty a sú navzájom pospájané výbežkami (obr. 3).



Obr. 3 Kostné tkanivo (výbrus kompaktnej kosti)

Medzibunková hmota kosti obsahuje 20 % vody, asi 50 – 55 % **anorganických látok** — fosforečnan a uhličitan vápenatý sa usadzujú v medzibunkovej hmote a dodávajú jej **tvrdosť** a **pevnosť**. S pribúdajúcim vekom pribúda anorganických látok, v dôsledku čoho sa kosti stávajú krehké a ľahšie sa lámu.

**Organických látok**, ktoré dodávajú kosti **pružnosť**, je 25 – 30 %. Základom medzibunkovej hmoty kosti je organická látka **osein**, ktorá obsahuje kolagénové vlákna spojené základnou beztvorou hmotou a iné bielkovinové látky. Pomer medzi organickou a anorganickou zložkou sa mení v závislosti od veku človeka a zdravotného stavu.

**Kostné tkanivo sa vyskytuje v dvoch formách:**

- **husté kostné tkanivo** — **kompaktná kosť**,
- **hubovité (riedke) kostné tkanivo** — **hubovitá kosť**.

**Husté kostné tkanivo** tvorí zväčša rôzne hrubú povrchovú časť kosti, ale predovšetkým strednú časť dlhých kostí (**diafýzu**). **Hubovité kostné tkanivo** tvorí vnútro plochých a krátkych kostí a vnútro rozšírených koncov dlhých kostí — hlavíc (**epifýz**).

### Povrch kostí

Kĺbové plochy kostí pokrýva hladká vrstva sklovitej (**hyalínnej**) chrupky. Ostatný povrch kostí pokrýva tenká väzivová blana — **okostica** (**periost**).

**Okostica** má tieto funkcie:

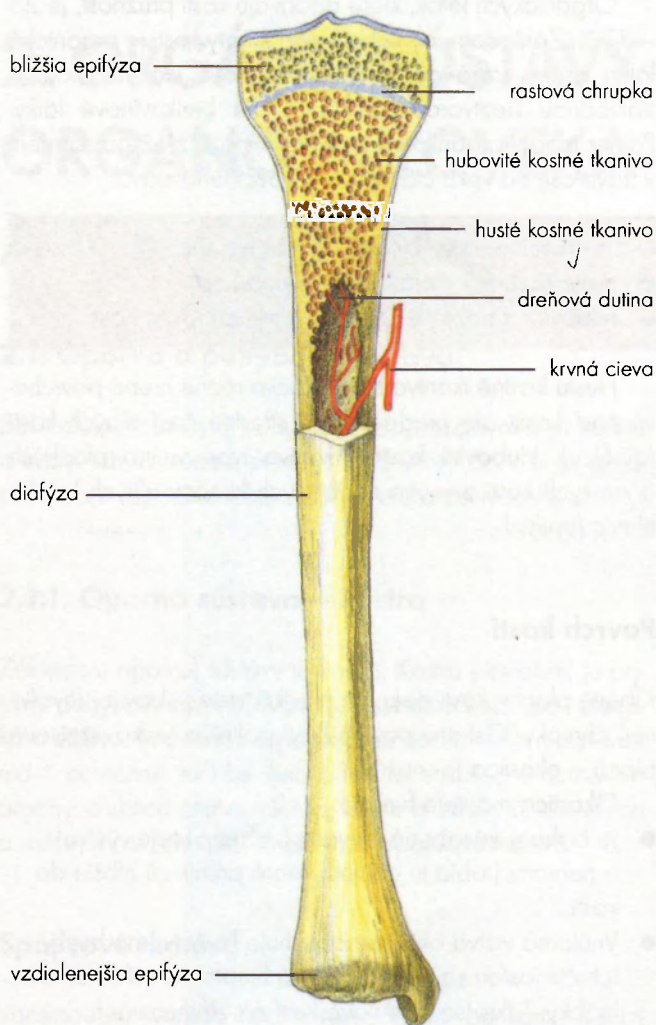
- Je bohato zásobená cievami (zabezpečujú výživu) a nervami (robia ju citlivou), ktoré prenikajú hlbšie do kosti.
- Vnútna vrstva okostice obsahuje kosťotvorné bunky. Ich činnosťou sa vytvára kostná hmota a kosť rastie do hrúbky. Takto sa tvorí nová kosť pri zlomeninách.
- Pri transplantácii si okostica uchováva kosťotvornú schopnosť a umožňuje vhojenie transplantátu.

### Vnútna stavba kostí

**Husté kostné tkanivo** (kompaktná kosť) je zložené z husto usporiadaného kostného tkaniva. Tvorí telo dlhých kostí a povrchovú vrstvu plochých a krátkych kostí.

**Hubovité kostné tkanivo** (hubovitá kosť) tvoria tenké trámiky, ktoré sú navzájom prekrížené a vytvárajú priestorovú sieť. Toto usporiadanie nie je náhodné, ale vytvorilo sa vplyvom funkcie. Pri zmene funkcie (napr. následkom úrazu) sa mení.

Vnútri tela dlhých kostí je **dreňová dutina** vyplnená **kostnou dreňou**. Vyplňa aj dutinky medzi trámkami hubovitej kosti v koncoch dlhých kostí, v krátkych a v plochých kostiach. V detstve má kostná dreň červenú farbu, je to **krvotvorné tkanivo**. S pribúdajúcim vekom sa v nej usádza



Obr. 4 Stavba dlhej kosti

tuk, dreň žltne a stráca schopnosť vytvárať červené a biele krvinky. V dospelosti zostáva funkčná červená kostná dreň iba v niektorých krátkych a plochých kostiach (napr. hrudná kosť, rebrá, telá stavcov).

### Tvar kostí

Je podmienený funkciou, ktorú majú kosti na rozličných miestach kostry. Podľa tvaru rozlišujeme **dlhé** kosti (napr. ramenná kosť, stehnová kosť), **ploché** (hrudná kosť, lopatka, kosti lebky) a **krátke** (stavce, kosti zápästia). Na dlhých kostiach rozlišujeme strednú rúrovitú časť – telo (diafýza) a kĺbové konce, ktoré sú zvyčajne rozšírené – hlavice (epifýzy, obr. 4).

### Rast dlhých kostí

Medzi hlavicami a telom sú po celý čas rastu chrupkové platničky, ktoré sa nazývajú **rastové (epifýzové) chrupky**. Z nich rastie kosť do dĺžky.

### Spojenie kostí

Z vývinového a funkčného hľadiska rozlišujeme **neklbové** a **kĺbové** spojenie kostí.

**Nekĺbové spojenie kostí** – pevné, pomocou niektorého zo spojivových tkanív (väzivo, chrupka, kosť).

1. **Väzivové spojenie kostí sa vyskytuje v troch typoch:**
  - a) **väzivové spojenie kostí okrem lebky** – väzivové pruhy medzi oblúkmi stavcov, široké membrány väziva medzi kosťami predlaktia alebo predkolenia,
  - b) **šev** – väzivové spojenie plochých lebečných kostí; šev je nielen miesto spojenia, ale i rastu kostí;
  - c) **vklinenie** – spojenie zubov so zubnými ložiskami v čelusti a sánke;
2. **Pri chrupkovom spojení kosti rozlišujeme dva typy:**
  - a) **spojenie s prevahou sklovitej chrupky**, napr. spojenie záhlavnej s klinovou kosťou do 18. roku;
  - b) **spojenie tvorené prevažne väzivovou chrupkou**, napr. spojenie lonových kostí;
3. **Spojenie kostí pomocou kostného tkaniva**, napr. krížová kosť.

**Kĺbové spojenie** – pohyblivé spojenie dvoch alebo viacerých kostí.

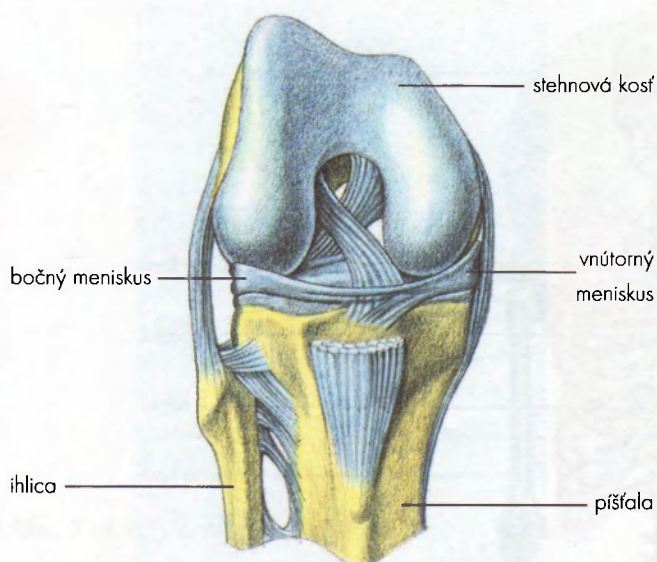
**Kĺb je tvorený:**

- kĺbovými plochami pokrytými sklovitou (hyalínou) chrupkou
- kĺbovým puzdrom,
- kĺbovou dutinou,
- pomocným kĺbovým zariadením.

Tvar kĺbových plôch je rôzny (guľovitý, valcovitý, kladkový a i.). Určuje rozsah a veľkosť pohybu v kĺbe. Najväčší rozsah pohybu umožňuje guľovitý voľný kĺb (ramenný kĺb).

Podľa počtu spájajúcich sa kostí rozlišujeme: **jednoduché kĺby**, ak sa spájajú iba dve kosti; **zložené kĺby**, ak sa spájajú tri a viac kostí.

**Kĺb kolena** je najväčší a najzložitejší kĺb v ľudskom tele. Tvoria ho stehnová kosť, píššála a jablčko, ihlica nedosahu-



Obr. 5 Kĺb kolena - pohľad spredu

je do kĺbu (obr. 5). Kĺbové plochy stehrovej kosti a píšfaly sa tvarovo nezhodujú, preto sú medzi nimi vsunuté polmesiačikovité chrupky – menisky.

## Kostra ľudského tela

Skladá sa z:

- kostry hlavy – lebky,
- kostry trupu – chrbtice, rebier a hrudnej kosti,
- kostry končatín – horných a dolných.

Tvorí ju asi 206 kostí, ich počet sa v priebehu života znižuje v dôsledku zrástania pôvodne samostatných kostí (napr. krížová kosť, báza lebky, obr. 6).

Na lebke (cranium) rozlišujeme väčšiu mozgovú časť (neurocranium) a menšiu tvárovú časť (splanchnocranium).

Mozgová časť lebky tvorí ochranné puzdro pre mozog a niektoré zmyslové orgány (zrakový, sluchovo-rovnovážny, čuchový orgán). Tvorí ju: záhlavná, klinová, spánková, temenná a čelová kosť (obr. 7, 8, 9).

● **Záhlavná kosť** je nepárová kosť, tvorí zadnú časť lebečnej bázy a klenby lebky. Jej dolná časť má uprostred veľký otvor, po jeho stranách sú hlavice záhlavnej kosti na kĺbové spojenie s chrbticou.

● **Klinová kosť** je nepárová kosť, ktorá tvorí predovšetkým lebečnú bázu a čiastočne postranný lebečný

● kryt. Jej horná (vnútorná) plocha vybieha do sedlovitého útvaru – tureckého sedla, v ktorom je uložená hypofýza.

● **Spánková kosť** je párová kosť zložitej stavby. Tvorí časť bočnej steny a bázy lebky. Nachádza sa na nej kĺbová jama na spojenie so sánkou. Jej súčasťou je i **pyramída – skalná kosť**, ktorá je najtvrdšou kosťou v ľudskom tele, lebo neobsahuje vôbec hubovitú časť. Vnútri má dutiny, v ktorých je uložený sluchovo-rovnovážny orgán.

● **Temenná kosť** je párová kosť, ktorá tvorí strednú časť klenby lebky.

● **Čelová kosť** je nepárová kosť, pôvodne sa zakladá ako párová, ale krátko po narodení obidvoe časti zrástajú do jednej kosti. Je kosteným podkladom čela a tvorí stropy očí.

**Lebečná dutina (cavum cranii)** je ohraničená kosťami mozgovej časti lebky, nachádza sa v nej mozog. Jej objem v cm<sup>3</sup> je takmer totožný s hmotnosťou mozgu v gramoch, 1300 cm<sup>3</sup>.

**Tvárovú časť lebky (splanchnocranium)** tvoria tieto kosti: čuchová kosť, dolná nosová mušľa, nosová kosť, slzná kosť, čerieso, čeľusť, podnebná kosť, jarmová kosť, sánka a jazykka.

● **Čuchová kosť** je nepárová kosť, tvorí podklad nosovej dutiny. Jej zvislá platňa je súčasťou nosovej priehradky.

● **Dolná nosová mušľa** je samostatná párová kosť, uložená v dolnej časti nosovej dutiny.

● **Nosová kosť** je párová kosť, tvorí kostený podklad chrbta nosa.

● **Slzná kosť** je tenká párová kosť, tvorí prednú časť vnútornej steny očnice.

● **Čerieso** je nepárová kosť, ktorá dopĺňa zadnú a dolnú časť nosovej priehradky. Zhora sa pripája na telo klinovej kosti, zdola na kostené podnebie.

● **Čeľusť** je párová kosť, jedna z najväčších kostí tvárovej časti lebky. Jej čelový a jarmový výbežok lemujú vnútornú a dolný okraj očnice. Podnebný výbežok je uložený horizontálne, vzadu sa spája s podnebnou kosťou a spolu vytvárajú tvrdé podnebie.

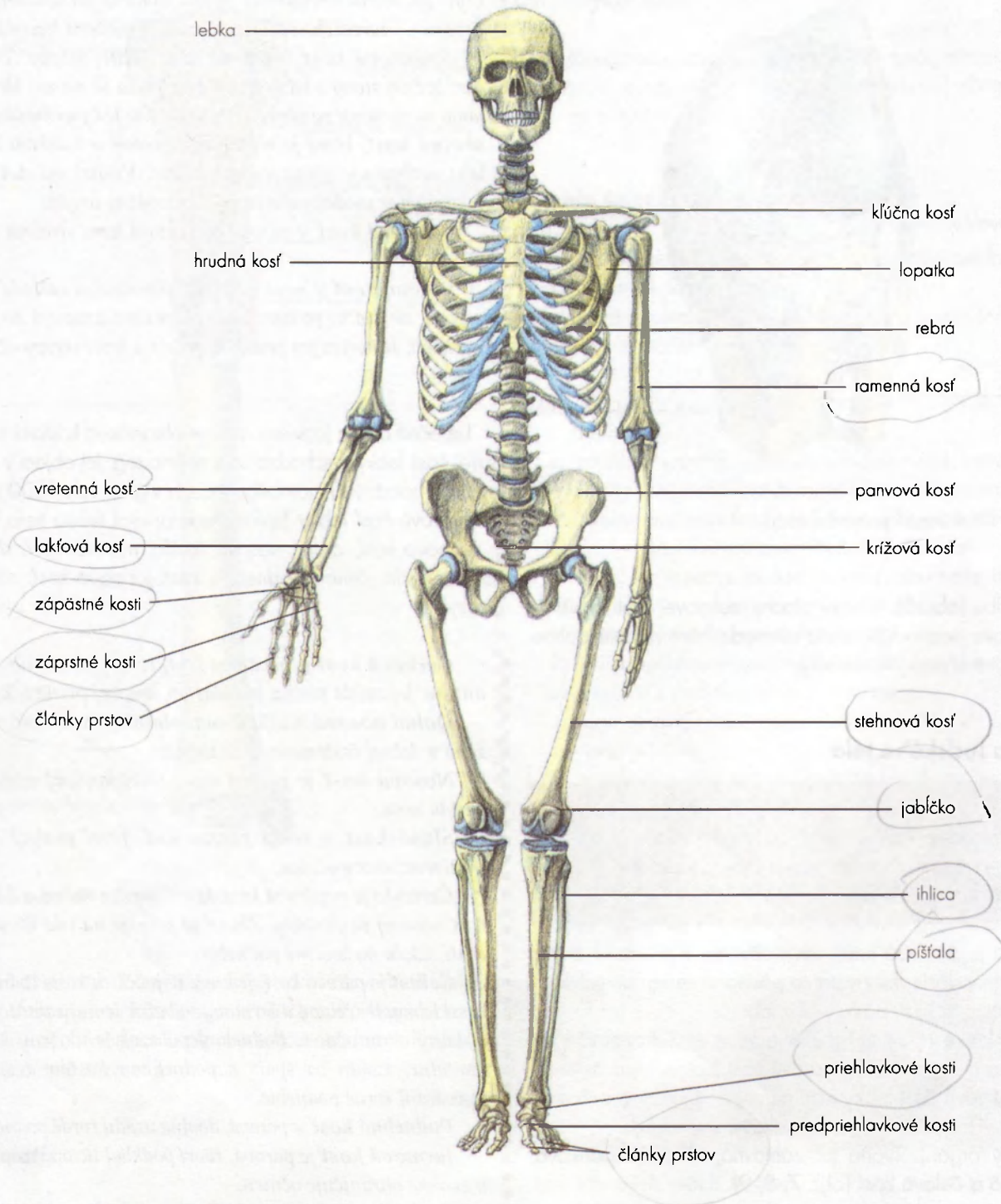
● **Podnebná kosť** je párová, dopĺňa vzadu tvrdé podnebie.

● **Jarmová kosť** je párová, tvorí podklad lícam, zospodu a zvonka ohraničuje očnicu.

● **Sánka** je nepárová kosť, kĺbovo sa spája so spánkovou kosťou. Na vnútornej ploche brady je bradový trň, ktorého vývoj súvisí pravdepodobne s rozvojom artikulovanej reči. V čeľusti a sánke sú v zubných ložiskách uložené zuby.

● **Jazykka** je nepárová kosť, má tvar podkovy otvorenej dozadu. Je uložená medzi svalmi koreňa jazyka, je na nej zavesený hrtan.

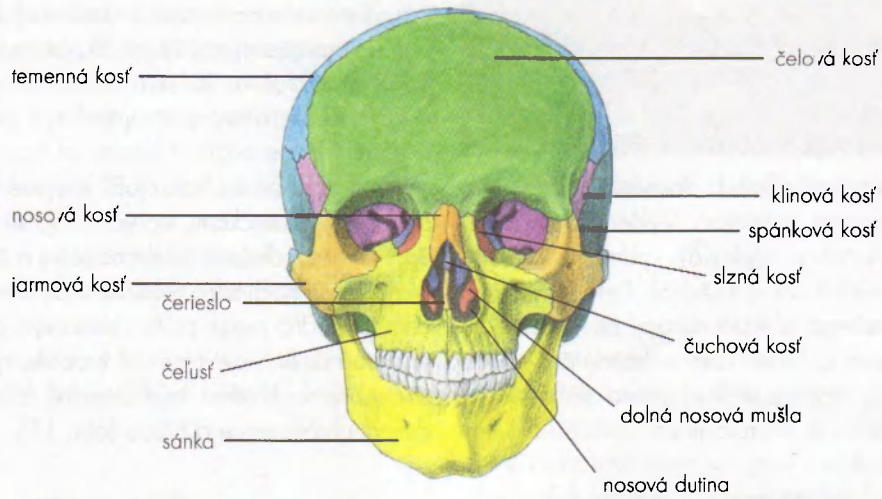




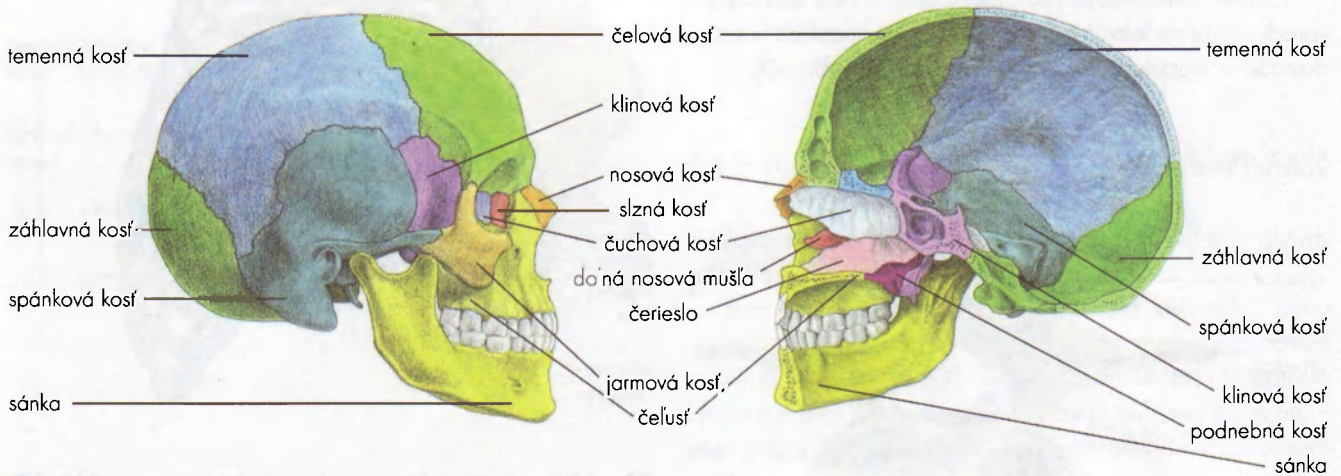
Obr. 6 Kostra človeka - pohľad spredu

- Kostí lebky sú spojené švami. Rozlišujeme:
- ● **pílovitý šev**, napr.: **vencovitý šev** (čelová kosť s temennými kosťami), **šípový šev** (temenné kosti navzájom),
- ● **lambdovitý šev** (temenné kosti so záhlavnou kosťou)

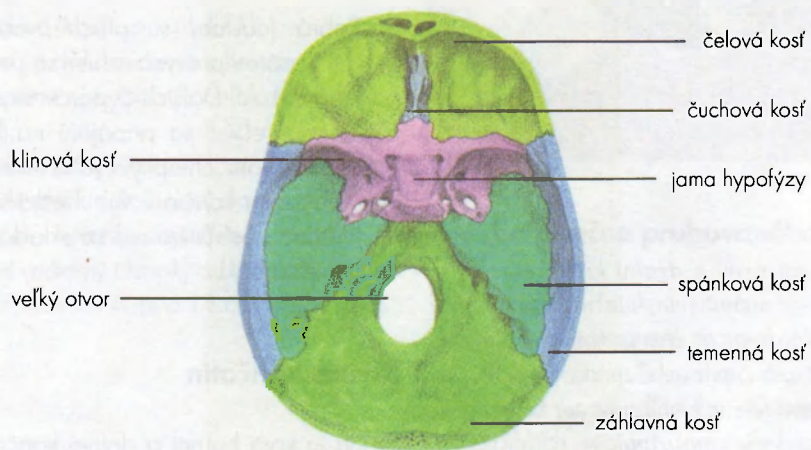
- ● **šupinový šev** (spojenie šupiny spánkovej kosti s temennými kosťami),
- ● **hladký šev** (spojenie čeluste).



Obr. 7 Lebka - pohľad spredu



Obr. 8 Lebka - pohľad z boku



Obr. 9 Lebka - priečny rez

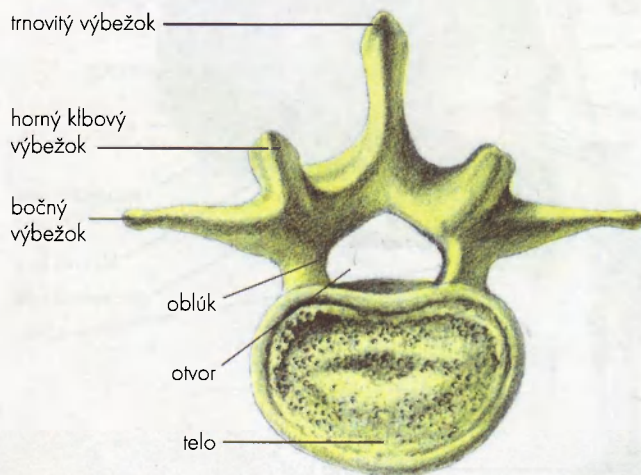
Kostiru trupu tvoria:

- chrbtica,
- rebrá,
- hrudná kosť (mostík).

Chrbtica (*columna vertebralis*) dospelého zdravého človeka je dvakrát esovito zakrivená. Vyklenutie dopredu sa nazýva *lordóza* (krčňá a drieková), vyklenutie dozadu sa nazýva *kyfóza* (hrudníková a krížová). Tieto zakrivenia dodávajú chrbtici **pružnosť** a tlmia nárazy pri chôdzi. Sú dôsledkom vzpriamenej chôdze. Takmer každý človek má i mierne vybočenie chrbtice do strany (vpravo alebo vľavo) – **skoliózu**, ktorej príčinou je morfológická i funkčná asymetria tela.

Chrbtica tvorí 7 krčných stavcov, 12 hrudníkových, 5 driekových, 5 krížových, ktoré zrastajú do krížovej kosti a 4 až 5 kostrčových stavcov, ktoré zrastajú do kostrče.

Takmer všetky stavce majú rovnakú základnú stavbu, a to vpredu uložené **telo**, z ktorého po oboch stranách smerom dozadu odstupuje **oblúk** a z neho **výbežky** (obr. 10).



Obr. 10 Stavce

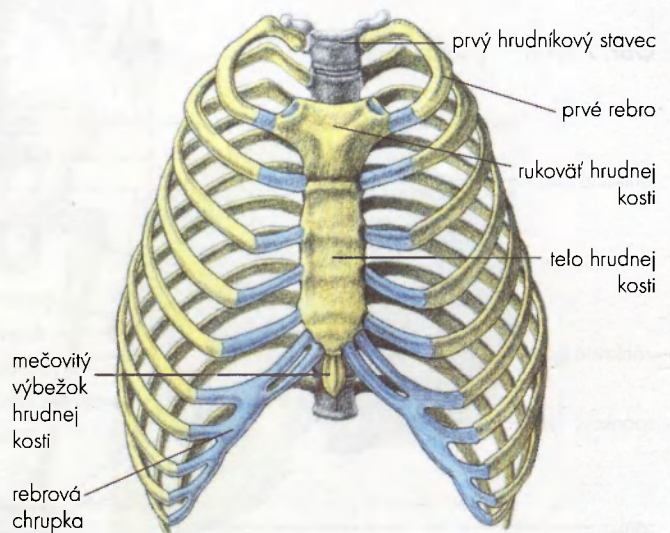
- Netypickú stavbu má prvý a druhý krčný stavec – **nosič a čapovec**. Nosič nemá telo, ale má iba predný a zadný oblúk. Na vnútornej ploche predného oblúka je malá kľbová jamka pre zub čapovca. Čapovec sa od ostatných odlišuje tým, že jeho telo vybieha smerom hore do zuba čapovca na kľbové spojenie s nosičom.

- Hrudníkové stavce majú na boku tela a na bočných výbežkoch **kľbové jamky** na kľbové spojenie s rebrami.

- Krížové stavce zrastajú do **krížovej kosti** a to druhý až piaty zrastajú medzi 14. až 20. rokom, prvý prirastá medzi 20. až 30. rokom. **Kostrč** je tvorená zrastenými rudimentárnymi kostrčovými stavcami.

Telá stavcov sú navzájom spojené chrupkovými **medzi-stavcovými platničkami**, ktorých je spolu 23. Sú v pohyblivej časti chrbtice, chýbajú medzi nosičom a čapovcom, teda prvá platnička sa nachádza medzi čapovcom a tretím krčným stavcom, posledná medzi piatym driekovým a prvým krížovým.

**Hrudník** (*thorax*) tvorí 12 hrudníkových stavcov, 12 párov rebier a hrudná kosť. Hrudník ohraničuje hrudníkovú dutinu, chráni srdce a pľúca (obr. 11).



Obr. 11 Hrudník – pohľad spredu

**Rebrá** (*costae*) sú ploché, oblúkovito ohnuté kosti. Prvých 7 párov **pravých rebier** sa pripája priamo chrupkou na hrudnú kosť. Ďalších 5 párov sú **nepravé rebrá**. 3 páry **nepravých rebier** sa pripájajú na hrudnú kosť nepriamo prostredníctvom chrupky vyššie uloženého rebra, 2 páry **voľných rebier** končia voľne medzi svalmi steny hrudníka.

**Hrudná kosť** (*sternum*) sa skladá z **rukoväti**, **tela** a **mečovitého výbežku**.

### Kostra končatín

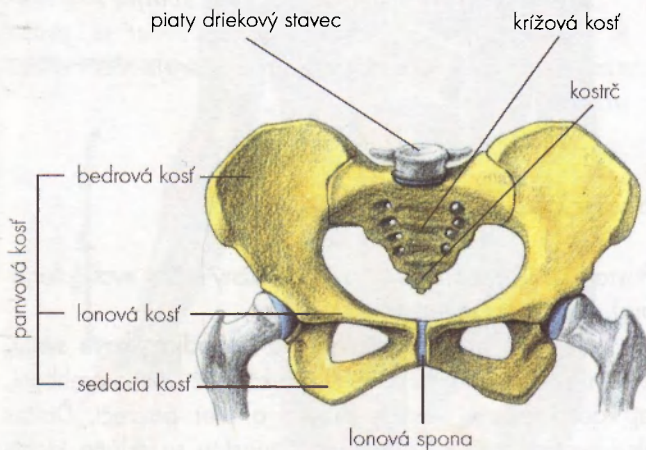
Tvorí ju kosti hornej a dolnej končatiny. **Horná končatina** človeka je prispôbena na uchopovanie a na prácu, jej kľby umožňujú značnú pohyblivosť a končatina sa môže

proti trupu pohybovať všetkými smermi. Kostra hornej končatiny sa skladá z *pletenca* a *kostry voľnej končatiny*.

**Pletenec** hornej končatiny tvorí *kľúčna kosť* a *lopatka*. Kostru **voľnej hornej končatiny** tvorí *ramenná kosť*, *kosti predlaktia* (*laktová kosť* na strane malíčka a *vretenná kosť* na strane palca) a *kosti ruky* (8 *kostí zápästia*, 5 *záprstných kostí* a 14 *článkov prstov*).

**Dolná končatina** je prispôbena na pohyb, nesie celú hmotnosť tela, preto sú jej kosti veľmi silné. Skladá sa z *pletenca* a *kostry voľnej končatiny*.

**Pletenec** dolnej končatiny tvorí *panvová kosť*, ktorá sa vyvíja z pôvodne troch samostatných kostí: *bedrovej*, *sedacej* a *lonovej*.



Obr. 12 Panva – pohľad spredu

Pravá a ľavá **parvová kosť** sa vzadu klbovo spájajú s **križovou kosťou**, ktorá je dolu spojená s **kostrčou**, vpredu sa spájajú v **lonovej spony** a vytvárajú celok nazývaný – **panva** (*pelvis*, obr. 12).

Kostru **voľnej dolnej končatiny** tvorí *stehnová kosť* (je to najmohutnejšia a najdlhšia kosť v ľudskom tele), *kosti predkolenia* (*ihlica*, jej vzdialenejší koniec tvorí *vonkajší členok*, a *píštalca*, jej vzdialenejší koniec tvorí *vnútorný členok*) a *kosti nohy* (7 *kostí priehlavku*, 5 *predpriehlavkových kostí* a 14 *článkov prstov*).

## Choroby kostí

**Osteoporóza** je jednou z najznámejších chorôb kostí. U nás postihuje približne 700-tisíc ľudí. Najčastejšie sa

vyskytuje u žien v **menopauze**. Najčastejší a najzávažnejší dôsledok osteoporózy je *zlomenina krčku stehrovej kosti* (spôsobená aj nedostatkom vitamínu D).

Základnými znakmi osteoporózy sú nízka hustota kostnej hmoty, porucha mikroarchitektúry kostí, čo vedie k zvýšenej krehkosti a teda k zvýšenému riziku vzniku zlomenín.

Úlohy:

1. Vymenujte typy spojivového tkaniva.
2. Akú funkciu má okostica?
3. Aký je rozdiel medzi kostnou dreňou u detí a dospelých?
4. Ktoré kosti tvoria mozgovú časť lebky?
5. Ktoré kosti tvoria tvárovú časť lebky?
6. Ktoré stavce tvoria chrbtica?
7. Aký význam má zakrivenie chrbtice?
8. Ktoré kosti tvoria pletenec hornej končatiny?
9. Ktoré kosti tvoria pletenec dolnej končatiny?
10. Ktoré kosti vytvárajú panvu?

## 2.1.2. Pohybová sústava – svaly a činnosť svalov

Svalová sústava je funkčne spojená s kostrou a tvorí **aktívny pohybový aparát**.

**Sval** (*musculus*) je funkčná jednotka aktívneho pohybového aparátu spojená s obehovou a nervovou sústavou. V tele človeka je asi 600 svalov, z nich väčšina je párová. Hmotnosť svalov dosahuje u mužov priemerne 36 % hmotnosti tela, u žien 32 %. **Svalové tkanivo** sa vyznačuje *dráždivosťou*, *kontraktibilitou* a *pružnosťou*.

Podľa mikroskopickej stavby svalového tkaniva sú v orgáne nízke tri druhy svalov:

- **hladké** (napr. v stenách čriev, v maternici),
- **srdcový sval** (myokard),
- **kostrové** (prične pruhované).

### Stavba prične pruhovaného (kostrového) svalu

Základnou jednotkou prične pruhovaného (kostrového) svalu je **mnohohladrové svalové vlákno**.

Na povrchu svalového vlákna je obal (*sarcolemma*). Svalové vlákna sú dlhé 1 – 40 mm (maximálne 12 – 30 cm v najdlhších svaloch, napr. v krajčírskom svalu), riedkym väzivom sú spojené do makroskopicky viditeľných **snopčekov**. V snopčeku je 10 až 100 svalových vlákien. V ob-

jemných svaloch sa snopčeky spájajú do **snopcov**, povrch svalu kryje **väzivový obal**. Vlastnými **kontraktilnými** štruktúrami sú **myofibrily**, nachádzajú sa vo vnútri svalového vlákna.

**Priečne pruhovanie** kostrového svalu je spôsobené tým, že myofibrily sa skladajú zo svetlejších (opticky jednolomných) – **aktívových** a tmavších (dvojlomných) **myozínových** úsekov, pravidelne sa striedajúcich. Rovnaké úseky sú vo všetkých myofibrilách približne v rovnakej výške, preto sa zdá celé vlákno **priečne pruhované**.

Elektrónovým mikroskopom sa zistilo, že podstatou **kontrakcie** – sťahu svalového vlákna sú vzájomné posuny **aktínu** a **myozínu**. Činnosť kostrového svalu je riadená mozgovými a miechovými nervami, je **ovládaná vôľou**.

Kostrové svaly sú **pružné** a **pevné**, čím sa sval chráni pred pretrhnutím. Základnou fyziologickou vlastnosťou svalu je **dráždivosť**, ktorá umožňuje reagovať na podnety. Reakciou svalu je **sťah** (kontrakcia) alebo **zmena napätia**. Každý sval je i v pokoji v stave určitého napätia, ktorý sa nazýva **svalový tonus**.

Priečne pruhované svaly sa upínajú na kosť vždy tak, že sval premostuje jeden alebo viac kĺbov. Pripojenie ku kostiam môže byť buď priame, alebo prostredníctvom väzivových pruhov (šlachami).

Podľa **tvary** delíme svaly na **dĺh**, **krátke**, **ploché** a **kruhov**.

Morfologicky na svaľe rozlišujeme **hlavu**, **bruško** a **chvost**. Z tohto hľadiska môžu byť svaly **dvojhlavé** – dvojhlavý sval ramena, **trojhlavé** – trojhlavý sval ramena, **štvorhlavé** – štvorhlavý sval stehna alebo môžu byť rozdelené na **viac brušiek** – priamy sval brucha.

Podľa funkcie rozlišujeme tieto skupiny svalov: **ohýbače** (*flexores*), **vystierače** (*extensores*), **přifahovače** (*adductores*), **odfahovače** (*abductores*), **sťlačovače** (*depressores*), **napínače** (*tensoros*) a **zvieracie** (*sphincteres*).

Aj najjednoduchší pohyb je výsledkom **koordinácie skupín svalov**. Svalové skupiny sú obvykle rozmiestnené tak, že pôsobia **antagonisticky** – keď jedna skupina vykonáva sťah – kontrakciu, druhá skupina relaxuje. Typickým príkladom je ohýbanie ramena v lakti. **Synergisty** sú svaly, ktoré spolupracujú na jednom pohybe.

**Kostrové svaly sa delia na svaly:**

- hlavy,
- krku,
- trupu,
- končatín.

## Svaly hlavy

Delia sa na dve skupiny: **mimické** (*tvárové*) svaly a **žuvacie** svaly.

**Mimické svaly** sú uložené pod kožou, začínajú sa väčšinou na kostiach a upínajú sa do kože hlavy a tváre. Motoricky ovládajú otvory okolo zmyslových orgánov a začiatku tráviacich a dýchacích ciest. Patria medzi ne napr. **očný kruhový sval**, **ústny kruhový sval**, **zvrášťovač obočia**, **nosový sval** a **smiechový sval**.

**Žuvacie svaly** sú uložené v okolí sánkového kĺbu a ich hlavnou funkciou je **přifahovanie sánky** a jej pohyby pri žuvaní, patrí medzi ne napr. **žuvací sval**.

- **Mimické svaly spolu so žuvacími svalmi umožňujú hrýzť, žuť, mrkať, hovoriť, spievať, smiať sa, plakať**
- **a množstvo svalových sťahov, ktoré vyjadrujú rôzne citové situácie.**

## Svaly krku

Povrchovú vrstvu svalov krku tvorí **kožný krčný sval** (*platysma*). U človeka je redukovaný.

Ďalej sem patria **nadjazyľkové** a **podjazyľkové svaly**, ktoré umožňujú zložité pohyby jazyka pri žuvaní a prehltaní, aj koordinované pohyby jazyka a pier pri reči. Ďalšiu skupinu tvoria **šikmé svaly**, ich činnosťou sa skláňa krčná chrbtica. **Kývač hlavy** skláňa a dvíha hlavu.

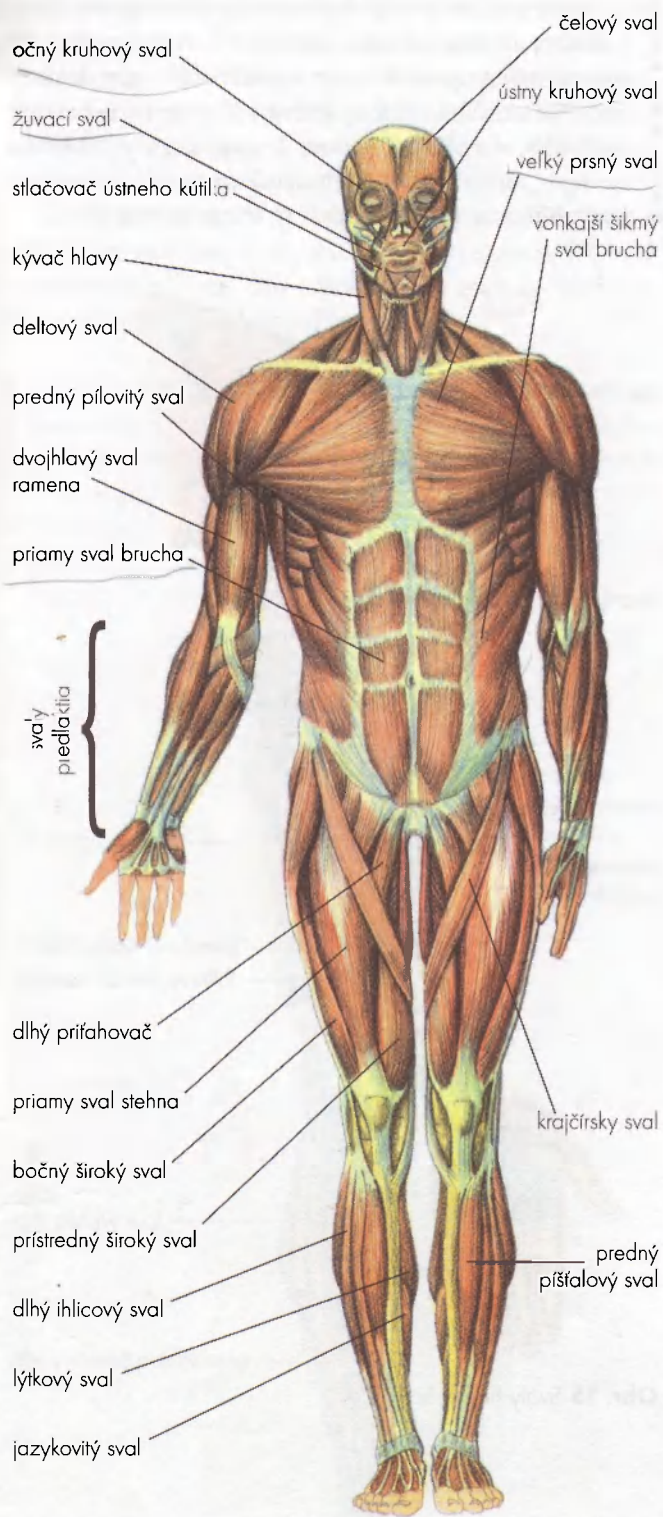
## Svaly trupu

Tvoria ich svaly **chrbta**, **hrudníka**, **brucha** a **panvového dna** (obr. 13, 14).

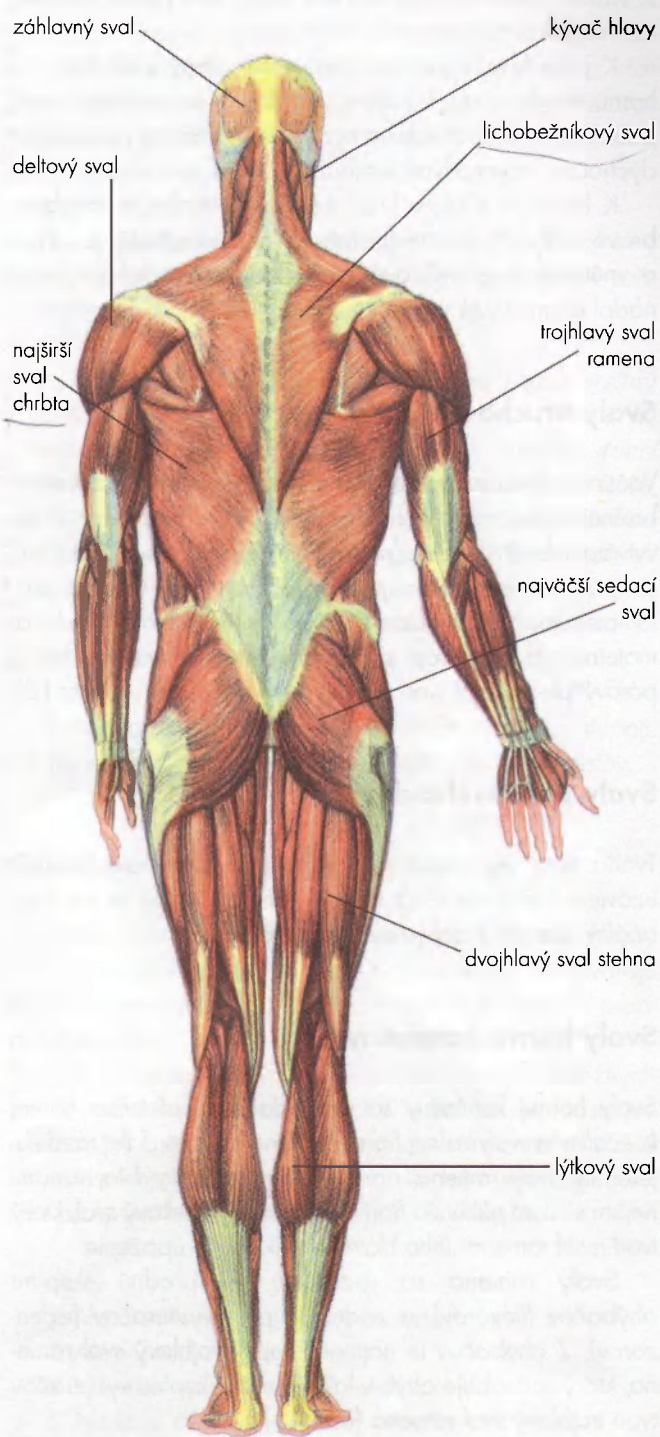
## Svaly chrbta

Delia sa na **povrchové** a **hlboké** (*vlastné*). K povrchovým svalom patrí rozsiahly plochý **lichobežníkový sval**, ktorý zaisťuje polohu lopatky pri rôznych pohyboch hornej končatiny. Ďalším je **najširší sval chrbta**, ktorý spôsobuje **připaženie**, **zapaženie**. Pri ramenách fixovaných nad hlavou jeho sťah ťahá trup hore, čo sa využíva pri šplhaní.

**Hlboké svaly** udržiavajú vzpriamenú chrbticu, umožňujú úklon a rotáciu chrbtice i hlavy. Krátke chrbtové svaly navzájom spájajú stavce.



Obr. 13 Svaly ľudského tela - pohľad spredu



Obr. 14 Svaly ľudského tela - pohľad zozadu

## Svaly hrudníka

K svalom hrudníka patrí **bránica**, ktorá tvorí priehradku medzi hrudníkovou a brušnou dutinou.

K povrchovým svalom patrí **veľký prsný sval**. Pokrýva hornú prednú časť hrudníka. Umožňuje priapaženie, predpaženie, pri fixovaných horných končatinách je pomocným dýchacím (vdychovým) svalom.

K hlbokým svalom hrudníka patria **vonkajšie medzirebrové svaly**. Pri kontrakcii dvíhajú rebrá a umožňujú vdych a **vnútorné medzirebrové svaly**, ktoré zasa fahajú rebrá nadol a umožňujú výdych.

## Svaly brucha

Väčšinou sú to rozsiahle ploché svaly, ktoré vytvárajú stenu brušnej dutiny. Funkcia brušných svalov je predovšetkým vo vytváraní **brušného lisu** (*priamy sval brucha, vonkajší a vnútorný šikmý sval brucha, priečny sval brucha*). Chránia vnútornosť, umožňujú vyprázdňovanie čriev, močového mechúra, maternice a pomáhajú pri výdychu. **Priamy sval brucha** je párový, plochý sval, tvorí prednú stenu brušnej dutiny (obr. 13).

## Svaly panvového dna

Tvorí tieto vrstvy: *panvová uzávierka, močovo-pohlavná uzávierka a povrchová vrstva*, ktorej súčasťou je **vonkajší análny zvierač**, ktorý je ovládaný vôľou.

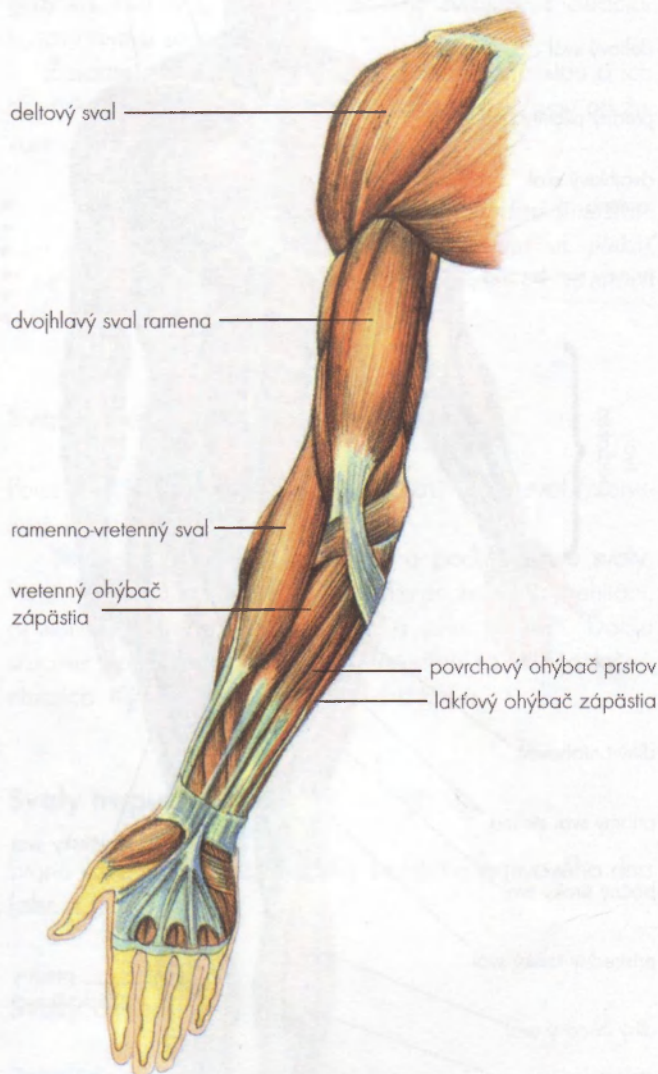
## Svaly hornej končatiny

Svaly hornej končatiny sa delia na svaly *pletenca hornej končatiny* a *svaly voľnej hornej končatiny*, ktoré ďalej rozdelujeme na *svaly ramena, predlaktia* a *svaly ruky*. Najvýznamnejším svalom *pletenca hornej končatiny* je **deltový sval**, ktorý tvorí reliéf ramena. Jeho hlavnou funkciou je upaženie.

**Svaly ramena** sa rozdeľujú na prednú skupinu **ohýbačov** (*flexorov*), a zadnú skupinu **vystieračov** (*extenzorov*). Z ohýbačov je najmohutnejší **dvojhlavý sval ramena**, ktorý spôsobuje ohyb v lakti. Zadnú skupinu vystieračov tvorí **trojhlavý sval ramena** (obr. 15).

**Svaly predlaktia** zabezpečujú pohyby v lakťovom kĺbe a v kĺboch zápästia i ruky. **Svaly ruky** umožňujú hlavnú funkciu ľudskej ruky – uchopovanie predmetov.

- Svaly predlaktia sú prevažne **ohýbače** (napr. **vretenný** a **lakťový ohýbač zápästia**, **povrchový ohýbač prstov** na **prednej strane predlaktia**) a **vystierače** (napr. **lakťový vystierač zápästia**, **dlhý vystierač palca** na **zadnej strane predlaktia**, na **bočnej strane krátky a dlhý vretenný vystierač zápästia**), ale i **prvoracače** (napr. **oblý prvoracač**, **štvoruhlý prvoracač** na **prednej strane predlaktia**).



Obr. 15 Svaly hornej končatiny

## Svaly dolnej končatiny

Delia sa na svaly *pletenca dolnej končatiny* – **bedrové svaly** a **svaly voľnej dolnej končatiny**, ktoré sa ďalej delia na **svaly stehna, predkolenia** a **svaly nohy**.

Bedrové svaly sa začínajú hlavne na panvovej kosti a upínajú sa na stehnovú kosť, uskutočňujú pohyby v bedrovom kĺbe (unoženie, rotáciu bedrového kĺbu). Povrchovú vrstvu tvorí **najväčší sedací sval**, ktorého hlavnou funkciou je vystieranie v bedrovom kĺbe. Je dôležitý na udržiavanie vzpriamenej postavy.

**Svaly stehna** tvoria tri skupiny svalov: prednú – **vystierače** (napr. krajčírsky sval a štvorhlavý sval stehna), vnútornú – **príťahovače** (napr. dlhý príťahovač) a zadnú – **ohýbače** (napr. dvojhľavý sval stehna).

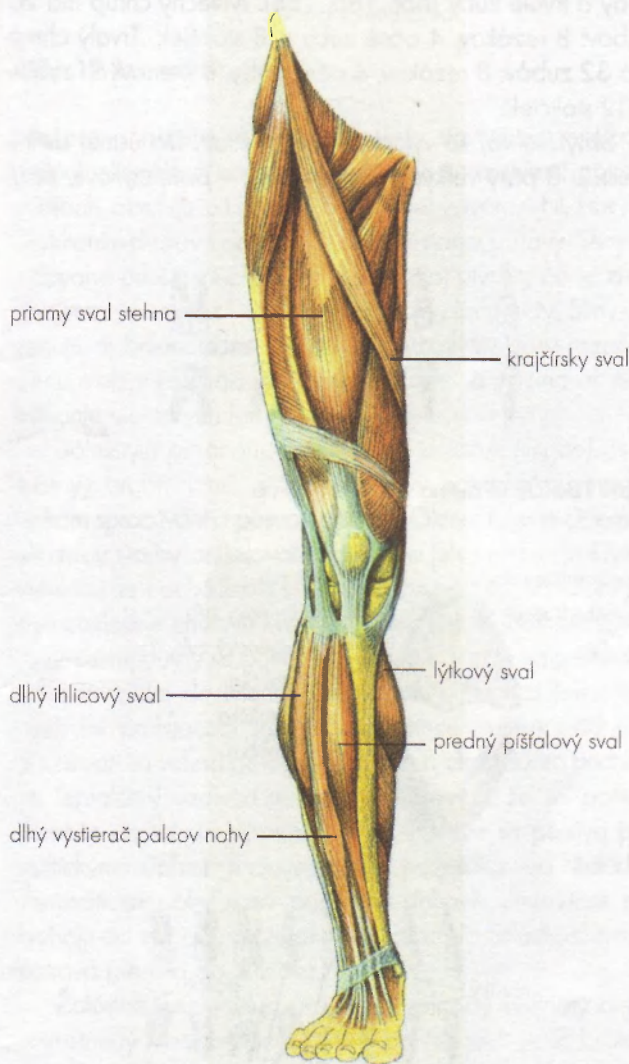
- Prednú skupinu tvoria dva svaly: **krajčírsky sval**, má tvar stuhy a je najdlhším svalom v ľudskom tele. Spôsobuje ohyb v bedrovom kĺbe, ale i v kĺbe kolena. Ďalším je mo-

- **hutný štvorhlavý sval stehna**. Je jediným **vystieračom kĺbu kolena**. Vnútornú skupinu tvoria **príťahovače**, napr. **veľký príťahovač**. Uskutočňujú prinoženie a vonkajšiu rotáciu v bedrovom kĺbe.
- Zadnú skupinu tvoria **ohýbače**, najmohutnejší z nich je **dvojhľavý sval stehna**. Ich funkcia je v oboch kĺboch odlišná, pôsobia ako **vystierače bedrového kĺbu** a **ohýbače kĺbu kolena**.

**Svaly predkolena**, napr. predný píšfaloý sval, trojhľavý sval lýtky, uskutočňujú pohyby nohy ako celku a vystieranie a ohýbanie prstov.

- Na prednej strane predkolena sa nachádza **predný píšfaloý sval**, ktorý ohýba nohu dozadu a zdvíha jej vnútorný okraj. Zadnú povrchovú vrstvu tvorí **trojhľavý sval lýtky**, ktorý sa delí na **povrchový dvojhľavý lýtkový sval** a **hlbší jazykovitý sval**. **Achillovou šľachou** sa upína na **hrbol pätovej kosti**. Významne sa uplatňuje pri chôdzi a vzpriamenom postoji. Celý sval umožňuje **stupajové ohnutie nohy** a **lýtkový sval** sa zúčastňuje aj na **ohýbaní kolena** (obr. 16).

**Svaly nohy** sú uložené v oblasti chrbta nohy a v stupaji. Ich hlavná funkcia je tvorba klenby nohy a pohyb prstov.



Obr. 16 Svaly dolnej končatiny

## Chyby opornej a pohybovej sústavy

Pomerne časté sú **nesprávne zakrivenia chrbtice**. **Plochý chrbát** je dôsledkom slabých svalov, ktoré nevytvárajú správne lordózy a kyfózy. **Ohnutý chrbát** je opakom predchádzajúceho, zakrivenia sú výraznejšie vplyvom ťahu mohutných chrbtových svalov. **Guľatý chrbát** vzniká z rôznych príčin, buď ako dôsledok slabých šijových svalov (častý jav u mládeže) v spojení s nesprávnym držaním chrbtice v stoji i v sede alebo môže vznikáť ako dôsledok trvalého ohnutia tela pri športovej činnosti alebo práci (cyklisti, stolári).

Úlohy:

1. Aké druhy svalového tkaniva poznáte?
2. Ako reaguje sval na podnet?
3. Vysvetlite princíp svalových kontrakcií.
5. Na ktoré skupiny delíme svaly hlavy?
6. Ktorý sval tvorí reliéf ramena?
7. Ktoré svaly sa zúčastňujú pri vytváraní brušného lisu?
8. Uveďte názov svalu dolnej končatiny, ktorý je najsilnejší v ľudskom tele.
9. Vymenujte svaly predkolena.



## 2.2. Tráviaca sústava a výživa

Tráviaca sústava zabezpečuje tri hlavné funkcie:

- trávenie,
- vstrebávanie,
- odstraňovanie nestráviteľných odpadových látok.

Všetky tieto procesy sú riadené **nervovo** – autonómnymi nervami a **hormonálne** – prostredníctvom hormónov a látok, ktoré sa tvoria v sliznici tráviacej sústavy. Správnu funkciu tráviacej sústavy podstatnou mierou ovplyvňuje správna výživa.

### 2.2.1. Tráviaca sústava a fyziológia trávenia

Tráviaca sústava sa skladá z **tráviacej rúry** a do nej ústiacich **veľkých a malých žliaz**. Tráviacu rúru tvorí (obr. 17):

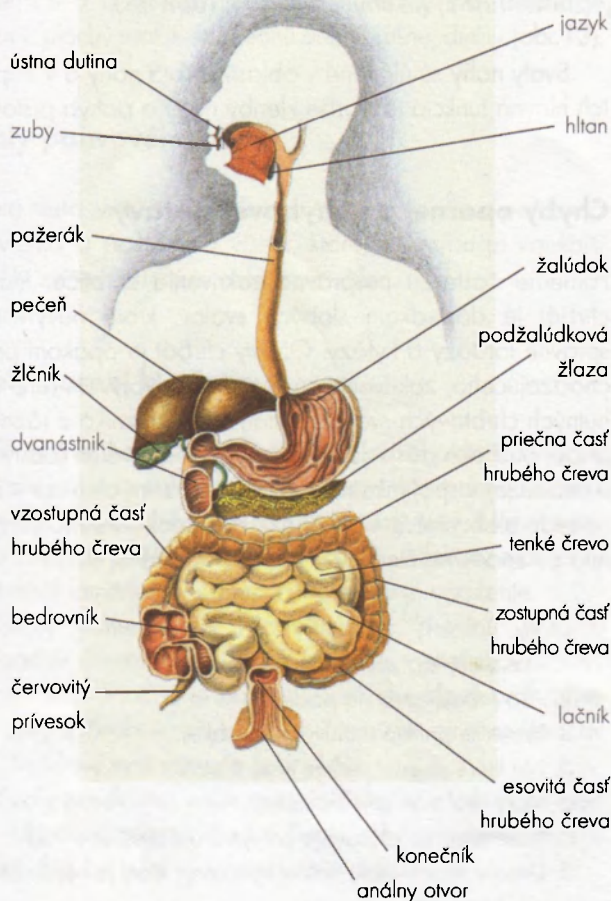
- ústna dutina,
- hltan,
- pažerák,

- žalúdok,
  - tenké a hrubé črevo,
  - konečník a análny otvor;
- malé tráviace žľazy sú uložené v stene tráviacej rúry; veľké tráviace žľazy sú samostatné orgány a patria k nim:
- veľké slinné žľazy,
  - podžalúdková žľaza,
  - pečeň.

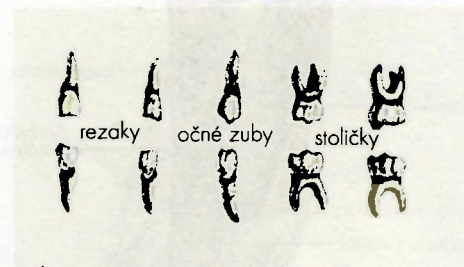
Ústna dutina (*cavum oris*) je vstupnou časťou tráviacej rúry a jej hlavnou funkciou je **odhryznutie, mechanické rozdrobovanie potravy, žuvanie a prehltnutie**.

Odhryznutie, rozdrobovanie a žuvanie potravy zabezpečujú **zuby (dentes)**, usporiadané do horného a dolného zuboradia. Človek má dve generácie zubov: **mliečne zuby** a **trvalé zuby** (obr. 18a, 18b). Mliečny chrup má **20 zubov**: 8 rezákov, 4 očné zuby a 8 stoličiek. Trvalý chrup má **32 zubov**: 8 rezákov, 4 očné zuby, 8 črenových zubov a 12 stoličiek.

Sliny (*saliva*) sú výlučky slinných žliaz. Do ústnej dutiny vyúsťujú **3 páry veľkých slinných žliaz** – podjazykové, pod-



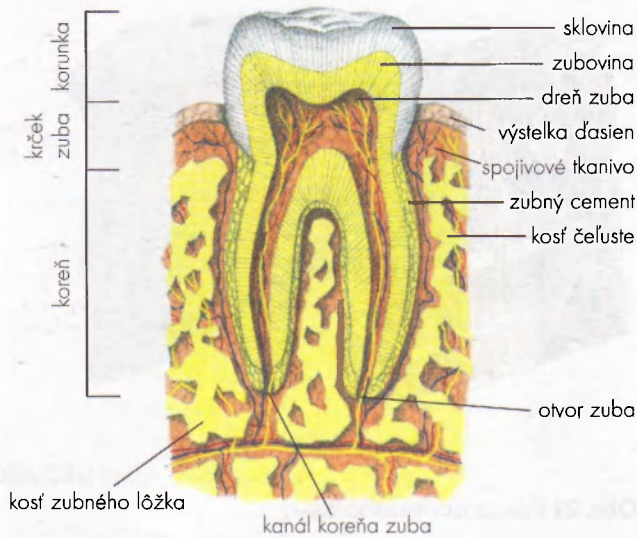
Obr. 17 Schéma tráviacej sústavy



Obr. 18a Ústna dutina - mliečny chrup



Obr. 18b Ústna dutina - trvalý chrup



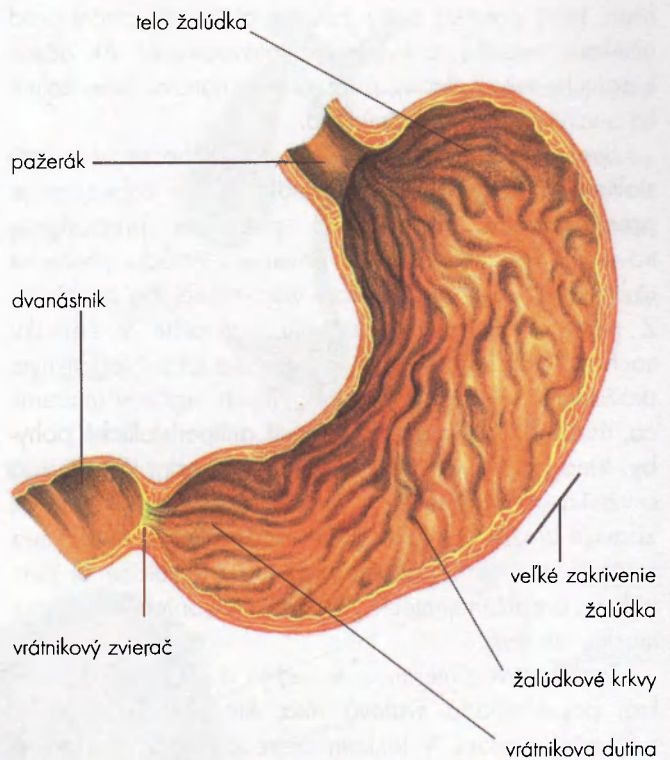
Obr. 19 Rez zubom - stoličkou

sánkové a príušné. Okrem toho je v sliznici úst množstvo malých slinných žliazok. Sliny **zvlhčujú spracúvanú potravu** v ústach, obaľujú ju hlienom, a tak z nej vytvárajú **hlt**, ktorý sa prehltaním dostáva do ďalších častí tráviacej sústavy. Sliny vylučované príušnými žľazami obsahujú aj **ptyalín**, čo je **zmes enzýmov – amyláz –** natrávujúcich polysacharidy. Sliny obsahujú aj **baktericídne látky**, napr. **lyzozým**, ktorý rozpúšťa stenu niektorých baktérií. V ústnej dutine sa začína aj **vstrebávanie** niektorých látok, ako sú lieky alebo jedy.

Dôležitým orgánom ústnej dutiny je **jazyk (lingua)**. Je to svalový orgán, ktorý svojimi pohybmi pomáha pri **mechanickom spracúvaní a posune potravy**. Okrem toho je dôležitou súčasťou tvorby **artikulovanej reči**. Na jeho chrbte pokrytom sliznicou sa nachádzajú **chuťové bunky**. Sú to receptory pre štyri základné chuťové kvality – **sladkú, slanú, horkú a kyslú**.

Z ústnej dutiny sa potrava vo forme hltu posúva **prehltacím reflexom** ďalej do **hltana (pharynx)** a **pažeráka (oesophagus)**. Pri prehltacom reflexe sa zdvihne mäkké podnebie a uzatvorí sa vchod do nosovej dutiny a **chrupkovitá príchlopka (epiglottis)** uzatvorí vstup do hltana tak, že sa potrava nemôže dostať do dýchacích ciest. Potrava sa posúva **peristaltickými sfahmi** svalovej steny pažeráka do **žalúdka**. (Peristaltické pohyby sú postupné sfahové vlny, ktoré prebiehajú od začiatku pažeráka po vchod do žalúdka a tým sa potrava presúva do žalúdka.)

**Žalúdok (ventriculus, gaster)** je vakovitý svalnatý orgán umiestnený pod bránicou. Jeho objem je 1 – 2 l. Stenu žalúdka tvorí **sliznica, podsliznicové väzivo a tri vrstvy hladkých svalov**. Na povrchu je žalúdok krytý lesklou blanou – **pobrušnicou (obr. 20)**.



Obr. 20 Rez žalúdkom

Sliznica žalúdka produkuje **žalúdočnú šťavu**. Jej hlavnými súčasťami sú:

- **kyselina chlorovodíková**,
- **hlen** (mucín),
- **enzýmy – pepsín, lipáza** (v malom množstve), **chymozín**.

Funkciou žalúdka je predovšetkým **zhromaždiť väčšie množstvo potravy a spracovať ju** pre ďalšie časti tráviacej sústavy. Deje sa to premiešavaním a ďalším rozomieľaním prijatej potravy pohybmi stien žalúdka. Tým sa potrava dostáva do styku so žalúdočnou šťavou a mení sa na tráveninu. **Kyselina chlorovodíková** vytvára v žalúdku silne kyslé prostredie, potrebné na aktivovanie pepsínu, ničenie choroboplodných zárodkov a chemickú úpravu niektorých minerálnych látok. Súčasne zabraňuje znehodnoteniu vitamínov skupiny B a vitamínu C.

**Pepsín** je vylučovaný (tzv. **hlavnými bunkami sliznice**) vo forme neaktívneho **pepsinogénu** a až kyslým prostredím sa aktivuje na pepsín, enzým tráviaci bielkoviny na jednoduchšie polypeptidy. Okrem pepsínu vylučuje sliznica žalúdka aj ďalšie enzýmy: **chymozín** (najmä u dojčiat), úlohou ktorého je zrážať mlieko, a **žalúdočnú lipázu**, ktorá začína natrávovať tuky. **Mucín** vylučujú hlienové žľazky pri vchode

do žalúdka a v jeho koncovej časti. Mucín je **alkalický hlien**, ktorý pokrýva steny žalúdka a tým ich chráni pred účinkami pepsínu a kyseliny chlorovodíkovej. Ak dôjde k poruche tejto ochrany, pepsín môže natráviť stenu žalúdka a vzniká tzv. **žalúdočný vred**.

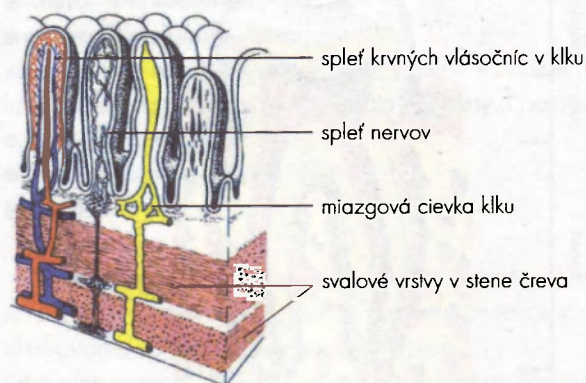
Svalovina žalúdka umožňuje sfahy jeho steny – **peristaltické a kývavé pohyby žalúdka** a tým zabezpečuje **premiešavanie tráveniny** a postupné prepúšťanie tráveniny do tenkého čreva. Trávenie v žalúdku prebieha rôzne dlho. Tekutiny žalúdkom viac-menej iba pretekajú. Z pevných potravín zostávajú najkratšie v žalúdku sacharidy, dlhšie bielkoviny a najdlhšie tuky. Negatívnym dráždením žalúdka, prípadne aj iných orgánov (maternica, ústna dutina), možno podnietiť **antiperistaltické pohyby**. Vtedy sfahy svaloviny postupujú smerom k pažeráku a vzniká **obranný reflex – zvracanie**, ktorým sa žalúdok zbavuje dráždivých látok alebo nadmerného obsahu cez pažerák a ústa. Zvracanie môže byť vyvolané aj centrálné z predĺženej miechy vplyvom niektorých látok (*apomorfín, nikotín*).

**Tenké črevo** (*intestinum tenue*) je 4 – 6 m dlhá, viackrát poprehýbaná **svalová rúra**, ktorá spája žalúdok s hrubým črevom. V tenkom čreve prebieha **podstatná časť trávenia i vstrebávania** a nestráviteľné zvyšky zmiešané s vodou a tráviacimi šťavami sa posúvajú ďalej do hrubého čreva. Tenké črevo sa postupne zužuje. Pri vrátniku má priemer 4 – 5 cm, pri vyústení do hrubého čreva iba 2 – 2,5 cm. Sliznica tenkého čreva vytvára kruhové zvrásnenia, ktoré zväčšujú resorpčný povrch o 35 %. Ešte väčšie zväčšenie tohto povrchu spôsobujú početné **črevné klky a mikroklky**. V sliznici tenkého čreva sa nachádzajú aj **drobné žľazky**, ktoré produkujú črevnú šťavu a početné uzlíky lymfatického tkaniva.

Tenké črevo má tri časti, ktoré do seba plynulo prechádzajú:

- dvanástnik,
- lačník,
- bedrovník.

Dvanástnik má názov podľa svojej dĺžky – meria 12 palcov, teda 25 – 30 cm. Do dvanástnika vyúsťujú **vývody veľkých žliaz – pečene a podžalúdkovej žľazy**. Z podžalúdkovej žľazy (*pankreasu*) prichádza **pankreatická šťava**, ktorá obsahuje soli neutralizujúce kyslú tráveninu a enzýmy rozkladajúce živiny na jednoduchšie látky. Na **trávenie bielkovín** je tu enzým **trypsin**, prichádza do dvanástnika v podobe neaktívneho trypsinogénu a tu je aktivovaný enzýmom enterokinázou (produkovaným sliznicou dvanástnika). Trypsín štiepi bielkoviny na peptidy až na aminokyseliny.



Obr. 21 Prierez klku tenkého čreva

Trávenie sacharidov pokračuje enzýmom **amylázou**, ktorá štiepi polysacharidy až na jednoduché cukry. **Tuky** sú štiepené **lipázou**, ktorá ich rozkladá na glycerol a masťné kyseliny. Tráveniu tukov pomáha **žlč** prichádzajúca z pečene. Žlč emulguje tuky na drobne kvapôčky s veľkým povrchom a tým uľahčuje pôsobenie lipázy. **Žlč sa tvorí v pečeni a zhromažďuje sa v žlčníku**, odkiaľ je v prípade potreby vypúšťaná do dvanástnika. Obsahuje anorganické soli, **žlčové farbivá** (*bilirubín a biliverdín*), soli žlčových kyselín a vodu.

**Lačník a bedrovník** plynulo prechádzajú do seba a nie je medzi nimi výrazná hranica. **Lačník** je uložený v hornej časti brušnej dutiny, **bedrovník** v pravej bedrovej jame. Lačník je širší a má viac klkov, naproti tomu bedrovník má viac lymfatických uzlíkov. Lačník dostal svoj názov podľa toho, že u mŕtvol je väčšinou prázdny.

V tenkom čreve prebieha prevažná väčšina **trávenia a vstrebávania**. Dokončuje sa tu trávenie živín na ich základné zložky, ktoré sú vstrebateľné a spracovateľné látkovou premenou. Prebieha tu aj spätné vstrebávanie vody a črevný obsah zriedený črevnou šťavou sa znova zahusťuje. **Bielkoviny** sú vstrebávané ako aminokyseliny, **sacharidy** ako jednoduché cukry a **tuky** ako glycerol a masťné kyseliny.

Všetky živiny sa vstrebávajú do krvi a lymfy, využívajú sa aj pri budovaní imunitného systému.

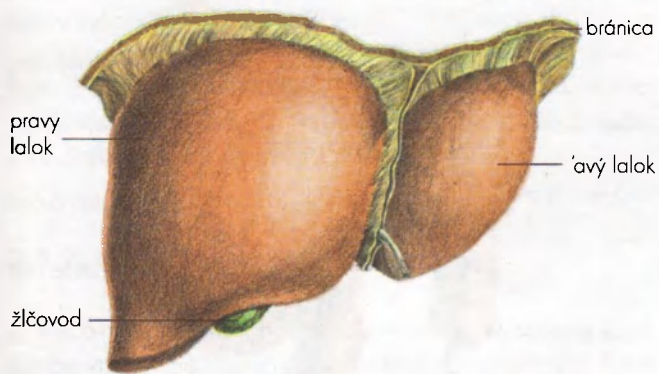
## Tráviace žľazy

K tráviacej sústave patria aj veľké žľazy – **pečeň** (*hepar*) a **podžalúdková žľaza** (*pankreas*).

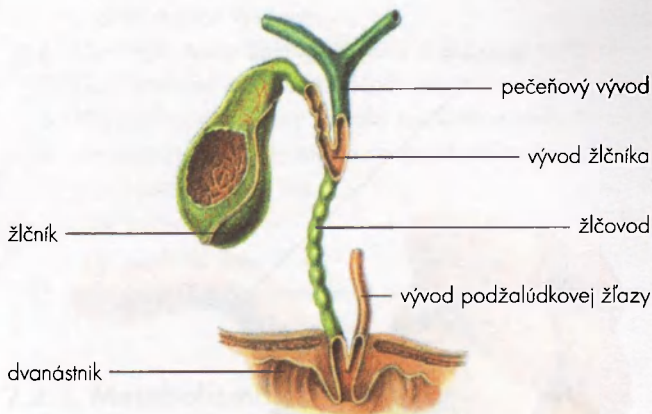
lipidii → glycerol + mastné kyseliny

## 2. ORGÁNY, SUSTAVY ORGÁNOV ČLOVEKA A ICH FUNKCIE

latica

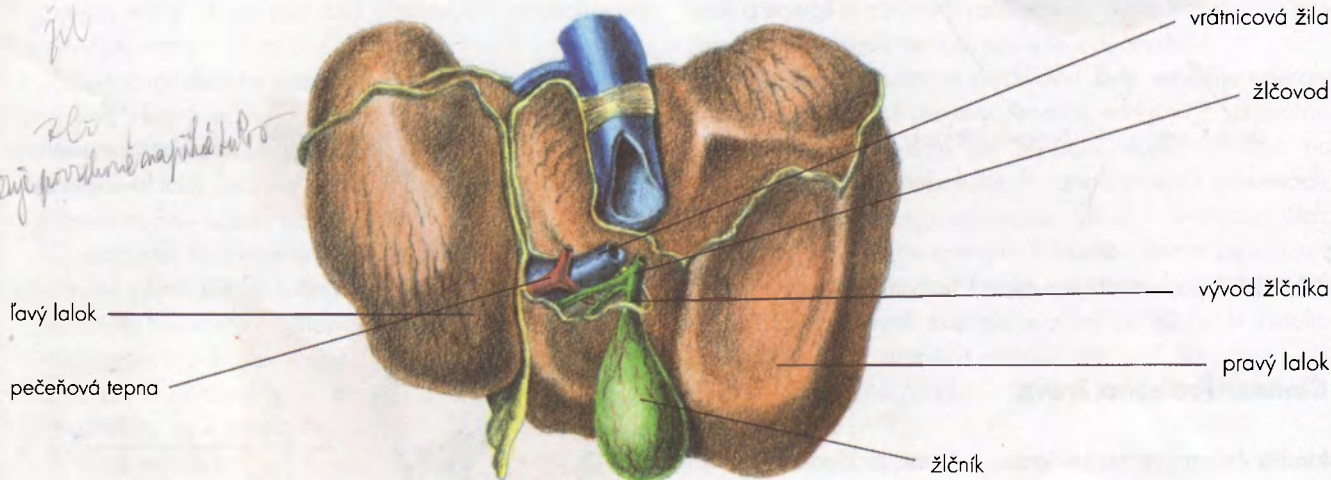


Obr. 22a Pečeň - spredu



Obr. 23 Žlčník žlčové vývody

žl  
žlčový vývod  
naplnené žlčou



Obr. 22b Pečeň - zozadu

aktivizujú žlč, ktorá je v žlči

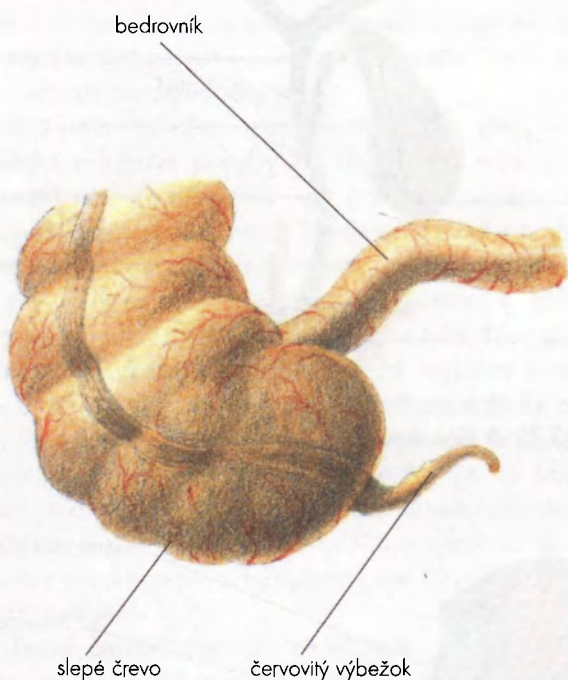
Pečeň (*hepar*) je najväčšou žľazou v ľudskom tele (obr. 22). V priemere má hmotnosť 1,5 kg. Je uložená pod bráni-  
cou na pravej strane brušnej dutiny. Jej početné funkcie sú  
dôležité pre látkovú premenu a trávenie. Veľká časť látok  
vstrebávaných tenkým črevom ide vrátnicovým krvným obe-  
hom do pečene. Pečeňovými bunkami sú potom spracú-  
vané, premieňané, ukladané alebo sa vracajú späť do krvi.  
V pečeni sa **detoxikujú prijaté látky** a **odbúravajú sa**  
**nepotrebné látky**. Časť metabolitov vylučuje pečeň priamo  
v podobe žlče (obr. 23).

**Podžalúdková žľaza** (*pankreas*) leží pod žalúdkom v o-  
hybe dvanásťníka (obr. 24). Je tvorená **lalôčkami**, z ktorých  
vystupujú tenké vývody. Spájajú sa a vyúsťujú do dvanásť-  
níka, do ktorého sa vylieva pankreatická šťava. Podžalú-

ková žľaza má **aj endokrinnú funkciu**, funkciu žľazy s vnú-  
torným vylučovaním. V zhlukoch vmedzených buniek,  
nazývaných **Langerhansove ostrovčeky** produkuje hormóny  
**inzulín** a **glukagón**, ktoré regulujú hladinu cukrov v krvi.  
Porucha funkcie tejto časti podžalúdkovej žľazy spôsobuje  
chorobu **cukrovku** (*diabetes mellitus*).

### ? Problémové úlohy

- Pomocou literatúry vysvetlite, čo je to paradentóza a ktoré faktory podporujú jej vznik.
- Logickou úvahou vysvetlite, ktorá časť tráviacej sústavy preberá funkciu žlčníka po jeho operatívnom odstránení.
- Pomocou literatúry vymenujte rizikové faktory, ktoré môžu viesť k vzniku cukrovky.

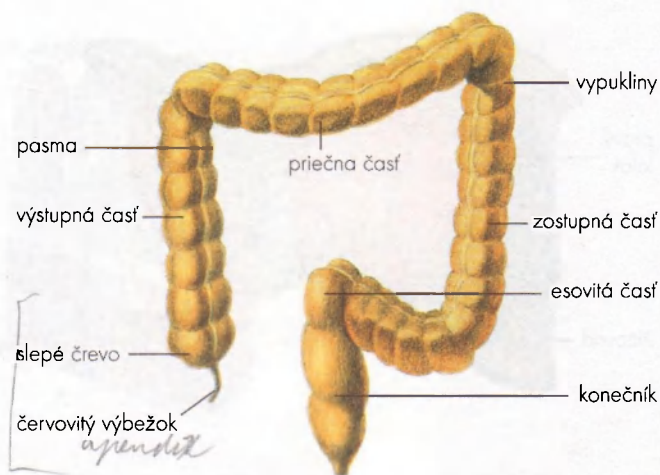


Obr. 24 Pripojenie tenkého čreva k hrubému črevu

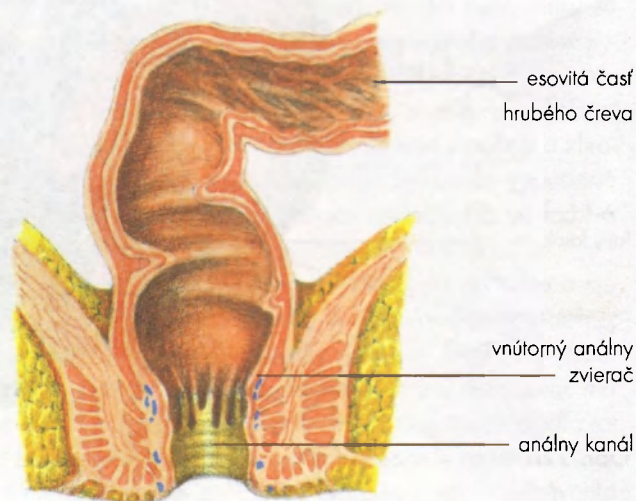
### Činnosť hrubého čreva

Hrubé črevo (*intestinum crassum*) tvorí poslednú časť tráviacej rúry (obr. 25). Začína sa v pravej bedrovej jame ako **slepé črevo**, z ktorého vystupuje rôzne dlhý **červovitý prívesok** (*appendix*), vyplnený je lymfatickým tkanivom, môže reagovať na rôzne podráždenia zápalom. Nad slepým čревom vstupuje do hrubého čreva tenké črevo.

Hrubé črevo tvorí jedinú veľkú črevnú kľučku a končí sa esovitou časťou a **konečnikom** (obr. 26). Je dlhé asi 1,5 m a hrubé 5 – 8 cm. Jeho sliznica je hladká, nemá klky ani priečne krkvy. Obsahuje veľa **pohárikovitých buniek**, ktoré produkujú **hlen**, a **uzlíky lymfatického tkaniva**, ktorých je najviac v slepom čreve. Do hrubého čreva prichádza redší kašovitý obsah bedrovníka a prebieha tu **spätne vstrebovanie vody a niektorých solí**, čím sa črevný obsah zahusťuje. V hrubom čreve sú prítomné **symbiotické hnilobné a kvasné baktérie**. Činnosťou steny hrubého čreva sa črevný obsah **premiešava** s hlienom, ktorý „zlepjuje“ nestrávené zvyšky potravy podliehajúce bakteriálnemu rozkladu a kvaseniu. Pri týchto procesoch dochádza



Obr. 25 Hrubé črevo



Obr. 26 Pozdĺžny rez konečníkom

k vzniku **črevných plynov**. Rozkladom žltých farbív vzniká **sterkobilín** a **urobilín**, ktoré sfarbujú črevný obsah dohnedá. Takto zmenený črevný obsah sa nazýva **stolica**. Stolicou odchádzajú z tráviacej sústavy nielen nestráviteľné zvyšky, ale aj malé množstvá bielkovín, tukov a cukrov. Stolica obsahuje aj zvyšky tráviacich štiav, baktérie, odlúpené výstielkové bunky, anorganické látky a vodu. Keď sa stolica dostane do rozšírenej časti konečníka, vyvolá **vyprázdňovací (defekačný) reflex**. Uplatňuje sa pri ňom **kon-**

**trakcia svalov** tejto časti tráviacej rúry, ako aj svalov brušnej dutiny vykonávajúcích brušný lis.

Tráviacu rúru uzatvárajú dva **zvierачe** – vnútorný a vonkajší. Iba vonkajší je ovládateľný našou vôľou, a tak možno defekačný reflex potlačiť. Dlhšie zadržiavanie stolice vedie k jej ďalšiemu zahusťovaniu s následkom zápchy.

### 2.2.2. Choroby tráviacej sústavy

K najčastejším funkčným poruchám tráviacej sústavy patrí **tvorba vredov** na sliznici žalúdka alebo dvanástnika. Postihuje predovšetkým mužov v strednom veku. Na vznik žalúdočných vredov sú náchylnejší predovšetkým fajčiari a ľudia, ktorí sú vystavení stresovým situáciám. Ak vred nahodí väčšiu krvnú cievu, môže dôjsť k nebezpečnému krvácaniu do žalúdka, ktoré vyvolá zvýšená tvorba žalúdočnej kyseliny alebo porucha obranných mechanizmov žalúdočnej steny.

Žalúdočná sliznica môže byť postihnutá aj **zápalom (gastritída)**, ktorý má veľa foriem. Príčinou je neurofyziologické podráždenie, napr. príliš korenené jedlo, alkohol, nikotín, psychické faktory, sprievodné javy pri infekciách, prehltnuté cudzie teleso a pod.

K najčastejším ochoreniam predovšetkým v mladom veku patrí **zápal slepého čreva (apendicitída)**, sprevádzaný spravidla horúčkou a ohraničenou bolesťou brucha. Lieči sa chirurgickým zákrokom.

Zvláštnym ochorením, ktoré sa prejavuje ako metabolická porucha už v detskom veku, je **celiakia**, ktorá je vlastne formou potravinovej alergie. Príčinou je precitlivosť črevnej sliznice na určité rastlinné bielkoviny, ktoré sa nachádzajú v obilí (lepok), vzácne aj na mlieko a mliečne výrobky. Ochorenie si vyžaduje celoživotne vylúčiť tieto potraviny zo stravy a dodržiavať bezlepkovú diétu.

### ? Problémové úlohy

- Na základe informácií z dostupných zdrojov vymenujte rizikové faktory pre vznik rakoviny hrubého čreva. Možno takémuto ochoreniu predchádzať?
- Jednotlivé časti tráviacej sústavy sú od seba oddelené zvierачmi. Prečo?

Úlohy:

1. Vysvetlite hlavné funkcie tráviacej sústavy.
2. Vymenujte základné časti tráviacej sústavy.
3. Ktoré tráviace procesy prebiehajú v tráviacej sústave? Vysvetlite.
4. Aký je rozdiel v stavbe mliečneho a trvalého chrupu?

5. Ktoré enzýmy sa podieľajú na spracovaní potravy slinami v ústnej dutine? Vysvetlite.
6. Ktoré látky tvoria žalúdočnú šťavu a akú majú funkciu?
7. Co je príčinou vzniku žalúdočného vredu?
8. Ktoré živiny zostávajú v žalúdku najdlhšie a prečo?
9. Vysvetlite funkciu jednotlivých častí tenkého čreva.
10. Akú tráviacu funkciu má:
  - a) pečeň,
  - b) podžalúdková žľaza?
11. Vysvetlite tráviace procesy, ktoré prebiehajú v hrubom čreve.

### 2.2.3. Metabolizmus živín

Základné zložky potravy sú v tele premieňané zložitými chemickými reakciami, ktorých výsledkom sú látky potrebné na normálne fungovanie orgánov a rôzne druhy energií. **Premena látok a energií** je základom a súčasťou všetkých životných procesov (rast, svalová činnosť, trávenie, vylučovanie).

**Živočíšny organizmus oxidáciou živín uvoľňuje energiu potrebnú na životné prejavy.** Procesy, pri ktorých sa uvoľňuje energia, prebiehajú pri štiepení zložitých látok na jednoduchšie, sú **katabolické**. Pri **anabolických procesoch**, keď naopak vznikajú zložitejšie látky z jednoduchších, dochádza k spotrebe energie. V každom živom organizme prebiehajú súčasne obidva typy procesov a nemožno ich od seba oddelovať. Energii uvoľňujúcu sa pri katabolických procesoch nemôže organizmus zužitkovať priamo. Ukladá sa do energeticky bohatých **makroergických fosfatových väzieb (ATP)**.

Okrem anabolických a katabolických procesov sa však v tele vytvárajú **zásoby niektorých látok**, ktoré predstavujú **rezervu** na obdobia zvýšenej potreby energie. Sú to predovšetkým **tuky** a **cukry** vo forme polysacharidu **glykogénu**.

Úroveň metabolizmu sa mení v závislosti od stavu organizmu, typu činnosti, ktorú vykonáva. Úroveň metabolizmu je ovplyvňovaná **hormonálne aj nervovo**. Základná úroveň metabolizmu sa nazýva **bazálny metabolizmus (BM)**.

- Je to množstvo energie potrebné na zabezpečenie základných funkcií organizmu a meria sa v pokojovom stave poležiaccky. U mladého muža je to v priemere 105 kJ/kg hmotnosti tela za deň. Pri hmotnosti 60 – 70 kg je to približne 6 300 – 7 350 kJ za deň. U žien je bazálny metabolizmus nižší (BM) o 10%. Vekom sa BM znižuje. Pri zvýšení telesnej teploty o 1°C sa BM zvyšuje až o 14%.
- Výdaj energie sa potom výrazne zvyšuje pri telesnej činnosti. Pri ľahkej práci je to asi 2200 kJ za 8 hodín práce, pri ťažkej telesnej práci stúpa až na 7 000 kJ.

### 2.2.4. Výživa a jej dôležité zložky

Ľudské telo získava energiu z potravy. Potrava svojím množstvom a kvalitou musí zabezpečovať **energetické nároky organizmu**. Energetická spotreba narastá pri svalovej práci, počas tehotenstva, dojčenia, ako aj v období rastu a vývinu jedinca.

Z hľadiska kvality musia byť v potrave primerane zastúpené všetky jej zložky:

- makroživiny – bielkoviny, cukry, tuky
- mikroživiny – vitamíny, minerálne látky,
- voda.

V prijme potravy by sme mali **uprednostňovať prirodzenú stravu**, priemyselne neupravenú, pred neprirodzenou, **syntetickou – rafinovanou**. Neprirodzená strava je „daň civilizácie“, všetky syntetické zložky v potrave, t. j. rôzne emulgátory – konzervačné látky, umelé prísady, farbivá, príchute – esencie (do pudingov, tortových krémov, zmrzlín a pod.) sú „cudzie“ našej podstate. Potravinársky priemysel začal imitovať prírodu v laboratóriách, a tak mnohé potraviny sú už v procese výroby „zbavované“ množstvom užitočných živín.

Príkladom je **rafinovaná biela múka a cukor**, ktoré pri rafinácii (priemyselné spracovanie) strácajú množstvo užitočných živín, najmä vitamíny skupiny B, minerálne látky, napr. Zn, Cr, ale aj vlákninu. Tým sa významne znižuje ich energetická hodnota, poskytujú obrazne povedané „prázdne kalórie“.

Preto je dôležité konzumovať vyváženú stravu bohatú na ovocie a zeleninu, ktorá podstatnou mierou neutralizuje negatívne účinky syntetických potravín.

Množstvo prijatej potravy by malo byť primerané energetickému výdaju. Základnými zložkami potravy sú makroživiny – **bielkoviny, cukry a tuky**.

**Bielkoviny** sa nedajú nahradiť žiadnou inou živinou. Metabolizmus bielkovín predstavuje premenu najdôležitejších súčastí živej hmoty a závisí od neho väčšina životných procesov. Z potravy sa **vsrebávajú vo forme aminokyselín**. V bielkovinách sa nachádza v priemere 20 aminokyselín, z ktorých 8 je nenahradielných (esenciálnych) pre normálne fungovanie organizmu. Aj keď sú aminokyseliny predovšetkým stavebné látky, môžu byť aj zdrojom energie. Nikdy však nevytvárajú zásoby a nemôžu byť nahradené inými živinami.

Pre ľudský organizmus sú výhodnejšie **bielkoviny živočíšneho pôvodu**, pretože obsahujú všetky nenahra-

- ditelne aminokyseliny, ktoré si ľudský organizmus nevie sám vytvárať. Za optimálny prísun bielkovín sa podľa **Svetovej zdravotníckej organizácie – WHO** považuje spotreba 1 g na 1 kg hmotnosti jedinca za deň, u detí sa táto dávka zvyšuje až na 4 g. Z celkového príjmu bielkovín by asi polovicu mali tvoriť bielkoviny živočíšneho pôvodu. **Nijaká rastlina nemá všetky základné, nenahradielne aminokyseliny**. Najbližšie k tomu majú **strukoviny**, najmä **sója**, ktorej chýba iba jedna z týchto aminokyselín.

*Prírodné a umelé - tie - výber na výživný príjem*  
Cukry tvoria, napriek mnohostrannosti ľudskej potravy väčšinu denného energetického príjmu (50 – 60 %). Sú zdrojom najľahšie nadobudnuteľnej energie pre metabolické procesy. V potrave prevládajú vo forme **polysacharidov** (škrobov) a **disacharidov** (maltóza sladový, laktóza mliečny, sacharóza repný cukor). Pri trávení polysacharidov sú najčastejším konečným produktom tri hlavné **monosacharidy**: **glukóza, fruktóza a galaktóza**. Glukóza tvorí až 80 % všetkých monosacharidov a je najčastejšou konečnou formou prenosu sacharidov do bunky. Ukladá sa v bunkách (najmä pečenej a svalových) ako energetická zásoba vo forme **glykogénu** (živočíšny škrob). Veľké množstvo sacharidov v potrave spôsobuje obezitu, pretože ich nadbytočná časť sa premieňa na zásobný tuk.

**Tuky** tvoria v priemere 40 % energetického príjmu (aj keď odporúčaná dávka je o 10 % nižšia). Sú **zásobným zdrojom energie**. Tvoria stavebnú súčasť všetkých buniek ako protoplazmatický tuk (v membránach a cytoplazme) a ako zásobný tuk sa nachádzajú v podkožnom väzive alebo vytvárajú obal niektorých orgánov. Štiepne produkty tukov → **glycerol a mastné kyseliny** – sú zdrojom energie buď priamo, alebo prostredníctvom premeny na glykogén. Ukladanie tukov riadi **inzulín a estrogény**. Sú dôležité ako **rezervoár niektorých vitamínov** (A, D, E, K). Sú najvýhodnejším zdrojom energie, pretože 1 g tukov má energetický obsah 38,9 kJ (cukry a bielkoviny iba 16,7 kJ). Podiel tukov v potrave by sa mal riadiť množstvom vydananej energie. *Cholesterol*

- U ľahko pracujúceho človeka by pomer bielkovín, lipidov a sacharidov v potrave mal byť 1 : 2 : 5, u veľmi ťažko pracujúceho (ak je energetický výdaj vyšší ako 20,93 MJ za 24 hodín) by tento pomer mal byť 1 : 3 : 4.

### ? Problémové úlohy

- Vysvetlite, prečo rafinované potraviny nazývame prázdne kalórie.
- Čo je vhodnejším zdrojom energie pre človeka – tuk alebo glykogén? Vysvetlite.

- Môže si telo samo vytvoriť masné kyseliny?
- Ktoré živiny človek nevyhnutne potrebuje, aj keď nie sú zdrojom energie?
- Vysvetlite, prečo je dôležité prijímať potravou vlákninu napriek tomu, že vláknina je nestráviteľná.

Úlohy:

1. Porovnajtie katabolické a anabolické procesy.
2. Ako je regulovaná optimálna úroveň metabolizmu?
3. Vymenujte hlavné zložky potravy.
4. Aký typ potravy musíme prijímať, aby sme zabezpečili prísun esenciálnych aminokyselín?
5. Vymenujte hlavné potravinové zdroje:
  - a) bielkovín,
  - b) cukrov,
  - c) tukov.

### 2.2.5. Minerálne látky a vitamíny

Nevyhnutnou zložkou potravy sú aj **minerálne látky**, voda a **vitamíny**, aj keď nie sú zdrojom energie.

**Minerálne látky** tvoria necelých 5 % celkovej hmotnosti tela a **voda** až 70 %. Prejavy nedostatku minerálnych látok a stopových prvkov sa vyskytujú pomerne zriedkavo. Najzávažnejšími poruchami sú **struma** (zväčšenie štítnej žľazy) pri nedostatku jódu alebo určitý typ málokrvnosti pri nedostatku železa.

### Vitamíny

Sú chemicky nejednotnou skupinou nízkomolekulových organických zlúčenín. Sú to **živojne dôležité organické látky**, ktoré sa do tela dostávajú väčšinou potravou a organizmus si ich nemôže syntetizovať vôbec alebo iba v malom množstve. Nie sú stavebnou látkou ani zdrojom energie. Ich funkciou je účasť na riadení metabolizmu tak, že sú súčasťou enzýmových systémov, **pôsobia ako katalyzátory chemických reakcií v organizme a podmieňujú odolnosť tkanív a celého organizmu**. Mnohé majú funkciu **antioxidantov**, t. j. látok, ktoré neutralizujú voľné radikály alebo zabraňujú ich tvorbe.

- *Voľné radikály sú chemicky nestabilné, napádajú bunky a pri dlhodobejšom pôsobení ohrozujú ich prirodzené funkcie. Pri spolupôsobení ďalších faktorov môžu byť aj zdrojom závažných ochorení, napr. oslabenie imunitného systému, reuma, ateroskleróza, nádorové ochorenia a pod.*

Vitamíny sa delia na dve skupiny:

- **vitamíny rozpustné v tukoch** – A, D, E, K,
- **vitamíny rozpustné vo vode** – C a vitamíny skupiny B.

Označovanie vitamínov písmenami sa postupne nahrádza označením chemickej povahy zlúčeniny. Vitamíny

#### Denný príjem minerálnych látok (dospelí)

Prvok	Hlavná funkcia	Zdroj	Denná dávka
<b>Makroelementy</b>			
sodík	iónová rovnováha, vedenie vzruchov	kuchynská soľ	3–5 g
chlór	HCl v žalúdku, iónová rovnováha	zelenina, soľ	3–5 g
draslík	svalové sťahy, prenos nervového vzruchu	mäso, mlieko, zelenina	1–3 g
vápnik	kostná štruktúra, zrážanie krvi	mlieko, strukoviny, vajcia	1,2 g
fosfor	kosti, zuby, nukleové kyseliny	mlieko, strukoviny, ryby	1,2 g
horčík	enzýmy, činnosť srdca	strukoviny, orechy, kakao	1,2 g
síra	enzýmy, štruktúra peptidov	mäso, mlieko	1,2 g
<b>Mikroelementy</b>			
železo	hemoglobín, cytochrómy, ferritín	mäso, vnútornosti	muži 12 mg ženy 18 mg
zinok	inzulín, peptidáza	zelenina, pečeň, vajcia	15 mg
mangán	aktívacia enzýmov	banány, orechy, zelenina	0,4 mg
meď	tvorba hemoglobínu	vnútornosti	0,5 – 2 mg
<b>Stopové prvky</b>			
kobalt	tvorba krvi, vitamín B12	mäso	
jód	štítna žľaza	jodidovaná soľ, ryby	150 mg
selén	súčasť enzýmov	pečeň, mäso, ryby	50 – 200 mg
molybdén	súčasť enzýmov	mäso, ovocie, zelenina	50 mg



sú v organizme v malých množstvách uložené v bunkách, ale ich **hlavnou zásobárňou je pečeň**. Ich nedostatok sa nazýva **hypovitaminóza**, prípadne až **avitaminóza**. Môže sa objaviť aj **hypervitaminóza** pri nadmernom príjme niektorých vitamínov.

### ? Problémové úlohy

- Môže si telo samo „vytvoriť“ vitamíny? Vysvetlite.
- Prečo sú vitamíny jedným z predpokladov metabolizmu cukrov, tukov a bielkovín?
- Sú syntetické vitamíny rovnocenné vo svojom účinku s prirodzenými vitamínmi získanými z potravy? Vysvetlite.

### Vitamíny rozpustné v tukoch

**Vitamín A (retinol)** je nevyhnutný na neporušenú funkciu epitelov, rast kostí a syntézu očného purpuru (*rodopsínu*). Hlavným zdrojom je *mlieko, vajcia a pečeň*. Provitamín **betakarotén** sa nachádza v červenom ovocí a zelenine. Hypovitaminóza sa prejavuje ako šeroslepota, poruchy rastu a rohovanie epitelov. Denná potreba je 1,5 – 2,0 mg. Vysoké dávky vitamínu A môžu spôsobiť hypervitaminózu, ktorá sa prejavuje hnačkami, vracaním, nechutou do jedla, ale aj odlupovaním kože.

- **Z betakaroténu v tele vzniká vitamín A. Betakarotén je zbytočné predávkovať, lebo telo využije len to množstvo, ktoré potrebuje.**

Skupina vitamínov **D<sub>1</sub> – D<sub>7</sub>** (*ergokalciferol, cholekalciferol*) zvyšuje vstrebávanie vápnika a fosforu z čriev, ovplyvňuje ukladanie vápnika v kostnom tkanive. Hlavnými zdrojmi sú *ryby, rybí tuk a rybia pečeň*. Účinkom UV lúčov slnečného žiarenia sa v koži vytvára provitamín. Jeho nedostatok sa u detí prejavuje **krivicou (rachitis)**, u dospelých **mäkknutím kostí (osteomalácia)** a ich rednutím. Denná potreba je 0,025 mg.

**Vitamín E (tokoferol)** je dôležitý antioxidant (látka, ktorá zabraňuje alebo vylučuje tvorbu voľných radikálov, ktoré môžu poškodzovať bunky). Nachádza sa v *rastlinných olejoch, chudom mäse, ovsených vločkách a vajciach*. Nedostatok sa prejavuje poruchami rastu, poruchami nervového systému až sterilitou. Denná potreba je 25 – 30 mg.

**Vitamín K (fylochinon)** je dôležitý faktor zrážania krvi pri zástave krvácania, zúčastňuje sa na syntéze niektorých krvných zrážacích faktorov. Nachádza sa v *kapuste, špenáte, obilnách, ale aj v hrubom čreve, kde vzniká činnosťou baktérií*. Hypovitaminóza sa prejavuje krvácanosťou. Denná potreba je 1 mg.

### Vitamíny rozpustné vo vode

**Vitamín B<sub>1</sub> (thiamín, aneurin)** je dôležitý pre metabolizmus cukrov. Udržiava potrebnú hladinu kyslíka v krvi, čím napomáha bunkovým oxidáciám a optimálnemu využitiu energie. Nachádza sa v *droždí, obilných klíčkoch a strukovinách*. Hypovitaminóza sa prejavuje únavou, bolesťami svalov, znížením chuti do jedla, ale aj nervozitou a podráždenosťou. Úplný nedostatok spôsobuje smrteľnú nervovú chorobu **beri-beri**, ktorá sa vyskytuje v krajinách, kde hlavnú zložku potravy tvorí lúpaná ryža. Denná potreba je 1,5 mg.

**Vitamín B<sub>2</sub> (riboflavín, laktoflavín)** je súčasťou enzýmov podmieňujúcich bunkové oxidácie tým, že sa zúčastňujú na prenose vodíka. Pomáha normálnej funkcii očnej sietnice. Nachádza sa v *mäse, kvasniciach, mlieku, vajciach a strukovinách*. Hypovitaminóza sa prejavuje zmenami na koži a slizniciach, zápalmi spojoviek a svetloplachosťou. Denná potreba je 1,5 – 2 mg.

**Vitamín B<sub>3</sub> (kyselina pantotenová)** je súčasťou koenzýmu A, ktorý je medzi produktom metabolizmu cukrov, tukov a bielkovín a vstupuje do Krebsovho cyklu. U človeka jeho avitaminóza nebola zaznamenaná. Vyskytuje sa vo všetkých rastlinných aj živočíšnych bunkách, vo vajcovom žĺtku a vnútornostiach hovädzieho dobytku. Denná potreba je 5 – 10 mg.

**Vitamín B<sub>6</sub> (pyridoxín)** je súčasťou viacerých enzýmov a je koenzýmom v metabolizme bielkovín. Zvyšuje aj hladinu dopamínu (mediátor – sprostredkovateľ nervového vzruchu, reguluje napr. aj odpoveď organizmu na stresové situácie) v mozgu, čím pomáha predchádzať stresu a podporuje spánok. Nachádza sa v *obilí, mäse, mlieku a strukovinách*. Nedostatok spôsobuje zápal kože, nervov a u detí kŕče. Denná potreba je 2 mg.

**Vitamín B<sub>12</sub> (kobalamín)** je súčasťou enzýmov a podporuje tvorbu krvi. Nachádza sa v *pečeni, mlieku (aj v kyslých mliečnych výrobkoch), vajciach a mäse*. Avitaminóza spôsobuje zhubnú **málokrvosť (perniciózna anémia)**. Denná potreba je 0,005 – 0,010 mg.

- **Zriedkavo sa vyskytuje v rastlinných zdrojoch (je ob-siahnutý vo farmaceutických preparátoch, napr. peľ, riasa Spirullina, pivovarské kvasnice), preto napr. striktným vegetariánom sa odporúča užívať doplnky B<sub>12</sub> alebo konzumovať mliečne výrobky.**

**Vitamín PP (kyselina nikotínová, niacín)** má dôležitú funkciu v metabolizme cukrov. Nachádza sa v *kvasniciach, rybách, mäse a mlieku*. Avitaminóza sa nazýva **pelagra** a prejavuje

FB koža, nerv sú, hm

sa poruchami kože, tráviaceho a nervového systému, pomátenosťou až ťažkou psychózou s halucináciami. Vyskytuje sa v populáciách, kde hlavnú zložku potravy tvorí kukurica. Denná potreba niacínu je 15 – 20 mg.

**Vitamín B<sub>9</sub>** (kyselina listová, folová) je dôležitá pri syntéze nukleových kyselín a bielkovín, ako aj pri tvorbe červených krviniek. Zdrojom sú vnútornosti, mäso, zelenina a sója. Nedostatok spôsobuje málokrvnosť a nervové poruchy. Denná potreba je 0,5 mg.

• **Vitamíny skupiny B tvoria spravidla komplex 16 zástupcov** (boli izolované z potravy) a poznáme ich pod názvom **B-komplex**. Ich pôsobenie je úzko prepojené, a preto ich môžeme nájsť v rovnakých potravinových zdrojoch (vnútornosti, kvasnice, obilniny, ryžové otruby). Vzhľadom na to, že sú to látky svojím chemickým zložením blízke cukrom alebo sa podieľajú na premene cukrov na glukózu (a teda potravy na energiu), podporujú aj chuť do jedla. Keďže glukóza je hlavným zdrojom energie aj pre mozog, nedostatok B vitamínov vyvoláva poruchy nervovej sústavy a kože.

**Vitamín H** (biotín) je základnou súčasťou enzýmov. Získavame ho z vajcového žltka, sóje, pečene a obličiek. Nedostatok sa prejavuje kožnými poruchami, vypadávaním vlasov, zvýšeným vylučovaním kožného mazu (seborrhea), malátnosťou a paralýzou končatín. Denná potreba je 0,2 mg.

**Vitamín C** (kyselina askorbová) je dôležitý na tvorbu hormónov nadobličiek, pre tvorbu väziva, regeneráciu kostného tkaniva a hojenie rán. Je potrebný na vstrebávanie železa. Zdrojom vitamínu C sú zelenina, ovocie, šípky, čierne ríbezle. Pri **avitaminóze** vzniká choroba **skorbut**, ktorý sa prejavuje krvácaním pod kožou, do kĺbov, zápalom ďasien a môže sa končiť smrťou. Hypovitaminóza sa vyskytuje najmä na jar a prejavuje sa zvýšenou únavou, krvácaním z ďasien a zníženou odolnosťou proti infekciám. Denná potreba vitamínu C je až 75 mg. V tele sa **nevytvárajú jeho zásoby**, nadbytok sa vylúči obličkami.

### ? Problémové úlohy

- Aký vplyv má rozpustnosť vitamínov vo vode alebo v tukoch na účinnosť ich využitia z potravy?
- Čo je vhodnejším zdrojom vitamínu A: surová, uvarená alebo udusená mrkva na oleji? Vysvetlite.
- Hrozia striktným vegetariánom zdravotné problémy napriek tomu, že konzumujú len surové ovocie a zeleninu? Vysvetlite.
- Vysvetlite, prečo sa odporúča pri užívaní antibiotík podávať súčasne aj B-komplex.

## 2. ORGÁNY, SÚSTAVY ORGÁNOV ČLOVEKA A ICH FUNKCIE

Úlohy:

1. Prečo skupinu B-vitamínov nazývame nervové vitamíny?
2. Ktoré vitamíny najviac podporujú imunitný systém človeka?
3. Ktoré vitamíny a minerálne látky sú najvýznamnejšie antioxidanty?
4. Ktoré minerálne látky podporujú rast kostí a zubov?

### 2.2.6. Zásady správnej výživy

Od správnej a primeranej výživy závisí nielen fyzický stav organizmu, ale aj jeho zdravotný stav a nálada. Keď hovoríme o primeranej výžive, musíme brať do úvahy **kvantitu** potravy, ale aj **kvalitu**.

**Správna výživa má zabezpečiť:**

- **optimálny rast kostry a vývin svalov,**
  - **vhodný vývin a schopnosť organizmu reagovať a prispôbovať sa meniacim sa podmienkam životného prostredia** (napr. odolnosť voči infekciám účinnou tvorbou protilátok),
  - **optimálny vývin a funkciu vyššej nervovej činnosti.**
- Kvantitu**, množstvo potravy treba prispôbovať energetickému výdaju organizmu.
- Kvalitu potravy** charakterizuje zodpovedajúce zastúpenie jednotlivých typov živín, minerálnych látok, vitamínov a vody, ale najmä biologická hodnota potravy.

- **Biologická hodnota bielkovín je daná obsahom nenahraditeľných aminokyselín, ktoré sú najkomplexnejšie zastúpené v živočíšnych bielkovinách, a preto by tieto mali tvoriť až 50 % celkového množstva prijímaných bielkovín. Biologická hodnota tukov je daná obsahom nenasýtených mastných kyselín, ktoré organizmus nedokáže syntetizovať, a preto patria k esenciálnym zložkám potravy. Cukry by mali byť v podobe polysacharidov – škrobov a mal by sa obmedzovať príjem monosacharidov a vôbec jednoduchých cukrov.**

Nedodržívaním primeraného množstva potravy dochádza k **poruchám zdravého vývinu**. Nedostatočnosť výživy sa môže prejavovať **podvýživou až hladovaním**. Hladovanie nastáva vtedy, ak je prerušený prívod živín a organizmus začína získavať energiu zo zásob vlastného tela. Odbúrajú sa najprv zásoby glykogénu, potom nasledujú tuky a nakoniec aj bielkoviny. Pred konečnou fázou smrti jedinca sa odbúrava tuk aj z očnice a z tukového obalu obličiek.

Hladovanie nemusí byť spôsobované **nemožnosťou prístupu k potrave**, ale môže sa objaviť aj pri drastických dié-

tach. Tieto stavy sa vyskytujú najmä u dievčat, ktoré v snahe byť štíhle nakoniec trpia anorexiou. **Anorexia nervosa** je už ochorenie, pri ktorom telo odmieta potravu a môže viesť až k smrti. Druhom anorexie je **bulímia**, keď jedinec síce je veľké množstvo potravy, ale hneď ju vyvráti. Štíhle telo je pekné, ale treba mať na pamäti, že pre normálnu rozmnožovacia funkciu je potrebné určité množstvo zásobného tuku v tele. Ženy v koncentračných táboroch prestávali v dôsledku podvýživy menštruovať, zastavil sa u nich reprodukčný cyklus.

**Podvýživa** je stav, keď organizmus dostáva menšie množstvo živín, prípadne je v potrave nedostatok niektoej zo základných zložiek. Tento stav sa nazýva **skrytý hlad**. Podvýživa u detí vedie k spomaleniu rastu a vývinu. Pri skrytom hlade ide najčastejšie o **nedostatok bielkovín**, prejavuje sa chorobou zvanou **kwashiorkor**, ktorá sa podieľa na vysokej úmrtnosti detí v Afrike aj v súčasnosti.

Opačný stav podvýživy je **nadmerný príjem potravy**, ktorý prevyšuje energetický výdaj organizmu. Vzniká **tučnota (obezita)**, ktorá sa stáva zdravotným problémom v civilizovaných rozvinutých krajinách. Zvyšovanie výskytu tučných ľudí aj u nás je dôsledkom zníženej telesnej aktivity pri zachovávaní potravinových návykov z minulosti, keď ľudia oveľa ťažšie pracovali a viac sa pohybovali. Zvlášť nebezpečná je tučnota u detí, v dospelosti trpia ťažkými formami tučnosti, majú zníženú odolnosť voči infekciám a oveľa častejšie sa u nich prejavujú choroby spôsobené poruchami metabolizmu a srdcovo-cievne ochorenia.

## ? Problémová úloha

- Aké dôsledky môže mať podvýživa až hladovanie na zdravie človeka?

Úlohy:

1. Ktoré základné funkcie človeka zásadne ovplyvňuje správna výživa?
2. Ktoré faktory ovplyvňujú:
  - a) kvantitu,
  - b) kvalitu potravy?
3. Čím je daná biologická hodnota:
  - a) bielkovín,
  - b) cukrov,
  - c) tukov?
4. Ktoré závažné ochorenia spôsobené podvýživou a hladovaním môžu vyvolať až smrť organizmu?
5. Aké zdravotné dôsledky má tučnota (obezita) na zdravie človeka?

## 2.3. Dýchacia sústava

Umožňuje výmenu dýchacích plynov medzi organizmom a prostredím. Vlastný proces výmeny plynov sa nazýva **dýchanie**.

**Dýchanie (respirácia)** je súhrn fyziologických procesov spojených s energetickým a látkovým metabolizmom a výmenou dýchacích plynov. Vlastný proces dýchania delíme na **vonkajšie dýchanie (plúcne)** a **vnútorné dýchanie (tkanivové)**. **Vonkajšie dýchanie** je výmena kyslíka a oxidu uhličitého medzi krvou a atmosférickým vzduchom. Túto výmenu zabezpečuje dýchacia sústava. **Vnútorné dýchanie (tkanivové)** je výmena dýchacích plynov medzi krvou a bunkami celého tela.

Spojenie medzi vonkajším prostredím a pľúcami zabezpečujú **dýchacie cesty**, ktoré delíme na **horné a dolné**.

### 2.3.1. Dýchacie cesty

**Horné dýchacie cesty** tvorí nosová dutina a nosohltan.

- **Nosová dutina sa začína otvormi — nozdrami (nares),** ktorými je v spojení s vonkajším prostredím,
- **vyúsťuje do nosohltana zadnými nosovými otvormi (choanae).** Je rozdelená nosovou priehradkou na dve dutiny, ktoré sú spravidla asymetrické. **Nosová priehradka je v prednej časti chrupková, v zadnej časti je tvorená kosteným podkladom.**

**Nosová dutina (cavum nasi)** je vystlaná sliznicou, ktorej funkciou je predhrievať a navlhčiť vdychovaný vzduch zbaviť ho mechanických nečistôt. Vytvára i imunitnú bariéru. Na sliznici nosovej dutiny môžeme rozlíšiť dve oblasti: **čuchovú oblasť**, ktorá sa nachádza na stope nosovej dutiny a priľahlej časti nosovej priehradky (je žltkastej farby a sú v nej početné čuchové bunky), a **dýchaciu oblasť**, ktorá zaberá zvyšok nosovej dutiny (je červenkastej farby, tvorí ju riasinkový epitel s početnými žľazami – zabezpečujú vlhký povrch sliznice). Sliznica z nosovej dutiny prechádza do **pri-nosových dutín (sinus paranasales)**, ktoré sú s ňou spojené otvormi.

Z nosovej dutiny prechádza vzduch do **nosohltana (nasopharynx)** a **ústnej časti hltana (pars oralis – oropharynx)**, kde dochádza k prekríženiu dýchacích a tráviacich ciest. Nosohltan je horná časť hltana, nachádza sa v ňom hltanová mandľa a hltanové ústie sluchovej trubice.

**Dolné dýchacie cesty** tvorí **hrtan (larynx)**, **priedušnica (trachea)** a **priedušky (bronchi)**. Hrtan je dutý útvar na prednej strane krku. Služi na dýchanie (respiráciu) a tvorbu hla-

su (fonácii). Hrtan je spevnený súborom chrupiek, svalov a väzov. Najväčšou chrupkou je **štitna chrupka**, ktorá tvorí vonkajšiu kostru hrtana.

- Skladá sa z dvoch platničiek, ktoré sú vpredu strieškovito spojené, vyčnievajú nad úroveň krku a u mužov tvoria nápadnú vyvýšeninu tzv. ohryzok.
- V hrtanovej dutine sa nachádza zúžené, hlas tvoriace miesto – **hlasivka** (glottis). Tvorí ju pozdĺžna hlasivková štrbina a dva hlasivkové väzy, ktoré ju ohraničujú. Striedavým napínaním a uvoľňovaním zužujú a rozširujú hlasivkovú štrbinu, čím sa zúčastňujú na tvorbe hlasu.
- Ženské hlasivky sú kratšie a bližšie k sebe, dôsledkom čoho majú ženy vyšší hlas.

Pri vchode do hrtana je veľká elastická chrupka tvaru kopije – **príchlopka** (epiglottis). Príchlopka prekrýva vchod do hrtana pri prehltní.

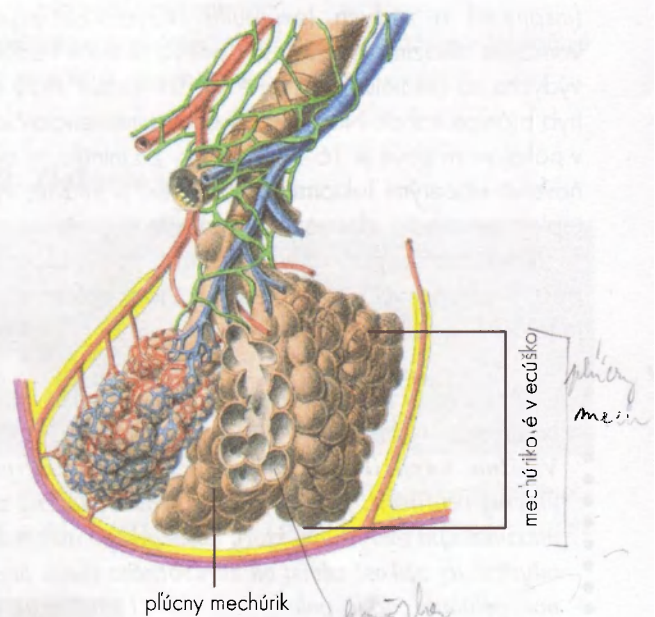
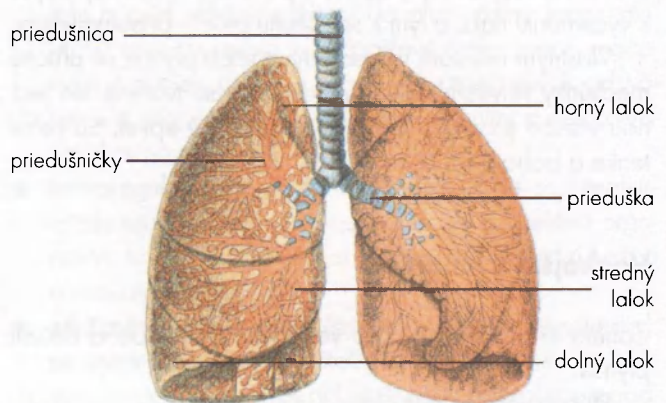
**Priedušnica** je ďalšou časťou dolných dýchacích ciest. Je to trubica vystužená chrupkovými prstencami, ktoré nie sú úplné, ale majú tvar písmena C. Je dlhá 9 – 15 cm.

**Priedušky** sú pokračovaním priedušnice, začínajú v mieste jej rozdvojenia. Majú podobnú stavbu ako priedušnica. Vo väzive priedušnice a priedušiek sú hladké svaly, ktoré môžu meniť ich priemer. Sliznica, ktorá ich vystieľa, obsahuje množstvo hlienových žliazok a je pokrytá **riasinkovým epitelom**. Riasinky kmitajú smerom k hrtanu a odstraňujú hlien i malé čiastočky prachu. Pravá prieduška sa v pľúcach rozvetvuje na tri lalokové priedušky, ľavá na dve. Tie sa rozvetvujú na úsekové priedušky, ktoré sa ďalej rozvetvujú, až nakoniec vytvárajú **priedušničky**. Dýchacia priedušnička (bronchiolus respiratorius) sa rozvetvuje a prechádza do **mechúrikovitých vrecúšok** (sacculi alveolares), ktoré sa vykeľujú do **pľúcnych mechúrikov** (alveoli pulmonis).

### 2.3.2. Pľúca a ich fyziológia

**Pľúca** (pulmo) sú vlastným orgánom **vonkajšieho dýchania**. Je to párový orgán tvaru kužela so zaoblenými hrotmi, uložený v hrudníkovej dutine (obr. 27).

- Rozštréná časť – **základňa pľúc** nasadá na bránicu, **pľúcny hrot** presahuje prvé rebro. Na medziplúcnej ploche je **pľúcna brána**, kde do pľúc vstupujú priedušky, nervy, pľúcne a prieduškové tepny a z pľúc vystupujú pľúcne a prieduškové žily. Priemerná hmotnosť pľúc je asi 640 g u ženy a 780 g u muža. Farba pľúc u novorodencov a v detskom veku je ružová, s pribúdajúcim vekom nadobú-



Obr. 27 Pľúca

- dajú sivastý nádych so sivočiernym mramorovaním,
- v dôsledku usadenia vdychovaných nečistôt z ovzdušia.

Pľúca sú rozdelené zárezmi na laloky. Pravé pľúca na tri laloky a ľavé na dva laloky. Na povrchu pľúc sa nachádza jemná väzivová blana **popľúcnica**, ktorá prechádza na vnútornú plochu hrudníkovej dutiny ako **pohrudnica**. Medzi nimi je úzka štrbina (pohrudnicová dutina), ktorá je vyplnená malým množstvom seróznej kvapaliny, ktorá zabezpečuje hladké klzanie oboch blán pri dýchaní. V pohrudnicovej dutine je podtlak, v pľúcach je vyšší tlak, ktorý rozpína pľúca. Pri vniknutí atmosférického vzduchu do

pohrudnicovej dutiny (napr. pri poranení hrudníka) dôjde k vyrovnaniu tlaku a tým k spľasnutiu pľúc – **pneumothorax**.

Vlastným miestom výmeny dýchacích plynov sú **pľúcne mechúriky** (*alveoly*). Steny mechúrikov sú tvorené len jednou vrstvou plochých buniek – **respiračný epitel**. Sú veľmi tenké a bohato prekrvené.

## Vonkajšie dýchanie

Zahŕňa tri procesy: **pľúcnu ventiláciu, distribúciu a difúziu plynov**.

**Pľúcna ventilácia** je vlastná výmena vzduchu medzi pľúcami a prostredím. Uskutočňuje sa zväčšovaním a zmenšovaním hrudníkovej dutiny, dejmi, ktoré sa nazývajú **vdych** (*inspirium*) a **výdych** (*expirium*). Vdych zabezpečujú vonkajšie medzirebrové svaly a pohyb bránice nadol. Na výdychu sa podieľajú vnútorné medzirebrové svaly a pohyb bránice nahor. Normálna dychová frekvencia človeka v pokojovom stave je 16 – 18 dychov za minútu. Je ovplyvňovaná **viacerými faktormi**, ako sú vek, pohlavie, výživa, teplota prostredia, denná doba, aktivita organizmu.

Množstvo vzduchu vdýchnutého a vydýchnutého počas jedného dychu sa nazýva **dychový objem**. V pokoji je to asi 500 ml.

- **Minútová ventilácia** je súčet dychových objemov pri pokojovom dýchaní za minútu, čo je 7 – 9 l vzduchu.
- **Vitálna kapacita pľúc** je dôležitou charakteristikou pľúcnej ventilácie. Je to objem vzduchu vytlačený z pľúc maximálnym výdychom, ktorý nasleduje po maximálnom vdychu. Jej veľkosť závisí od zdravotného stavu organizmu, pohlavia, veku, polohy tela atď. U mužov sa pohybuje medzi 3 500 až 5 000 ml, u žien medzi 2 500 až 4 000 ml. Vitálnu kapacitu meriame **spirometrom** alebo **spirografom**.

**Distribúcia** zabezpečuje rovnomerné rozdelenie vdýchnutého vzduchu do všetkých mechúrikov. **Difúzia** je vlastne výmena dýchacích plynov cez alveolárno-kapilárnu membránu. Plyny prenikajú z oblasti vyššieho tlaku do oblasti nižšieho tlaku. Parciálny tlak kyslíka je v dýchacích cestách vždy vyšší ako v tkanivách a v dôsledku tohto koncentračného spádu preniká kyslík do organizmu. V pľúcach sa viaže priamo na **hemoglobín**. Oxid uhličitý (i keď nemá taký tlakový gradient ako kyslík) môže prenikať, lebo jeho difúzia prebieha dvadsaťnásobne ľahšie ako difúzia kyslíka.

## Vnútorné dýchanie

Spojovacím článkom medzi vonkajším a vnútorným dýchaním je **krv**. Transport kyslíka sprostredkujú **červené krvinky**. Kyslík sa viaže na nebielkovinovú časť hemoglobínu červených krviniek – na **hem**. Oxygenácia hemoglobínu je spojená so zmenou farby. Oxyhemoglobín je svetločervený, deoxyhemoglobín je tmavomodrý. Transport  $\text{CO}_2$ , ktorý sa stále tvorí v tkanivách, zabezpečujú najmä **červené krvinky** a v menšej miere aj **krvná plazma**.

- *Prítomnosť dusičnanov a dusitanov v potrave alebo*
- *v pitnej vode spôsobuje oxidáciu  $\text{Fe}^{2+}$  v hemoglobíne na*
- *$\text{Fe}^{3+}$ , vzniká **methemoglobín**, ktorý nie je schopný*
- *prenášať kyslík. Na prítomnosť dusičnanov sú veľmi*
- *citlivé dojčatá.*

## Riadenie dýchacích pohybov

Dýchanie človeka je riadené **dýchacím centrom** uloženým v **predĺženej mieche** a v **moste**. Dýchanie sa prispôsobuje našim potrebám automaticky, bez nášho uvedomovania. Činnosť dýchacieho centra býva však ovplyvňovaná chemickými a nervovými podnetmi. Čiastočne sa uplatňuje aj vplyv mozgovej kôry.

## Obranné dýchacie reflexy

Dráždenie dýchacích ciest nahromadeným hlienom a pevnými časticami vyvoláva rôzne obranné reflexy, ako sú **kýchanie** a **kašeľ**. Táto reakcia vzniká kľúčovými sťahmi výdychových svalov.

### 2.3.3. Choroby dýchacej sústavy

Medzi najčastejšie ochorenia dýchacích ciest patrí **nádcha**, t. j. zápal sliznice nosa, **laryngitída** – zápal hrtana, **faryngitída** – zápal hltana, **bronchitída** – zápal priedušiek.

Väčšina týchto ochorení sa prenáša **kvapôčkovou infekciou** (kýchaním, kašľaním). **Virusového pôvodu** je napr. **chrípka** a **bakteriálneho pôvodu** napr. **tuberkulóza** a **zápal pľúc**. **Rakovinu pľúc** môže spôsobiť cigaretový dym. Veľmi častým zápalovým ochorením je **priedušková astma** (*bronchiálna astma*), typická pre pacientov, ktorí trpia na **alergiu**. Jednou z významných príčin alergie je aj zhoršujúci sa stav životného prostredia.

Úlohy:

1. Vysvetlite princíp vonkajšieho dýchania.
2. Vysvetlite princíp vnútorného dýchania.
3. Ktorá časť hltana tvorí horné dýchacie cesty?
4. Akú funkciu má hrtanová príchlopka?
5. Opíšte rozvetvenie priedušiek.
6. Čo spôsobuje pneumothorax?
7. Vysvetlite pojem pľúcna ventilácia.
8. Ako ovplyvňuje prítomnosť dusičnanov a dusitanov v potrave dýchanie?
9. Ktoré zložky krvi zabezpečujú transport kyslíka a ktoré oxidu uhličitého?

## 2.4. Telové tekutiny

Základnou súčasťou telových tekutín je **voda**, v ktorej je rozpustených mnoho anorganických a organických látok. Väčšina vody je viazaná v bunkách ako **vnútro bunková tekutina** a tvorí 60 % celkového množstva vody v organizme. Zvyšných 40 % tvorí **mimobunková voda**. Väčšinu mimobunkovej vody tvorí **krv a miazga** (76 %), menšiu časť **tkanivový mok** (24 %). Tieto tekutiny tvoria **vnútorné prostredie** organizmu.

### 2.4.1. Krv a jej funkcie

**Krv** (*hem, sanguis*) pretekajúca cievny systémom zabezpečuje množstvo funkcií, bez ktorých by nebol možný život človeka. Medzi **najdôležitejšie funkcie** krvi patrí:

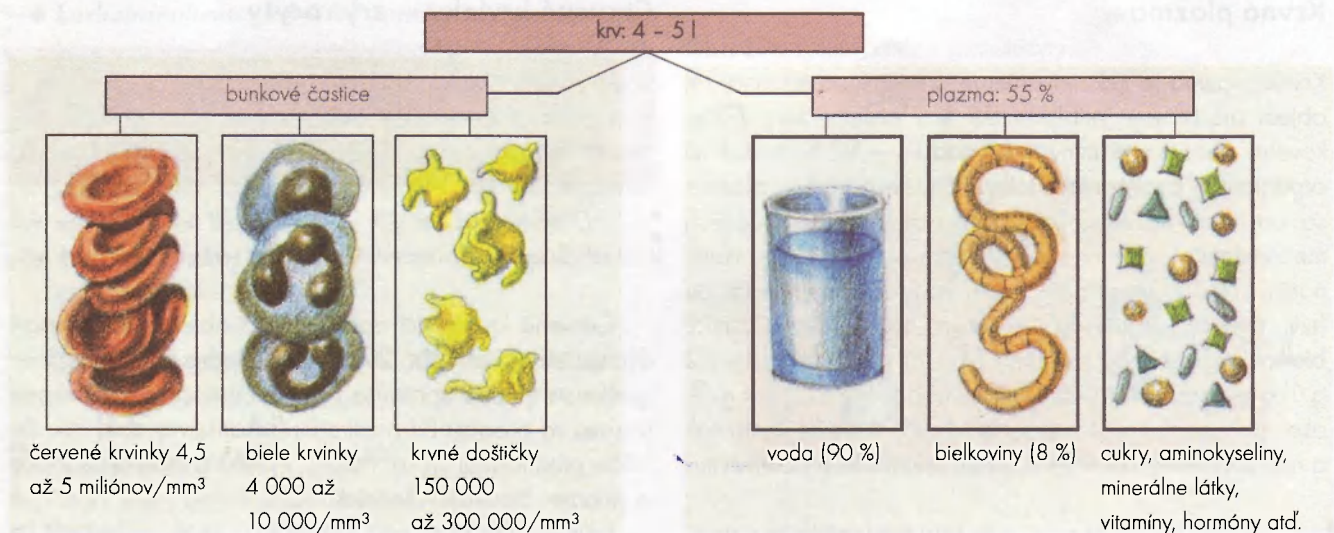
- **transport**: krv transportuje kyslík z pľúc do všetkých tkanív tela a oxid uhličitý z tkanív do pľúc; živiny (napr. glukózu, aminokyseliny) a odpadové látky (napr. močovinu) z buniek orgánov, ktoré zabezpečujú ich odstránenie z tela; prenáša aj hormóny, vitamíny a elektrolyty nevyhnutné na látkovú výmenu,
- **termoregulácia**: krv preteká pečeňou, kde sa otepluje a toto teplo sa potom krvou rozvádza do celého organizmu, krv sprostredkúva aj výmenu tepla medzi kožou a vonkajším prostredím,
- **udržiavanie homeostázy** (stálosti vnútorného prostredia): prostredníctvom výmeny látok medzi krvou a medzibunkovým priestorom udržiava pH, rozloženie elektrolytov a pod.
- **obrana organizmu (špecifická a nešpecifická)**: sa realizuje prostredníctvom bielych krviniek, protilátkami a imunologickými reakciami,
- **zastavenie krvácania**: mechanizmy zrážania zabraňujú jej stratám a vykrvácaniu pri poranení ciev.

### 2.4.2. Zloženie krvi

Krv je **červená, nepriehľadná hustá tekutina**, ktorú tvoria (obr. 28):

- červené krvinčky,
- biele krvinčky,
- krvné doštičky,
- krvná plazma.

- Objem krvi tvorí v priemere 7 — 10 % celkovej hmotnosti, t. j. asi 5 l (pri hmotnosti cca 70 kg). Deti majú relatívne



Obr. 28 Zloženie krvi

- viac krvi (v pomere k hmotnosti) ako dospelí. Rovnomerné rozptýlenie krviniek zabezpečuje neustála cirkulácia krvi, prítomnosť **protizrážavých látok**, ako aj **elektrické náboje krviniek**, ktoré sú opačné ako v časticiach plazmy.

Ak k vzorke krvi pridáme protizrážavé látky, možno centrifugáciou oddeliť formované elementy od krvnej plazmy.

- Podiel červených krviniek v celkovom objeme krvi sa nazýva **hematokrit**, ktorý má u mužov v priemere hodnotu  $44 \pm 5\%$ , u žien  $39 \pm 4\%$ . Nápadné zvýšenie hematokritu sa u športovcov považuje za dôkaz dopingu, nedovoleného zvyšovania výkonu. Hematokrit sa však výrazne zvyšuje aj pri pobyte vo vysokých nadmorských výškach. Závisí aj od veku, napr. u novorodencov je zhruba o 10 % vyšší ako u dospelých.

Ak necháme stáť nezrážanlivú krv v skúmavke, rozdelí sa podľa špecifickej hmotnosti na niekoľko častí. Najnižšiu časť tvoria červené krvinky, nad nimi je tenká vrstvička bielych krviniek a krvných doštičiek a najvyššie je krvná plazma. Rýchlosť usadenia – **sedimentácie** červených krviniek je pomerne stála. Pre mužov je to 3 – 8 mm/h pre ženy 7 – 12 mm/h. Zistenie **sedimentačnej rýchlosti** patrí medzi **základné vyšetrenia**, najmä pri zápalových ochoreniach, pri ktorých rýchlosť sedimentácie stúpa.

### ? Problémová úloha:

- Prečo sa hematokrit zvyšuje pri pobyte človeka vo vysokých nadmorských výškach? Vysvetlite.

### Krvná plazma

Krvná plazma je žltkastá, mierne opalizujúca tekutina. Jej objem predstavuje približne 55 % z objemu krvi. Z celkového množstva plazmy tvorí **voda** 91 – 92 %, zvyšok sú **organické a anorganické látky**. Množstvo vody v plazme sa udržiava na rovnakej úrovni pomocou regulačných mechanizmov, výmenou medzi tkanivovým mokom, doplnaním vody získanej potravou a vody získanej oxidáciou (tzv. metabolická voda). K organickým látkam patria: **bielkoviny** (60 – 80 g/l), **tuky** (4 – 10 g/l), **cukry** (8 – 12 g/l) a **dusíkaté látky** nebielkovinovej povahy (0,2 – 4 g/l), ako je močovina, kyselina močová, kreatín, amoniak a aminokyseliny, ktoré vznikajú pri metabolizme bielkovín.

- Plazmatické bielkoviny vznikajú predovšetkým v pečeni (albumíny, globulíny, fibrinogén) a v aktivovaných

- lymfocytoch – plazmatických bunkách (imunoglobulín). Plazmatické bielkoviny obsahujú aj zlúčeniny s cukrami – glykoproteíny a s tukmi – lipoproteíny.

Základné rozdelenie plazmatických bielkovín tvoria:

- albumíny (45 g/l),
- globulíny  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – gama (26 g/l),
- fibrinogén (3–5 g/l).

Plazmatické bielkoviny (albumíny a globulíny) sa významne podieľajú na **transporte látok** – hormónov, vitamínov a anorganických látok. Väzbou látok na plazmatické bielkoviny sa vytvára zásoba, z ktorej sú podľa potreby látky uvoľňované. Podieľajú sa aj na udržiavaní **stáleho objemu a pH** krvi. Imunoglobulíny (gama globulíny) sa podieľajú na **špecifickej obrane organizmu**. Fibrinogén sa zúčastňuje mechanizmu **zrážania krvi**, ktorým sa zabraňuje stratám krvi a vykrvácaniu.

**Anorganické súčasti krvnej plazmy** majú významnú funkciu pri stavbe buniek, tvorbe membránového potenciálu a zrážaní krvi. Hlavné kationy krvnej plazmy sú  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ; hlavné anióny sú  $\text{Cl}^-$  a  $\text{HCO}_3^-$ .

### Krvinky a ich funkcie

Medzi krvné bunky patria **červené a biele krvinky**, nebunkové sú **krvné doštičky**. Všetky vznikajú z nediferencovaných kmeňových buniek, ktoré sa nachádzajú najmä v **červenej kostnej dreni**, ale v určitých obdobiach aj v pečeni a slezine.

### Červené krvinky – erytrocyty

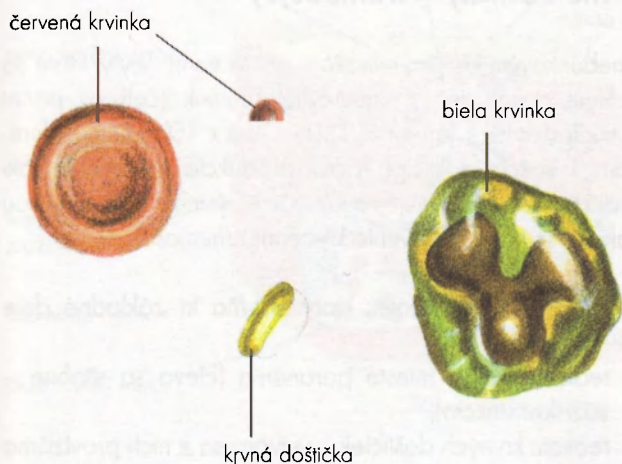
Hlavnou funkciou je:

- prenos dýchacích plynov,
- udržiavanie pH.

- Dospelý muž má  $4,3 - 5,3 \times 10^{12}/l$  a ženy  $3,8 - 4,8 \times 10^{12}/l$  červených krviniek. Priemerná veľkosť je  $7,2 \pm 0,4 \mu\text{m}$ .

Červené krvinky sú dobre prispôsobené na transport dýchacích plynov (obr. 29). **Nemajú jadro** ani iné organelly, čím sa znižuje spotreba kyslíka. Erytrocyty sú schopné tvarovo sa prispôsobiť prostrediu (**bikonkávny disk**) tak, že môžu prechádzať aj kapilármi s menším priemerom, ako je priemer červených krviniek.

Povrch tvorí **bunková membrána**, ktorá zabezpečuje výmenu látok medzi červenými krvinkami a okolitým prostre-



Obr. 29 Krvné telieska

dím. Hlavnou zložkou erytrocytov je **červené krvné farbivo** – **hemoglobín**, schopné reverzibilne viazať a uvoľňovať kyslík a oxid uhličitý. V 1 l krvi muža je 135 – 170 g hemoglobínu, ženy 120 – 160 g/l, u novorodenca je to 120 – 180 g/l.

Hemoglobín sa skladá z farbiva **hemu** – s centrálne uloženým dvojmočným železom, na ktoré sa viaže kyslík, a **globínu**, na ktorý sa viaže oxid uhličitý.

Podľa látky, ktorá sa na hemoglobín naviaže, rozlišujeme:

- **oxyhemoglobín** – na 1 molekulu hemoglobínu sa môžu naviazať štyri molekuly kyslíka, oxygenácia je reverzibilná reakcia,
- **karbaminohemoglobín** – vzniká väzbou hemoglobínu s oxidom uhličitým. Aj táto väzba je reverzibilná,
- **karboxyhemoglobín** – zlúčenina, ktorá vzniká väzbou hemoglobínu s oxidom uhoľnatým. Táto väzba je až 300-krát pevnejšia ako väzba hemoglobínu s kyslíkom, preto už malé množstvo CO vo vdychovanom vzduchu môže spôsobiť smrť,
- **methemoglobín** vzniká pôsobením oxidačných činidiel na hemoglobín.

Životnosť červených krviniek je 120 dní. Staré opotrebované a narušené krvinky fagocytujú leukocyty v slezine.

### ? Problémové úlohy:

- Prečo je krv nenahraditeľná telovú tekutinu?
- Čo je hemolýza a prečo môže ohroziť zdravie človeka?

- Prečo zvýšený počet leukocytov v krvnom obraze človeka naznačuje zápalové ochorenie?

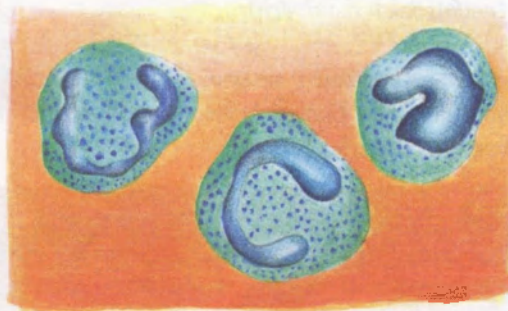
### Biele krvinky – leukocyty

Sú to bunky, ktorých hlavnou funkciou je obrana organizmu pred cudzorodými látkami a proti choroboplodným zárodkom.

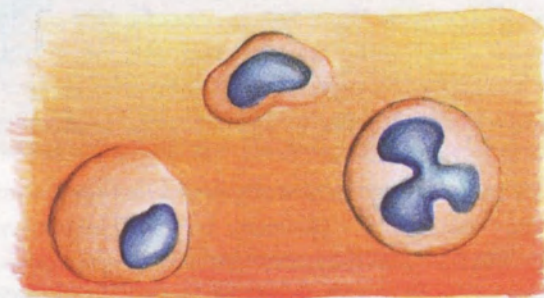
- Počet bielych krviniek u zdravého človeka je asi
- $4 - 9 \times 10^9/l$ , u novorodencov až  $18 - 20 \times 10^9/l$ .

Biele krvinky sa počas vnútro maternicového vývinu tvoria v embryonálnych tkanivách z **kmeňových buniek**, po narodení v **červenej kostnej dreni**. Počas života sa zastúpenie jednotlivých druhov priebežne mení. Typy bielych krviniek (obr. 30) sa rozlišujú podľa **štruktúry cytoplazmy** (prítomnosť resp. neprítomnosť granúl).

- **Granulocyty** (v cytoplazme majú granule) – podľa farbitelnosti a tvaru jadra delíme na (obr. 30a):



Obr. 30a Biele krvinky - granulocyty



Obr. 30b Biele krvinky - agranulocyty



- **neutrofilné granulocyty** (57 – 67 %), ktoré sú schopné:
    - *diapedézy* – opustiť krvný obeh cez medzibunkové priestory v stenách kapilár a premiestniť sa na miesto výskytu cudzorodých častíc alebo pozmenených buniek,
    - *fagocytózy* – pohlcovať cudzorodé častice do svojej cytoplazmy a enzymaticky ich rozložiť,
  - **eozinofilné granulocyty** (2 – 5 %) – sa najviac uplatňujú pri alergických a parazitárnych ochoreniach, ako aj protizápalových reakciách (sú schopné aj *diapedézy* a *fagocytózy*),
  - **bazofilné granulocyty** (1 %) – sa uplatňujú pri alergických reakciách, uvoľňujú histamín a tým vyvolávajú miestnu reakciu.
- Agranulocyty** (v cytoplazme nemajú granule) – delíme na (obr. 30b):
- **monocyty** (3 – 5 %) majú schopnosť *diapedézy* a *fagocytózy*,
  - **lymfocyty T, B** (24 – 40 %) majú význam pri imunitných reakciách a pri tvorbe protilátok (vznikajú v kostnej dreni a dozrievajú v detskej žľaze – týmuse a lymfatických tkanivách).

Biele krvinky zanikajú v slezine.

Hlavnou funkciou bielych krviniek je zabezpečiť imunitné reakcie, ktoré rozdeľujeme na:

- **vrodené** (nešpecifické), ktoré sú zabezpečené:
  - *fagocytózou* – pohlcovaním cudzorodého materiálu,
  - *usmrcovaním buniek* poškodených alebo napadnutých vírusmi,
  - *činnosťou komplementového systému*, tvoreného špecifickými bielkovinami krvnej plazmy,
- **získané** (špecifické), ktoré sú založené na schopnosti organizmu rozpoznať vlastný a cudzorodý, antigénny materiál (mikroorganizmy).

Táto schopnosť je daná tvorbou špecifických protilátok (imunoglobulínov) proti antigénom a vytvorením **pomocných buniek**, ktoré sú schopné po opakovanom styku s antigénom vyvolať rýchlu a cieľenú obranu organizmu.

- Aj biele krvinky majú **antigénne vlastnosti**. Najdôležitejším leukocytovým systémom je **HLA** (Human Leucocytes Antigens). Tento systém tvorí najširší genetický polymorfizmus človeka a vytvára vlastne antigénnu jedinečnosť každého jedinca. Nazýva sa hlavný transplantčný systém, pretože od podobnosti **HLA darcu a príjemcu orgánu závisí, či bude transplantát prijatý alebo odvrhnutý**.

## Krvné doštičky – trombocyty

K nebunkovým krvným telieskam patria trombocyty, ktoré sa vydiferencovali tiež z kmeňových buniek (celkový počet krvných doštičiek je medzi 150 – 300 x 10<sup>9</sup>/l krvi). K funkciám krvných doštičiek patrí **produkcia rastového faktora**, ktorý sa zúčastňuje regenerácie výstelky ciev. Hlavnou funkciou je však **zastavenie krvácania** (*hemostáza*).

Je to komplexný proces, ktorý zahŕňa tri základné deje (obr. 31):

- reakciu ciev v mieste poranenia (cieva sa stiahne – vazokonstrikcia),
- reakciu krvných doštičiek – vytvára sa z nich provizórna zátka,
- **hemokoaguláciu** – zrážanie krvi.

Vazokonstrikcia má význam pri malých cievach, kde je nízky krvný tlak. Neuplatňuje sa pri tepnách (*artériách*), kde vysoký tlak nedovolí stiahnutie cievy, ale ani pri kapilárach, ktoré nemajú v stene svalovinu.

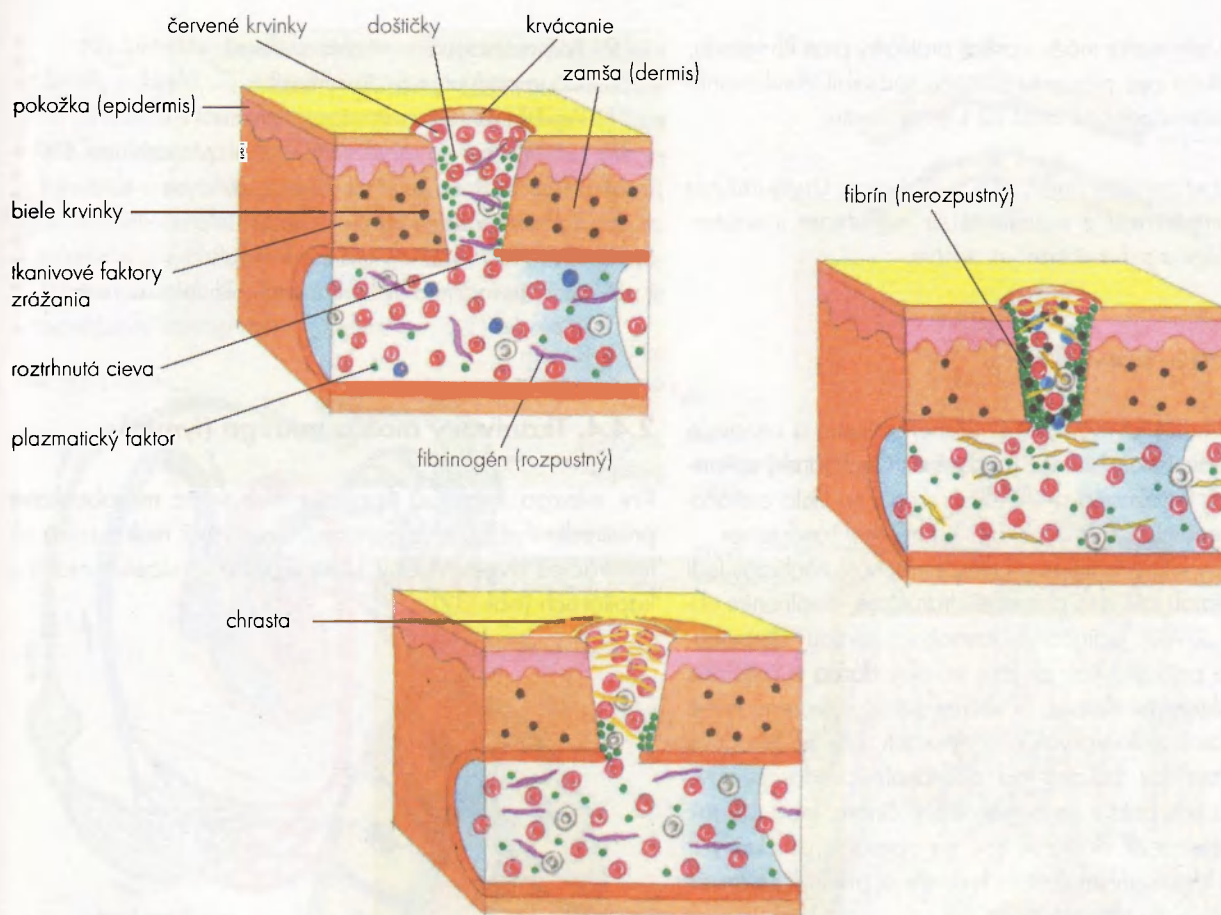
Krvné doštičky reagujú na poranenie cievy tak, že sa prilepia na poranenú miesto cievy, zmenia svoj tvar, zagultatia sa, vytvárajú dlhé tenké výbežky a začínajú sa **zhlukovať**. Tento jav je zosilnený **fibrinogénom**, ktorý sa naviaže na doštičky a potom nasleduje ich rozpad. Do krvi sa uvoľní protrombín. Vytvorí sa **doštičková zátka** – biely trombus, ktorá provizórne upcháva poranenú miesto. **Definitívna zátka** vzniká až procesom zrážania krvi – **hemokoaguláciou**. Je tvorená **fibrínovou sieťou**, v ktorej sú zachytené červené krvinky. Jej vznik je podmienený činnosťou tkanivových a plazmatických faktorov, ktoré vyvolávajú **premenu fibrinogénu na pevný vláknitý fibrín** (na tento proces je potrebný enzým trombokináza, ióny vápnika a vitamín K). Definitívna zátka bráni krvácaniu a súčasne vytvára vhodné podmienky na regeneráciu cievnej steny.

## ? Problémová úloha

- Logickou úvahou sa pokúste vysvetliť, prečo sa modriny potierajú heparoidovou masťou.

## 2.4.3. Krvné skupiny

Na membránach buniek ľudského tela sa nachádza niekoľko desiatok **antigénov**. Antigény na červených krvinkách sa nazývajú **aglutinogény**. Nezhoda medzi aglutinogénom červenej krvinky a **aglutinínom** – protilátkou obsiahnutou v plazme vyvolá **zhlukovanie** – **aglutináciu** čer-



Obr. 31 Zastavenie krvácania

vených krviniek. Proti antigénom sa v plazme môžu vyskytovať prirodzené protilátky. Platí však **Landsteinerovo pravidlo** – v krvnej plazme nikdy nie sú aglutiníny proti vlastným aglutinogénom.

Na povrchu ľudských červených krviniek sa nachádza takmer 100 aglutinogénov, ale iba dva majú v plazme prirodzené protilátky a to v **systéme ABO**. Podľa typu geneticky podmienených aglutinogénov červených krviniek rozlišujeme **4 základné krvné skupiny – A, B, AB a O** (pozri tab. 1).

- Aglutinogény A a B nie sú jednotné, ale možno ich rozdeliť na podskupiny. Napr. aglutinogén A na A<sub>1</sub> až A<sub>n</sub>, pričom až 80 % populácie s krvnou skupinou A patrí k podskupine A<sub>1</sub>. V tomto systéme sú v plazme prirodzené protilátky (imunoglobulíny IgM) – aglutiníny anti-A, anti-B.

Poznanie príslušnosti k niektorej z krvných skupín je nevyhnutné pri **transfúziách krvi**, aby sa predišlo **zrážaniu krviniek** (hemokoagulácii).

Tab. 1 Krvné skupiny v systéme ABO

Krvné skupiny	Antigény	Aglutiníny	Frekvencia v SR
A	A	anti-B	41 %
B	B	anti-A	18 %
AB	AB	–	9 %
O	–	anti-A + anti-B	32 %

Druhým najčastejšie vyšetrovaným antigénnym systémom je systém Rh.

- Označenie Rh je odvodené od opice **vreštana hrdzavého** (*Macacus rhesus*). **Landsteiner** imunizoval zajaca krvinkami **vreštana**, potom sérum zajaca vyvolávalo u niektorých ľudí zrážanie a u iných zrážanie nenastalo.

Tam, kde nastalo zrážanie, hovoríme o **pozitívnom Rh-faktore**. Rh-positívnych (Rh+) je u nás asi 84 % ľudí. Kde nenastalo zrážanie, označuje sa rh- – rh-negatívny. V tomto systéme neexistujú prirodzené protilátky, vznikajú až **imunizáciou**. Typickým prípadom je vzťah **matky rh- a plodu**

Rh+, keď v tele matky môžu vznikáť protilátky proti Rh+plodu, ktoré prenikajú cez placentu a môžu spôsobiť zhľukovanie krviniek plodu, čo môže viesť až k jeho úmrtiu.

- Ostatné systémy (napr. MNSs, P, Lewis, Duffy atď.) sa
- bežne nevyšetrujú a využívajú sa v súdnom lekárstve,
- antropológii a pri určovaní otcovstva.

### Transfúzia – prevod krvi

Objav existencie krvných skupín takmer súčasne a nezávisle uskutočnili traja lekári: Nemec **Landsteiner**, Čech **Janský** a Američan **Miller**. Pri označovaní krvných skupín sa vžilo označovanie písmenami A, B a O tak, ako ho navrhol Landsteiner.

Až objav krvných skupín priniesol možnosť záchranu ľudí s veľkou stratou krvi a to pomocou **transfúzie**, doplnením objemu krvi krvou jedinca s rovnakou krvnou skupinou. Základnou požiadavkou pri tom je, aby **darca a príjemca mali rovnakú krvnú skupinu**. V súčasnosti sú vytvorené **krvné banky** v transfuziologických pracoviskách, kde sa spracúva a konzervuje krv získaná od dobrovoľných darcov krvi. Darcovstvo krvi patrí k najhumánnejším činom, lebo iba tak možno zabezpečiť dostatok krvi na operácie, pri ktorých dochádza k rozsiahlym stratám krvi, ale aj pre ľudí so stratami krvi v dôsledku rôznych poranení.

### ? Problémové úlohy

- Môže sa človeku s krvnou skupinou O dodať transfúziou krv darcu s krvnou skupinou A? Vysvetlite.
- Aký jav môžeme pozorovať, keď červené krvinky vložíme do 0,9 % roztoku chloridu sodného (fyziologický roztok)?

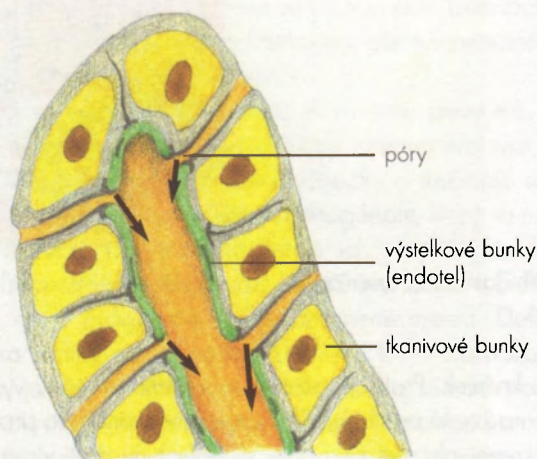
Úlohy:

1. Ktoré telové tekutiny tvoria vnútorné prostredie organizmu?
2. Vysvetlite, čo znamená:
  - a) transportná,
  - b) termoregulačná funkcia krvi.
3. Ktoré látky, okrem vody, obsahuje krvná plazma?
4. Čím sa líšia červené a biele krvinky?
5. Uvedte, čo vzniká väzbou hemoglobínu:
  - a) s oxidom uhoľnatým,
  - b) s kyslíkom.
6. Vysvetlite mechanizmus prenosu kyslíka v krvi.
7. Vysvetlite význam bikonkávneho tvaru ľudskej červenej krvinky.
8. Vysvetlite princíp vrodenej (nešpecifickej) obranyschopnosti.

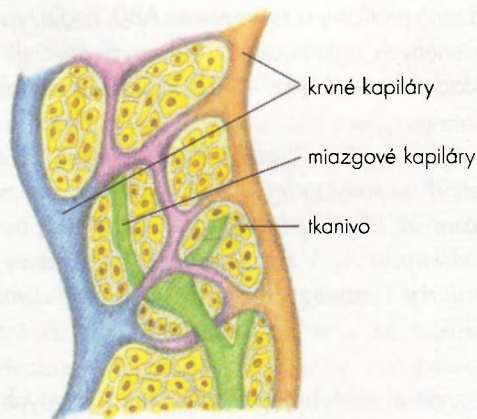
9. Porovnajme vrodenu a získanu imunitu.
10. Čo je podstatou zrážania krvi?
11. Vysvetlite proces zastavenia krvácania.
12. Vysvetlite princíp rozlíšenia krvných skupín v systéme ABO.
13. Nositeľa ktorej krvnej skupiny považujeme za univerzálneho darcu a prečo?
14. Čo je to Rh faktor a akú má funkciu?
15. Kedy hovoríme o rizikovom vzťahu Rh faktora matky a plodu?

### 2.4.4. Tkanivový mok a miazga (lymfa)

Krv, miazga (lymfa) a tkanivový mok tvoria **mimobunkové prostredie** ľudského organizmu. **Tkanivový mok** vzniká ultrafiltráciou krvnej plazmy, ktorá sa deje vo vlásočniciach – **kapilárach** (obr. 32).



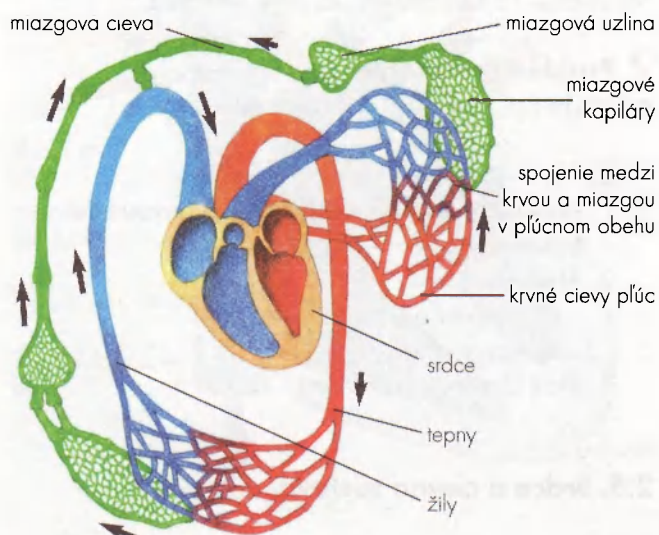
Obr. 32a Schematický prierez miazgovou kapilárou



Obr. 32b Vzťah medzi miazgovými a krvnými kapilármi



- Na začiatku kapiláry prestupuje tekutina obsahujúca živiny a kyslík do medzibunkových priestorov. Prevažuje tu **filtrácia tkanivového moku**. Na konci kapilár, tam kde kapiláry prechádzajú do žíl, prevláda **spätne vstrebanie** — reabsorpcia. Tkanivový mok sa dostáva späť do krvného obehu spolu s odpadovými látkami, ktoré sa odstraňujú z tkanív (**obr. 33**). Nadbytok tkanivového moku prechádza do slepo začínajúcich miazgových kapilár a je odvádzaný miazgovou sústavou.

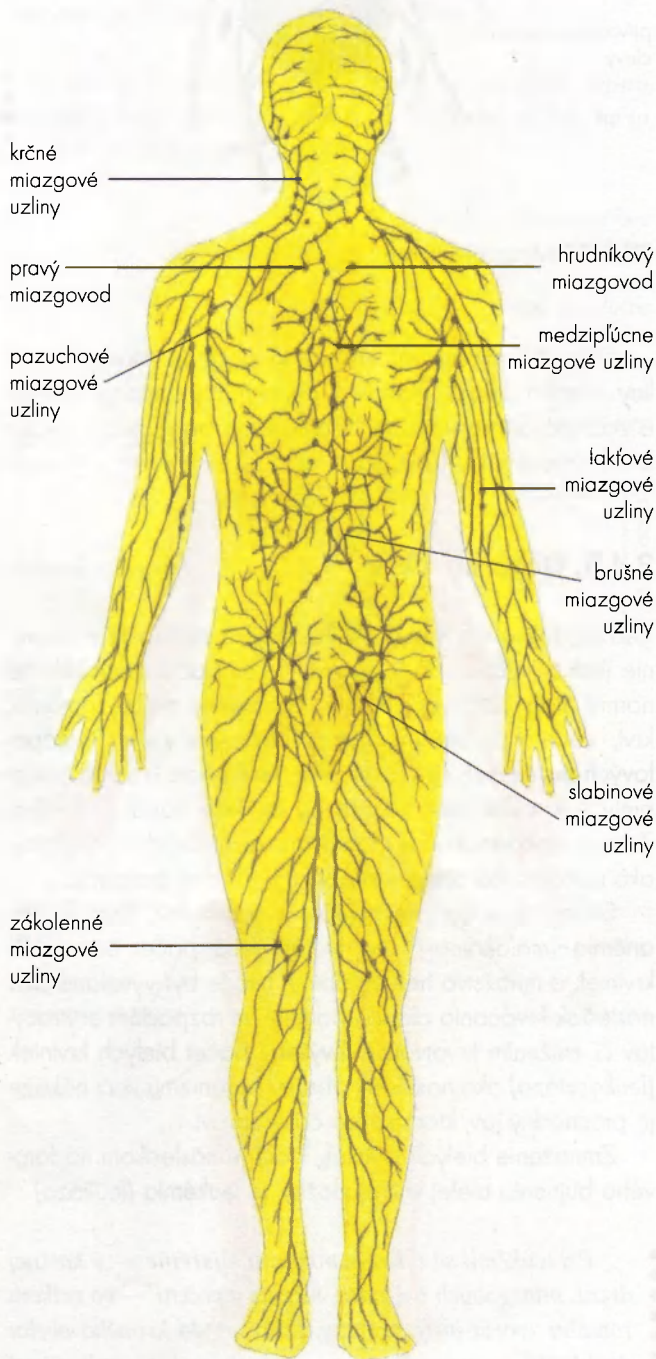
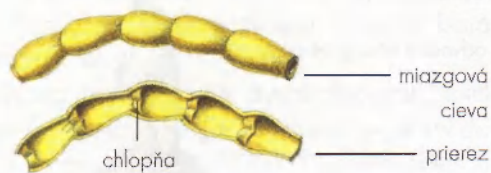


**Obr. 33** Vzťah medzi miazgovým a krvným obehom

Miazgové cievy predstavujú **podporný drenážny systém**, ktorým prúdi tekutina, nazývaná **miazga** (lymfa). Zloženie miazgy je podobné ako zloženie krvnej plazmy, má však oveľa menej bielkovín (**obr. 34**).

- Tkanivový mok sa do miazgových ciev dostáva cez **submikroskopické štrbinky bunkových membrán**, **vysokomolekulové látky (bielkoviny)** cez **okienka v stene kapiláry**. **Najviac bielkovín je v miazge prichádzajúcej z pečene**. **Miazga prichádzajúca z tráviacej sústavy má vysoký obsah tukov**.

Miazgové kapiláry sa spájajú do hrubších cievok, ktoré vytvárajú **miazgové kmene**, ktoré vchádzajú do hrudníkového **miazgovodu**. Miazgová sústava nie je uzatvorená ako cievna sústava a miazga z hrudníkového miazgovodu odteká do **žilového krvného obehu**. Miazga sa v lymfatických cievach pohybuje rytmickými sťahmi hladkých svalov v ich stenách, pohybmi kostrových svalov (tzv. **svalová pumpa**) dýchacími pohybmi hrudníka a pľúc, činnosťou srdca a pohybmi čriev.



**Obr. 34** Schématické zobrazenie miazgovej sústavy



Obr. 35 Miazgová uzlina

Súčasťou miazgovej sústavy sú početné **miazgové uzliny** (detská žľaza, mandle), v ktorých sa miazga filtruje a zachytávajú sa v nich cudzorodé mikroorganizmy, toxíny a odpadové látky (obr. 35).

### 2.4.5. Ochorenia krvi

Keďže zloženie krvi je pomerne stále a poznáme zastúpenie jednotlivých zložiek, možno na základe odchýlok od normy diagnostikovať choroby a poruchy nielen samotnej krvi, ale aj chorobné procesy prebiehajúce v tele. Pri **zápalových procesoch** sa zrýchľuje sedimentácia a stúpa počet bielych krviniek bez ohľadu na to, kde zápal prebieha. Zmeny v zložení krvnej plazmy môžu prezrádzať choroby, ako sú **cukrovka** alebo iné poruchy látkovej premeny.

Sú aj choroby postihujúce samotnú krv. Patrí k nim **anémia (málokrvnosť)**, pri ktorej klesá počet červených krviniek a množstvo hemoglobínu. Môže byť vyvolaná ako následok krvácania alebo nadmerným rozpadom erytrocytov či znížením krvotvorby. **Zvýšený počet bielych krviniek (leukocytóza)** ako následok obrany organizmu voči nákaze je prechodný jav, ktorý sa po čase upraví.

Zmnoženie bielych krviniek, ktoré je následkom nádorového bujnenia bielej krvnej zložky, je **leukémia (leukóza)**.

- Pri leukémii sa v **krvotvornom systéme** — v kostnej
- dreni, miazgových uzlinách, slezine a pečeni — vo veľkom
- rozsahu tvoria biele krvinky, ktoré sa do **kroného obehu**
- dostávajú nezrelé a neschopné vykonávať
- obrannú funkciu. Počet bielych krviniek stúpa na 50 až
- 500 tisíc v jednom mikrolitri a napriek tomu nie sú schop-

- né zabrániť nákazám. Môže mať akútny alebo chronický
- priebeh a rozlišujú sa aj rôzne typy podľa časti tvorby krvi,
- ktorá je postihnutá. Výskyt tejto choroby sa zvyšuje, je to
- forma rakoviny, ktorá je vyliečiteľná.

Samostatnú skupinu ochorení krvi tvoria **krvácavé stavy** (hemoragické diatézy), ktoré môžu byť spôsobované poruchou zrážania krvi alebo poruchami v stavbe a funkcii cievnej steny alebo zmenšením množstva krvných doštičiek. Najznámejší z krvácavých stavov je **hemofília**.

### ? Problémová úloha

- Môžu byť ženy postihnuté hemofíliou?

Úlohy:

1. Ktoré telové tekutiny tvoria mimobunkové prostredie ľudského organizmu?
2. Akú funkciu majú:
  - a) miazgový systém,
  - b) miazgové uzliny?
3. Ktoré choroby krvi poznáte?

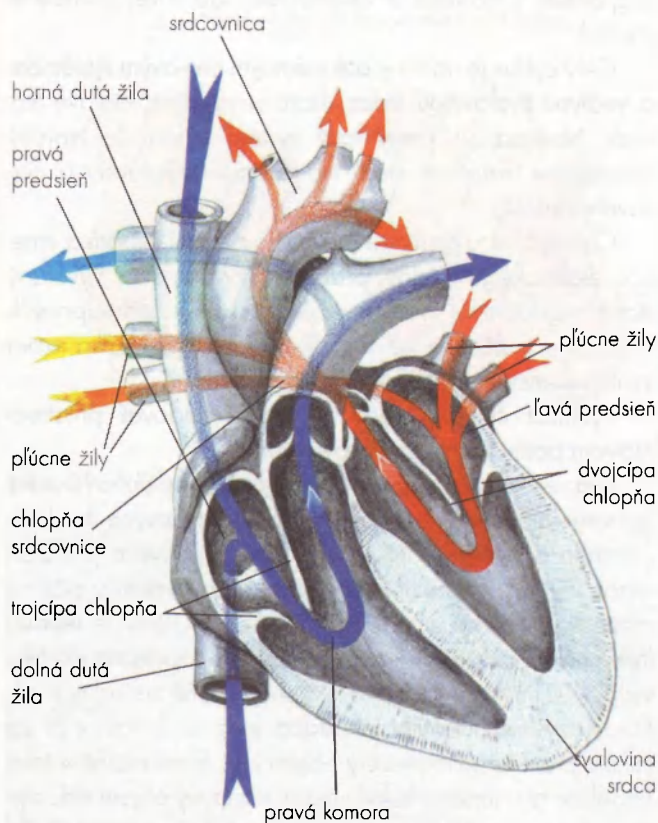
### 2.5. Srdce a cievna sústava

Krv môže plniť svoje dôležité funkcie iba vtedy, ak neustále preteká organizmom. Túto cirkuláciu zabezpečujú dve anatomicky aj funkčne spojené „čerpádlá“ — pravá a ľavá polovica srdca. Spojenie obidvoch „čerpadiel“ do jedného orgánu — srdca — zabezpečuje dokonalú synchronizáciu ich činnosti. Každé z týchto „čerpadiel“ je dutý orgán, ktorého stena je tvorená špecifickou svalovinou — **myokardom**, funkčne aj morfológicky spája v sebe vlastnosti hladkej a priečne-pruhovanej svaloviny. Každá polovica srdca je tvorená dvoma časťami: **predsieňou** a **komorou**.

**Srdce** (cor, cardium) je uložené šikmo medzi obidvoma pľúcami vo väzivovom vaku — **osrdcovníku** (pericardium). Umiestnené je v strede medzi pľúcami, jeho hrot smeruje doľava a dolu. Veľkosť srdca zodpovedá približne veľkosti päste človeka, ktorému patrí (obr. 36).

Srdce predstavuje dutý orgán, ktorý je rozdelený **priehradkou** na pravú stranu (prechádza ňou len odkysličená krv) a ľavú stranu (prechádza ňou len okysličená krv).

V hornej časti srdca sú **predsiene (atriá)** a v dolnej časti **komory (ventriculi)**. Pravú predsieň oddeľuje od komory **trojčlpa chlopňa** a ľavú dvojčlpa (**mitrálna**) chlopňa.



**Obr. 36** Pozdĺžny rez srdcom

Stenu srdca tvoria tri vrstvy:

- vonkajšiu vrstvu tvorí **osrdie (epikard)** – jemná blana na povrchu srdca,
- **strednú vrstvu – srdcový sval (myokard)** – špecifická svalovina, ktorá je vzrušivá a vodivá (zabezpečuje prácu srdca a vedenie nervových vzruchov),
- **vnútornú – vnútroosrdie (endokard)** – vystieľa vnútornú dutinu a tvorí cípovité chlopne.

Celé srdce je uložené vo väzivovom vaku – osrdcovníku (perikarde).

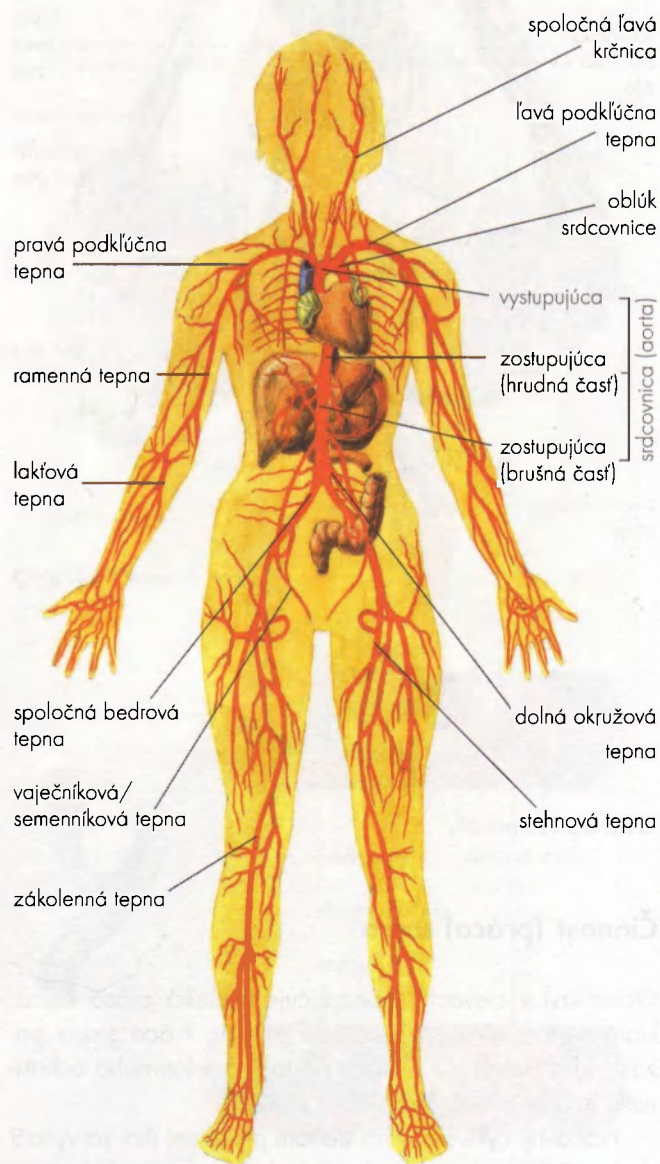
### Prietok krvi srdcom

Do pravej predsene priteká **hornou a dolnou dutou žilou odkysličená krv** z orgánov a tkanív tela. Stiahnutím pravej predsene sa krv vypudzuje do pravej komory. Z nej prúdi

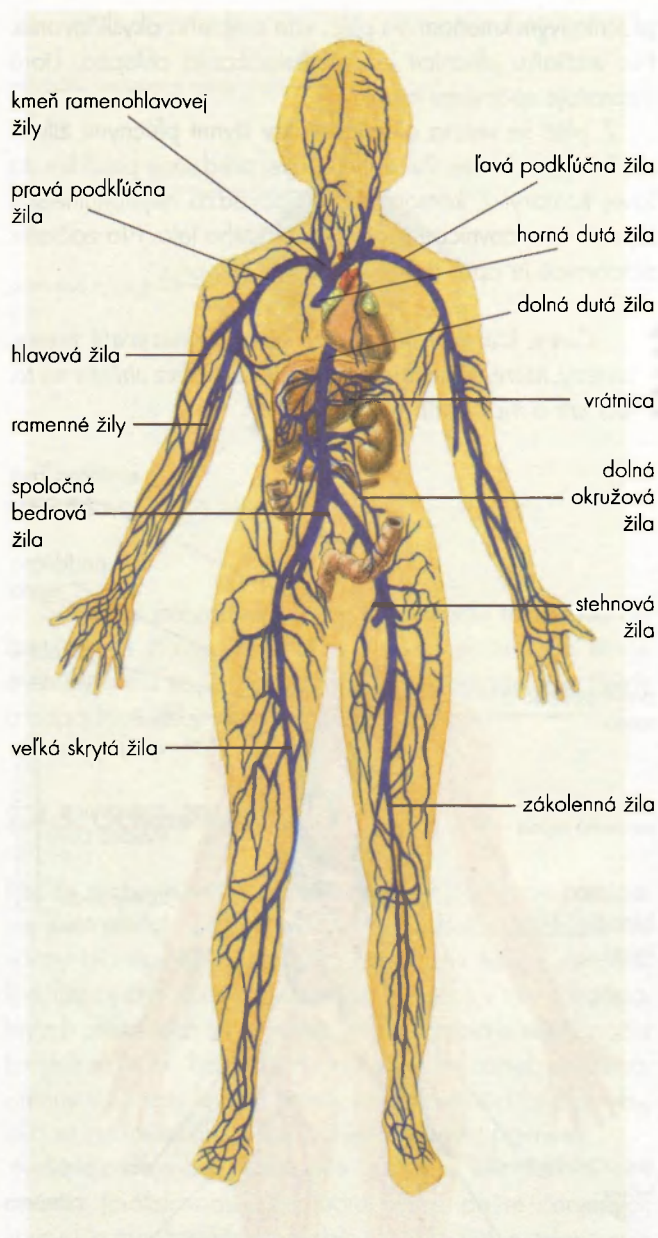
**pľúcnicovým kmeňom** do pľúc, kde prebieha **okysličovanie**. Na začiatku pľúcnice je **polmesiačikovitá chlopňa**, ktorá zabraňuje spätnému toku krvi.

Z pľúc sa vracia **okysličená krv štyrmi pľúcnyimi žilami** do ľavej predsene. Po stiahnutí ľavej predsene prúdi krv do ľavej komory. Z komory sa krv odvádza najmohutnejšou tepnou – **srdcovnicou (aortou)** do celého tela. Na začiatku srdcovnice je opäť **polmesiačikovitá chlopňa**.

- **Cievy, ktoré vychádzajú zo srdca, sa nazývajú tepny,**
- **a cievy, ktoré vchádzajú do srdca – žily, bez ohľadu na to,**
- **aká krv v nich prúdi (obr. 37, 38).**



**Obr. 37** Hlavné tepny



Obr. 38 Hlavné žily

### Činnosť (práca) srdca

Obeh krvi v cievach zabezpečuje cyklická práca srdca, ktoré tvorí pružnú, jednosmernú pumpu. Práca srdca pozostáva z dvoch fáz – **sťahu (systoly)** a relatívneho **ochabnutia (diastoly)**, obr. 39).

Pracovný cyklus začína **sťahom** predsieni (krv sa vytlačí do komôr) a **ochabnutím** komôr, plnia sa krvou. Pokračuje **sťahom** komôr – krv sa vytlačí z pravej komory do pľúc, z ľavej komory do celého tela; do predsieni sa krv vracia

(do pravej predsieni z celého tela, do ľavej predsieni z pľúc).

Celý cyklus je riadený **autonómnym nervovým systémom** a **vodivou svalovinou srdca**, ktorá pripomína nervové tkanivá. Nazýva sa **prevodový systém srdca**. Je tvorený špeciálnym tkanivom, ktoré má vlastnosti svaloviny a nervového tkaniva.

Činnosť srdca sa môže prejavíť – **ozvami, tepom** a **zmennou elektrických prúdov**. **Srdcová ozva** je zvuk vyvolaný sťahom srdcového svalu a následným uzavretím cipových chlopní – **systolická ozva**. Pokračujúca **diastolická ozva** vzniká uzavretím polmesiačikovitých chlopní.

**Rýchlosť činnosti srdca sa môže sledovať prostredníctvom počtu tepov za časovú jednotku.**

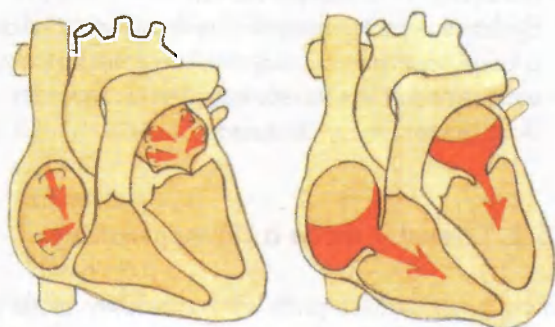
**Tep** vzniká nárazom krvi na steny aorty pri **sťahu (systole)** komory (môžeme ho nahmatať v tzv. tlakových bodoch zápästia a v krčnej jamke). U zdravého človeka je počet tepov 70/min (pri fyzickej námahe a duševnom vypätí sa môže zvýšiť až na 200 tepov za minútu). U žien je **tepová frekvencia** vyššia ako u mužov. Každým tepom sa do tela vytlačí 70 ml krvi. Množstvo krvi prečerpávané za jednu minútu sa nazýva **minútový objem srdca**. Je to asi 5 l krvi, čiže za minútu pretečie srdcom celý objem krvi, ktorú máme v tele. Podobne ako **tepová frekvencia** aj **minútový objem srdca** je ovplyvnený stavom organizmu a jeho fyzickou záťažou. Pri veľmi náročných fyzických výkonoch sa môže **minútový objem srdca** zvýšiť až na 40 l/min.

**Elektrickým prejavom srdcovej činnosti** sú **prúdy**, ktoré vznikajú činnosťou svalu. Tieto prúdy sa dajú merať a zaznamenávať, vzniká **elektrokardiogram – EKG (obr. 39b)**. Používa sa pri vyšetrení činnosti srdca. Analýzou zaznamenaných kriviek bioprúdov možno zistiť stav srdca a určiť prípadné zmeny v jeho funkcii.

K základným vyšetreniam srdcovej činnosti patrí aj meranie hodnoty **krvného tlaku**. Je to **tlak v tepnách**. Pri každej systole sa do srdcovnice dostáva množstvo krvi, ktoré nestačí okamžite odtiecť do žíl. Steny aorty sa elasticky rozšíria a dôjde v nej k prechodnému zvýšeniu tlaku, ktorý sa nazýva **tlakový pulz**. Najvyššia hodnota tlaku dosiahnutá počas sťahu – **systoly** sa nazýva **systolický tlak** (dosahuje hodnotu 14 – 16 kPa, t. j. 100 – 120 torr). Najnižšia hodnota, na ktorú tlak klesne počas ochabnutia – **diastoly**, je **diastolický tlak** (dosahuje hodnotu 8 – 11 kPa – t. j. 60 – 80 torr). Tlak sa meria **tonometrom**, najčastejšie na ramennej tepne.

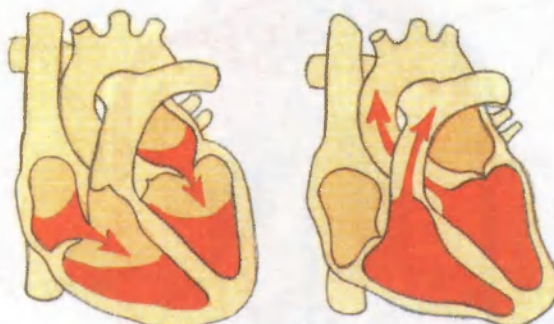
- **Tlak krvi sa vekom mení. Dojčatá majú systolický tlak**
- **13,3 kPa (100 torr), v puberte sa tlak zvyšuje viac u chlapcov ako u dievčat. V starobe sa tlak zvyšuje viac u žien ako u mužov.**

ochabnutie – diastola (naplnenie srdca krvou)



sťah – systola predsiení

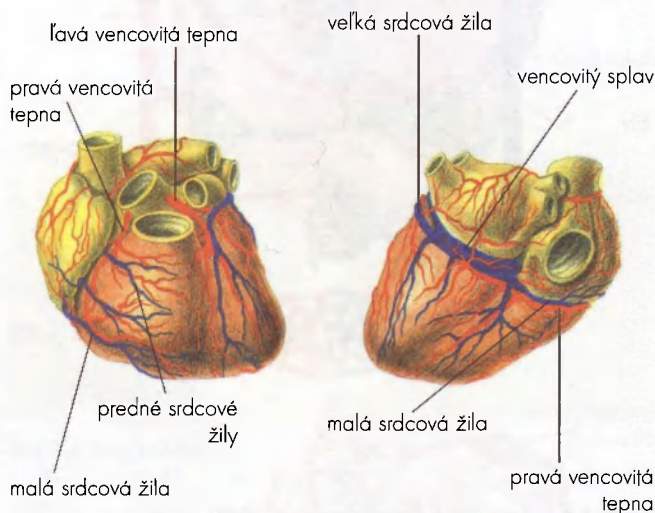
sťah – systola komôr (vytláčanie krvi do tepien)



Obr. 39a Srdcový cyklus



Obr. 39b Záznam EKG srdca v norme



Obr. 40 Vencovité tepny

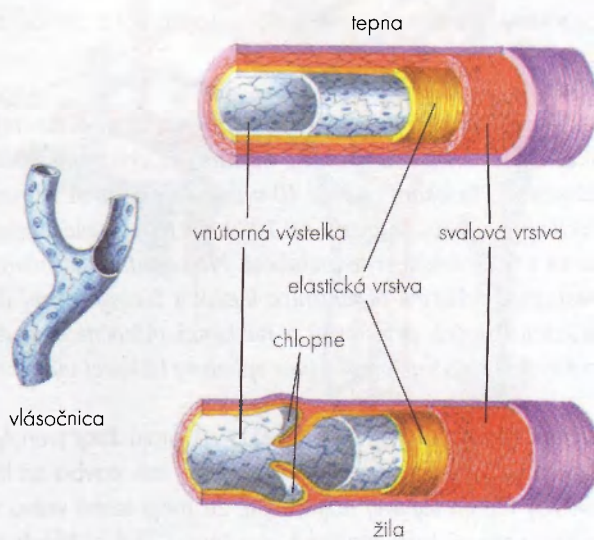
## Výživa srdca

Pri pracovnom cykle má srdce len minimálnu oddechovú fázu, preto vyžaduje stály a bohatý prísun kyslíka a živín. To zabezpečuje **vlastný srdcový obeh** tvorený **vencovitými (koronárnymi) tepnami** (obr. 40). Vencovité tepny vystupujú z aorty hneď za polmesiačikovými chlopňami. Pri vrcholovom športovom výkone spotrebuje srdcový sval toľko kyslíka, ako celé telo v pokojovom stave.

### 2.5.1. Prúdenie krvi vlásočnicami a žilami

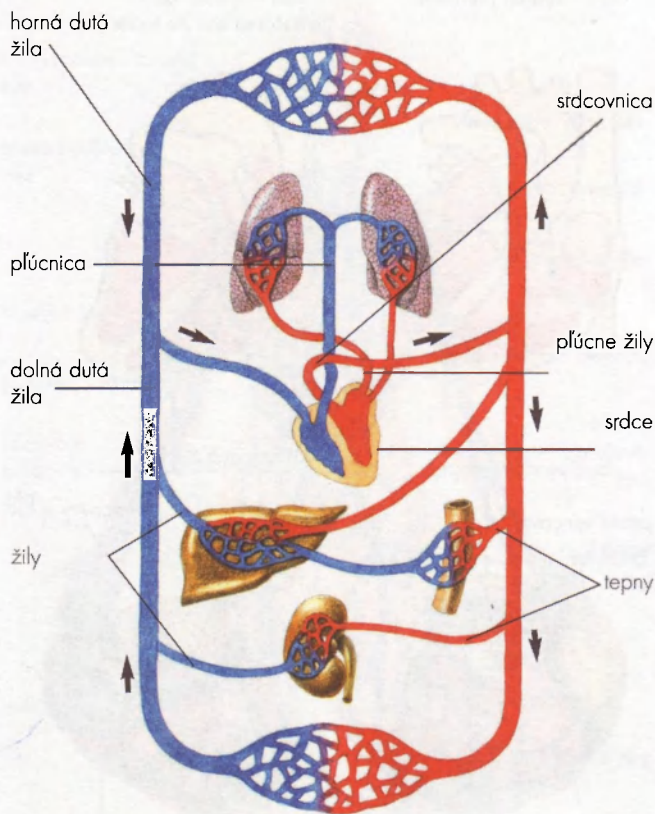
Srdcovo-cievny systém tvorí sieť krvných ciev, ktorá rytmickým pumpovaním srdca neprestajne rozvádza krv do celého tela (obr. 42).

Všetky funkcie krvi sa dejú vo **vlásočniciach** (kapilárach). Krv nimi preteká pomaly a rovnomerne. Tu sa



Obr. 41 Vlásoknica, žila, tepna





Obr. 42 Schéma srdcovo-cievneho systému

už prakticky neprejavujú zmeny tlaku v súvislosti s činnosťou srdca.

- Vlásoknice (kapiláry) sú najmenej nápadnou, ale najdôležitejšou súčasťou krvného obehu. Pri celkovom počte vlásočnic v ľudskom tele asi 40 miliárd, je celková účinná plocha pre látkovú výmenu asi 1000 m<sup>2</sup>. Pritom vlásočnice nie sú v tele rovnomerne rozložené. Na začiatku vlásočnice prestupuje tekutina obsahujúca kyslík a živiny z krvi do medzibunkových priestorov a na konci vlásočnice sa do krvi vracia tekutina obsahujúca splodiny látkovej výmeny.

Vlásočnice sa postupne spájajú a vytvárajú žilky (venuly) a žily (vény). Žily privádzajú krv do srdca. Ich stavba sa líši od stavby tepien (artérií) najmä tým, že majú tenkú vrstvu svaloviny a nie sú také elastické ako tepny. Tlak v žilách je veľmi malý a znižuje sa až na 0,7 kPa (5 torr) a nestačil by na zabezpečenie návratu krvi do srdca.

Na pohybe krvi v žilách sa preto podieľajú ďalšie faktory:

- svalová pumpa – pôsobí stláčaním žíl priečne pruhovalými – kostrovými svalmi,
- dýchanie – počas nádychu klesá vnútrohrudníkový tlak a krv je nasávaná do dutých žíl a pravej komory,
- sacia sila srdca – vyláčanie krvi zo srdca do tepien uľahčuje odtok krvi zo žíl do srdca.

### 2.5.2. Choroby srdca a cievnej sústavy

Jednou z najčastejších príčin smrti je **srdcový infarkt** (infarkt myokardu). Dochádza k nemu tak, že sa upcháva niektorá z drobných vencovitých tepien a časť srdcového svalu za touto upchávkou zostáva bez kyslíka a výživy, začína odumierať. Jazva, ktorá sa objaví po takejto rane, spôsobuje poruchy srdcovej činnosti a pri rozsiahlejších poškodeniach môže spôsobiť smrť jedinca. Na vzniku infarktu sa podieľa **obezita, fajčenie, nedostatok pohybu, stres**, ale aj **genetická predispozícia**. Infarkt je oveľa častejší u mužov ako u žien.

V dôsledku straty pružnosti stien ciev sa v starobe prirodzene zvyšuje aj systolický krvný tlak. Za chorobné sa považujú hodnoty systolického tlaku nad 20 kPa (160 torr) a diastolického tlaku nad 13,3 kPa (100 torr), vtedy hovoríme o **hypertenznom ochorení** (o vysokom krvnom tlaku), dôsledkom čoho dochádza k **degeneratívnemu ochoreniu tepien – arterioskleróze**.

Najnebezpečnejšou formou arteriosklerózy je **ateroskleróza**, pri ktorej sa vytvárajú vo vnútornej vrstve steny ložiská s obsahom cholesterolu a tukových látok, ktoré zúžia, prípadne celkom upchajú cievu. Hlavným faktorom aterosklerózy je nesprávna výživa, obezita a cukrovka.

### ? Problémové úlohy

- Vymenujte faktory, ktoré kompenzujú nízky tlak krvi v žilách a zabezpečujú návrat krvi do srdca.
- Ktorým úsekom obehovej sústavy prúdi krv najrýchlejšie?
- Prečo sa krvný tlak meria vo výške srdca, t. j. na ramennej tepne?

Úlohy:

1. Ako sa nazývajú vrstvy, ktoré tvoria stenu srdca?
2. Vysvetlite princíp činnosti srdca – fázu sťahu a ochabnutia.
3. Co je to prevodový systém srdca a aký má význam?
4. Aká je funkcia koronárnych tepien?
5. Vysvetlite princíp srdcového infarktu a ktoré rizikové faktory sa na ňom podieľajú?
6. Aké hodnoty dosahuje: a) systolický tlak krvi, b) diastolický tlak krvi?

7. Ktoré procesy zahŕňa srdcový cyklus?
8. Vysvetlite:
  - a) pojem minútový objem srdca,
  - b) akým spôsobom k nemu dochádza,
  - c) za akých podmienok k nemu dochádza.
9. Ktoré rizikové faktory vyvolávajú artériosklerózu?
10. Ktoré dôležité faktory sa podieľajú na pohybe krvi v žilách?
11. Vysvetlite pojmy:
  - a) tepnová frekvencia,
  - b) krvný tlak,
  - c) srdcové ozvy.

## 2.6. Vylučovacia sústava

Pre život sú nevyhnutné procesy, pri ktorých sa z tela odstraňujú škodlivé, nepotrebné látky (vznikli pri metabolizme). Tento jav sa nazýva **vylučovanie – exkrécia**. Funkciu vylučovania plní **vylučovacia sústava**, ktorej produktom je moč, ale aj koža, ktorej produktom je pot, a dýchacia sústava, ktorá vylučuje CO<sub>2</sub> prostredníctvom vydychovaného vzduchu.

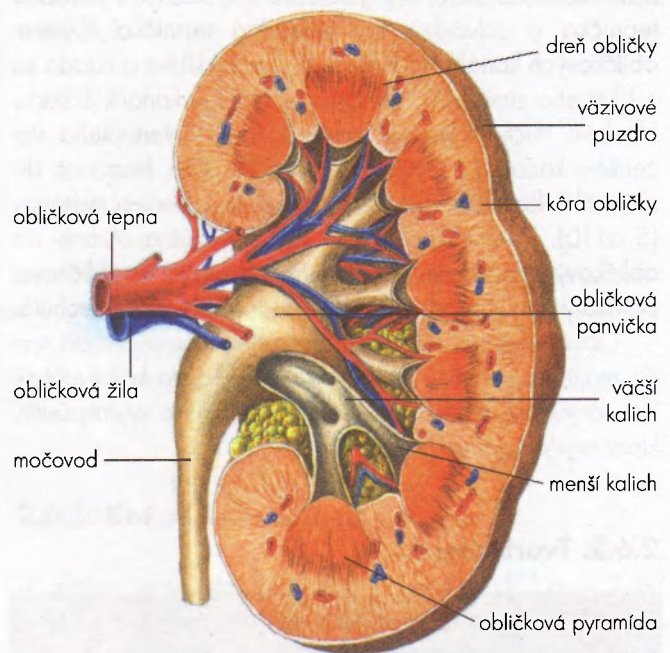
**Vylučovacia sústava** plní v organizme životne dôležitú funkciu – **vylučovanie** a **reguláciu** stálosti vnútorného prostredia (*homeostázu*). Patria k nej **obličky** – tvoria moč, **močové cesty** – prepravujú, uskladňujú a odvádzajú moč z organizmu (*obličkové kalichy, obličková panvička, močovod, močový mechúr a močová rúra*).

### 2.6.1. Stavba a funkcia obličky

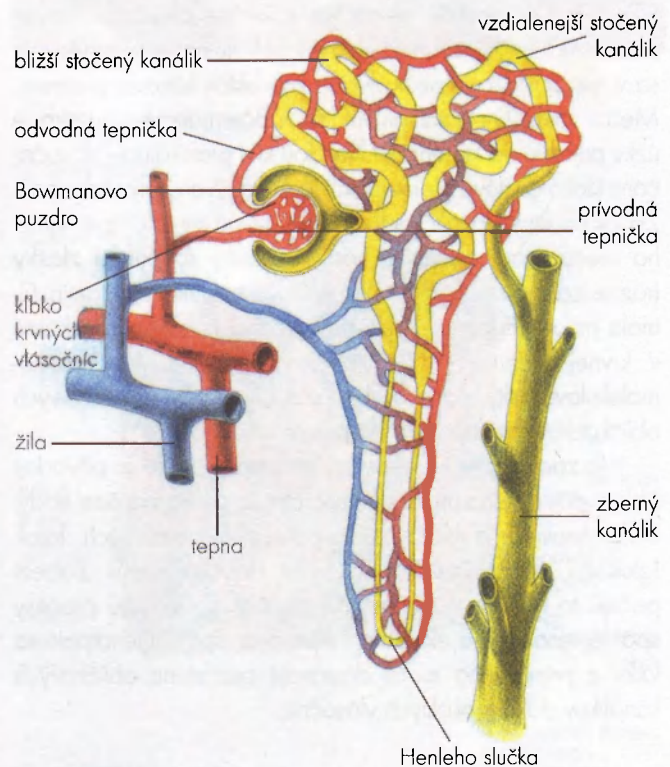
**Oblička (ren)** je párový orgán fazuľovitého tvaru, hnedočervenej farby, uložený po stranách drierkovej chrbtice, na zadnej stene brušnej dutiny, v tukovom obale. Oblička má hmotnosť asi 150 g, je približne 12 cm dlhá a 6 cm široká. Pravá oblička býva o niečo menšia a nižšie uložená. Povrch obličky je hladký, pokrýva ho pevné väzivové puzdro. V strede vnútorného okraja obličky je zárez – **brána obličky**, v ktorom vstupujú a vystupujú cievy, nervy a vystupujú **močové cesty** (**obr. 43**).

Oblička sa skladá z dvoch vrstiev: na povrchu je svetlejšia **kôra** a vnútri tmavšia **dreň** v tvare pyramíd. Základnou stavebnou a funkčnou jednotkou obličky je **nefrón** (**obr. 44**). Oblička človeka obsahuje približne milión nefrónov.

Nefrón sa skladá z **obličkového telieska** (*Malpighiho teliesko*) a z **obličkových kanálikov**. Obličkové telieska sú uložené v povrchovej časti kôry. Obličkové teliesko tvorí **klb-**



Obr. 43 Pozdĺžny rez obličkou



Obr. 44 Nefrón

ko krvných vlásočníc – glomerulus a puzdro kľbka – Bowmanovo puzdro. Do glomerulu privádza krv prívodná tepnička a odvádza krv odvodná tepnička. Systém obličkových kanálikov začína od puzdra kľbka a skladá sa z bližšieho stočeného kanáliku – stočený kanálik I. rádu, Henleho slučky v tvare písmena U a vzdialenejšieho stočeného kanáliku – stočený kanálik II. rádu, ktorý ústi do zberného kanáliku. Ten zbiera moč z viacerých nefrónov (5 až 10). Zberné kanáliky sa spájajú a ústia otvormi do obličkových kalichov. Odtiaľ sa moč dostáva do obličkovej panvičky a močovodov, ktoré ústia do močového mechúra.

Obličky okrem základnej funkcie, ktorou je tvorba moču, majú i endokrinnú funkciu. Produkujú a do krvi uvoľňujú hormóny renín, ktorý ovplyvňuje krvný tlak, a erytropoetín, ktorý ovplyvňuje tvorbu krvi.

### 2.6.2. Tvorba moču

V nefróne sa tvorí moč (urina) v procese:

- glomerulárnej filtrácie,
- kanálikovej resorpcie,
- kanálikovej exkrécie.

Glomerulárna filtrácia je prvý proces pri tvorbe moču. Prietok krvi cez obličky je až 100-krát väčší ako prietok inými oblasťami tela. Je to preto, lebo krv obličku nielen vyživuje, ale sa v nej očisťuje od nežiaducich produktov látkovej premeny. Medzi vonkajším a vnútorným listom Bowmanovho puzdra je úzky priestor, do ktorého sa filtráciou krvi pretekajúcej vlásočnicami kľbka dostáva glomerulami filtrát nazývaný primárny moč. Za 24 hodín sa v obličkách človeka vytvorí asi 170 l primárneho moču, ktorý obsahuje vodu a všetky rozpustné zložky (rôzne soli, kyselinu močovú, močovinu, glukózu, vitamín C, malé množstvo aminokyselín) v rovnakej koncentrácii ako sú v krvnej plazme s výnimkou krvných bielkovín. **Vysokomolekulové látky**, napr. bielkoviny a krvné bunky, v zdravých obličkách neprechádzajú do primárneho moču.

Na zachovanie homeostázy je potrebné, aby sa pôvodný objem primárneho moču zmenšil, čím sa prevažná časť vody, elektrolytov a ďalších pre organizmus potrebných látok (glukóza, aminokyseliny) vráti späť do organizmu. Zabezpečujú to **obličkové kanáliky**, v ktorých prebiehajú procesy **spätnej resorpcie** a **exkrécie**. Pri procese spätnej resorpcie sa látky z primárneho moču dostávajú cez stenu obličkových kanálikov do krvi okolitých vlásočníc.

- Väčšina látok sa vstrebáva v kanáliku I. rádu (voda až 80 %, glukóza, sodík a bielkovinové látky). Toto vstrebá-

- vanie najmä sodíka a vody pokračuje i v Henleho slučke a v kanáliku II. rádu.

- Okrem spätnej resorpcie majú obličkové kanáliky aj **exkrečnú funkciu**. Mechanizmom kanálikovej exkrécie sa vylučuje z tela mnoho látok, v kanáliku I. rádu sa vylučuje do moču kreatinín, lieky, ako penicilín, niektoré sulfonamidy, v kanáliku II. rádu draslík, amoniak atď.

V zberných kanálikoch sa končí spätná resorpcia vody a sodíka, a tak vzniká v obličke definitívny moč.

- U človeka sa vytvorí za 24 hodín približne 1,5 l moču.
- Je zlatožltej farby, ktorú spôsobuje farbivo **urochróm**.
- Definitívny moč obsahuje asi 95 % vody, zvyšok tvorí močovina, malé množstvo organických látok (kyselina močová, kreatinín, amoniak) a anorganických látok ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ).

Moč zdravého človeka obsahuje iba stopy bielkovín a nesmie obsahovať krv, hnis a cukry. Výnimočne, pri nadmernom príjme sladkostí dochádza k prechodnému vylučovaniu cukrov močom.

### Močové cesty

Vývodné močové cesty tvoria:

- obličkové kalichy,
- obličková panvička,
- močovody,
- močový mechúr,
- močová rúra.

Definitívny moč sa odvádza zbernými kanálikmi, ktoré sa spájajú a ústia otvormi do **obličkových kalichov**. Tieto sa rozširujú do **obličkovej panvičky**. Je to lievikoitá nádržka, ktorá sa smerom k stredu obličky zužuje a pokračuje ako trubicovitý močovod vystupujúci z obličky.

**Močovod (ureter)** je párová svalová trubica dlhá 25 – 30 cm, zostupuje po zadnej stene brušnej dutiny a ústi do močového mechúra. Moč sa odvádza na základe peristaltiky hladkej svaloviny močovodu. Na močovode sú tri zúženiny, ktoré môžu spôsobovať zdravotné problémy, lebo sa v nich môžu zadržať močové kamene.

**Močový mechúr (vesica urinaria)** je dutý svalový, rozťahovateľný orgán uložený v malej panve za lonovou spojnicou. Je rezervoárom moču. Jeho veľkosť závisí od pohlavia, individuálnej variability a najmä stupňa naplnenia. Fyziologická kapacita močového mechúra je 250 – 450 cm<sup>3</sup>.

Moč odteká z močového mechúra **močovou rúrou** (*urethra*).

• **U muža je močová rúra** (*urethra masculina*) dlhá 12 — 25 cm. Po výstupe z dna močového mechúra prechádza cez **predstojnicu** a vstupuje do **pohlavného údu**, kde vyúsťuje na vrchole žaluďa. Úsek močovej rúry od predstojnice je u mužov súčasne **pohlavnou vývodnou cestou**.

• **Močová rúra ženy** (*urethra feminina*) sa odlišuje anatomicky aj funkčne. Má asi 3 — 5 cm a za-bezpečuje iba odvádzanie moču. Ústí pred pošvou (asi 2 — 3 cm od dráždca). Ženská močová rúra v dôsledku tvaru a malej dĺžky umožňuje pomerne ľahké a časté vníkanie infekcie do močového mechúra.

Pohyb moču vývodnými močovými cestami zabezpečuje aktívna činnosť hladkej svaloviny obličkovej panvičky a močovodu.

### 2.6.3. Význam obličky pre reguláciu telových tekutín

Aby bol zachovaný primeraný objem telových tekutín, musí dochádzať k rovnomernému odstraňovaniu nadbytočnej vody z tela a naopak. **Spätná resorpcia vody a iných látok** sa deje aktívnou činnosťou buniek v obličkových kanálikoch a je hormonálne a nervovo kontrolovaná. Najväčší vplyv na tieto deje má hormón zadného laloka hypofýzy — **adiuretín** (antidiuretický hormón, nazývaný aj vazopresín). Reguluje **spätnú resorpciu vody** v obličkových kanálikoch.

Obličky sú jediným orgánom v tele, ktorý je schopný vylučovať premenlivé množstvo vody a súčasne i NaCl podľa potrieb organizmu.

### 2.6.4. Choroby obličky

Obličkami preteká denne asi 1 500 l krvi. Tento objem je potrebný, aby sa z krvi odstránili odpadové produkty metabolizmu. Ak nie sú obličky schopné túto úlohu plniť, dochádza v pomerne krátkom čase k hromadeniu týchto látok, čo spôsobuje otravu často končiacu smrťou. **Znížená funkcia obličiek** môže nastať po otravách, infekciách, cukrovke, vysokom krvnom tlaku alebo pri upchatí močových ciest (tvorba močových kameňov).

V roku 1943 **W. J. Kolff** (Groningen, Holandsko) vyvinul aparát, ktorým úspešne prečistil krv pacientke s akútnou obličkovou nedostatočnosťou. Považuje sa za otca **dialy-**

**začnej liečby**. Na Slovensku sa prvá dialýza pacienta uskutočnila v roku 1950. V súčasnosti je možná i **transplantácia obličiek**.

Úlohy:

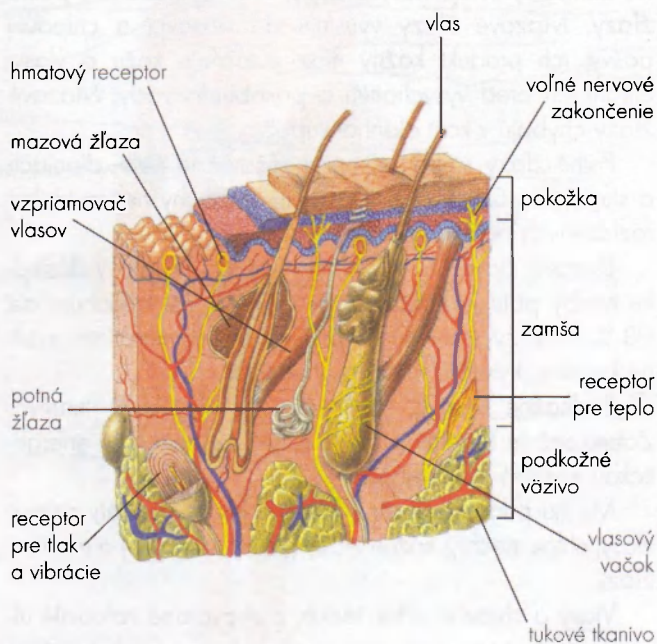
1. Aké funkcie má vylučovacia sústava?
2. Opíšte stavbu nefrónu.
3. V ktorej časti obličky sú uložené obličkové telieska?
4. Kde a akými procesmi sa tvorí moč?
5. V ktorej časti nefrónu prebieha proces spätnej resorpcie?
6. Akú funkciu má Henleho slučka?
7. Co nesmie obsahovať moč zdravého človeka?
8. Kde sa začínajú močové cesty?
9. Ktorý hormón ovplyvňuje spätnú resorpciu vody?

### 2.6.5. Koža (*cutis, derma*)

Je plošne najväčším orgánom, dosahuje až 1,6 — 2 m<sup>2</sup> u dospelého človeka. Koža má **ochrannú, imunitnú, termoregulačnú** a **vylučovaciu funkciu**, slúži aj ako **zmyslový orgán**.

Koža sa skladá z troch vrstiev (obr. 45):

- **pokožky** (*epidermis*),
- **zamše** (*corium*),
- **podkožného väziva** (*tela subcutanea*).



Obr. 45 Rez kožou

Na povrchu kože je **pokožka** (*epidermis*). Tvoria ju dve vrstvy. Hornú **zrohovatenú časť** tvoria odumreté bunky, ktoré sa odlupujú. Spodná **vrstva živých buniek** sa veľmi rýchlo delí a obnovuje vrchnú vrstvu. Pokožka obsahuje bunky s **kožným pigmentom melanínom**, ktorý spôsobuje sfarbenie kože, a s bielkovinou **keratínom**, ktorá je nepriepustná pre vodu. Pigment zachytáva ultrafialovú zložku slnečného žiarenia. Farbu kože podmieňuje aj hemoglobín a jeho rozpadové produkty a hrúbka pokožky. Pokožka nie je všade rovnako hrubá, najhrubšia je na dlaniach, stupajách a bruškách prstov.

- Na dľaňovej a stupajovej ploche a na bruškách prstov sú vyklenutia pokožky — **papilárne lišty**, ktoré vytvárajú rôzne kresby, tzv. **papilárne útvary** — **dermatoglyfické obrazce**. Majú veľkú individuálnu variabilitu (identifikačná hodnota) a sú dedične podmienené. Možno ich využívať pri určovaní sporného otcovstva.

Pod pokožkou je väzivová vrstva kože — **zamša** (*corium*). Hranica medzi pokožkou a zamšou nie je hladká, ale nachádzajú sa tam nepravidelnosti na oboch vrstvách, ktoré do seba tesne zapadajú. Vlnovite sa spájajú, čím sa dosahuje veľmi pevné, ale pružné spojenie. Zamša je bohato prestúpená **cievami** a **nervami**. Nachádzajú sa v nej aj početné **receptory**, ktoré umožňujú vnímanie bolesti, dotyku, tlaku, tepla a chladu. Nie sú rozložené rovnomerne. Zo zamše vyrastajú **vlasy** a **chlpy**, sú v nej **mazové** a **potné žľazy**. Mazové žľazy vyúsťujú do vlasovej a chlpacej pošvy, ich produkt **kožný maz** zvláčňuje kožu a vlasy, chráni ich pred vysychaním a pôsobením vody. Mazové žľazy chýbajú v koži dlaní a stupají.

Potné žľazy sú vo veľkom množstve na čele, dlaniach a stupajách. Celkovo je v koži asi 2 milióny nepravidelne rozložených potných žliaz.

Dospelý človek za 24 hodín vylúči asi 1 l potu. V dôsledku tvorby potu je koža vláčna a vlhká. Pot obsahuje asi 98 % vody, zvyšok tvoria NaCl, močovina, kreatinín, mastné kyseliny, kyselina mliečna a močová.

**Podkožné väzivo** tvorí väzivové a tukové tkanivo. Zabezpečuje tepelnú a mechanickú izoláciu a je energetickou zásobárňou organizmu.

Medzi **prídatné orgány kože** — **kožné deriváty** patria: vlasy, chlpy, nechty, kožné žľazy (potné, mazové) a mliečne žľazy.

**Vlasy** a **chlpy** sú dlhé, tenké, zrohovatené valcovité útvary, ktoré prerastajú nad povrch kože. Sú na celom povrchu tela, okrem dlaní, stupají, bočných plôch prstov, nechtov, pier, žaluďa, draždca a predsiene pošvy.

Hustota, hrúbka i dĺžka vlasov je individuálne variabilná. Prierez vlasov je rôznych. Vlas sa skladá z drene a kôry, ktorú tvoria zrohovatené bunky. Farbu vlasov spôsobujú pigmenty kôrovej vrstvy. Vzduchové bublinky spôsobujú sivú až bielu farbu vlasov.

**Nechty** sú zrohovatené platničky, ktorých voľný okraj prerastá koniec prsta. Medzi nechtom a kožou bruška prsta je podnehtie. Je bohato inervované, preto je veľmi citlivé. Nechty chránia končeky prstov a ako protiplocha pri tlaku na brušká prstov pôsobia ako pomocné orgány hmatového zmyslu.

## 2.6.6. Choroby kože

Medzi poruchy kože v puberte patrí **akné**. Zvýšená hormonálna aktivita najmä u chlapcov spôsobuje zväčšenie mazových žliaz a produkciu veľkého množstva mazu. Zrohovatené bunky upchávajú vývody mazových žliaz, dochádza k infekcii, vytvárajú sa mastné kyseliny, ktoré spolu s mazom spôsobujú zápal a vznikajú „uhry“. Ich vyláčaním a škrabaním sa infekcia rozširuje. Môže dochádzať i k jazveniu kože.

Úplné chýbanie kožného pigmentu melanínu — **albinizmus** je recesívne dedičné ochorenie kože, pri ktorom je organizmus zvlášť citlivý na slnečné žiarenie.

Pri nadmernom opaľovaní, keď je pokožka vystavená nadmernému ultrafialovému žiareniu, môže sa zvýšiť počet mutácií v bunkách a tým sa zvyšuje aj riziko vzniku **rakoviny kože**.

Úlohy:

1. Vymenujte funkcie kože.
2. Ktorý pigment ovplyvňuje farbu kože?
3. V ktorej vrstve kože sa nachádzajú receptory?
4. Koľko potu vylúči človek za 24 hodín?
5. Vymenujte prídatné orgány kože.
6. Čo a v ktorom období spôsobuje akné?

## 2.7. Riadiace a regulačné sústavy

Taký zložitý systém, akým je ľudské telo, vyžaduje na normálne fungovanie riadiaci systém, ktorý **koordinuje činnosť jednotlivých orgánov a ich funkcií**. Vzájomná súčinnosť celého organizmu je nevyhnutná pre samotnú existenciu jedinca a zachovanie homeostázy.

- **Pojem homeostáza** zaviedol **W. B. Cannon** (z gréčtiny
- **homoios** — **nemenný a stasis** — **stav**) na označenie

- stálosti vnútorného prostredia, ktoré je tvorené medzi-
- bunkovou tekutinou, krvou a ostatnými telovými tekutinami.

Správny priebeh látkovej výmeny v živom organizme, a teda aj v ľudskom tele, zabezpečujú dve riadiace sústavy:

- hormonálna,
- nervová.

Hormonálnu sústavu (látkový systém) tvoria žľazy s vnútorným vylučovaním – endokrinné žľazy, ktoré produkujú chemické zlúčeniny – hormóny a odovzdávajú ich priamo do krvi, ktorá ich rozvádza po celom tele. Hormonálna sústava je fylogeneticky – vývojovo staršia, nervová sústava je vývojovo mladšia a pre človeka má najdôležitejšiu úlohu. Obidve sústavy spolu súvisia a navzájom sa dopĺňajú.

Nervová sústava (reflexná) pracuje pomocou nervových impulzov, ktoré podávajú rýchle a presné informácie. V oboch prípadoch je odovzdávanie informácií zabezpečené chemickou cestou. Miesta najtesnejšieho vzájomného ovplyvňovania obidvoch sústav sú nadobličky a podmozgová žľaza – (hypofýza).

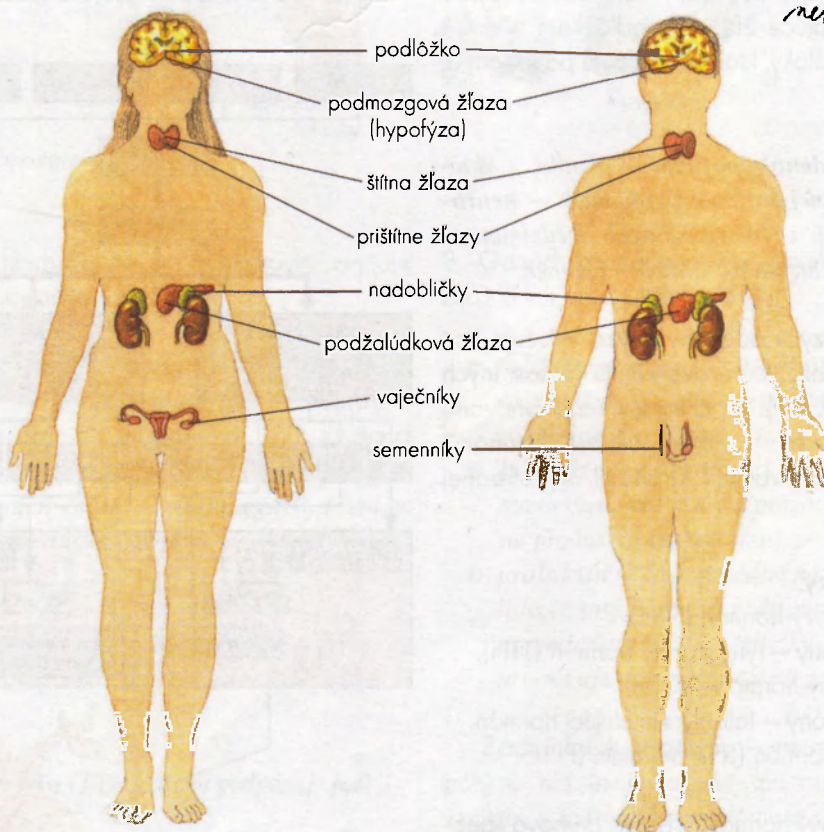
### 2.7.1. Hormonálna regulácia

Žľazy s vnútorným vylučovaním (sekréciou) odovzdávajú svoje sekrety – hormóny do krvi, do okolitých tkanív alebo do miazgy, či mozgovo-miechového moku. Hormóny sa produkujú buď v endokrinných žľazách, alebo tzv. tkanivové hormóny v žliazkach, ktoré majú inú funkciu (napr. obličky alebo tenké črevo či mozog).

Hormóny sú látky, ktoré majú špecifický biokatalytický účinok na niektoré orgány alebo tkanivá. Ich charakteristickou vlastnosťou je, že aj veľmi malé množstvo vyvoláva silnú reakciu. Pôsobia ako regulátory špecifických funkcií. Buď ich brzdia (inhibujú), alebo posilňujú (aktivujú). Krvou sa dostávajú do celého tela, ku všetkým bunkám, ale pôsobia len na tzv. cieľové bunky, ktoré sú schopné reagovať iba na určitý hormón. Základný princíp hormonálnych regulácií je charakterizovaný ako spätná väzba.

- Spočíva v tom, že bunková odpoveď súčasne ovplyvňuje podnet, ktorý túto odpoveď vyvolal, a hormón spätne ovplyvňuje činnosť endokrinné žľazy tak, aby hladina hormónu bola stála.

*Hormonálna – je staršia ako nervná, je prímala*



Obr. 46 Žľazy hormonálnej sústavy

Hormóny väčšinou nie sú druhovo špecifické ani v účinku, ani v chemickom zložení. Preto sa môžu používať pri liečbe človeka aj hormóny stavovcov. V súčasnosti sa génové inžinierstvo zameriava na výrobu týchto látok pomocou genetických manipulácií.

Žľazy s vnútorným vylučovaním sú (obr. 46):

- podmozgová žľaza (hypofýza),
- suškovité teliesko (epifýza),
- štítna žľaza,
- prištítné žľazy,
- nadoblička,
- Langerhansove ostrovčeky v podžalúdkovej žľaze,
- pohlavné žľazy a dočasne tiež placenta.

### Podmozgová žľaza (hypofýza)

Je centrom hormonálnej regulácie. Jej hormóny riadia a ovplyvňujú iné žľazy s vnútorným vylučovaním (napr. štítna žľaza, nadobličky).

Podmozgová žľaza má fazuľovitý tvar. Je uložená pod podlôžkom (hypothalamus) v medzimizgu (obr. 47). S medzimizgom je spojená stopkou, v ktorej sa nachádzajú nervové vlákna spájajúce žľazu s podlôžkom. Vlastná žľaza je rozdelená na laloky, ktoré sa odlišujú pôvodom aj funkciou (obr. 48).

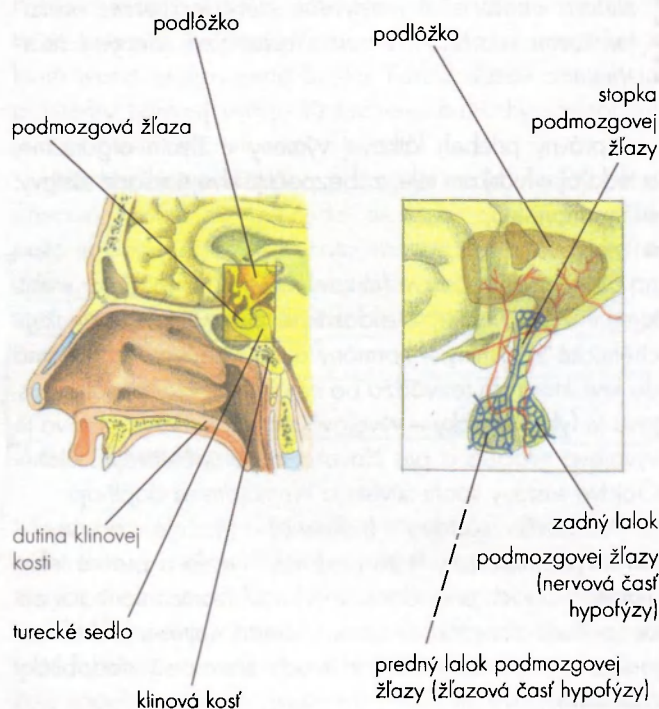
- Predný lalok – **adenohypofýza** – vzniká z ekto-
- dermy primitívnej ústnej dutiny a zadný lalok – **neuro-**
- **hypofýza** – vzniká z embryonálneho medzimizgu.
- Stredný lalok tvorí u človeka iba niekoľko dutiniek.

Predný lalok hypofýzy – adenohypofýza vylučuje hormóny bielkovinovej povahy, ktoré ovplyvňujú činnosť iných endokrinných žliaz (obr. 49). Jej činnosť je ovplyvňovaná podlôžkom, v ktorom sa tvoria regulačné hormóny. Podlôžko je riadené nervovými dráhami z ústrednej nervovej sústavy.

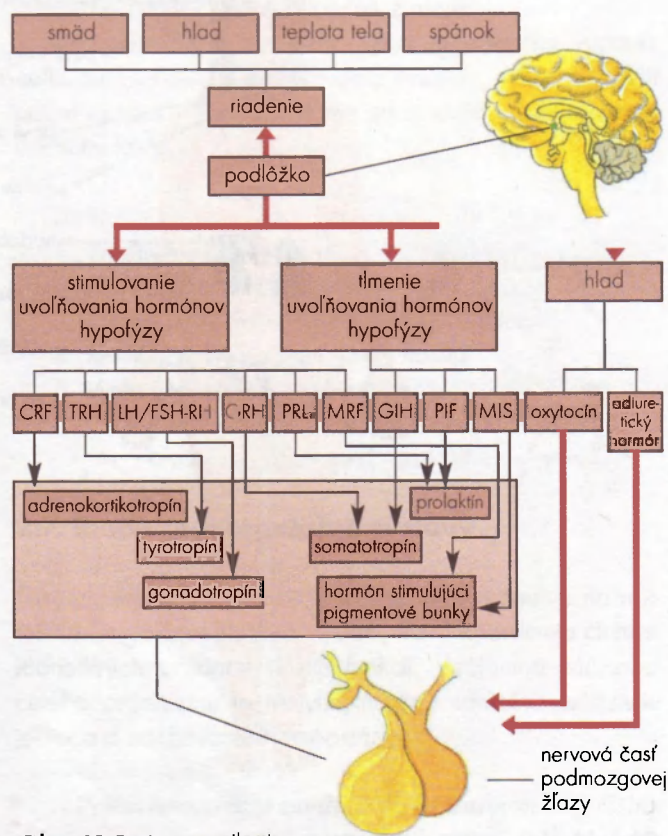
Hormóny adenohypofýzy:

- somatotropný – rastový hormón (STH),
- glandotropné hormóny – tyreotropný hormón (TTH), a adrenokortikotropný hormón (ACTH),
- gonadotropné hormóny – folikuly stimulujúci hormón, (FSH), luteinizačný hormón (LH), prolaktín (PRL).

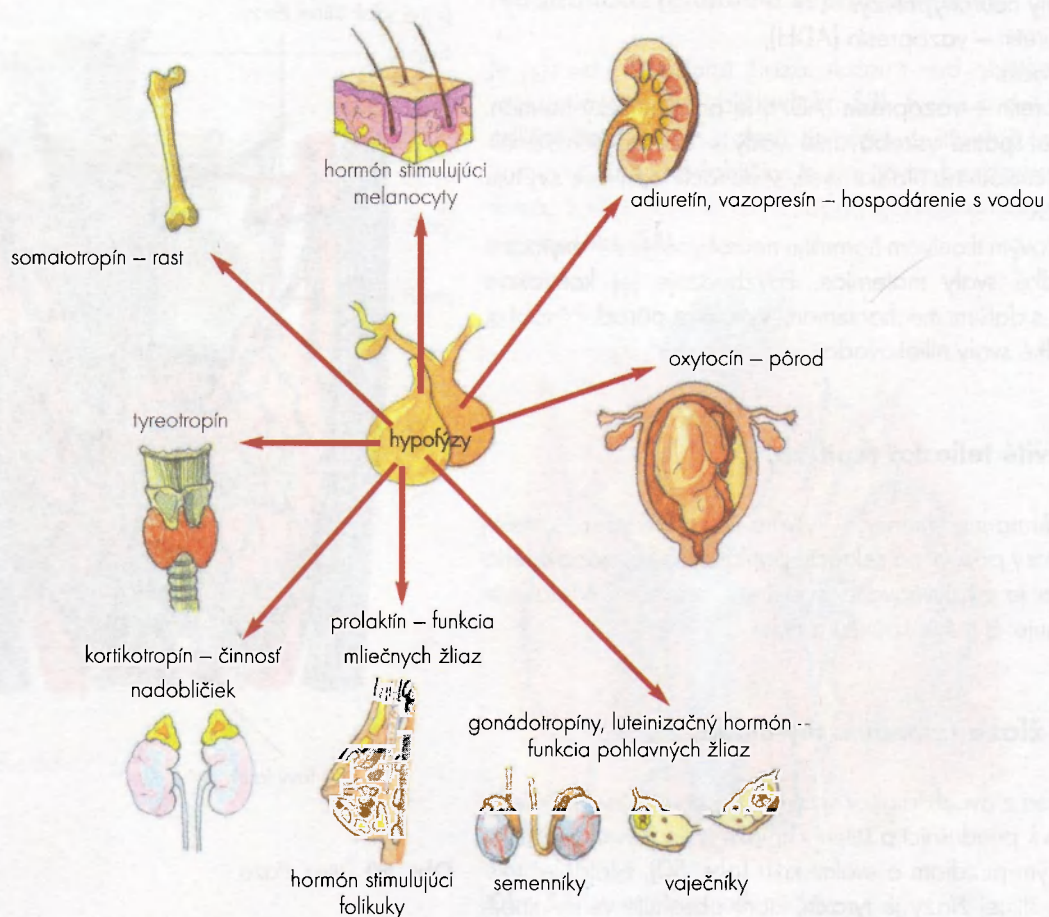
1. Somatotropný – rastový hormón (STH) je druhovo špecifický. Jeho koncentrácia v priebehu života klesá. Podporuje produkciu RNA (ribonukleovej kyseliny) a tým syntézu



Obr. 47 Podlôžko a podmozgová žľaza



Obr. 48 Funkcie podlôžka



Obr. 49 Hormóny podmozgovej žľazy

bielkovín. Podporuje tvorbu a transport bielkovín, zvyšuje látkovú premenu a podporuje rast.

- **Nadbytok rastového hormónu v mladosti spôsobuje nadmerný vzrast – gigantizmus, jeho nedostatok naopak trpasličí vzrast – nanizmus.** Ak k zvýšenej produkcii STH dôjde v puberte, dochádza k **neproporčnému rastu vrcholových častí – akromegálii**, ktorá sa prejavuje rastom nosa, nadočnicových oblúkov a koncov prstov.

2. **Glandotropné hormóny** – pôsobia stimulačne na podriadené endokrinné žľazy.

Najznámejšie sú:

- **tyreotropný hormón (TTH)**, ktorý podporuje rast a činnosť štítnej žľazy,
- **adrenokortikotropný hormón (ACTH)**, ktorý podnecuje tvorbu hormónov v nadobličkách.

3. **Gonádotropné hormóny** stimulujú činnosť pohlavných žliaz a ich hormonálnu aktivitu.

- **folikuly stimulujúci hormón (FSH)** pôsobí na dozrievanie folikulov vo vaječníkoch žien a u mužov podporuje spermiogézu,
- **luteinizačný hormón (LH)** u ženy urýchľuje dozrievanie vajíčka a u mužov pôsobí tlmivo na produkciu testosterónu,
- **prolaktín (PRL)**; pôvodne nazývaný ako luteotropný hormón) podnecuje spolu s LH produkciu progesterónu v žltom teliesku. Na konci gravidity pripravuje mliečne žľazy na produkciu mlieka.

**Zadný lalok hypofýzy – neurohypofýza** – neurohypofýza nie je skutočnou žľazou, pretože jej hormóny vznikajú v jadrách hypotalamu a do neurohypofýzy sú len transportované.



### Hormóny neurohypofýzy:

- **adiuretín – vazopresín (ADH),**
- **oxytocín.**

**Adiuretín – vazopresín (ADH)** je antidiuretický hormón. Reguluje **spätne vstrebávanie vody** v obličkových kanálikoch. Účinkom na hladké svaly v stenách tepničiek zvyšuje krvný tlak.

Cieľovým tkanivom hormónu neurohypofýzy – **oxytocínu** sú hladké svaly **maternice**. Povzbudzuje jej **kontrakcie** a spolu s ďalšími mechanizmami **vyvoláva pôrod**. Pôsobí aj na hladké svaly mliekovodov.

### Suškovité teliesko (epifýza)

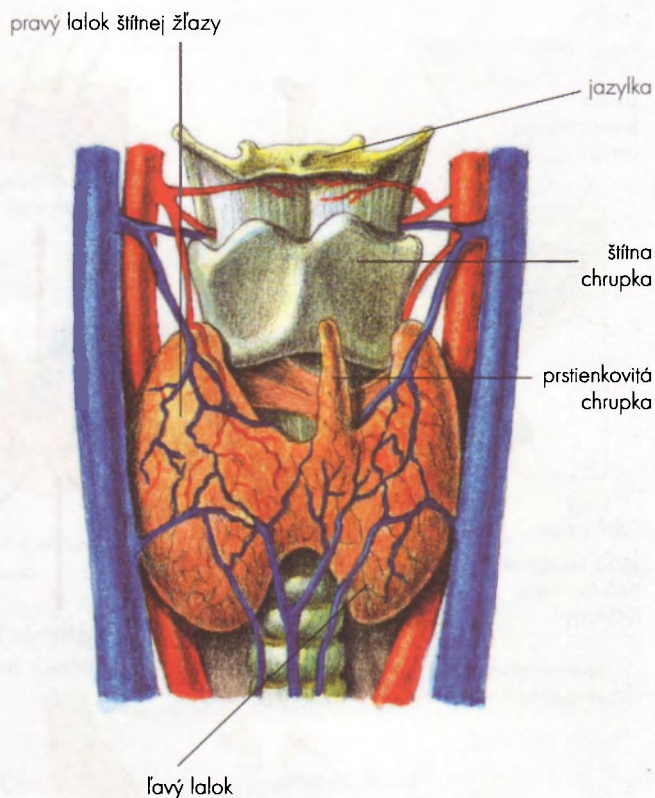
Je vzadu na medzmozgu. Vytvára sa v ňom hormón **melatonin**, ktorý pôsobí na **sekréciu pohlavných hormónov**. Jeho sekrécia je ovplyvňovaná svetelným režimom. Melatonin ovplyvňuje aj režim spánku a bdenia.

### Štítna žľaza (glandula thyroidea)

Skladá sa z dvoch lalokov spojených úzkym pásom. Prilieha zo strán k priedušnici a štítnej chrupke a na povrchu je krytá väzivovým puzdrom a svalmi krku (obr. 50). Najdôležitejší hormón štítnej žľazy je **tyroxín**, ktorý obsahuje veľké množstvo jódu. **Tyroxín** tvorí vyše 90 % hormonálnej produkcie štítnej žľazy. Zvyšuje metabolizmus a podporuje rast.

Hormóny štítnej žľazy zvyšujú syntézu bielkovín. Sú nevyhnutnou podmienkou na normálny rast do výšky, normálny vývin základov orgánov, najmä kostí a mozgu. Udržávajú v normálnych hraniciach **bazálny metabolizmus a hospodárenie s vodou**. Zvyšujú **využívanie kyslíka tkanivami** a **podporujú tvorbu tepla**. Pri nedostatku hormónov štítnej žľazy sa zastavuje rast kostí do dĺžky, rozvoj svalov a mozgu.

- *V oblastiach, kde je nedostatok jódu vo vode a potrave,*
- *majú obyvatelia zníženú produkciu hormónov štítnej žľazy. Sú to najmä oblasti, kde je voda ľadovcového pôvodu, alebo oblasti so sopečnou činnosťou. Nedostatok jódu vedie k **hypotyreóze**, nedostatku hormónov štítnej žľazy.*
- *Organizmus na to reaguje zväčšením štítnej žľazy a tak vzniká **struma**. Nedostatok hormónov štítnej žľazy v detstve sa prejavuje ako **kretenizmus**. Je charakterizovaný zníženým metabolizmom, spavosťou, únnavou a zmenami na koži. Predovšetkým je to ale malý vzrast a ťažké poškodenie intelektu. V minulosti boli oblasti zásobované*

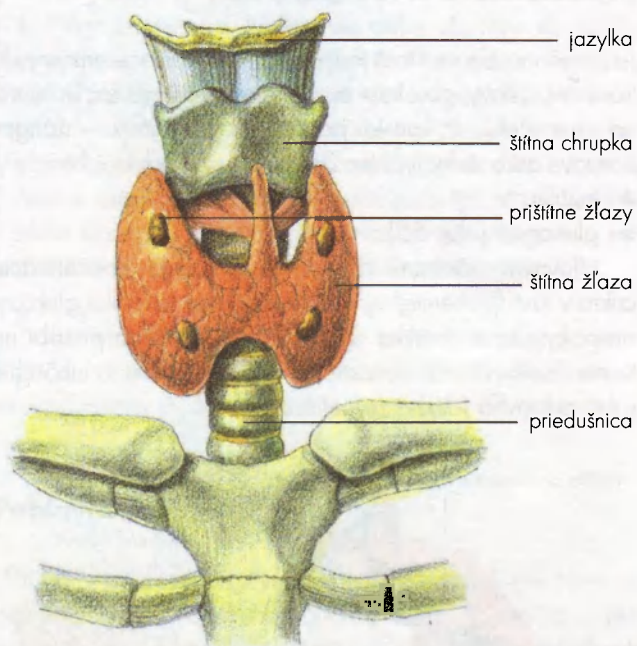


Obr. 50 Štítna žľaza

- *vodou ľadovcového pôvodu charakteristické vysokým*
- *výskytom kretenizmu. V súčasnosti sa tento jav*
- *odstránil tým, že sa do kuchynskej soli pridáva jód.*
- *Opačný stav, kedy nastáva nadprodukcia hormónov*
- *štítnej žľazy – **hypertyreóza** – vyvoláva stav nazývaný **Basedowova choroba**. Prejavuje sa zvýšeným*
- *metabolizmom, zvýšenou dráždivosťou a zrýchlením*
- *srdcovej činnosti. Pacienti s Basedowovou chorobou sú*
- *nepokojní, chudí a majú výrazne vystupujúce oči.*

### Prištítna telieska (glandulae parathyroideae)

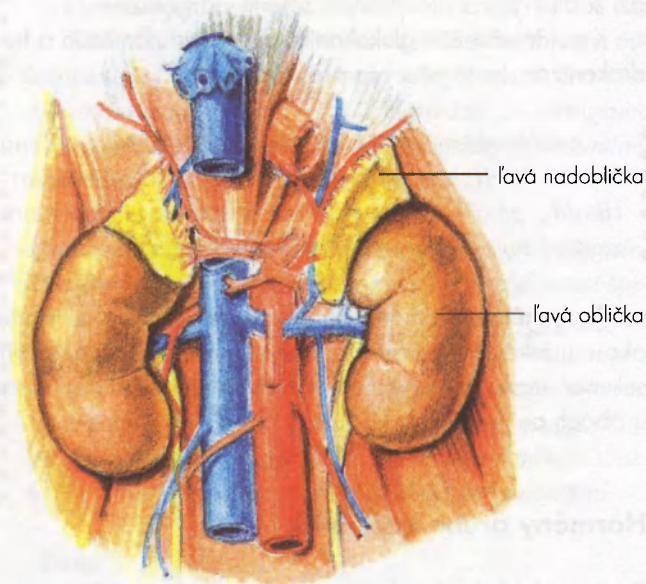
Sú štyri drobné telieska umiestnené na póloch štítnej žľazy na jej zadnej ploche (obr. 51). Produkujú hormón **parathormón**, ktorý pôsobí na obsah vápnika v krvi. Spolu s vitamínom D, ktorý riadi obsah fosforu, regulujú tvorbu kostného tkaniva. Pri nedostatku parathormónu sa zvýši nervosvalová dráždivosť tak, že dochádza k **tetanic-kým kŕčom**, ktoré môžu končiť smrťou (obr. 52).



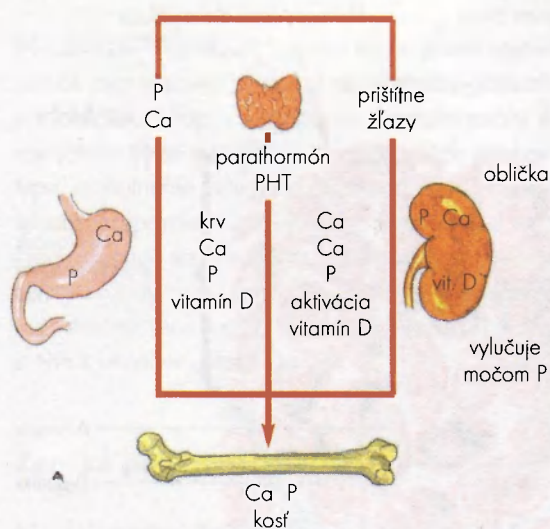
Obr. 51 Prištítné telieska

### Nadoblička (*glandula suprarenalis*)

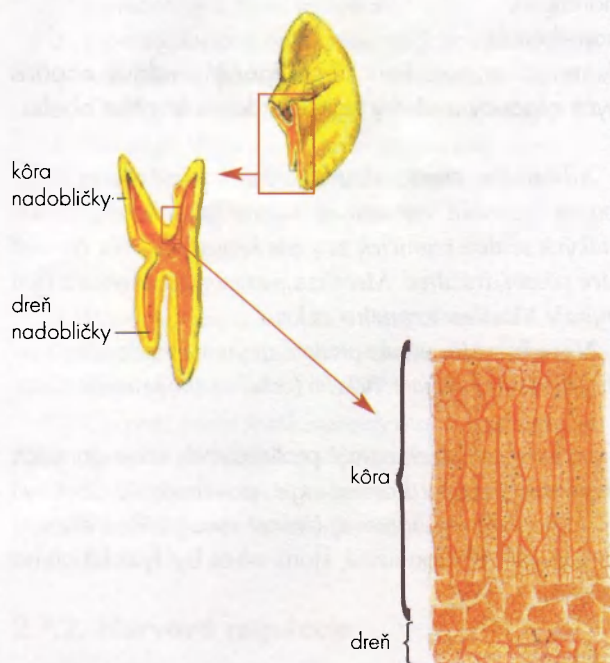
Je párová endokrinná žľaza uložená nad obličkami pod väzivovým obalom obličky (obr. 53). Tvoria ju dve funkčne odlišné časti – kôra a dreň. Každá z častí vylučuje vlastné hormóny. Kôra nadobličky je pre život bezpodmienečne nutná, funkciu drene sú schopné čiastočne nahradiť iné orgány (obr. 54).



Obr. 53 Umiestnenie nadobličiek



Obr. 52 Činnosť prištítných teliesok (P – fosfor, Ca – vápnik)



Obr. 54 Rez nadobličkou

## Hormóny kôry nadobličky

Súborne sa nazývajú kortikosteroidy a delíme ich do troch skupín:

- mineralokortikoidy,
- glukokortikoidy,
- androgenné hormóny.

Úlohou mineralokortikoidov je udržiavať rovnováhu medzi sodíkovými a draslíkovými solami v organizme.

K najdôležitejším glukokortikoidom patria kortizón a hydrokortizón, ktoré pôsobia protizápalovo.

- Každé zvýšené zaťaženie — stres — vyvoláva zvýšenú tvorbu kortizolu potrebného na adaptáciu. Glukokortikoidy pôsobia aj na hladinu krvného cukru, ktorú zvyšujú tým, že podnecujú premenu bielkovín na cukry.

Androgénne hormóny sú látky s podobnými účinkami ako mužské pohlavné hormóny a pôsobia na vývin sekundárnych pohlavných znakov mužského typu. Tvoria sa u oboch pohlaví.

## Hormóny drene nadobličky

Dreň nadobličky je vlastne premenené nervové tkanivo a jej hormóny sú:

- adrenalín,
- noradrenalín.

Adrenalín a noradrenalín podporujú svalové napätie rôznych orgánov a všetky funkcie srdca a krvného obehu.

- *Adrenalín, okrem už uvedených funkcií pôsobí vzrušivo na ústrednú nervovú sústavu a zvyšovaním stáhov hladkých svalov tepničiek zvyšuje krvný tlak. Na činnosť srdca pôsobí dráždivo. Mobilizuje zásoby glykogénu a tým zvyšuje hladinu krvného cukru.*

- *Noradrenalín pôsobí predovšetkým na zvyšovanie systolického (stáh) aj diastolického (ochabnutie) krvného tlaku.*

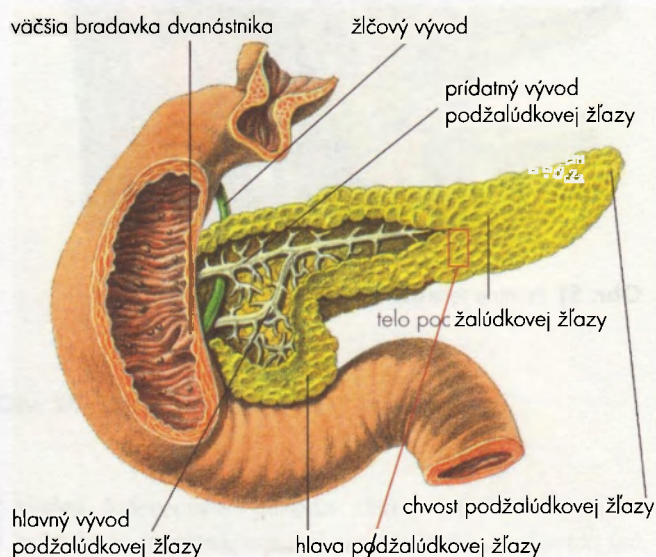
Tieto hormóny sa nazývajú protistresové, čo je dané ich účinkami: mobilizujú zdroje energie, povzbudzujú obehovú sústavu, zlepšujú dýchanie aj činnosť mozgu. Pod stresom rozumieme záťaž organizmu, ktorá môže byť fyzická alebo psychická.

## Podžalúdková žľaza (pankreas)

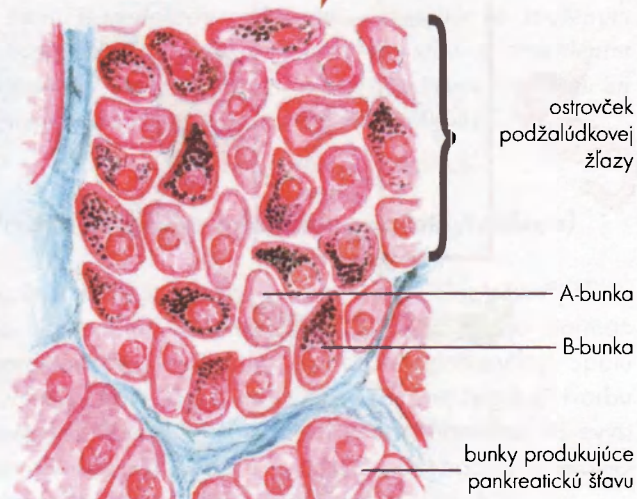
Je zmiešaná žľaza, ktorá jednak vylučuje tráviace enzýmy do tráviacej sústavy, obsahuje aj zvláštne zhluky buniek, ktoré tvoria ostrovčeky v tkanive podžalúdkovej žľazy — **Langerhansove ostrovčeky** (*insulae Langerhansi*) produkujú hormóny:

- inzulín,
- glukagón (obr. 55).

Hlavným účinkom inzulínu je zníženie koncentrácie cukru v krvi (*glykémie*) vyvolané zvýšením prieniku glukózy, aminokyselín a draslíka do buniek. Stimulujúco pôsobí na tvorbu bielkovín. Pri nízkom vylučovaní inzulínu vzniká choroba cukrovka (*diabetes mellitus*).



Obr. 55a Podžalúdková žľaza



Obr. 55b Činnosť podžalúdkovej žľazy

- **Prejavom je hyperglykémia** – zvýšenie hladiny
- **krvného cukru, pri ktorom sa cukor dostáva do moču,**
- **zvyšuje sa štiepenie tukov spojené s poruchami využitia**
- **mastných kyselín a aminokyselín. Na regulácii sekrécie in-**
- **zulínu sa podieľajú aj nervové vplyvy. Tendencia k hyper-**
- **glykémii je geneticky ovplyvňovaná. Lieči sa diétou a podľa**
- **typu a stupňa ochorenia tiež podávaním špeciálnych liekov**
- **alebo inzulínu. Cukrovka je rizikovým faktorom pre**
- **vznik srdcovo-cievnych ochorení, ale aj obezity.**

Hlavným účinkom **glukagónu** je štiepenie glykogénu v pečeni a tvorba glukózy z aminokyselín. Zvýšená sekrécia glukagónu môže viesť k zhoršeniu cukrovky.

## Pohlavné žľazy

Hormóny pohlavných žliaz nie sú nevyhnutné pre život jedinca, slúžia však na **zachovanie druhu**. Tvorja sa v pohlavných žľazách – v **semenníkoch (testes)** a **vaječníkoch (ovaria)**. **Mužské** pohlavné hormóny sú **androgény**, **ženské** pohlavné hormóny sú **estrogény** a **gestagény**. Obidve pohlavia tvoria mužské aj ženské hormóny, ale v odlišných množstvách a koncentráciách. Okrem hlavnej funkcie regulácie pohlavných funkcií sa podieľajú aj na zvyšovaní syntézy bielkovín.

## Mužské pohlavné hormóny

Najdôležitejší pohlavný hormón muža je **testosterón**. Podobný účinok ako testosterón má aj **androsterón** a **androgény kôry nadobličiek**. Majú v organizme **maskulinizačný účinok** čiže spôsobujú **vývin sekundárnych pohlavných znakov mužského typu**, mohutnenie svalov, rozširovanie pliec a typicky mužské telesné proporcie a znaky (ochlpenie, zmena hlasu a pod.). Pred pubertou sa prudko zvýši produkcia testosterónu, čo spôsobuje rýchly rast vlastných pohlavných orgánov. Zvýšenie testosterónu však vedie aj k uzatvoreniu epifýzových štrbín a tým k ukončeniu rastu do výšky.

## Ženské pohlavné hormóny

Najdôležitejšie ženské pohlavné hormóny sú **estrogény (estradiol a estrón)** a hormón žltého telieska **gestagén – progesterón**. Tvorja sa prevažne vo vaječníkoch, počas tehotenstva v **placente** a v malej miere aj v **kôre nadobličiek**. Ich produkcia závisí od veku a štádia

menštruačného cyklu. Estrogény vplyvajú aj na **vývin mliečnych žliaz, vznik ženských foriem tela a typicky ženské rozloženie tuku**. Najdôležitejším gestagénom je **progesterón**. Tvorí sa v žltom teliesku, v kôre nadobličiek a v placente. Najvyššia koncentrácia progesterónu v krvi je ku koncu menštruačného cyklu a ku koncu tehotenstva. Bráni dozrievaniu Graafových folikulov.

### Hormóny placenty

**Placenta funguje aj ako dočasná žľaza s vnútorným vylučovaním. Od konca 3. mesiaca tehotenstva začína produkovať hormón, ktorý zvyšuje produkciu estrogénov a progesterónu vo vaječníkoch, maximum hormonálnej produkcie dosahuje v 16. týždni.**

### Tkanivové hormóny

**Do skupiny tkanivových hormónov zaradujeme chemicky veľmi rôznorodé látky, ktoré nie sú produkované špecializovanými žľazami, ale niektorými bunkami, prípadne tkanivami. Niektoré tkanivové hormóny produkujú bunky tráviacej sústavy (napr. sekretín) a odtiaľ sa dostávajú krvou k cieľovým orgánom. Iné vznikajú priamo na mieste účinku. Impulzy na sekréciu týchto hormónov vznikajú zmenou hodnôt látkovej premeny a elektrickými impulzmi.**

Úlohy:

1. Ktorý riadiaci systém je vývojovo starší?
2. Ktoré orgány sú miestom najväčšieho ovplyvňovania hormonálnej a nervovej sústavy?
3. Prostredníctvom ktorých sústav orgánov sú hormóny rozvádzané do celého tela – na miesto svojho účinku?
4. Čo je základným princípom endokrinnnej regulácie?
5. Vymenujte žľazy s vnútorným vylučovaním.
6. Ktorá žľaza je centrom hormonálnej regulácie?
7. Charakterizujte funkciu hormónov:
  - a) adenohipofýzy,
  - b) neurohipofýzy.
8. Vysvetlite funkciu hormónov štítnej žľazy.
9. Prečo sa adrenalin a noradrenalin nazývajú protistresové hormóny?
10. Čo patrí medzi kortikosteroidy a akú majú funkciu?
11. Vysvetlite endokrinnú činnosť pankreasu.
12. Čo je príčinou cukrovky a ako jej možno predchádzať?
13. Vysvetlite funkciu pohlavných hormónov.

## 2.7.2. Nervová regulácia

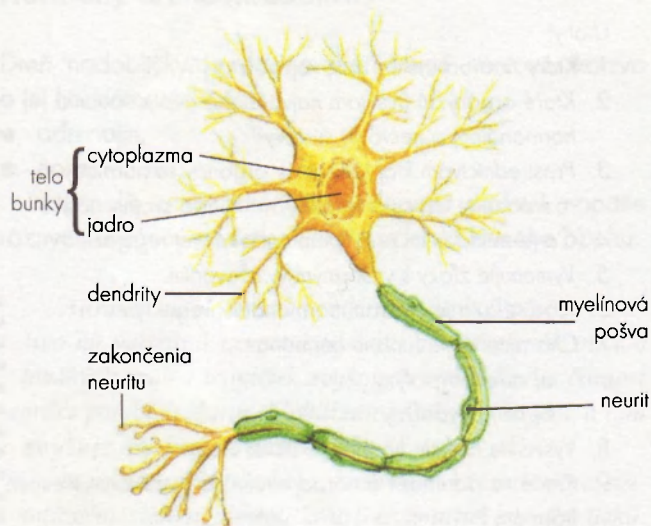
Jej základnou funkciou je **rýchly a presný prenos informácií z receptorov do centra, kde sú spracúvané, a vysielanie**

nových signálov do výkonných orgánov – efektorov, ktorými sú svaly alebo žľazy. Prenášané informácie – vzruchy – sú kódom nervovej sústavy.

Základnou funkčnou aj anatomicou jednotkou nervovej sústavy je neurón (ktorého štruktúru opísal v roku 1835 český fyziológ J. E. Purkyně). Neurón je schopný prijímať signály, vytvárať na tieto podnety odpovede a prenášať ich z jedného neurónu na druhý. Neurón je vysoko špecializovaná bunka zablokovaná v  $G_0$  fáze bunkového cyklu.

### Stavba neurónu

Podstatnú časť neurónu tvorí telo, v ktorom je jadro, jadierko, cytoplazma a všetky organely typické pre živočíšnu bunku. Neurón má dva druhy výbežkov. Krátke, početné a rozvetvené výbežky sú **dendrity**. Zabezpečujú vedenie vzruchov do tela neurónu (senzitivné vzruchy). **Neurit** (axón) je jeden dlhý výbežok, vedie vzruch z tela neurónu (motorické vzruchy). Je obalený **myelínovou pošvou**. Od jej hrúbky závisí rýchlosť vedenia vzruchov (obr. 56).



Obr. 56 Štruktúra neurónu

V okolí neurónov sú **gliové bunky** – neuroglia. Majú podpornú a vyživovaciu funkciu. Sú (na rozdiel od neurónov) schopné deliť sa po celý život a nahrádzajú zaniknuté neuróny.

### Prenos nervových vzruchov

Zapojenia – synapsie zabezpečujú prenos nervových vzruchov. Sú to všetky funkčné kontakty medzi membránami dvoch buniek, z ktorých aspoň jedna je neurón. Prostredníctvom týchto kontaktov je sprostredkovaný prenos nervových vzruchov. K prenosu vzruchu dochádza väčšinou z neuritu jedného neurónu na dendrit nasledujúceho. Na jednu nervovú bunku môže byť napojených niekoľko desiatok až tisícov zapojení.

- Niektoré z nich pôsobia tlmivo, iné povzbudivo. Na synapsiách prebiehajú procesy vzájomného ovplyvňovania veľkého množstva vzruchov, čím dochádza k vlastnému spracovaniu informácie (odhaduje sa, že v ľudskom mozgu sa nachádza  $40 \cdot 10^9$  neurónov, ale počet synapsií sa odhaduje na  $10^{14}$ ).

U človeka je synaptický prenos sprostredkovaný prevažne **chemickou cestou**, prostredníctvom **prenášačov** – mediátorov. Podobný princíp sa podieľa aj na prenose nervového impulzu z neurónového vlákna na svalové vlákno nervosvalovou platničkou. Najdôležitejšie **prenášače** sú noradrenalín, acetylcholín.

- Funkčným prejavom činnosti neurónu je predovšetkým vzruch, funkčnou jednotkou nervovej sústavy je reflex. Vzruch vzniká podráždením membrány neurónu (chemickým alebo elektrickým podnetom). Za normálnych podmienok nervový vzruch vzniká v oblasti začiatku neuritu a vzruchy sú vedené po nervovom vlákne jedným smerom, väčšinou odstredivo. Reflex je odpoveď organizmu na dráždenie receptorov, sprostredkovaná ústrednou nervovou sústavou.

O okolitom svete, o zmenách vonkajšieho aj vnútorného prostredia sme informovaní prostredníctvom receptorov a dostredivej časti reflexného oblúka.

**Caľký reflexný oblúk sa skladá z piatich základných častí:**

- receptor,
- dostredivá dráha,
- centrum,
- odstredivá dráha,
- výkonný orgán – efektor.

Jestvujú však aj veľmi zložité reflexy. Každý reflexný dej je už počas priebehu kontrolovaný princípom spätnej väzby na základe informácií z efektoru, ktorým môže byť sval alebo žľaza. Táto spätňoväzbová kontrola spresňuje reflexný dej a prispieva k jeho koordinácii.

## Stavba nervovej sústavy

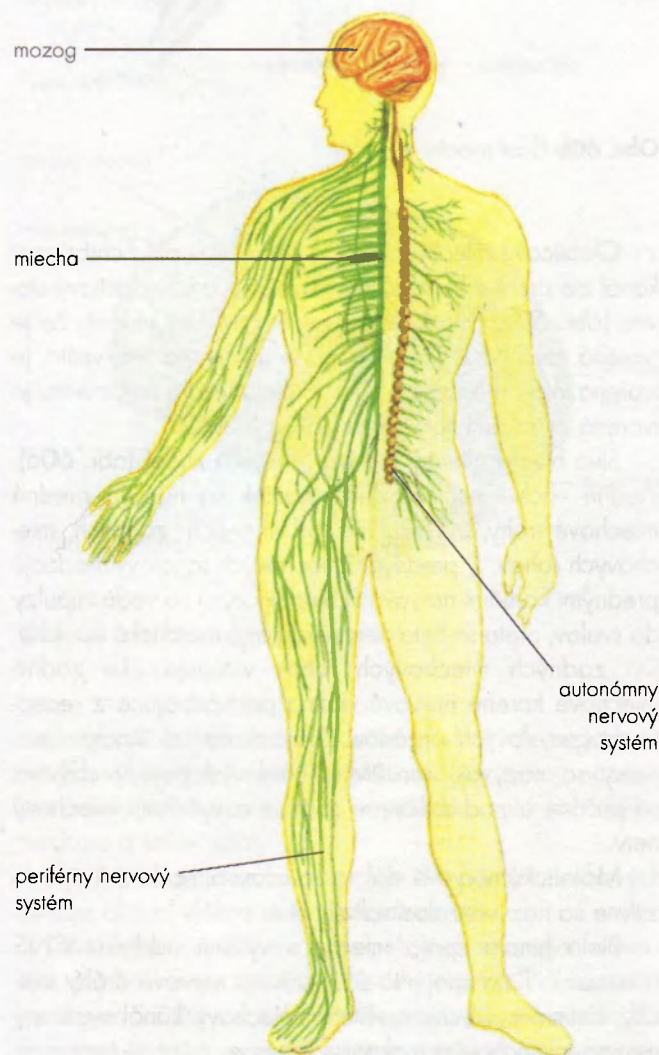
Nervová sústava má dve časti:

- **ústredná nervová sústava (CNS)** – chrbticová miecha a mozog,
- **obvodové** – periférne nervy.

Výkonné funkcie nervovej sústavy sa rozdeľujú na:

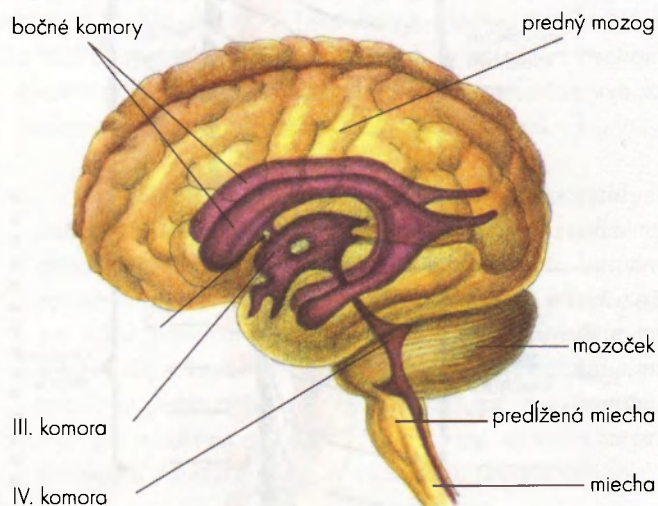
- **somatické** – riadenie činnosti kostrových svalov,
- **autonómne – vegetatívne** – riadenie činnosti vnútorných orgánov.

Na periférii tela sú oba systémy anatomicky aj funkčne oddelené, ale v ústrednej nervovej sústave sú tesne prepojené (obr. 57).

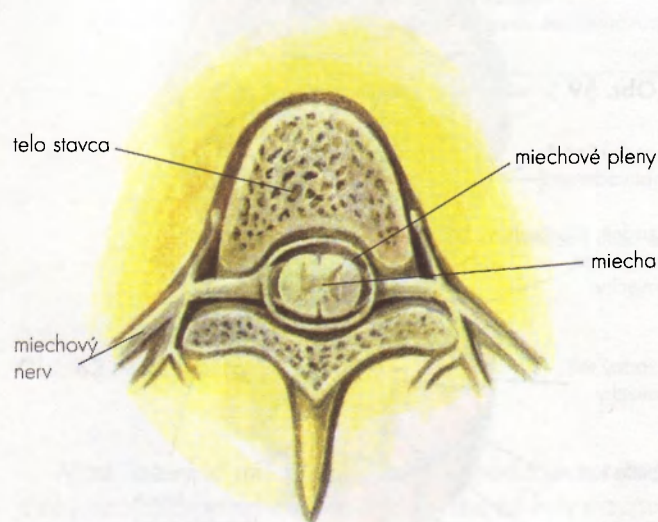


Obr. 57 Zložky nervovej sústavy

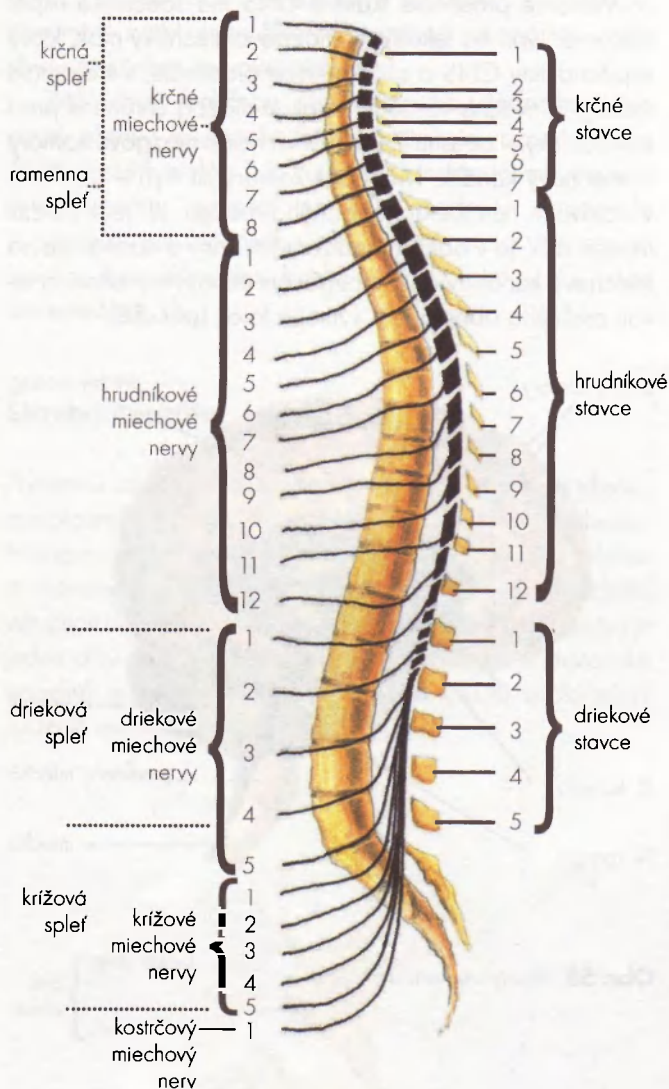
Vnútorné prostredie tkaniva CNS má špecifické usporiadanie. Tvorí ho **tekutina – mozgovomiechový mok**, ktorý vyplňa dutiny CNS a súčasne tvorí prostredie, v ktorom sa mozog aj miecha vznášajú a tak je mozog chránený pred mechanickými otrasmi. Dutiny CNS tvoria **mozgové komory** a **miechový kanálik**. Mozgové komory sú štyri – I. a II. sú v oboch hemisférach predného mozgu, III. je v medzi-mozgu a IV. je v oblasti predĺženej miechy a nadväzuje na miechový kanál. Medzi mozgovomiechovým mokom a krvou prebieha obojstranná výmena látok (obr. 58).



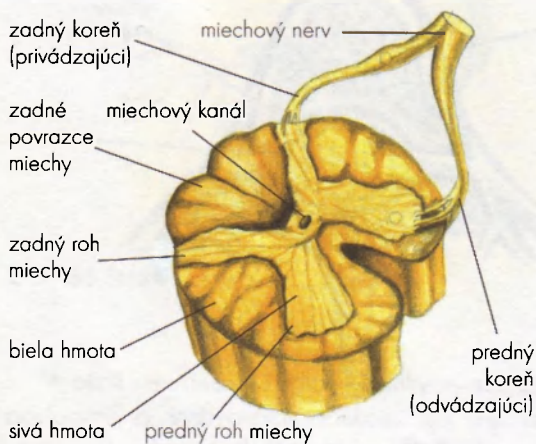
Obr. 58 Mozgové komory



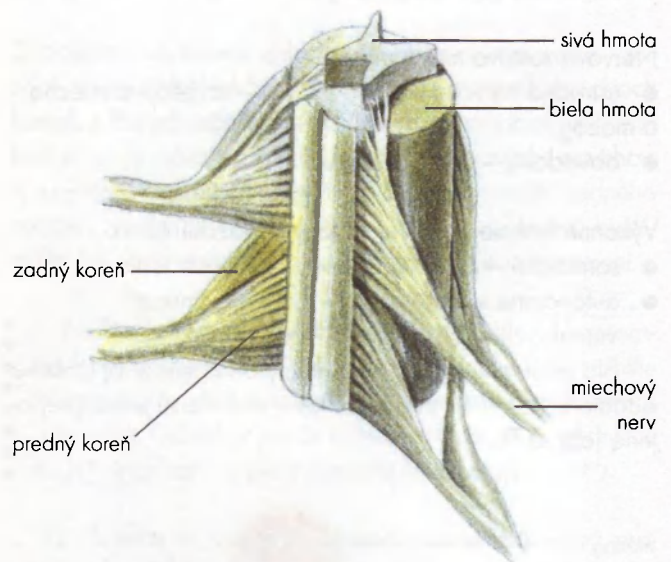
Obr. 59a Rez chrbticou a miechou



Obr. 59 Schéma miechových nervov



Obr. 60a Schéma miechy



Obr. 60b Časť miechy

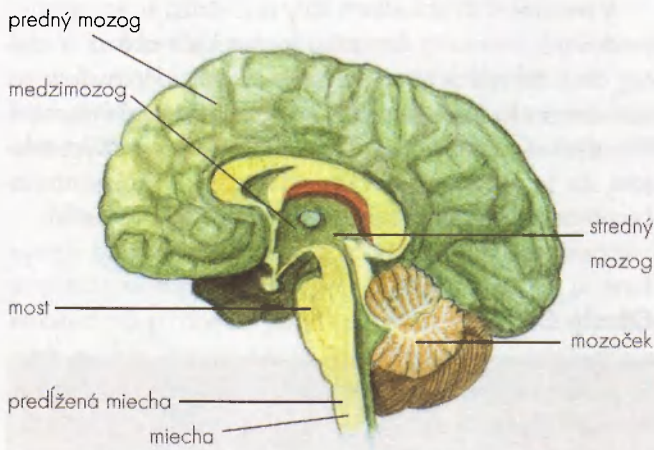
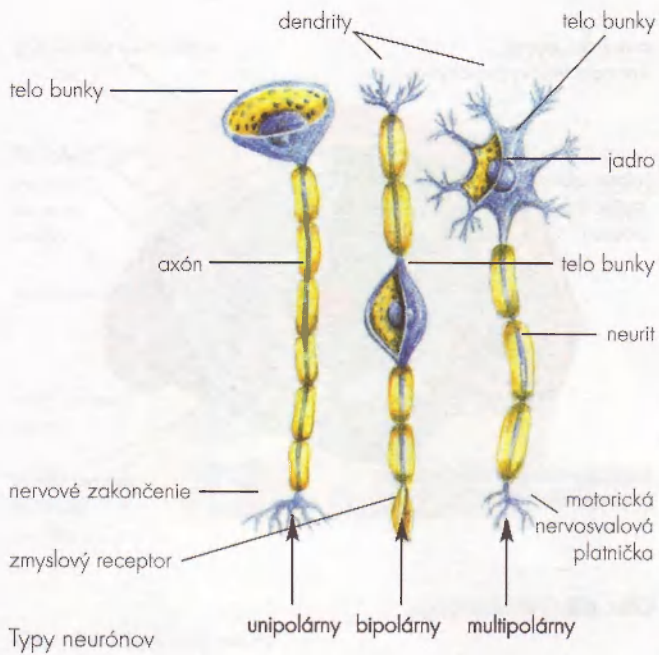
Chrbticová miecha (*medulla spinalis*) vyplňa chrbticový kanál od prvého krčného stavca až po druhý driekový stavce (obr. 59b). Na priečnom reze miechou vidíme, že je tvorená dvoma typmi tkaniva. **Sivá hmota** vo vnútri je tvorená telami nervových buniek, **biela hmota** na povrchu je tvorená zväzkami nervových vlákien (obr. 60).

Sivá hmota miechy má tvar motýľích krídel (obr. 60a). Predné väčšie nahromadenie buniek sa nazýva **predné miechové rohy**, na rozdiel od menších **zadných miechových rohov**. Z predných miechových rohov vychádzajú **prednými koreňmi** nervové vlákna, ktorými sa **vedú impulzy do svalov**, preto sa tieto nervy nazývajú **motorické** – hybné. Do **zadných miechových rohov** vstupujú ako **zadné miechové korene** nervové vlákna prichádzajúce z **receptorov** (zmyslových orgánov, kože, svalov a šliach). Tieto nervy sa nazývajú **senzitívne**. Pred výstupom z chrbtice sa predné a zadné korene spájajú a vytvárajú **miechový nerv**.

**Motorické** nervové vlákna sa nazývajú **odstredivé**, **senzitívne** sa nazývajú **dostredivé**.

**Biela hmota** spája miechu s vyššími oddielmi CNS a naopak. Tieto spojenia sa nazývajú **nervové dráhy miechy**. Stredom miechy prebieha **miechový kanál** vyplnený **mozgomiechovým mokom** – likvorom.

Miechovými dráhami sa do vyšších oddielov CNS dostanú vzruchy z receptorov a naopak z vyšších oddielov sa prostredníctvom miechy dostanú impulzy až k výkonným.



Obr. 61 Pozdĺžny rez mozgom

mu orgánu. Sú tu uložené centrá niektorých **nepodmiernených výkonných funkcií** (kontrola napätia svalov, napätia stien ciev, vylučovanie potu, vyprázdňovanie močového mechúra a konečníka).

Z chrbtice miechy vystupuje **31 párov miechových nervov**, ako aj **vlákná autonómnych nervov**.

**Mozog** (*encephalon, cerebrum*) je zložitý orgán s vysokým stupňom organizovanosti. Ľudský mozog má hmotnosť v priemere 1 300 g, z čoho väčšinu tvorí vývojovo **najmladšia mozgová štruktúra – predný mozog**, najmä jeho sivá hmota.

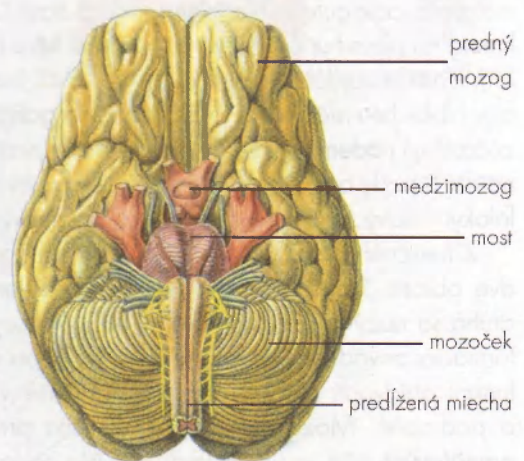
**Mozog je tvorený niekoľkými oddielmi (obr. 61, obr. 62):**

- predĺžená miecha,

- most,
- mozoček,
- stredný mozog,
- medzimizog,
- predný mozog.

**Predĺžená miecha** (*medulla oblongata*) je priamym pokračovaním chrbtice miechy, od ktorej sa odlišuje tým, že sivá hmota je tu na povrchu a biela vnútri. Prechádzajú cez ňu dostredivé aj odstredivé nervové dráhy. Z týchto nervových vlákien sú pre človeka veľmi dôležité tie, ktoré tvoria VII. až XII. hlavový nerv. Tieto nervy ovládajú **mimiku tváre a reč**. Okrem toho predĺžená miecha je dôležitým centrom **životne dôležitých nepodmiernených reflexov**. Zúčastňuje sa riadenia dýchania, činnosti srdca, ciev a trávenia.

- **Retikulárna formácia** je tvorená rozsiahlym súborom buniek medzi nervovými vláknami predĺženej miechy, mosta, stredného mozgu a medzimizogu. Vytvára spojenie medzi všetkými oddielmi CNS od miechy až po kôru predného mozgu a prijíma informácie zo všetkých receptorov. Svojimi zostupnými dráhami zosilňuje alebo zoslabuje miechové reflexy, vzostupnými dráhami pôsobí na mozgovú kôru v zmysle jej aktivácie pri prebudení a v stave bdelosti pri udržaní pozornosti.



Obr. 62 Mozog pri pohľade zospodu

**Most** (*pons*) je miestom, ktorým prechádzajú nervové dráhy, spájajúce miechu, mozoček a vyššie oddiely mozgu. Okrem toho sú tu ústredia V. a VI. hlavového nervu.

**Mozoček** (*cerebellum*) je uložený v zadnej dolnej lebečnej jame V. Na povrchu je sivá hmota, vo vnútri biela.



V priereze vytvára typickú kresbu. V mozočku sa sústreďujú informácie z periférie (najmä zo svalov, šliach a rovnovážneho orgánu), ale aj z kôry mozgu. Mozoček sa podieľa na **udržiavaní rovnováhy tela** pri stoji aj pri chôdzi, **koordinácii pohybov** (táto funkcia mozočku je porušená pri požití alkoholických nápojov).

**Stredný mozog** (mesencephalon) je uložený v tesnom susedstve mostu, je to krátky, pomerne skrytý oddiel mozgu. Vytvára charakteristické štvorhrbolie. Sú v ňom centrá III. a IV. hlavového nervu, ktoré inervujú okohybné svaly a ústredie zrakových a sluchových reflexov (otáčanie hlavy a tela na svetelný alebo zvukový podnet). Okrem toho má stredný mozog u človeka význam pre udržanie vzpriamenej polohy tela.

**Medzimotozog** (diencephalon) tvoria dve časti – **lôžko** (thalamus) a **podlôžko** (hypothalamus). Je takmer celkom krytý hemisférami koncového mozgu.

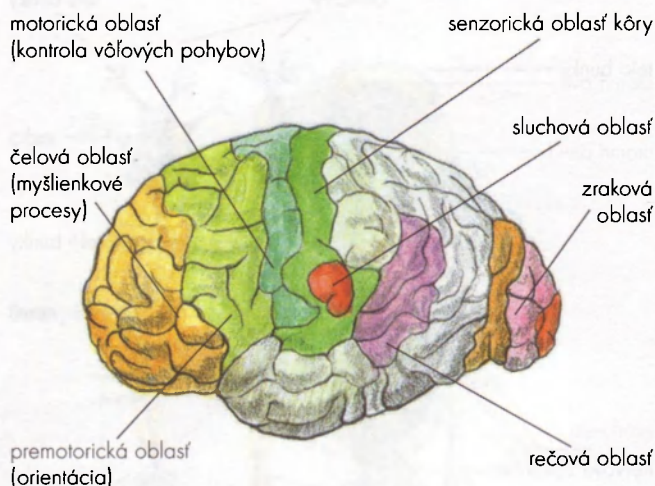
**Lôžko** (thalamus) je miesto, do ktorého prichádzajú informácie z kože o teple, chlade a bolesti. Okrem toho sú tu prepájané nervové dráhy spájajúce mozgovú kôru s nižšími oddielmi CNS, a naopak. Preto býva tiež nazývaný „**bránou vedomia**“.

**Podlôžko** – (hypothalamus) je **najvyšším centrom vegetatívneho riadenia**, riadi činnosť **autonómnych nervov**, ktoré riadi celú činnosť vnútorných orgánov, všetkých žliaz, hladkých svalov a ciev.

**Koncový – veľký mozog** (telencephalon) tvoria dve mozgové poglobule – **hemisféry**. V tejto časti CNS je **sivá hmota** na povrchu, kde vytvára **mozgovú kôru** (cortex cerebri), ktorá je najdôležitejším oddielom CNS. Nachádza sa aj v hĺbke hemisfér, kde vytvára **bazálne gangliá**, ktoré sa zúčastňujú **riadenia pohybov**. Kôra vytvára plášť mozgu. Sú na nej brázdy a závitky. Na hemisférach možno rozlíšiť **štyri laloky**: čelový, temenný, záhlavový a spánkový.

Z funkčného hľadiska možno rozdeliť mozgovú kôru na dve oblasti. Jednu tvorí tzv. **centrálne časti analyzátorov**, druhá sa nazýva **asociačná** (obr. 63). Z receptorov sú informácie privádzané vo forme vzruchov. Iba pri správnej funkcii oboch častí analyzátorov sú naše vnemy úplné a podrobné. Mozgová kôra je dôležitá pre **vytváranie pamäťových stôp**, je sídlom vedomia. Na základe myslenia sa v kôre formuje vedomá činnosť. Riadi zámerné pohyby z **motorických** – pohybových centier čelových lalokov.

- Tu sa v pyramidových bunkách začínajú **pyramídové dráhy**, ktoré vedú vzruchy k motorickým bunkám predných miechových koreňov. Z kôry vychádza prvotný impulz na pohyb, ale aby bol pohyb presný, je **nevyhnutná účasť podkôrových centier** – bazálnych ganglií, mozoka, retikulárnej formácie a chrbticovej miechy.



Obr. 63 Oblasť mozgu

V **asociačných oblastiach kôry** dochádza ku koordinácii senzoričných funkcií s činnosťou motorických oblastí. V dolnej časti čelového závitku je **centrum reči**. U pravákov sa nachádza v ľavej hemisfére, ktorá sa nazýva aj dominantná hemisféra. Obe hemisféry sú prepojené **svorovým telesom**, čo je zväzok nervových vlákien, ktoré spájajú rovnocenné centrá oboch hemisfér.

## Obaly CNS

Mozog a miechu obaľujú tri vrstvy:

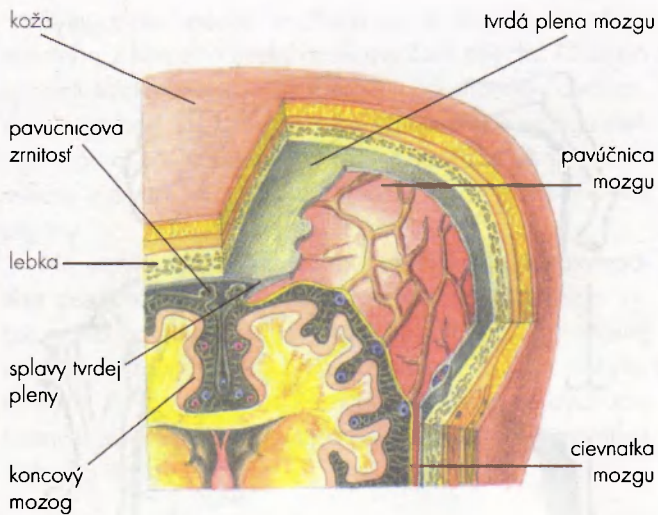
- **tvrdá plena** (*dura mater*),
- **pavúčnica** (*arachnoidea*),
- **cievnatka** (*pia mater*).

**Tvrdá plena** obaľuje zvonka všetky časti mozgu aj chrbticovú miechu. **Pavúčnica** je jemná bezcievna blana, ktorá spája záhyby CNS. **Cievnatka** je väzivová bohato prekrvená blana, ktorá prilieha tesne na povrch CNS (mozog a miechu) a sleduje jeho nerovnosti (obr. 64).

## Periférna nervová sústava

Tvorí ju nervy spájajúce CNS s perifériou a všetkými orgánmi. **Mozgovo-miechové nervy** sú **hlavové** a **miechové** (obr. 65).

**Hlavové nervy** (*nervi craniales*) boli spomínané už v opi-se činnosti jednotlivých častí mozgu. Je ich 12



Obr. 64 Mozgové pleny

párov a označujeme ich rímskymi číslicami: I. čuchový nerv, II. zrakový nerv, III. okohybný, IV. kladkový, V. trojklanný, VI. odťahujúci, VII. tvárový, VIII. polohovosluchový, IX. jazykovoohltanový, X. blúdívý, XI. vedľajší, XII. podjazykový.

**Miechové nervy** (*nervi spinales*) vznikajú spojením zadných a predných miechových koreňov. Z každého segmentu miechy vystupuje jeden pár: 8 p. krčných, 12 p. hrudníkových, 5 p. driekových, 5 p. krížových a 1 p. kostrčových nervov. Predné vetvy týchto nervov vytvárajú splete a z nich vystupujú jednotlivé nervy (obr. 59).

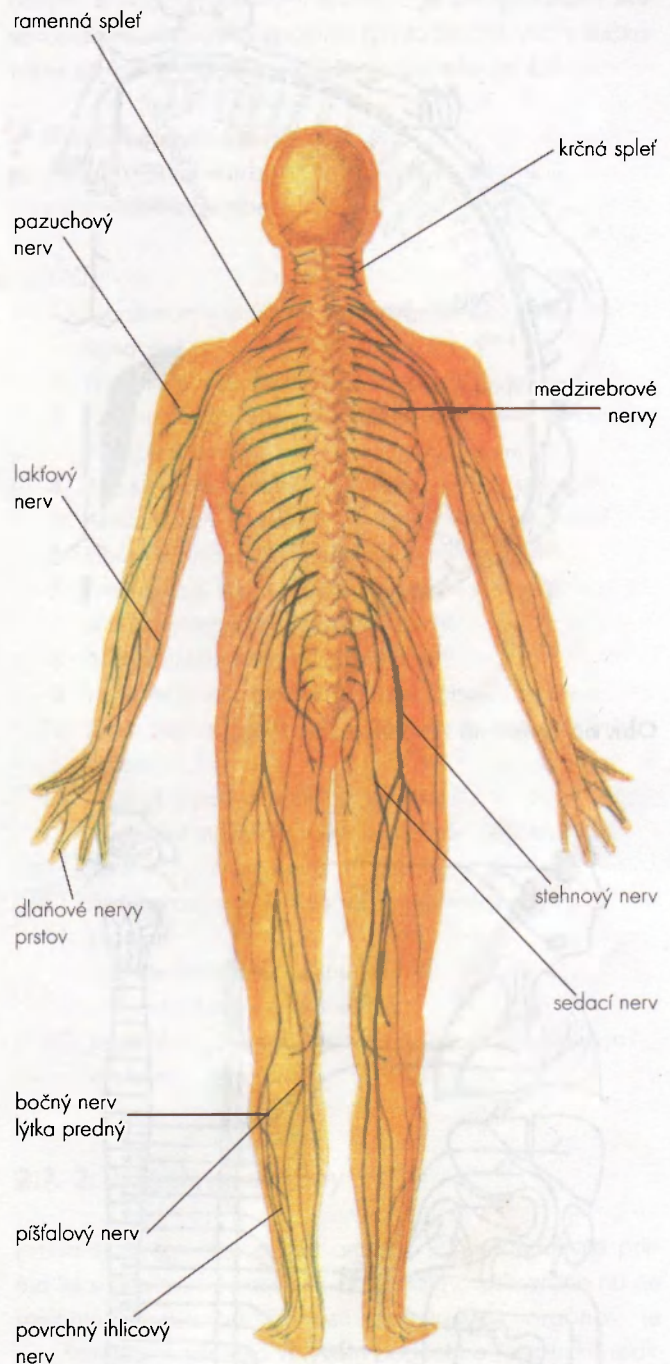
Každý z nervov má **senzitivnú a motorickú vetvu**. Senzitivná vedie vzruch od receptora do CNS, motorická vedie odpoveď na stimul (obr. 66, 67).

### Autonómna (vegetatívna) nervová sústava

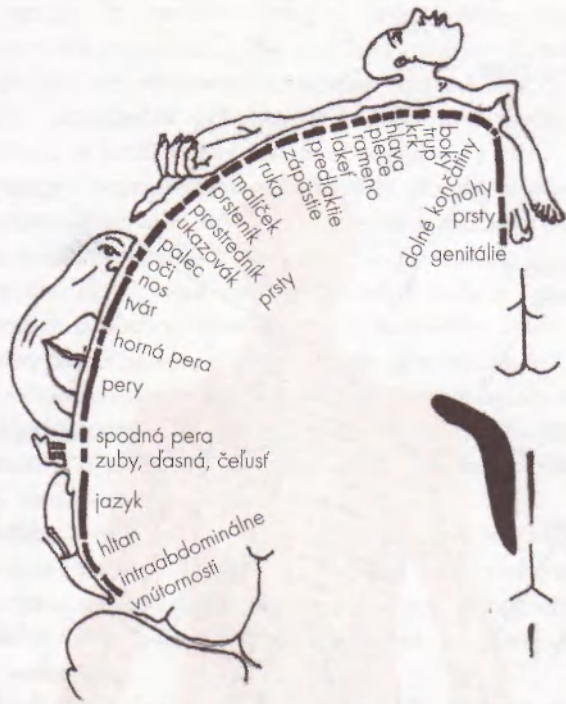
Autonómna nervová sústava (ANS) má materské bunky v bunkových zhlukoch ganglií mozgu a miechy. Zabezpečuje **činnosť vnútorných orgánov**, inervuje žľazy, hladké svaly a srdcový sval. Činnosť nervov ANS je **reflexná**, neovplyviteľná našou vôľou. Charakteristické pre autonómnu nervovú sústavu je, že **nervy sú tvorené minimálne dvoma neurónmi**. Prvý ide z CNS do vegetatívnej uzliny – ganglia, a druhý neurón ide z ganglia do príslušného orgánu.

Autonómnu nervovú sústavu delíme na **dve veľké skupiny**:

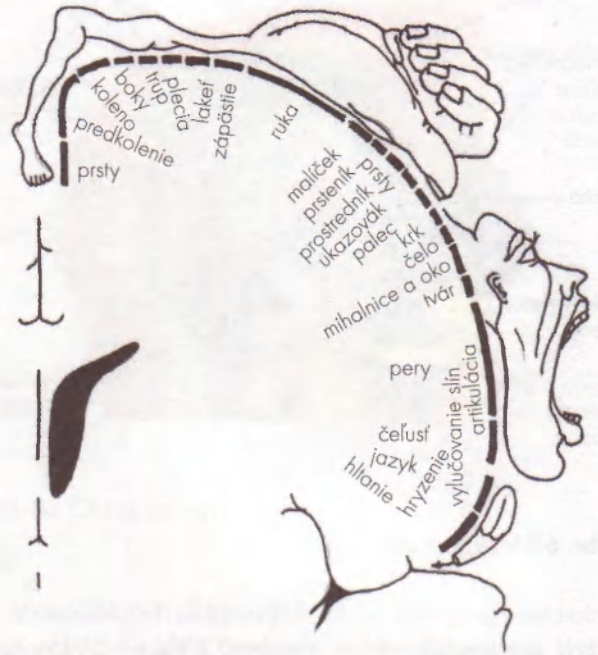
- **sympatickú**,
- **parasympatickú** (obr. 68, 69).



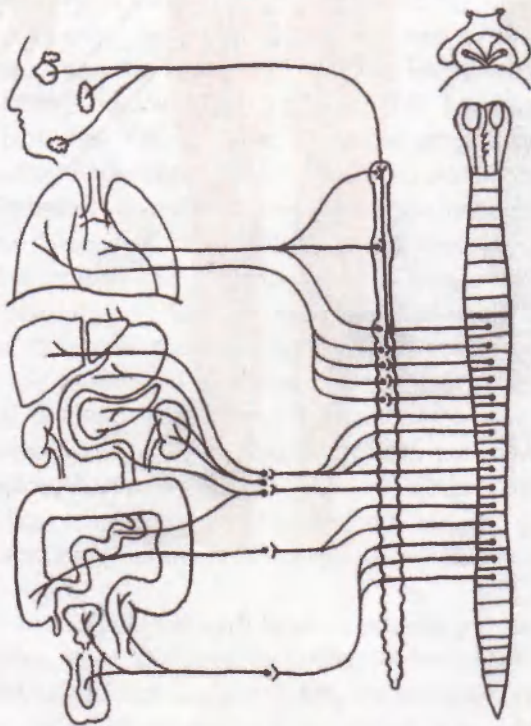
Obr. 65 Periférna nervová sústava



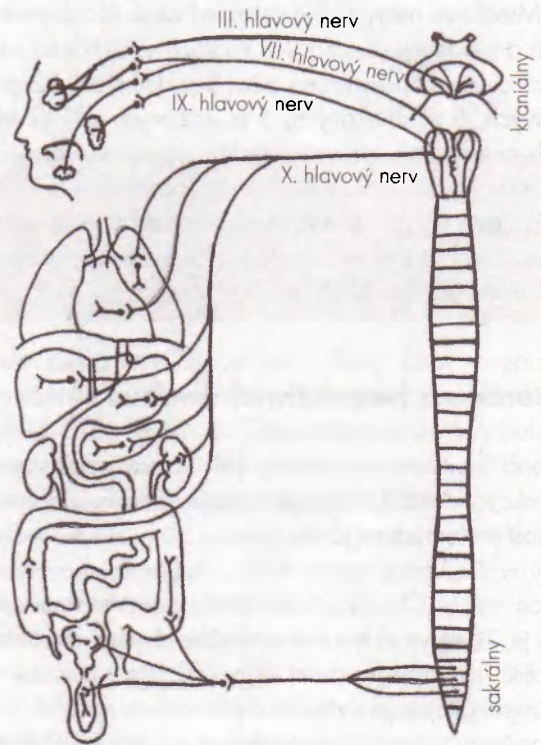
Obr. 66 Senzitívna vetva inervácie



Obr. 67 Motorická vetva inervácie



Obr. 68 Sympatikus



Obr. 69 Parasympatikus

Sympatické vlákna vychádzajú z hrudníkovej časti miechy a z horného úseku driekovej časti miechy. Gangliá sympatických nervov sa nachádzajú po stranách chrbtice. Vlákna parasympatických nervov vystupujúce z mozgu inervujú tvár a hlavu. Vlákna vystupujúce z krížovej oblasti miechy inervujú hrubé črevo, močový mechúr a pohlavné orgány.

Na väčšinu orgánov pôsobí sympatikus a parasympatikus protichodne (antagonisticky). Sympatikus zvyšuje výkon srdca, parasympatikus ho znižuje. Naopak, v tráviacej sústave parasympatikus zvyšuje sekréciu žliaz a pohyby tráviacej rúry, sympatikus zasa pôsobí tlmivo. V dýchacej sústave sympatikus rozširuje priedušky, parasympatikus zužuje priedušky.

### ? Problémové úlohy

- Ako spolu súvisia hormonálna a nervová sústava? Vysvetlite.
- Aké dôsledky môže mať poškodenie zadných miechových koreňov?
- Mozgová kôra predného mozgu je zvrásnená. Prečo?
- Vysvetlite, ktorá časť miechy bola poškodená, keď človek stratil patelárny reflex a končatina zostala necitlivá.

### Vyššia nervová činnosť

Najjednoduchšou formou vyššej nervovej činnosti sú **podmienené reflexy**. Na rozdiel od nepodmienených reflexov nie sú vrodené, ale vytvárajú sa v priebehu života jedinca ako forma prispôsobenia sa podmienkam životného prostredia.

**Myšlienka** (slovo) ako **signál** je základom druhej signálovej sústavy, charakteristickej pre človeka. Ak sa vytvorí podmienený reflex na základe už existujúceho podmieneného reflexu, vzniká **reflex vyššieho rádu, čo je základom vyššej nervovej činnosti**. Bezpodmienečnou súčasťou vyššej nervovej činnosti sú **pamäť a schopnosť učiť sa ako uvedomelá činnosť**.

Pod pojmom **učenie** rozumieme zbieranie, triedenie a uchovávanie informácií. Uchované informácie, ktoré sú v podvedomí, ale v prípade potreby ich dokážeme vyvolať, nazývame **pamäť**. Krátkodobá pamäť je schopná zaregistrovať veľké množstvo informácií, ale udržiavajú sa iba pol až jednu hodinu. Dlhodobá pamäť vzniká až vtedy, keď vznikajú **štrukturálne a biochemické zmeny**, ktorými sa informácia natrvalo ukladá.

S vyššou a nižšou nervovou činnosťou a najmä s integráciou nervovej a hormonálnej regulácie organizmu súvisia vlastnosti, ako je **motivácia, emócie, správanie, aktivita,**

**pasivita, cieľavedomosť** a pod. Toto všetko spolu vytvára **správanie človeka**. Nie je možné vysvetliť ho iba podmienenými a nepodmienenými reflexmi. **Je ovplyvňované skúsenosťami** z minulosti a spojenie týchto zložiek vedie k správaniu najvhodnejšiemu pre riešenie daného problému.

### ? Problémová úloha

- Aký je rozdiel medzi nižšou a vyššou nervovou činnosťou? Vysvetlite.

Úlohy:

1. Ako sa nazývajú bunky, ktoré zabezpečujú výživu neurónov?
2. Vysvetlite princíp prenosu nervového vzruchu.
3. Vymenujte časti reflexného oblúka a vysvetlite, na akom princípe pracuje.
4. Ako sa rozdeľujú výkonné funkcie nervovej sústavy?
5. Akú funkciu majú predné a zadné miechové korene?
6. Ktorá časť mozgu je fylogeneticky najmladšia?
7. V ktorej časti nervovej sústavy je centrum životne dôležitých nepodmienených reflexov?
8. Aká je funkcia retikulárnej formácie?
9. Vysvetlite funkciu podložka (hypotalamu).
10. Ktorá časť mozgu je sídlom riadenia činnosti vnútorných orgánov?
11. Ktorá časť mozgu je sídlom vedomia?
12. Ktorá časť mozgu je najvyšším centrom vegetatívneho riadenia?
13. Akú funkciu majú asociačné oblasti mozgovej kôry?
14. Čo tvorí:
  - a) periférnu nervovú sústavu,
  - b) autonómnu nervovú sústavu?
15. Ktoré biologické faktory ovplyvňujú správanie človeka? Vysvetlite.

### 2.7. 3. Zmyslové orgány

Prostredníctvom zmyslových orgánov človek neustále prijíma informácie z vonkajšieho prostredia a primerane na ne reaguje. Podstatou činnosti zmyslových orgánov je vyvolanie podráždenia vplyvom podnetu a špecifická reakcia zmyslového orgánu na tento podnet.

### Receptory a ich základné rozdelenie

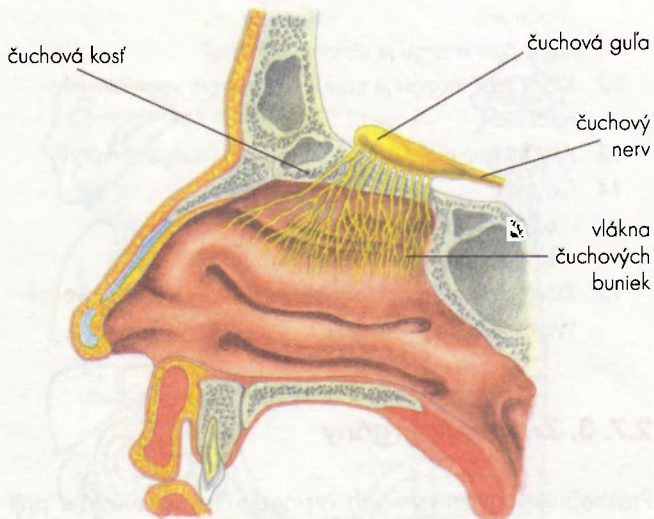
**Receptory** – senzitivne zakončenia nervov sú **roztrúsené po celom tele**. Rozlišujeme: **exteroreceptory**, ktoré prijímajú

podnety z vonkajšieho prostredia. Prinášajú informácie o teple, chlade, bolesti, tlaku a dotyku, ale aj podnety z vlastných zmyslových zrakových receptorov, sluch, čuch a chuť. **Proprioreceptory** informujú o polohe tela v priestore a nachádzajú sa v svaloch, šľachách, kĺbových puzdrách a pod. **Interoreceptory** sú vo vnútorných orgánoch a informujú o vnútornom prostredí.

Receptory sú jednoduché nervové zakončenia alebo sa vytvárajú špeciálne zariadenia. **Každý receptor prijíma iba špecifické podnety.** K zmyslovým orgánom patria orgány: čuchový, chuťový, zrakový, sluchový, statický, orgán kožnej citlivosti (dotyk, chlad, teplo, tlak, bolesť) a zmyslové orgány hlbokjej citlivosti.

## Čuch

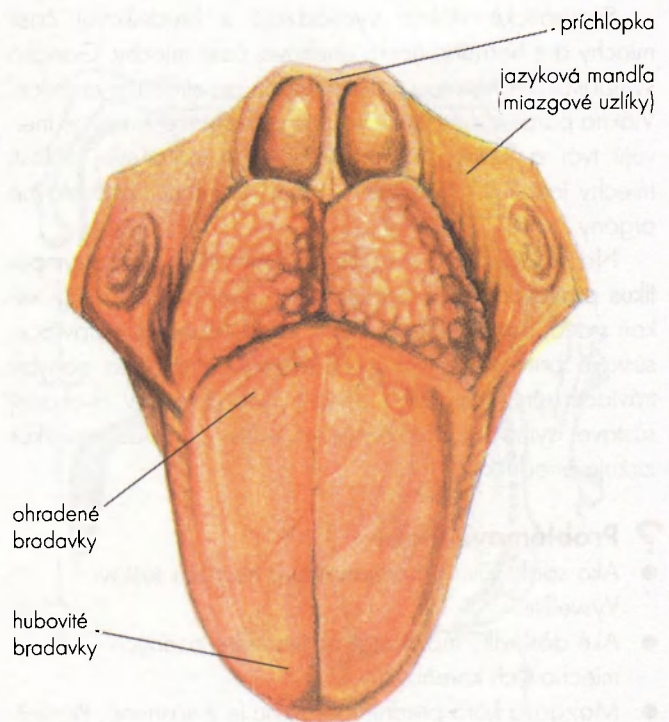
Signálom pre čuch sú prchavé látky vo vzduchu, ktoré sa rozpúšťajú v hliene. Čuchové bunky sa nachádzajú v čuchovej oblasti sliznice nosovej dutiny a vnemy sú vedené vláknami čuchového nervu (I.) do čuchového centra v mozgu (obr. 70). Človek rozlišuje **základné pachy** – kvetinový, ovocný, živočíšny, hnilobný, korenistý a spáleninový.



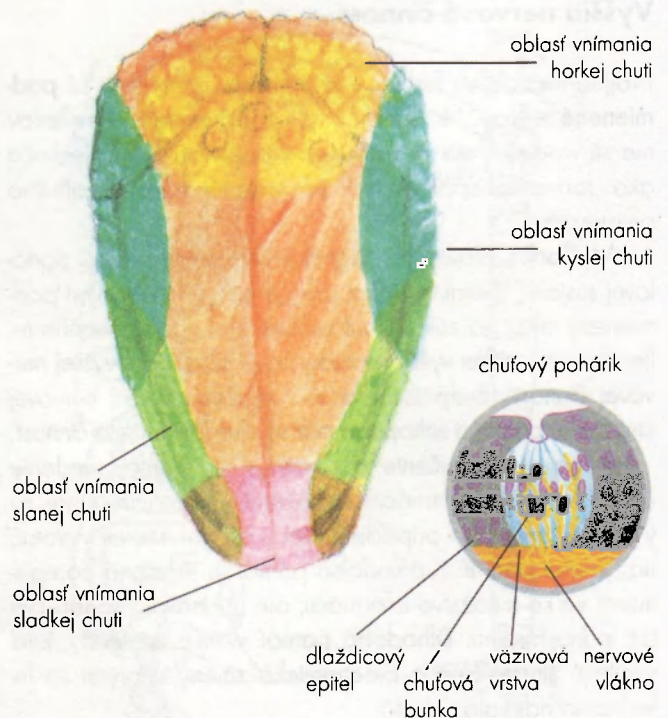
Obr. 70 Lokalizácia čuchovej oblasti

## Chuť

Sídlom **chuťového receptora** je najmä jazyk, ale aj sliznica mäkkého podnebia a hltana. Vlastným chuťovým analyzátorom sú chuťové bunky v chuťových pohárikoch. Stimulom

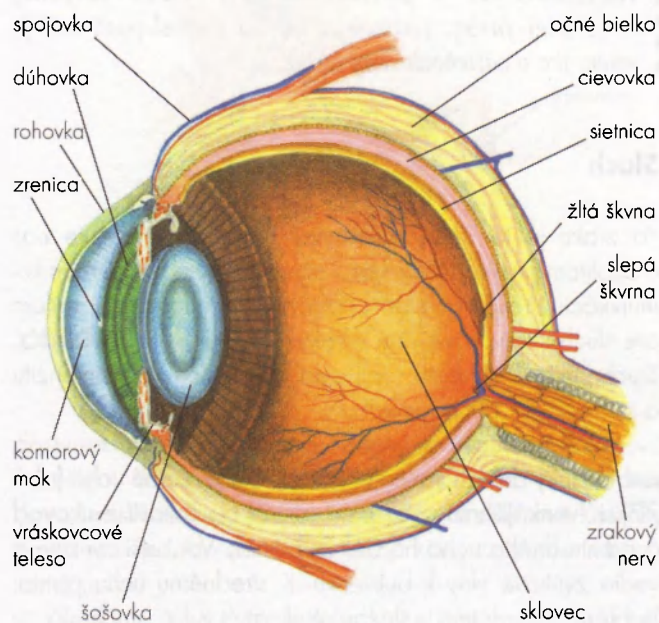


Obr. 71 Pohľad na chrbát jazyka

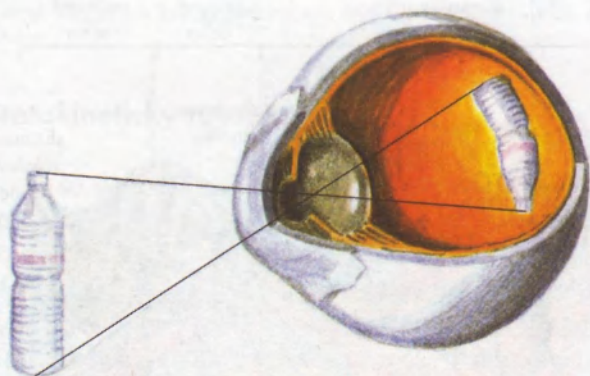


Obr. 72 Oblasti vnímania rôznych chutí

sú látky rozpustené vo vode alebo slinách. Rozlišujeme štyri **základné chute**: sladkú, slanú, kyslú a horkú. Sú vnímané rôznymi časťami sliznice jazyka (obr. 72).



Obr. 73 Bočný prierez oka



Obr. 74 Premietanie obrazov na sietnicu

## Zrak

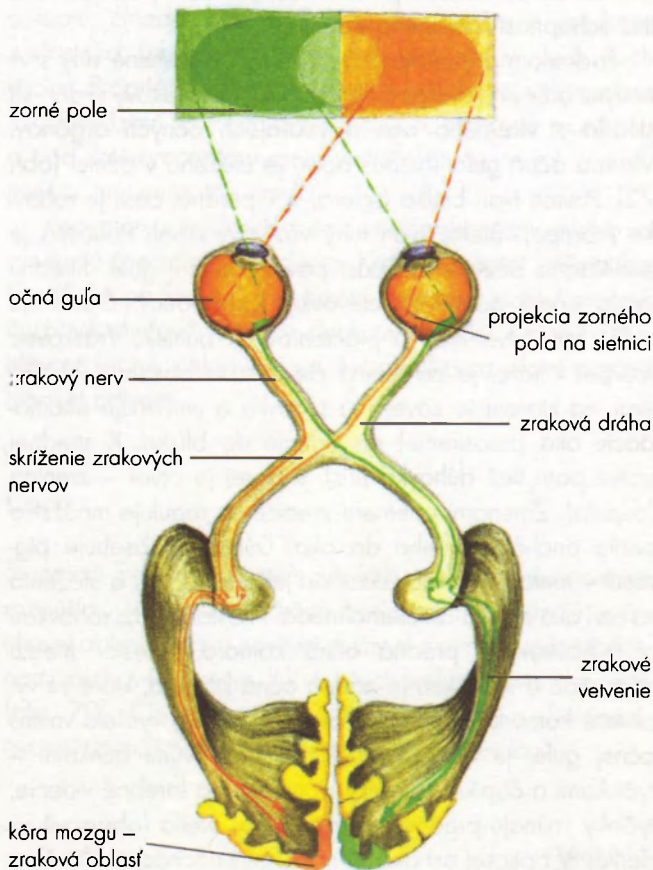
Je najdôležitejším zmyslovým orgánom človeka. Zrakom získavame viac ako 90 % informácií o okolitom prostredí. Človek ako primát má **schopnosť priestorového videnia**

tým, že oči sú uložené paralelne a ako denný živočích má tiež **schopnosť farebného videnia**.

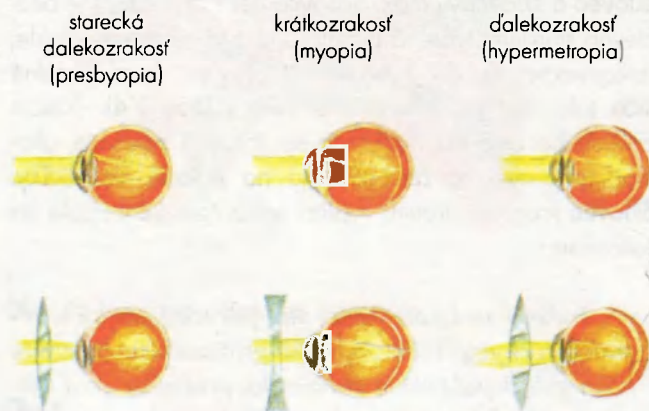
Podnetom pre zrakový analyzátor sú **svetelné vlny** s vlnovými dĺžkami v rozpätí 400 – 700 nm. Zrakový orgán sa skladá z **vlastného oka** a **vedľajších očných orgánov**. Vlastná **očná guľa (bulbus oculi)** je uložená v očnici (obr. 73). Povrch tvorí **bielko (sclera)** a v prednej časti je **rohovka (cornea)**. Bielko tvorí tuhý väzivový obal. Rohovka je priehľadná bezfarebná časť povrchu očnej gule. Strednú vrstvu očnej gule tvorí **cievovka (choroidea)**. Obsahuje veľké množstvo ciev a pigmentových buniek. **Vráskovec (corpus ciliare)** je zhrubnutá ciefovka a obsahuje hladký sval, na ktorom je zavesená šošovka a umožňuje **akomódáciu oka** (zaostrenie) na videnie do blízka. K strednej vrstve patrí tiež **dúhovka (iris)**, v ktorej je otvor – **zrenica (pupilla)**. Zmenami priemeru zrenice sa reguluje množstvo svetla prichádzajúceho do oka. Dúhovka obsahuje **pigment – melanín** a v závislosti od jeho množstva a uloženia sa javí ako **modrá až čiernohnedá**. Priestor medzi rohovkou a dúhovkou je **predná očná komora**, priestor medzi dúhovkou a šošovkou je **zadná očná komora**, ktoré sú vyplnené **komorovým mokom**. **Sietnica (retina)** vystieľa vnútro **očnej gule**, je tvorená vlastnými zmyslovými bunkami – tyčinkami a čapíkmi. **Čapíky** sú určené na farebné videnie, **tyčinky** vnímajú predovšetkým intenzitu svetla (obrysové videnie). V optickej osi oka sa na sietnici nachádza **žltá škvrna (macula lutea)**, tvorená iba čapíkmi a je **miestom najostrejšieho videnia**. Smerom k okrajom sietnice ubúda čapíkov a pribúda tyčiniek. V mieste, kde z očnej gule vystupuje zrakový nerv, nie sú ani tyčinky ani čapíky, preto sa toto miesto nazýva **slepá škvrna (macula caeca)**.

Obsah **očnej gule** tvorí – **šošovka, komorový mok, sklovec a sklovcový mok**. **Šošovka (lens crystalina)** je bezcievna štruktúra, tvorená platničkami. Má tvar dvojvypuklej (**bikonvexnej**) spojky. Funkciou šošovky je **lámať svetelné lúče** tak, aby sa zbíjali na sietnici (obr. 74). Ťahom závesného aparátu vráskovca sa šošovka sploštuje, akomoduje a tým sa prispôsobuje **na videnie do diaľky**. **Sklovec (corpus vitreum)** vyplňa veľkú časť očnej gule za šošovkou.

- Zrakový analyzátor môže mať **poruchy** nazývané **refrakčné chyby (obr. 76)**. Pri **predozadnom predĺžení** očnej gule dopadá obraz vzdialených predmetov pred sietnicou a vzniká **krátkozrakosť**. Blízke predmety sa vnímajú **ostro**. Koriguje sa šošovkami **rozptylkami**. Pri **dáľekozrakosti** sa obraz blízkych predmetov premieta za sietnicou a vzdialené predmety sú vnímané **ostro**. Chyba sa koriguje **spojkami**.



Obr. 75 Zrakové dráhy



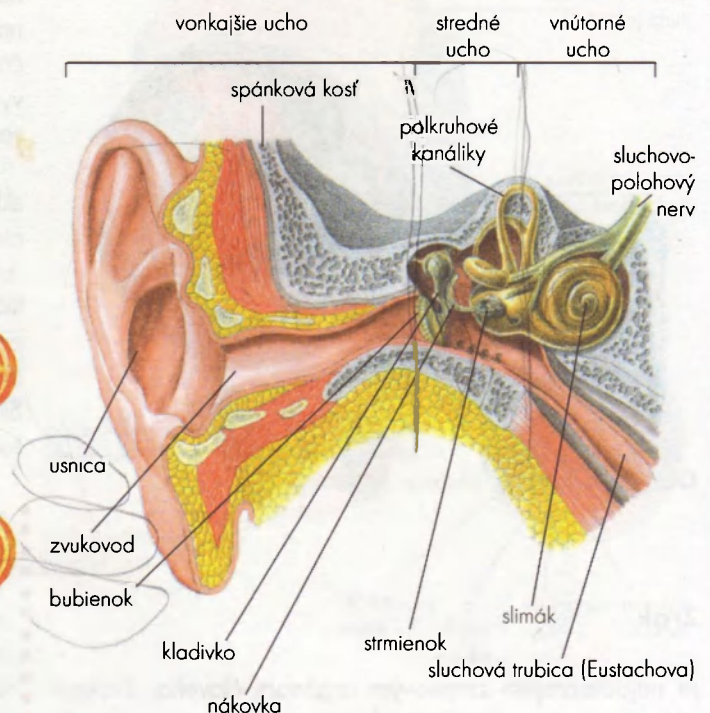
Obr. 76 Základné poruchy zraku

- **Astigmatizmus** je spôsobovaný nerovnakým zakrivením rohoviek. Funkčnou poruchou receptorov môže vzniknúť **farbosleposť**, stav, pri ktorom **postihnutý nie je schopný rozlíšiť niektoré farby**. Najčastejší je **daltonizmus**, keď je **postihnuté odlišovanie červenej a zelenej farby**. Jestvuje aj úplná farbosleposť, keď je vnem iba v odtieňoch sivej farby.

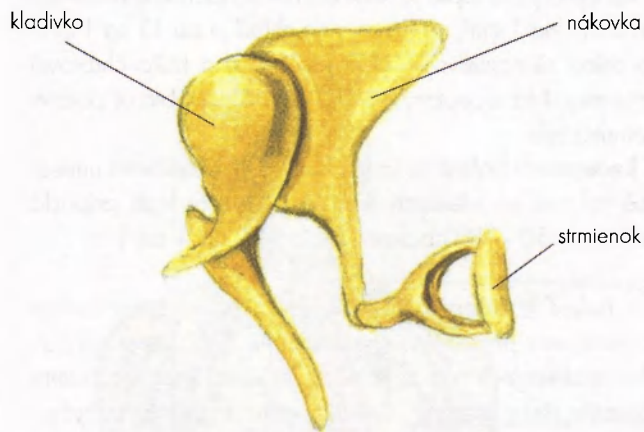
## Sluch

Po zraku je to druhý významný receptor. Informuje nás o okolitom prostredí. Vnímame ním zvuky, umožňuje nám komunikáciu a pomáha pri priestorovej orientácii. Signálom pre sluch sú zvukové vlny s frekvenciou 16 – 20 000 Hz. Sluchom sme schopní rozlišovať zvuky, tóny, ich intenzitu a smer odkiaľ prichádzajú.

Polohovosluchový orgán (*organus statoakusticus*) sa anatomicky delí na vonkajšie, stredné a vnútorné ucho (obr. 77). K vonkajšiemu uchu patrí usnica a vonkajší zvukovod a od stredného ucha ho delí bubienok. Vonkajší zvukovod vedie zvukové vlny k bubienku. K strednému uchu patria: bubienková dutina, sluchové kostičky a sluchová – Eustachova trubica. Je to prepojenie strednej ušnej dutiny s nosohltanom. Slúži na vyrovnávanie tlaku. **Bubienok** (*membrana tympani*) je blanka napnutá v žliabku spánkovej kosti.



Obr. 77 Prierez ucha



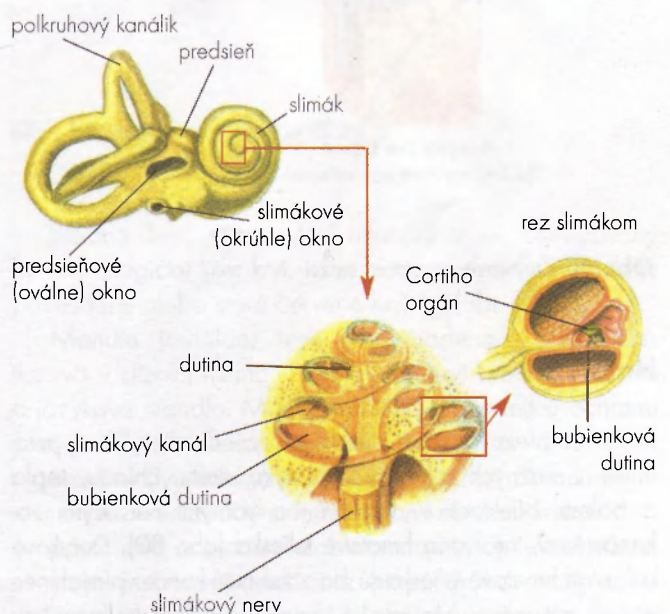
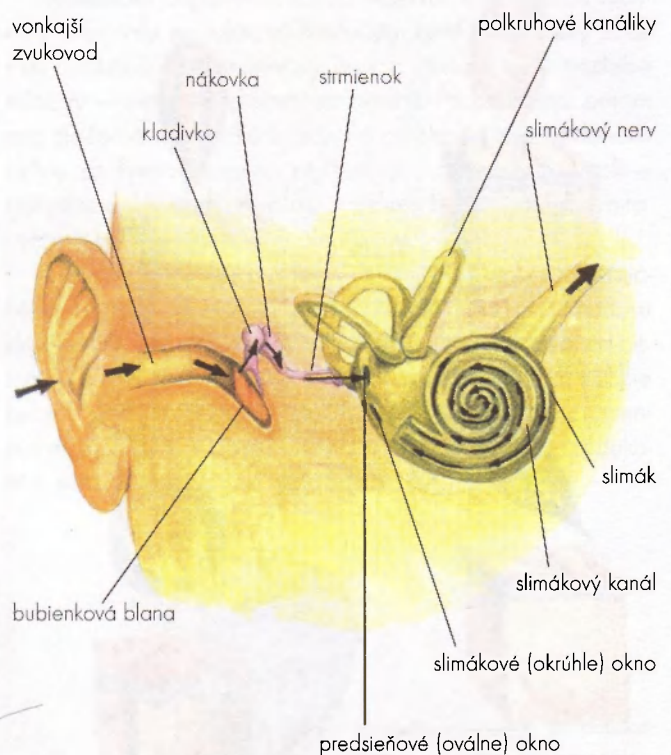
**Obr. 78** Kostičky stredného ucha

Smerom do stredného ucha naň prirastá prvá sluchová kostička – **kladivko** (*malleus*), klbovo spojená s **nákovkou** (*incus*) a **strmienkom** (*stapes*; obr. 78). Tri sluchové kostičky tvoria **refazec**, ktorým sa prenášajú kmity bubienka na vnútorné ucho.

Vnútorné ucho je uložené v skalnej časti spánkovej kosti. Vnútorné ucho tvorí **slimák** (*cochlea*). Skladá sa z kosteného bludiska (*labyrinthu*) a blanitého bludiska. V **blanitom bludisku** je uložený vlastný sluchový orgán **Cortiho platňa**. Tvoria ju vláskovité bunky, na ktoré sa prenáša vlnenie vnútornej tekutiny. Vlnenie tekutiny spôsobujú nárazy strmienka (obr. 79).

### Statokinetický receptor

Spolu so sluchovým analyzátorom je uložený v **spánkovej kosti lebky**, v jej skalnej časti. Kinetický receptor tvoria **tri navzájom kolmé polkruhové chodbičky**. Ich vnútro je vystlané zmyslovými bunkami. Reagujú na **pohyb endolymfy**, vyplňajúcej chodbičky. **Statický receptor** sa nachádza v **predsieň kostného bludiska** (*labyrinthu*) vnútorného ucha a tvoria ho **dva mechúriky** – väčší oválny vačok, a menší guľovitý, nazývaný vrecúško. Navzájom sú prepojené. Vlásoky zmyslových buniek sú čiastočne ponorené do želatínóznej membrány, v ktorej sú kryštálky uhličitanu vápenatého. Vlásoky zmyslových buniek vyčnievajú do dutiny vačku a vrecúška. Membrána na ne tlačí alebo ťahá, čím spôsobuje nervové podráždenie. Činnosť týchto receptorov je dôležitá pre udržiavanie **vzpriameného postoja**, udržiavanie **rovnováhy v priestore**, **napätie svalov podľa polohy hlavy** a jej pohybov.



**Obr. 79** Proces vnímania zvuku





Obr. 80 Zmyslové receptory kože

## Hmat

Je to komplexný kožný vnem a je výsledkom syntézy podnetov z kožných receptorov **dotyku, tlaku, chladu, tepla a bolesti**. Niektoré sú tvorené iba **voľnými nervovými zakončeniami**, iné tvoria **hmatové telieska** (obr. 80). Dotykové a tlakové hmatové telieska sú iba zhrubnuté konce voľných nervových zakončení. Najviac ich je na bruškách prstov a na hrote jazyka, u novorodenca na perách, jazyku a v okolí úst. **Teplé** a **chladové receptory** nás informujú o teplotných rozdieloch medzi teplotou kože a predmetom. Zvláštne telieska sú pre nižšie teploty a iné pre teploty vyššie ako teplota kože.

Receptory pre **teplo** sú relatívne riedko rozmiestnené – približne dva na 1 cm<sup>2</sup>, receptorov na **chlad** je asi 13 na 1 cm<sup>2</sup>. Na chlad sú najcitlivejšie očné mihalnice a koža chrbtovej strany ruky. Na receptory tepla a chladu pôsobia aj podnety zvnútra tela.

**Receptormi bolesti** sú voľné nervové zakončenia umiestnené takmer vo všetkých tkanivách tela (v koži pripadá v priemere 50 – 150 bolestivých bodov na 1 cm<sup>2</sup>).

- *Bolesť je intenzívny nepríjemný pocit, ktorý varuje organizmus pred ďalším poškodením. Boolestivosť sprevádza rozšírenie zreníc, zrýchlenie srdcovej činnosti, zmeny krvného tlaku, potenie, slabosť, úzkosť a obranné pohyby.*

## Receptory pohybových orgánov

Nazývame ich **proprioreceptory** a nachádzajú sa vo svaloch, šľachách a klbových puzdrách. Sú to orgány hlbokaj citlivosti, ktoré nás informujú o polohe tela, jeho častí, o napätí svalov a umožňujú priebeh propriocetívnych reflexov, ktoré sú dôležité pre svalovú koordináciu a vzpriamené držanie tela.

### ? Problémová úloha

- Aká je súvislosť medzi orgánmi zmyslového vnímania a nervovou sústavou? Vysvetlite.

Úlohy:

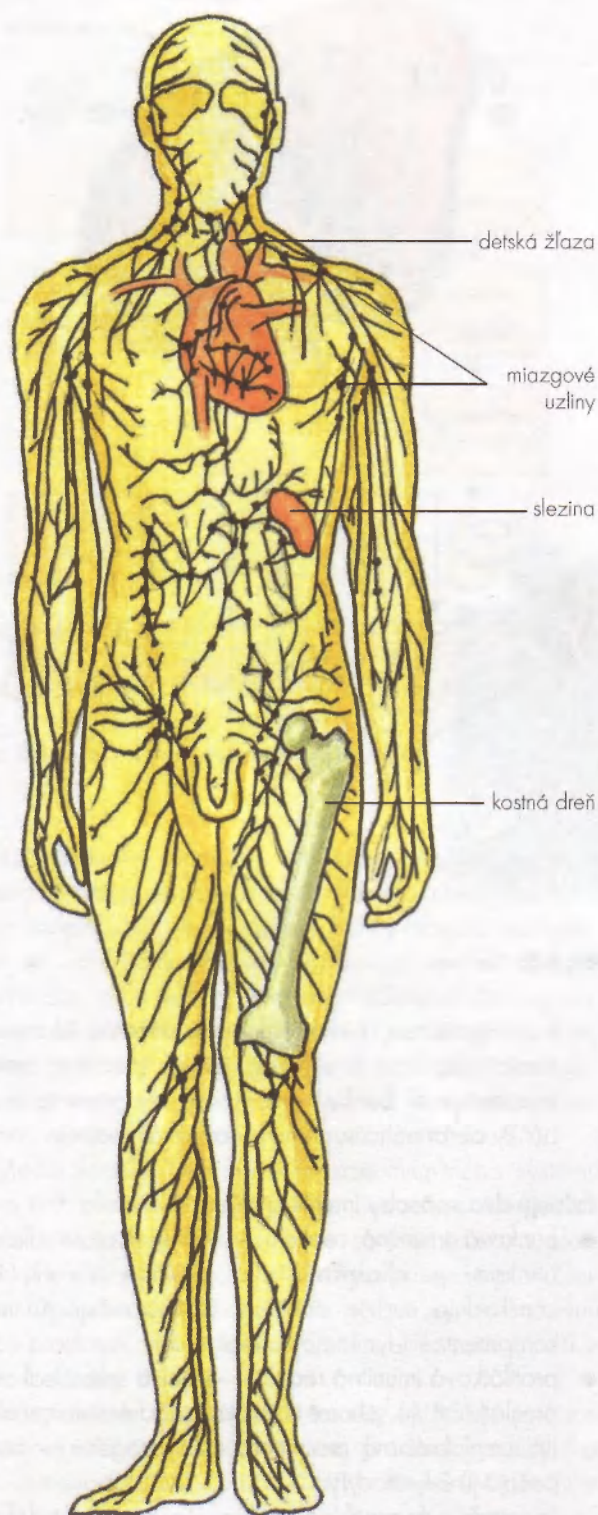
1. Na konkrétnych príkladoch vysvetlite refrakčné chyby oka a spôsob ich korekcie.
2. Na sietnici oka sa nachádzajú dve miesta s funkčne odlišným zastúpením zrakových receptorov. Uvedte názvy týchto miest a ich funkciu.
3. Vysvetlite funkciu statokinetického receptora.

## 2.7.4. Imunitný systém

Pozostáva z orgánov, ktoré zabezpečujú obranu organizmu pred poškodením cudzorodými látkami. Obranná reakcia sa nazýva **imunitná odpoveď**.

Imunitný systém človeka tvoria (obr. 81):

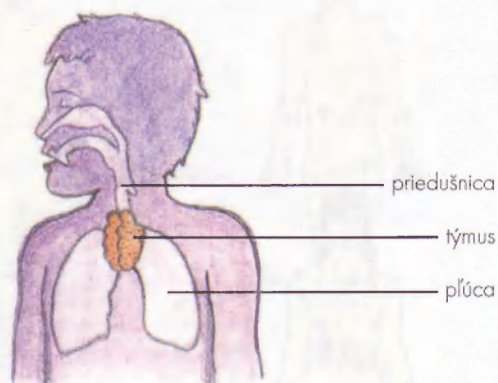
- **miazgové (lymfatické) cievy,**
- **miazgové (lymfatické) orgány – uzliny, týmus, slezina, mandle,**
- **rozptýlené miazgové (lymfatické) tkanivo – v stene dýchacej, tráviacej alebo močovej sústavy.**



Obr. 81 Orgány imunitného systému

Lymfatické orgány obsahujú tkanivo, v ktorom sú hlavnou bunkovou populáciou **lymfocyty**. **Lymfatické cievy** zbierajú medzibunkový tkanivový mok a vracajú ho v podobe miazgy – lymfy – do krvného obehu. Prechádzajú pritom cez početné lymfatické uzliny. Pri prechode cez lymfatické uzliny sa lymfa zbavuje baktérií a cudzorodých látok – antigénov. Antigény vyvolajú v uzlinách množenie B-lymfocytov a tým aj zväčšenie celej uzliny.

**Detská žľaza (týmus)** je centrálnym orgánom lymfatického systému, v ktorom pod vplyvom hormónov týmusu dozrievajú T-lymfocyty. Týmus opúšťajú len imunokompetentné T-lymfocyty, schopné rozpoznať vlastné a cudzie bunky. Detská žľaza je najlepšie vyvinutá po narodení a u malých detí. V dospelosti sa lymfatické tkanivo zredukuje a nahradí ho tukové tkanivo (**obr. 82**).



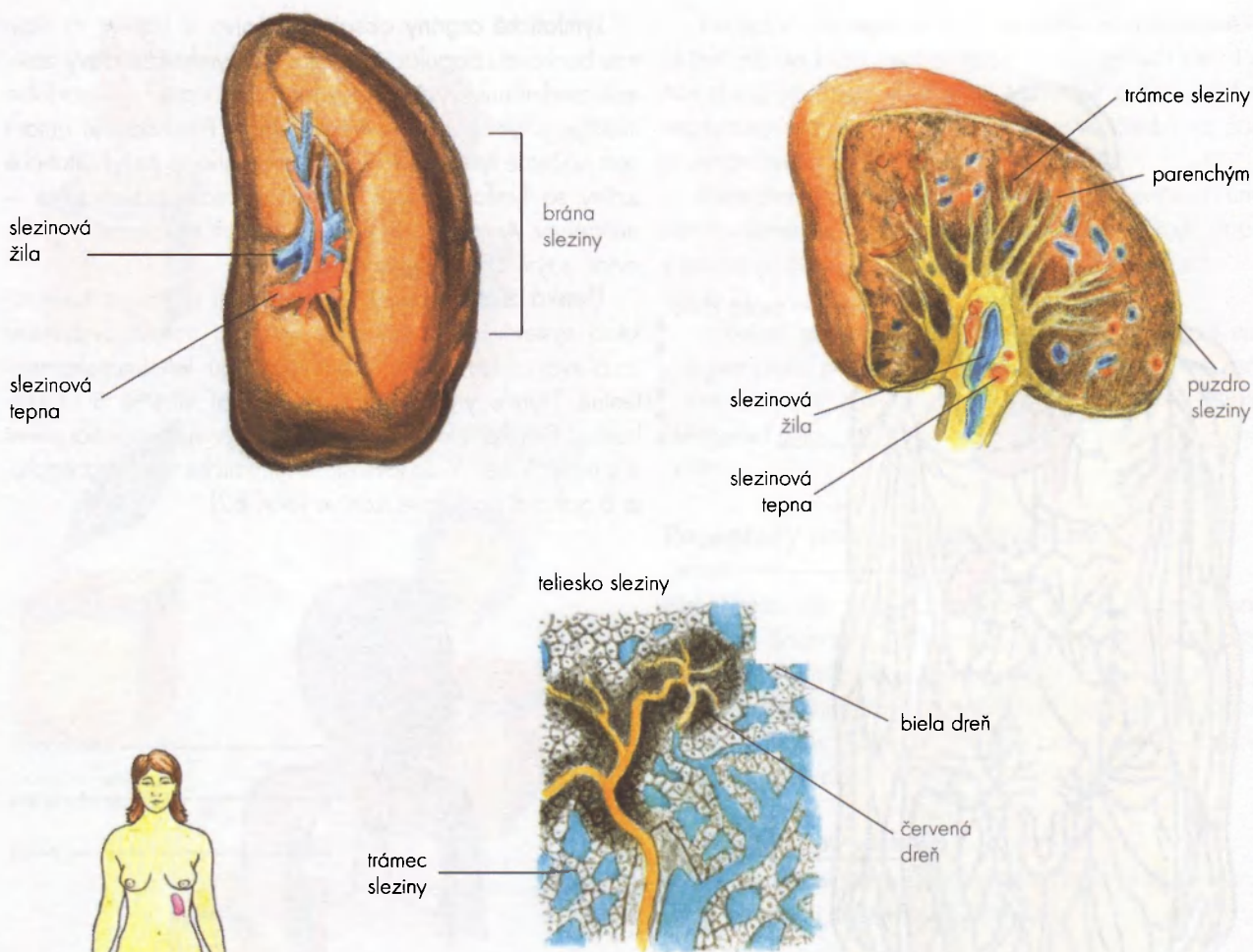
Obr. 82 Umiestnenie detskej žľazy

**Slezina (lien)** je najväčší lymfatický orgán považovaný za **imunologický filter krvi**. Tu sa tvoria lymfocyty a zanikajú poškodené alebo staré červené krvinky (**obr. 83**).

**Mandle (tonsilae)** tvorí nahromadenie lymfatického tkaniva v sliznici hltana. Sú tu podnebné mandle, nosová a jazyková mandľa. Mandle predstavujú **imunitnú ochranu proti prenikaniu infekcie cez nos a ústa**.

**Imunitný (lymfatický) systém** zabezpečuje obranu organizmu pred cudzorodými látkami tromi mechanizmami:

- **povrchová ochrana** – zabezpečuje ju epitelová vrstva, ktorá pokrýva povrch tela (napr. zrohovatený epitel kože) alebo výstelkový epitel dutých orgánov (napr. dýchacích ciest, tráviacej rúry a pod.);
- **fagocytóza** – je druhým stupňom obrany, ktorý nastupuje, ak cudzorodé látky preniknú cez epitel. Zabezpečujú ju biele krvinky – **neutrofilné leukocyty**



Obr. 83a Slezina

li do organizmu, a ich následného **zničenia**. Na rozpoznanie antigénov sú v tele prítomné špeciálne **antigén-prezentujúce bunky**. Prítomnosť antigénu aktivizuje bunky obranného systému na obrannú reakciu.

Obr. 83b Lokalizácia sleziny

a **monocyty (makrofágy)**. Tieto pohyblivé bunky opúšťajú kapiláry a presúvajú sa k miestu poškodenia. Zneškodnia cudzie látky ich pohlcovaním – **fagocytózou**. Po prebehnutí obrannej reakcie biele krvinky uhynú a menia sa na hnis. Fagocytózou sa organizmus zbavuje aj starých, poškodených alebo inak zmenených buniek;

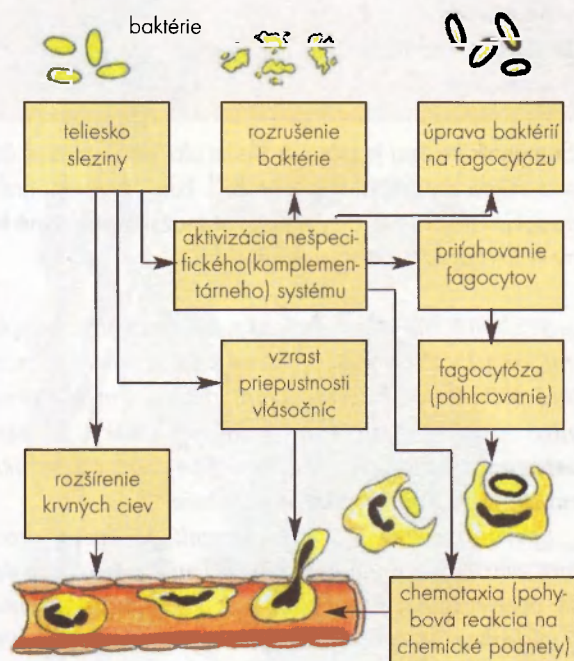
- **imunitná odpoveď** – tretí stupeň obrany zabezpečujú špecializované bunky – **lymfocyty**. Táto obrana závisí od rozpoznania cudzích látok – **antigénov**, ktoré prenik-

Existujú dva spôsoby imunitnej reakcie:

- **bunková imunitná reakcia** – imunita sprostredkovaná bunkami je charakteristická aktivitou buniek, ktoré zneškodnia cudzie antigény. Zabezpečujú ju imunkompetentné T-lymfocyty a makrofágy;
- **protilátková imunitná reakcia** – imunita sprostredkovaná protilátkami je charakteristická produkciou protilátok (imunoglobulínov) proti cudziemu antigénu – zabezpečujú ju B-lymfocyty.

Imunitná odpoveď sa začína, keď cudzorodú látku rozpoznajú antigén-prezentujúce bunky a odovzdajú informáciu lymfocytom. Tieto sa aktivizujú, množia a podľa typu (T alebo B) sprostredkujú bunkovú alebo protilátkovú

imunitnú odpoveď. Niektoré lymfocyty sa menia na pamäťové bunky (obr. 84).



Obr. 84 Mechanizmus nešpecifickej imunity

Prvé stretnutie organizmu s určitým antigénom vyvolá **primárnu imunitnú odpoveď**. Pri opakovanom preniknutí toho istého antigénu do tela pamäťové bunky reagujú rýchlejšie. Preto je druhotná imunitná odpoveď oveľa silnejšia a rýchlejšia. Tento fakt sa využíva pri **očkovaní**. Do organizmu sa podajú zneškodnené, oslabené baktérie alebo vírusy a imunitný systém zareaguje tvorbou protilátok. Pri opakovanom stretnutí so skutočnou infekciou je v tele zabezpečená obrana už pripravenými protilátkami (obr. 85).

Medzi klinicky nežiaduce reakcie imunitného systému patria tiež **alergické reakcie**. Prvé stretnutie s **alergénom** vyvolá reakciu **B-lymfocytov**, ktoré sa premenia na plazmatické bunky produkujúce protilátky namierené proti alergénu. Opakované stretnutie s alergénom vyvolá masívnu tvorbu protilátok, ktoré v konečnom dôsledku vedú k poškodeniu cieľového tkaniva.

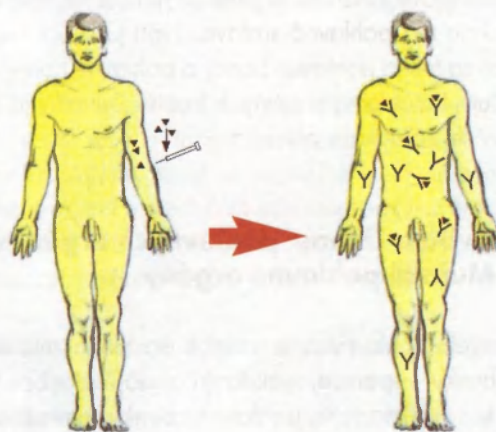
Pri **syndróme získanej straty imunity (AIDS)** je príčinou ochorenia infekcia ľudským **vírusom pre stratu imunity (human immunodeficiency virus – HIV)**. Vírus HIV postihuje **T-lymfocyty**, čiže bunky zodpovedné za bunkovú imunitu. Znížením počtu týchto buniek dochádza k celkovej strate obrany organizmu pred infekciami, strate imunity.

### ? Problémové úlohy

- Vysvetlite princíp očkovania.
- Co je podstatou alergickej reakcie imunitného systému? Vysvetlite.
- Aký je najúčinnjší spôsob prevencie pred AIDS? Vysvetlite.

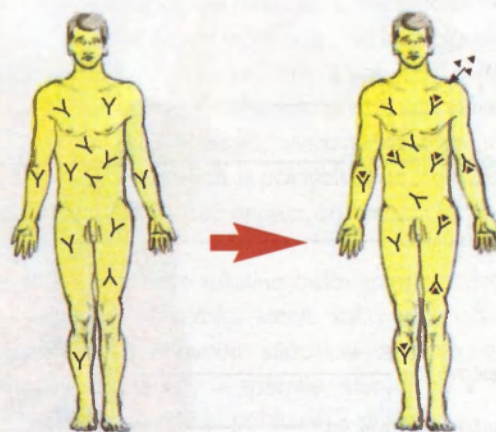
Úlohy:

1. Čo tvorí imunitný systém človeka?
2. Akú funkciu má detská žľaza (týmus) v obranných procesoch?
3. Akými spôsobmi zabezpečuje obranu organizmu lymfatický systém? Vysvetlite.
4. Porovnajme bunkovú a protilátkovú imunitnú reakciu.



injekcia mýtych alebo inaktivovaných zárodkov

telo produkuje protilátky proti zárodkom



telo je teraz citlivé na zárodky

v prípade nového kontaktu so zárodkami imunitný systém okamžite začne pôsobiť

Obr. 85 Aktívna imunizácia – očkovanie

# 3. REPRODUKČIA A ONTOGENETICKÝ VÝVIN ĽUDSKÉHO JEDINCA

**Rozmnožovanie (reprodukcia)** je jednou zo základných vlastností všetkých živých organizmov. Zabezpečuje kontinuitu biologického druhu a prenos genetickej informácie. Túto funkciu má **pohlavná sústava**. Tvorí ju súbor orgánov, v ktorých sa tvoria pohlavné bunky a pohlavné hormóny, zabezpečujú transport pohlavných buniek, umožňujú oplodnenie, vývin zárodka a plodu.

## 3.1. Stavba a činnosť pohlavných orgánov

### 3.1.1. Mužské pohlavné orgány

V mužských pohlavných orgánoch sa tvoria **mužské pohlavné bunky – spermie**, syntetizujú a uvoľňujú sa pohlavné hormóny, transportujú pohlavné bunky, umožňujú sa pohlavné spojenie a oplodnenie. Rozdeľujeme ich na **vnútorné a vonkajšie pohlavné orgány (obr. 86)**.

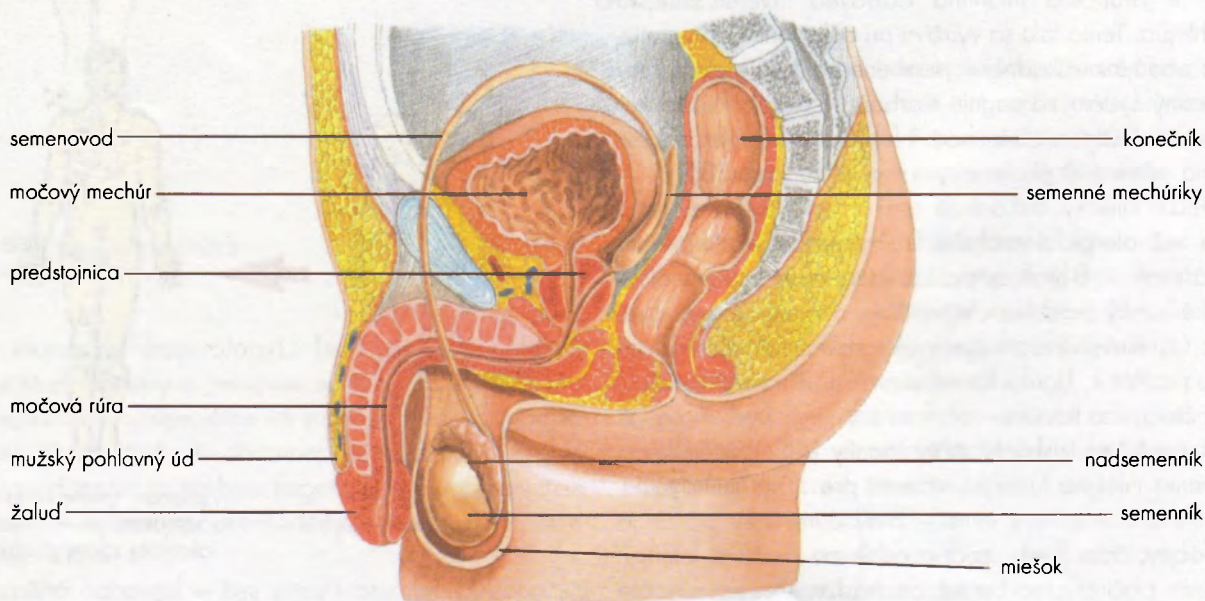
K vnútorným pohlavným orgánom patria:

- semenníky,
- nadsemenníky,
- semenovody,
- semenné mechúriky,
- predstojnica.

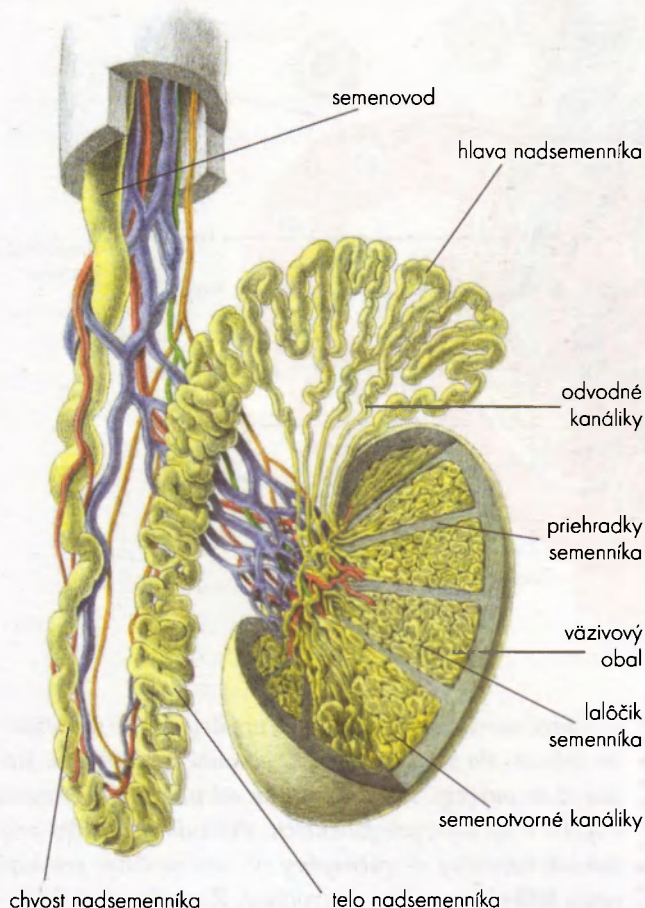
**Semenník (testes)** je párová žľaza uložená v dolnej časti mieška, mimo brušnej dutiny (obr. 87). Funkciou semenníkov je produkovať spermie a syntetizovať **mužské pohlavné hormóny – androgény (testosterón)**.

● Semenník má elipsoidný tvar, zo strán mierne sploštený, váži 25 – 30 g. Je zavesený na semennom povrazci, ktorý prebieha po jeho zadnom okraji. V semenotvornom epiteli vznikajú zárodočné pohlavné bunky – **spermatogónie**, z ktorých v priebehu spermiogenézy vznikajú **mužské pohlavné bunky – spermie**.

● **Spermiogenéza** – vývin spermií, je zložitý proces, ktorý zahŕňa procesy mitotického delenia, redukčného delenia, dozrievania a tvarovej premeny zárodočných buniek. Jej výsledkom sú **spermie** s haploidným počtom chromozómov. Správny priebeh spermiogenézy okrem iného závisí od teploty, ktorá musí byť aspoň o 2 – 4 °C nižšia ako teplota tela. Spermie sa tvoria nepretržite od puberty až do konca života muža. Spermie sú dlhé asi 60 μm, majú hlavičku, strednú časť a bičik, sú schopné aktívne sa pohybovať.



**Obr. 86** Mužské pohlavné orgány



Obr. 87 Semenník a nadsemenník

**Nadsemenník** (*epididymis*) je dlhý úzky párový orgán, ktorý prebieha pozdĺž zadného okraja semenníka. Bunky nadsemenníka produkujú látky, ktoré podmieňujú zrelosť spermii. Dolná časť je zásobárňou spermii.

**Semenovod** (*ductus deferens*) je párová trubica dlhá až 50 cm, s priemerom 3 mm. Spája nadsemenník s močovou rúrou, do ktorej ústi spoločne s vývodom semenného mechúrka. Stena semenovodu má silnú svalovú vrstvu, ktorá umožňuje nasávať spermie z nadsemenníka a ich transport do močovej rúry.

**Semenný mechúrnik** (*vesicula seminalis*) je párová žľaza uložená vzadu po oboch stranách spodiny močového mechúra. Je to vakovitá trubica hrboľatého vzhľadu, dlhá 4 – 5 cm. Produkuje mierne alkalický polotekutý sekrét, ktorý ovplyvňuje pohyb spermii a je i výživovou zložkou semennej tekutiny pre spermie. Tento sekrét tvorí 50 – 80 % ejakulátu.

**Predstojnica** (*prostata*) je nepárový svalovo-žľaznatý orgán tvaru jedlého gašтана. Jej hmotnosť je asi 20 g. Je

uložená na dne malej panvy a hornou plochou zrástá so spodinou močového mechúra. Predstojnicou prechádza rozšírený úsek močovej rúry. Tam vylučuje sekrét, ktorý ovplyvňuje životnosť a pohyblivosť spermii. Predstojnica dodáva 15 – 30 % objemu tekutiny ejakulátu. V starobe sa predstojnica veľmi často zväčšuje (hypertrofuje), čo má za následok stláčanie močovej rúry a poruchy močenia.

K vonkajším pohlavným orgánom patria:

- pohlavný úd,
- miešok.

**Pohlavný úd** (*penis*) umožňuje **pohlavné spojenie** (*kointus*). Môže výrazne zväčšiť svoj objem a tuhosť, umožňujú to valcovité telesá, ktoré sa vplyvom určitých podnetov plnia krvou.

- Sú to dve symetrické **dutinkaté telesá**, ktoré sú umiestnené vedľa seba v hornej časti pohlavného údu, a jedno **hubovité teleso**, ktoré sa nachádza v strede pod dutinkatými telesami a prechádza ním močová rúra. Na povrchu pohlavného údu je voľne pohyblivá tenká koža, ktorá prechádza **predkožkou** na kuželovito rozšírený **žalud**.

Na jeho vrchole vyúsťuje **močová rúra**, ktorá je spoločným vývodom močovej a pohlavnej sústavy.

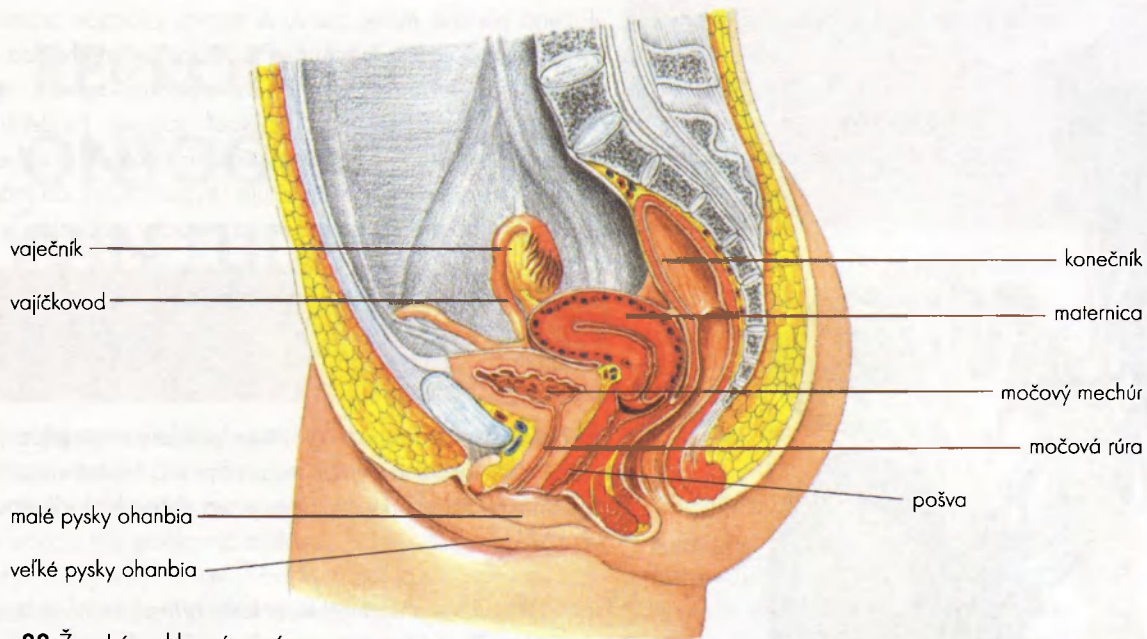
Mechanizmus erekcie spočíva v tom, že pri pohlavnom vzrušení nastáva zvýšenie prívodu krvi a súčasne je obmedzený odtok krvi zúženými žilami. Dutinky dutinkatých telies sa naplňajú krvou a tým sa pohlavný orgán zväčšuje a tuhne – nastáva **stoporeníe** (*erekcia*). Ústredie tohto zložitého reflexu je v driekovej časti miechy a je pod kontrolou mozgu.

**Miešok** (*scrotum*) je kožnosvalový vak hruškovitého tvaru obsahujúci semenníky, nadsemenníky a začiatok semenovodu. Koža mieška je tenká, výraznejšie pigmentovaná a obsahuje veľa **mazových** a **potných žliaz**. Funkciou mieška je regulácia teploty semenníka, čo umožňuje podkožná svalová vrstva.

**Semeno** (*sperma*) je tekutina belavej farby obsahujúca sekréty všetkých žliazok, ktoré ústia do vývodných pohlavných ciest. Hlavnou súčasťou semena sú zrelé mužské pohlavné bunky – **spermie**, ktorých je v 1 ml až 100 miliónov. Spermie žijú približne 2 dni.

### 3.1.2. Ženské pohlavné orgány

V ženských pohlavných orgánoch sa tvoria **ženské pohlavné bunky** – **vajíčka**. Syntetizujú a uvoľňujú sa pohlavné hormóny,



Obr. 88 Ženské pohlavné orgány

dochádza v nich k oplodneniu a vývinu zárodka i plodu. Rozdeľujeme ich na vnútorné a vonkajšie pohlavné orgány (obr. 88).

K vnútorným pohlavným orgánom patria:

- vaječníky,
- vajčíkovody,
- maternica,
- pošva.

**Vaječník** (*ovarium*) je párová žľaza mandľovitého tvaru. Je uložený v malej panve po stranách maternice. Veľkosť, tvar a povrch sa menia v závislosti od veku a fázy reprodukčného cyklu. U mladej ženy, ktorá ešte nerodila, je dlhý asi 3 cm a široký 1,5 cm, má hmotnosť asi 10 g. Až do puberty je povrch vaječníka hladký, potom sa zjazzuje po ovuláciách. Od puberty má dve základné funkcie: produkovať **ženské pohlavné bunky** – vajíčka a syntetizovať **pohlavné hormóny** – estrogén, a progesterón. Na vaječníku rozlišujeme dve časti, na povrchu **kôru** a vnútri **dreň**.

**Oogenéza** – vývin ženských pohlavných buniek – **vajíčok** (*ovulum*), prebieha vo vaječníku zo zárodočných buniek – oogónií. Začína sa na rozdiel od spermiogenézy ešte pred narodením, čiže počas vnútramaternicového vývinu. Je to zložitý proces, zahŕňa procesy mitotického delenia, redukčného delenia a zrenia zárodočných buniek.

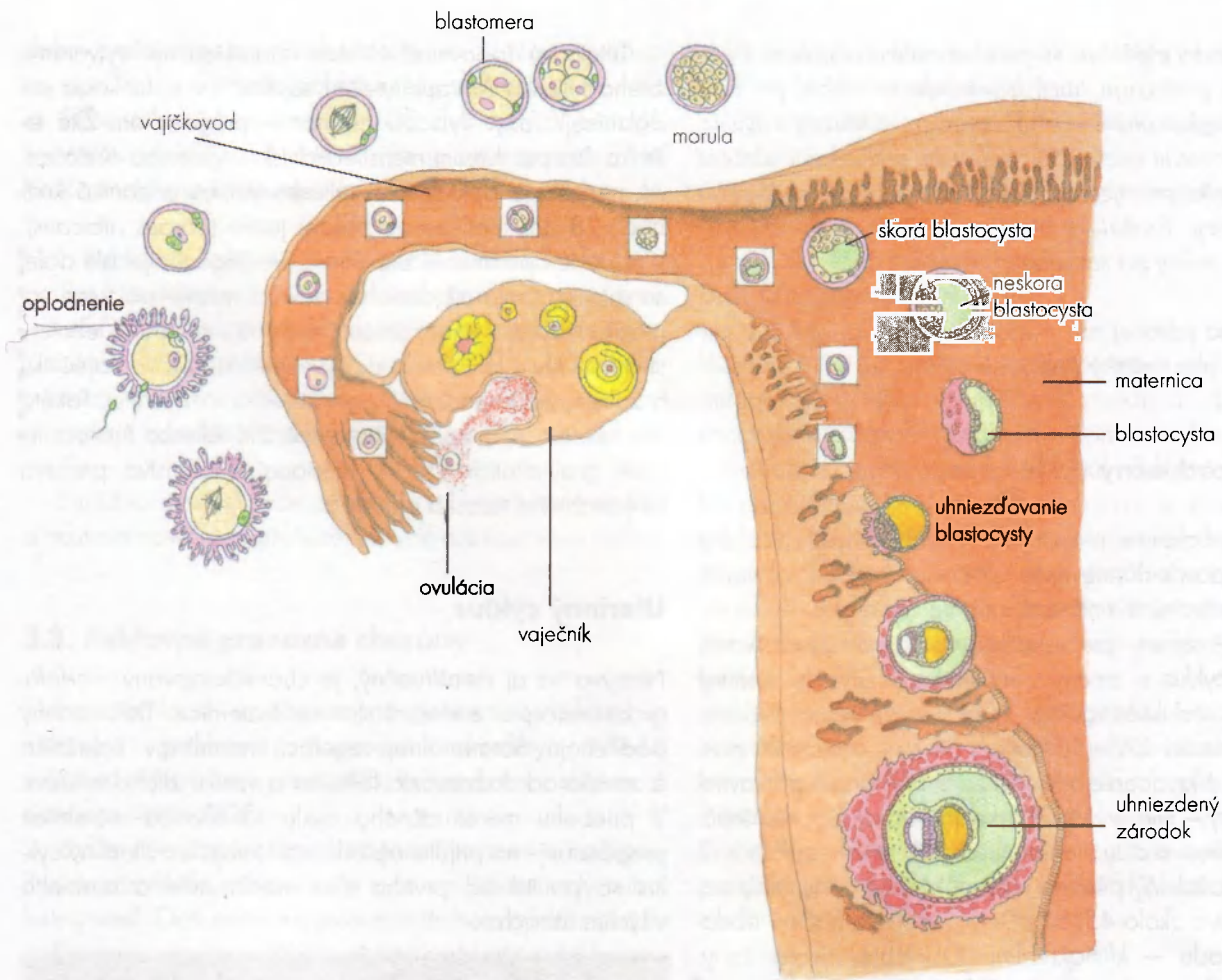
- sa a pred narodením vstupujú do profázy prvého meiotického delenia. Po skončení profázy zostanú v pokojovom štádiu až do puberty. V kôrovej vrstve od puberty dozrievajú vajíčka v Graafových folikuloch. Folikulárne bunky produkujú hormóny – estrogény. V čase ovulácie praskajú obaly folikulu a vajíčko sa uvoľňuje. Z prasknutého folikulu vzniká **žlté teliesko** (*corpus luteum*), ktoré pôsobí ako dočasná endokrinná žľaza produkujúca hormón **progesterón**. V priebehu reprodukčného obdobia ženy dozrieva spravidla striedavo v pravom a ľavom vaječníku približne 400 vajíčok.

**Vajčíkovod** (*tuba uterina*) je párová trubica dlhá 10 – 12 cm, s priemerom 0,5 cm, uložená je po stranách maternice. Koniec smerujúci k vaječníku je otvorený do brušnej dutiny. Je lievikovito rozšírený a zakončený strapcovitými výbežkami, ktoré sa v čase ovulácie prikladajú na povrch vaječníka. Druhý koniec ústi do maternice. Úlohou vajčíkovodu je zachytiť vajíčko uvoľnené zo zrelého Graafovho folikulu a dopraviť ho do maternice, čo zabezpečuje **riasinkový epitel** a **peristaltické pohyby** svaloviny vajčíkovodu.

**Maternica** (*uterus*) je nepárový dutý svalový orgán, uložený v malej panve medzi močovým mechúrom a konečníkom.

- **Zárodočné bunky** sa v prvých mesiacoch vnútramaternicového vývinu intenzívne mitoticky delia, zväčšujú

- Má tvar sploštenej hrušky, obrátenej zúženou časťou smerom dolu. U žien, ktoré ešte nerodili, je dlhá asi 6 – 8 cm,



**Obr. 89** Prierez vaječníka, vajíčkovodu, maternice; ovulácia, oplodnenie, uhniesťovanie

- široká 4 – 5 cm a hrubá 2,5 – 3 cm. Počas tehotenstva sa
- mnohonásobne zväčší. Na maternici rozlišujeme dve
- hlavné časti: telo a krček.

V maternici dochádza k uhniesťovaniu vyvíjajúceho sa zárodka a vývinu plodu až do pôrodu. Vnútro maternice je vystlané sliznicou, na povrchu krytou vysokým riasinkovým epitelom. Sliznica maternice (jej funkčná časť) podlieha cyklickým zmenám, ktoré súvisia s dozrievaním vajíčok vo vaječníku a produkciou hormónov (obr. 89).

**Pošva** (vagina) je svalovo-väzivová (elastická) trubica umiestnená medzi močovým mechúrom a konečníkom. Je vývodnou pôrodnou cestou a súčasne ženským kopulačným orgánom. Je dlhá 8 – 12 cm s variabilným priemerom. Do horného konca pošvy sa vnára krček maternice, dolný koniec sa otvára medzi malými pyskami ohanbia do predsiene pošvy. Na začiatku pošvy je u žien, ktoré ešte nemali pohlavný styk – **panenská blana** (hymen).

K vonkajším pohlavným orgánom patria:

- vrch ohanbia,
- veľké pysky ohanbia,
- malé pysky ohanbia,
- predsieň pošvy,
- dráždec.

**Vrch ohanbia** (*mons pubis*) je kožná vyvýšenina, umiestnená pred sponou lonových kostí. Smerom dozadu prechádza do veľkých pyskov ohanbia. **Veľké pysky ohanbia** (*labia majora pudendi*) sú kožné valy, podkladom ktorých je prevažne tukové tkanivo. Vrch ohanbia a veľké pysky ohanbia sú kryté chlpmi. **Malé pysky ohanbia** (*labia minora pudendi*) sú pomerne tenké kožné valy a väčšinou sú ukryté medzi veľkými pyskami. Smerom dopredu smerujú k **dráždca** a smerom dozadu prechádzajú do veľkých pyskov ohanbia. Medzi nimi je uložená **predsieň pošvy**, do ktorej sa otvára pošva a pred ňou močová rúra.



- V sliznici predsiene sú početné malé predsieňové žliazky, ktoré produkujú hlien a udržiujú ju vlhkú. Pri báze malých pyskov ohanbia je uložená párová hľuza predsiene, ktorá je tvorená spleťou žíl. Za hľuzou predsiene je uložená párová veľká predsieňová žľaza, ktorej vývod ústi do predsiene pošvy. Produkuje hlienovitý sekrét, ktorý zvlhčuje vstup do pošvy pri sexuálnom vzrušení.

**Dráždec** (clitoris) má podobnú stavbu aj erekčný mechanizmus ako mužský pohlavný orgán.

### 3.2. Reprodukčný cyklus ženy

Zahŕňa periodicky v mesačných cykloch sa opakujúce procesy súvisiace s dozrievaním vajíčok a folikulov vo vaječníku a s následnými zmenami v sliznici maternice.

Cyklické zmeny prebiehajúce vo vaječníku nazývame **ovariálny cyklus** a zmeny v maternici nazývame **uterinný cyklus**. Reprodukčný cyklus ženy sa začína v puberte, spravidla medzi 12. – 13. rokom dievčat. Objaví sa prvé menštruačné krvácanie a tým sa začína obdobie **pohlavnej aktivity ženy** – menarché. Dozrievanie vajíčka aj menštruácia sa opakujú každý lunárny mesiac (v priemere každých 28 dní). Pravidelný priebeh reprodukčného cyklu ženy postupne ustáva okolo 45. až 50. roku, keď sa začína **obdobie prechodu** – klimaktérium. Obdobie života ženy, v ktorom sa reprodukčný cyklus zastavil, nazývame **menopauza**. V období tehotenstva sa pravidelný reprodukčný cyklus ženy zastaví na obdobie desiatich lunárnych mesiacov.

#### Ovariálny cyklus

Zahŕňa tri fázy:

- folikulovú – predovulačnú fázu,
- ovuláciu,
- luteínovú – poovulačnú fázu.

**Folikulová (predovulačná) fáza** charakterizuje rast a dozrievanie folikulu. Výsledkom je zrelý Graafov folikul s vajíčkom. Bunky obalu folikula vylučujú hormóny **estrogény**.

**Ovulácia** nastane obyčajne medzi 14. až 16. dňom cyklu. Zrelý Graafov folikul sa vyklenie nad povrch vaječníka, dochádza k jeho prasknutiu a **uvoľneniu vajíčka**. V tejto fáze je už vajíčko pripravené na oplodnenie.

**Luteínovú (poovulačnú) fázu** charakterizuje vytvorenie **žltého telieska** (corpus luteum) so stavbou a funkciou endokrinnnej žľazy. Vylučuje hormón – **progesterón**. **Žlté teliesko** (corpus luteum menstruationis) funguje iba dočasne. Ak nenastane oplodnenie, teliesko vzniká a zaniká každých 28 dní, mení sa na **belavú jazvu** (corpus albicans). V prípade oplodnenia žlté teliesko nedegeneruje, ale ďalej sa rozvíja, rastie až dosiahne veľkosť takmer polovice vaječníka. Svojou hormonálnou činnosťou v priebehu tehotenstva tlmí vývin folikulov a dozrievanie vajíčok vo vaječníku a zabezpečuje priaznivý vývin zárodka v maternici. Takéto žlté teliesko sa nazýva **tehotenské žlté teliesko** (corpus luteum graviditatis). Od 4. mesiaca tehotenstva preberá funkciu žltého telieska placenta.

#### Uterinný cyklus

Nazýva sa aj **menštruačný**, je charakterizovaný *morfolo-gicko-funkčnými zmenami* sliznice maternice. Tieto zmeny podliehajú hormonálnej regulácii hormónov vaječníka a závisia od dozrievania folikulov a vzniku žltého telieska. V priebehu menštruačného cyklu sa sliznica maternice prispôsobuje na prijatie oplodneného vajíčka. Uterinný cyklus sa počíta od prvého dňa menštruácie a prebieha v týchto fázach:

**Fázy uterinného cyklu:**

- menštruačná,
- proliferačná,
- sekrečná,
- ischemická.

**Menštruačná fáza** – prebieha 1. až 4. deň cyklu, ak nedošlo k oplodneniu vajíčka. Začína odlúpením a odstránením sliznice maternice prestúpenej krvou, čo sa prejaví krvácaním z pošvy. Keď sa funkčná časť sliznice maternice celkom odstráni, krvácanie prestane.

**Proliferačná fáza** – prebieha od 5. do 14. dňa, je pod vplyvom **estrogénov** zrejúceho folikulu vaječníka. Prvé obdobie tejto fázy sa nazýva **fáza regenerácie** a trvá 1 až 2 dni. V tomto období sa obnažená bazálna vrstva sliznice pokryje regenerovaným epitelom, v nasledujúcich dňoch sliznica rastie a hrubne.

**Sekrečná fáza** trvá od 15. do 28. dňa, je pod vplyvom hormónu **žltého telieska** – **progesterónu**. Sliznica ďalej hrubne a nadobúda hubovitú konzistenciu. Zliazky sa rozširujú, predlžujú, špirálovito stáčajú, produkujú hlienovitý sekrét, cievy sa bohato rozvetvujú. Sliznica sa stáva kyprou,

dobre prekrvenou a presiaknutou tekutinou. V tomto štádiu je pripravená na prijatie oplodneného vajíčka.

**Fáza ischemická** – nastáva v 28. deň cyklu. V prípade, že vajíčko nebolo oplodnené, žlté teliesko zaniká a tým klesá produkcia pohlavných hormónov.

- *Nízka hladina hormónov vyvolá stiahnutie ciev sliznice a zastavenie prívodu krvi so živinami a kyslíkom, v dôsledku čoho nastupujú degeneratívne zmeny v žľazách a cievach. Keď stiahnutie ciev povolí, vznikne náhle prerušenie, steny ciev narušené nedokrvením (ischémiou) praskajú a vznikajú výrony do sliznice.*

Funkčná časť sliznice podlieha autolytickým zmenám a nastáva nová fáza uterinného cyklu a s ňou nový cyklus.

### 3.3. Pohlavne prenosné choroby

Ochorenia, ktoré sa šíria najmä pohlavným stykom, sa nazývajú **pohlavne prenosné choroby**. Medzi najzávažnejšie z nich patrí **syfilis**, **kvapavka** a v súčasnosti rýchle sa šíriaci **AIDS**.

**Syfilis** (*lues*) spôsobuje baktéria *Treponema pallidum*. Prvým príznakom ochorenia je v prvom štádiu tvrdý alebo lesivý vred. Ochorenie v rozvinutom druhom a treťom štádiu poškodzuje mozog a miechu. Najzávažnejšou vlastnosťou syfilisu je jeho prenos z matky na plod.

**Kvapavku** vyvoláva baktéria *Neisseria gonorrhoeae*. Prvým príznakom ochorenia je nepríjemný pocit pri močení a mierny hnisavý výtok, ktorý sa objavuje už po 3–5 dňoch po infikovaní.

**Trichomonas pošvový** (*Trichomonas vaginalis*) vyvoláva pomerne rozšírené ochorenie, ktoré sa nazýva **trichomoniáza**. Infikovaná žena pociťuje svrbenie až pálenie v rodidlách, má ťažkosti pri močení a silný výtok z pošvy.

**AIDS** (syndróm získaného zlyhania imunity) je celosvetovým problémom. Pôvodcom ochorenia je vírus HIV, ktorý vyvoláva zmenu funkcií až deštrukciu určitých skupín T-lymfocytov. Zdrojom infekcie sú krv a sekréty postihnutých (vrátane materského mlieka).

Úlohy:

1. V ktorej časti semenníka vznikajú mužské pohlavné bunky?
2. Ako sa nazýva proces tvorby mužských pohlavných buniek?
3. V ktorej časti vaječníka sa tvoria vajíčka?
4. Aký hormón produkuje žlté teliesko?
5. Akým spôsobom je zabezpečený transport vajíčka cez vajíčkovod?

6. Ktorá časť maternice podlieha cyklickým zmenám vplyvom ovariálneho cyklu?
7. Kedy začína spermiogenéza u mužov a oogenéza u žien?
8. Ktoré pohlavne prenosné choroby poznáte?

### 3.4. Ontogenetický vývin

Vývin jedinca od oplodnenia až po jeho smrť nazývame **ontogenetický vývin**. Vývin človeka pred narodením nazývame **prenatálnym obdobím** vývinu, keďže prebieha v maternici, nazývame ho aj **vnútromaternicový vývin**. Vnútromaternicový vývin človeka trvá v priemere **40 týždňov**, čiže 280 dní alebo 10 lunárnych mesiacov. Rozdeľujeme ho na obdobie **embryonálneho vývinu** (vývin zárodka – *embrya*, zahŕňa 1. – 8. týždeň vývinu) a obdobie **fetálneho vývinu** (vývin plodu – *féta*, 9. – 40. týždeň vývinu).

Vývin nového jedinca – **ontogenéza** sa začína po oplodnení, keď mužská a ženská pohlavná bunka navzájom splynú. U človeka dochádza k oplodneniu najčastejšie v lievikovito rozšírenej časti vajíčkovodu. **Najväčšia pravdepodobnosť oplodnenia je pri pravidelných menštruáciách medzi 12. až 16. dňom menštruačného cyklu.**

- *Neustále pribúdajú nové informácie o ultraštruktúre a molekulovej podstate oplodnenia. Spermie odobraté z ejakulátu (semennej tekutiny) nie sú schopné oplodniť vajíčko. Počas ich transportu cez maternicu a vajíčkovod prebehne proces, ktorým spermie získavajú oplodňovaciu schopnosť. Tento proces je možné dnes uskutočniť i v laboratórnych podmienkach.*

Ženská pohlavná bunka – **vajíčko** je najväčšia bunka ľudského organizmu, meria asi 150  $\mu\text{m}$ .

- *Obsahuje malé množstvo žltka, ktorý je rovnomerne rozptýlený. V periférnych oblastiach ooplazmy a pod plazmalnou membránou ležia početné zrníčka (tzv. kortikálne granuly), ktoré majú význam pri oplodnení, pretože zaisťujú monospermatické oplodnenie (oplodnenie iba jednou spermiou).*

Oplodnením vajíčka spermiou vznikne **zygota**. Je to zdanlivo jednoduchá bunka, ktorá meria približne 0,2 mm. Na molekulovej úrovni je však zygota najdokonalejšia bunka zo všetkých biologických sústav.

Ľudská zygota sa začína deliť asi 30 hodín po oplodnení. Prvé delenie rozdelí zygotu na dve blastoméry, ktoré sa ďalej delia. Bunkový útvar zo 16 blastomér sa nazýva **morula** (pre podobu s plodom moruše, *lat. morula – moruša*). Počas delenia sa morula pohybom riasinkového epitelu a peristaltickými pohybmi svaloviny vajčkovodu posúva do maternice. Tento transport trvá 75 – 80 hodín. Presakovaním tekutiny, ktorá vyplňa dutinu maternice, dovnútra moruly sa mení na ďalšie vývinové štádium **blastocystu**. Blastocysta je guľovitý útvar s dutinou. Vonkajšiu stenu blastocysty tvoria bunky usporiadané ako v epiteli, vnútro vyplňa tekutina a na okraji dutiny je bunkový uzlík, ktorý sa nazýva **embryoblast**. Vývin blastocysty ešte pokračuje v dutine maternice. Medzi 6. a 7. dňom (po oplodnení) je schopná **prichytiť sa** (*nidovať – uhniesdiť*) k stene maternice. Úplné uhniesdenie trvá 5 dní.

Z buniek embryoblastu sa vyvíja vlastné telo zárodka aj niektoré extraembryonálne súčasti (napr. amniotická dutina). **Diferenciáciou embryoblastu** počas uhniesdenia (*nidácie*) sa vytvorí vnútorná zárodočná vrstva – **endoderma**, potom vonkajšia zárodočná vrstva – **ektoderma**. Neskôr sa vytvára **stredná zárodočná vrstva – mezoderma**, súčasne sa tvorí amniotická a choriová dutina.

Koncom 3. vývinového týždňa po oplodnení sa z buniek zárodočných vrstiev začínajú vyvíjať **primitívne orgány zárodka** a ich vývin pokračuje i v 4. vývinovom týždni.

Koncom 2. lunárneho mesiaca nadobúda tvár embrya **ľudskej črty** a od 3. mesiaca začína **fetálny vývin** (vývin plodu), keď sa plod vonkajšími znakmi podobá na dospelého človeka. Počas tohto obdobia väčšina orgánov získa definitívnu podobu.

### Výživa zárodka a plodu

V priebehu uhniesdenia (*nidácie*) preniká vonkajšia stena blastocysty do sliznice maternice a rozrušuje žľazy, cievy a tkanivo sliznice. Výživné látky z rozrušenej sliznice prechádzajú do buniek zárodka, dovnútra blastocysty. Toto je **histiotrofné štádium výživy** zárodka.

V ďalšom vývine dochádza k tvorbe klkov na povrchu choriovej blany, ktoré obsahujú cievy a tým je možná výmena látok medzi krvou matky a krvou plodu cez stenu klkov, čiže **hemotrofný spôsob výživy**. Krv matky preteká v medziklkových priestoroch a obmýva povrch choriových klkov. Choriové klky sú súčasťou fetálnej časti placenty.

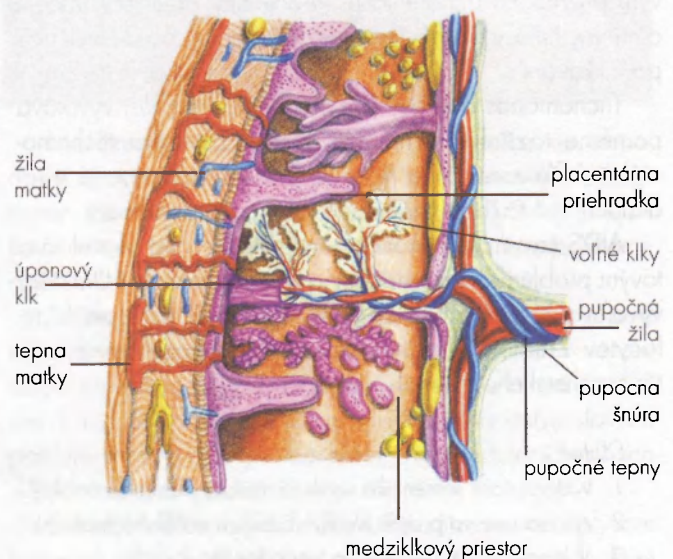
Ľudská placenta zabezpečuje spojenie zárodkových/plodových a materských tkanív na fyziologickú

výmenu. Placenta sa vyvíja v symbióze medzi tkanivom plodu a matky.

• **Má preto plodovú a materskú časť. Plodovú časť placenty tvorí choriová platnička (väzivo plodového obalu s vetvami pupočných ciev) a choriové klky (na strane obrátenej k maternici).**

• **Tepny a žila choriovej platničky prechádzajú cez pupočnú šnúru do fetálnych ciev v tele plodu. Pupočné tepny vedú odkysličenú krv z tela plodu do placenty, pupočná žila vedie okysličenú, živinami obohatenú krv z placenty do tela plodu. Po 4. mesiaci tehotenstva sa plne rozvíja funkcia placenty.**

Placenta funguje ako orgán na výmenu metabolitov a dýchacích plynov medzi krvou matky a krvou plodu. Zabezpečuje výživu, dýchanie, sekréciu a exkréciu. Produkcia hormónov (choriový gonadotropín, relaxín, oxytocín atď.) je nevyhnutná pre normálny priebeh tehotenstva. Plod, placenta a matka pôsobia koordinovane ako funkčná jednotka. Materské a plodové spojenie je oblasťou imunologickej konfrontácie medzi bunkami odlišných genotypov. Spojenie placenty s plodom zabezpečuje **pupočná šnúra**. Pupočná šnúra sa najčastejšie upína v strede placenty. Obsahuje rôsolovité väzivo, dve pupočné tepny a jednu pupočnú žilu (**obr. 90**). Pri narodení má hrúbku 2 cm a dĺžku rovnakú, ako je dĺžka plodu.



**Obr. 90** Stavba placenty

Vnútromaternicový vývin sa končí **pôrodom** a ľudský plod sa stane novorodencom. Zatiaľ nie je presne známy mechanizmus, ktorý spôsobuje vypudenie zrelého plodu, teda pôrod. Z doterajších poznatkov je zrejmé, že signál na pôrod nevychádza z vyvíjajúceho sa plodu, ale z materského organizmu.

#### Pôrod prebieha v troch dobách:

**Prvá pôrodná doba (otváracia)** – začína rytmickými, pravidelnými sťahmi maternice a končí sa úplným roztvorením maternicovej bránky. Praskajú plodové obaly a odtečie plodová voda. Sťahy maternice sú ovplyvňované najmä hormónom oxytocínom. Táto doba je u prvoroďčiek dlhšia, trvá asi 12 hodín. U žien, ktoré už rodili, je priemer 8 hodín i menej.

**Druhá pôrodná doba (vypudzovacia)** – predstavuje **vlastný pôrod** plodu. Pri prvom vdychu novorodenca začnú fungovať pľúca. Pupočná šnúra sa na dvoch miestach podviaže a prestrihne. Táto doba trvá u prvoroďčiek približne hodinu.

**Tretia pôrodná doba (placentárna)** – novými slabšími sťahmi sa odlúpi placenta a s ňou sa porodia aj plodové obaly (táto doba najčastejšie trvá 1 – 10 minút). Tým je **pôrod ukončený** a nasleduje obdobie **šestonedelia**, v priebehu ktorého regeneruje sliznica maternice a upravujú sa tehotenské zmeny na materskom organizme.

Po pôrode nastáva obdobie **postnatálneho vývinu**, ktoré rozdeľujeme na tieto kategórie:

- novorodenec (do 28. dňa po narodení),
- dojča (do konca 1. roka),
- batola (do konca 3. roka),
- predškolský vek (do 6. roka),
- mladší školský vek (do 10. roka),
- starší školský vek (do 15. roka),
- mladosť (do 21. roka),
- dospelosť (do 60 rokov),
- staroba (po 60. roku),
- smrť.

#### Novorodenec

Priemerná dĺžka novorodenca je asi 51 cm a hmotnosť 3 500 g. Novorodenecké obdobie sa **končí 28. dňom**. Novorodenec sa postupne adaptuje na vonkajšie prostredie. Je vybavený dôležitými nepodmienenými reflexmi (cicavý, dýchací, uchopovací, prehltnací). Telesné proporcie novorodenca sa vyznačujú relatívne veľkou hlavou, dlhým trupom a krátkymi končatinami.

#### Dojča

Je dieťa **do konca 1. roka života**. Na konci 1. roku života je dĺžka tela dojčiat v priemere 75 cm a hmotnosť 10 kg. Potravou v prvých šiestich mesiacoch je výhradne materské mlieko, pretože obsahuje dôležité látky vrátane enzýmov, vitamínov a protilátok chrániacich dojča pred infekciami. Okrem toho dojčením sa vytvára vzájomný citový vzťah medzi matkou a dieťaťom.

V tomto období prebieha intenzívny rast telesných rozmerov i rozvoj nervovej sústavy. S tým súvisí rozvoj pohybových schopností (dieťa sa naučí prevažovať, sedieť, liezť, stáť a chodiť s pomocou) a zmyslového vnímania (začína rozumieť reči, začína samo hovoriť). V tomto období sa prerezávajú **prvé mliečne zuby**.

#### Batola

Je dieťa **do konca 3. roka**. Dochádza k intenzívnemu motorickému a neuropsychickému vývinu. Rast telesných rozmerov sa spomaľuje. Zdokonaľuje sa stavba a funkcia jednotlivých orgánov i organizmu ako celku. Významne sa zdokonaľuje reč, na lebke sa uzatvára veľký lupienok (*fontanela*). Je prerezaných všetkých 20 zubov mliečného chrupu.

#### Predškolský vek

Je obdobie **do 6. roka**. Formuje sa správanie, rozvíja sa ústredná nervová sústava a vegetatívne funkcie, menia sa telesné proporcie. **Prvá premena postavy** – menia sa telesné proporcie. Dieťa intenzívne rastie, je „samá ruka – samá noha“, so šitílym trupom a pomerne dlhými hornými a dolnými končatinami. Na konci predškolského obdobia sa objavujú **prvé zuby trvalého chrupu** – prvé stoličky alebo rezáky.

#### Mladší školský vek

Zahŕňa obdobie **do 10. roka**. Telesné tvary sa stávajú plnšími. Postupne sa prerezávajú ďalšie zuby trvalého chrupu.

#### Starší školský vek

Je to obdobie medzi **11. – 15. rokom** života. V tomto období sa výrazne prejaví vplyv puberty. **Puberta** (*dospievanie, zrenie*) obyčajne začína skôr u dievčat a neskôr u chlapcov.

V organizme prebiehajú podstatné **morfologické, fyziologické a psychické zmeny**. Dozrievajú pohlavné orgány dievčat i chlapcov, ktoré začínajú produkovať pohlavné hormóny a zrelé pohlavné bunky. Dievčatám sa zaobľujú telesné tvary ukladaním podkožného tuku (napr. v oblasti bokov), vyvíjajú sa mliečne žľazy, rastú prsia, aktivujú sa vaječníky, ochlpenie ohanbia, podpažušia, prebiehajú hlasové zmeny. Fyziologická puberta dievčat sa končí prvou menštruáciou.

Chlapcom sa v puberte ešte výraznejšie mení hlas (*chlapec mutuje*) a podobne ako u dievčat dochádza k zmenám telesných proporcií. Chlapcom mohutnejú svaly, zväčšuje sa ochlpenie, začínajú rásť fúzy. V období puberty sa u chlapcov objavujú prvé **polúcie** (t. j. samovoľné uvoľnenie spermíí, napr. v spánku). Vývin **sekundárnych pohlavných znakov** je vo väčšine prípadov ukončený do 18. roku. K veľmi podstatným zmenám dochádza i v **psychickej oblasti**, nastáva tzv. *psychosexuálne dospievanie*.

### Mladosť

Je to obdobie od **16. do 21. roka**. Končí sa najväčší rozvoj telesných a duševných síl človeka, rast do výšky sa výrazne spomaľuje až sa úplne zastaví. V tomto období sa končí osifikácia kostry.

### Dospelosť

Obdobie dospelosti sa končí **60. rokom**. Na začiatku tohto obdobia je ukončený rast organizmu i vývin nervovej sústavy, prerážu sa posledné trvalé zuby. Dospelosť je obdobím najväčšej fyzickej a psychickej aktivity človeka. Vek ženy medzi **20. – 25. rokom** sa považuje za **optimálny pre materstvo**. Obdobie dospelosti sa často delí na obdobie **plnej dospelosti** (do 30 rokov), obdobie **zrelosti** (do 45 rokov) a obdobie **stredného veku** (do 60 rokov).

### Staroba

Začína po **60. roku**. Znižuje sa výkonnosť jednotlivých sústav orgánov. Ochabuje koža a tvoria sa vrásky, klesá telesná hmotnosť, dochádza k zmenám krvného tlaku, klesá aktivita pohlavných žliaz atď.

#### Úlohy:

1. Ako rozdeľujeme obdobie prenatalného vývinu.
2. V ktorom vývinovom štádiu sa zárodok prichytáva k stene maternice?

3. Kedy sa začínajú vyvíjať primitívne orgány zárodku?
4. Aké funkcie má maternica?
5. Ktoré obdobie rozlišujeme v postnatálnom vývine človeka?
6. Čím je charakteristické obdobie puberty? Vysvetlite.

### 3.5. Plánované rodičovstvo

Staré dokumenty z rôznych oblastí sveta svedčia o tom, že **antikoncepcia má dlhú históriu**. **Čínsky lekársky text z obdobia okolo roku 2700 pred n. l. obsahuje pravdepodobne najstaršiu písomnú zmienku o antikoncepčnom prostriedku**. Staré lekárske predpisy na antikoncepčné prostriedky sa našli aj v **Egyptských papyruchoch**. Jeden z nich, tzv. **Kahunov** sa datuje do roku 1850 pred n. l. a uvádza recepty na rôzne **vaginálne pasty**. Slávny **Ebersov papyrus** bol napísaný okolo roku 1550 pred n. l. a opisuje niečo, čo bol pravdepodobne prvý lekárom predpísaný **tampón**. Niektoré **indické lekárske práce** napísané v sanskrte sa odvolávajú na **magické i racionálne metódy**, napr. **abstinenciu, tampóny a vaginálne prípravky z kamennej soli v oleji**. Za najstaršiu a najuniverzálnejšie používanú metódu regulácie pôrodnosti sa považuje **metóda prerušovanej súložie**, ktorá sa používa dodnes, najmä v mnohých rozvojových krajinách.

V **Grécku klasického obdobia** bola regulácia pôrodnosti predmetom aktívnych diskusií takých učených mužov, ako bol **Platón, Aristoteles a následníci Hippokrata**. V prvej polovici 2. storočia napísal **najväčší gynekológ antiky Soranus (98–138 n. l.)** spis o **antikoncepcii**, ktorý zostal až do 19. storočia najbrilantnejšou a najoriginálnejšou prácou v tejto oblasti. **Rimania** neskôr prispeli k rozvoju antikoncepcie tým, že začali používať **kozie mechúre ako prezervatívy**.

Antikoncepciou rozumieme **metódy**, ktoré bránia počatiu.

Medzi prirodzené metódy antikoncepcie patrí rozlišovanie **plodných a neplodných dní**. Za plodné považujeme dni ovulácie medzi 14. – 16. dňom menštruačného cyklu, počas ktorých je pravdepodobnosť oplodnenia vajíčka veľká. Plodné dni môžu byť indikované aj zvýšením teploty v pošve, zmenou kryštalickej štruktúry slín alebo zmenou konzistencie pošvového sekrétu – metóda sledovania cervikálneho hlienu (**Billingsova metóda**).

Hlien vylučovaný z krčka maternice vykazuje pod vplyvom estrogénov a progesterónu cyklické zmeny, ktoré možno rozpoznať v pošvovom vchode, teda na vulve. Tieto

fyziológické zmeny cervikálneho hlienu možno využiť na odhad času ovulácie. Pozorovanie stavu hlienu možno skombinovať s palpáciou krčka maternice. Asi 4 – 5 dní pred ovuláciou sa krček stáva mäkkým, po ovulácii opäť stvrdne.

Okrem uvedených prirodzených antikoncepčných metód sú napr. rozličné bariérové (mechanické) metódy, medzi ktoré sa v odbornej literatúre zaraďuje aj prerušovaná súlož (*coitus interruptus* – uvoľnenie semena mimo pohlavných orgánov ženy), zaraďuje sa sem používanie prezervatívu (*coitus condomatus*), ďalej vnútramaternicové teliesko, cervikálny klobúčik atď. Jestvujú aj rozličné spermicídne (chemické) látky (inaktívujúce spermie) a prostriedky hormonálnej antikoncepcie.

Pred voľbou antikoncepčnej metódy treba sa poradiť s odborným lekárom, ktorý je najlepšie informovaný o širokej škále antikoncepčných prostriedkov.

## 4. ČLOVEK A ZDRAVÝ ŽIVOTNÝ ŠTÝL

V širšom zmysle je životný štýl **spôsob života**, ktorý charakterizuje každodenný život ľudí a je podstatným faktorom pri formovaní osobnosti. Spôsob života do značnej miery ovplyvňuje aj zdravotný stav.

Životný štýl tvorí režim a typ práce, stravovacie návyky, pohybová aktivita, hygienické návyky, správanie a pod. Ak chceme hovoriť o zdravom životnom štýle, musia byť jeho zložky vyvážené a zodpovedať súčasným požiadavkám spoločnosti. Jednou z týchto požiadaviek je aj **starostlivosť a zodpovednosť za vlastné zdravie**.

- **Starostlivosti o zdravie a tým plnohodnotnému životu človeka sa v histórii ľudstva venovali nielen liečitelia a lekári, ale aj spoločnosť. Úpravy spôsobu života nachádzame v kultových a rituálnych predpisoch už v starom Egypte, v antickom Grécku a Rímskej ríši. Prvky týkajúce sa pravidiel životného štýlu sú aj v Biblii, talmude a koráne, prvky, ktoré regulujú príjem potravy, vyslovujú zákazy jedenia určitých druhov potravy, predpisujú spôsoby očisty, ale aj jednodňového odpočinku v týždni.**

### 4.1. Zdravie a choroba

Zdravie nie je iba stav bez chorôb a ťažkostí, ale je to podľa WHO (Svetová zdravotnícka organizácia) „stav dokonalej telesnej, duševnej a sociálnej pohody, výsledok súladu vo vzájomnom pôsobení organizmu a prostredia“. Z tejto definície je zrejmé, že na dosiahnutie a udržanie takéhoto stavu musí jedinec, ale aj celá spoločnosť vytvárať vhodné podmienky. Predpoklady na dosiahnutie tohto cieľa vytvára správny, **zdravý životný štýl** – t. j. rovnováha na všetkých úrovniach života človeka – fyzickej, psychickej a sociálnej.

Choroby môžu byť spôsobované aj fyzikálnymi vplyvmi vonkajšieho prostredia, napr. vplyvom slnečného žiarenia – **úpal, rakovina kože, poruchy rohovky**, vplyvom nadmerného hluku vznikajú **poruchy sluchového orgánu** alebo zmeny v chemickom zložení prostredia môžu vyvolávať rôzne **otravy**, prípadne **alergie**.

Ďalšiu skupinu chorôb spôsobujú **biologické zložky prostredia**, napr. rôzne **parazitné ochorenia, infekčné**

**choroby a alergie**. Tieto choroby môže človek ťažko ovplyvniť ako jedinec a obrana pred týmito typmi ochorení je v rukách zdravotníkov a príslušných organizácií.

Na vzniku chorôb sa podieľajú aj **genetické faktory**. Je celá skupina chorôb, ktoré nazývame **dedičné**, vzniknuté v dôsledku zmien v chromozómoch jedinca. Okrem toho jestvuje aj dedične daná **náklonnosť na určité ochorenia**, ktoré sa potom často vyskytujú v takto postihnutých rodinách.

V minulosti prevládali **infekčné choroby**. Zavedením očkovania sa ich podiel na chorobnosti obyvateľstva v rozvinutých krajinách výrazne znížil. Niektoré z týchto chorôb už celkom vymizli, napr. **pravé kiahne**, ktoré v minulosti spôsobovali aj epidémie, sú v súčasnosti celkom zlikvidované a už vyše 50 rokov sa na celom svete nevyskytol ani jeden prípad. Podobne aj **mor**, ktorý v niekoľkých vlnách zahubil viac ako polovicu obyvateľstva Európy, sa v súčasnosti iba sporadicky vyskytuje v oblastiach, kde sú podmienky na jeho šírenie (India, Stredná Ázia).

Napriek tomu však aj v Európe pretrvávajú niektoré choroby, ktoré môžu vyvolávať **epidémie**. K nim patria napr. opakujúce sa **epidémie chrípky**, ktorá po prvej svetovej vojne spôsobila dokonca **pandémiu** – epidémiu, ktorá sa rozšírila na viaceré kontinenty a spôsobila smrť niekoľkých miliónov ľudí. K **infekčným chorobám** patrí napr. aj **žltáčka**, šírenie ktorej je spôsobované nesprávnym životným štýlom (zanedbávanie hygienických pravidiel) a v posledných rokoch sa zvyšuje počet prípadov ochorení na **tuberkulózu**.

V minulosti boli veľmi rozšírené aj parazitné ochorenia, vyvolávané **patogénnymi** (choroboplodnými) **mikroorganizmami**. V súčasnosti je ich výskyt obmedzený v podstate na oblasti trópov a subtropov, lebo v priemyselne vyspelých krajinách boli vyčistené mikroorganizmy alebo ich medzihostitelia. Hrozbou stále zostáva **malária**, kde sa počet ochorení z roka na rok zvyšuje.

- **Malária sa v minulosti vyskytovala aj u nás, k malárickým oblastiam patrili Žitný ostrov a severovýchodné Slovensko. Zánik malárie u nás je príkladom toho, ako môže životný štýl ovplyvňovať aj výskyt ochorení.**

Úloha:

1. Ktoré choroby môžu vyvolať:
  - a) fyzikálne zložky prostredia
  - b) biologické zložky prostredia
  - c) patogénne mikroorganizmy
 Vysvetlite.

## 4.2. Civilizačné choroby

Po tom, ako boli v priemyselne vyspelých krajinách zlikvidované alebo obmedzené parazitárne a infekčné ochorenia zásluhou zlepšenej zdravotnej starostlivosti a zlepšenej životnej úrovne, začali sa čoraz viac vyskytovať **choroby nazývané civilizačné**.

**Civilizačné choroby sú predovšetkým:**

- choroby srdca a cievnej sústavy,
- nádorové ochorenia – rakovina,
- cukrovka,
- tučnota (obezita),
- choroby dýchacích ciest,
- nervové a psychické ochorenia,
- alergie,
- AIDS.

I keď sa tieto ochorenia vyskytovali aj v minulosti, väčší význam nadobúdajú až v súčasnosti, lebo sa dostávajú na prvé miesta v **chorobnosti (morbidity)** aj **úmrtnosti (mortality)**.

Najväčšiu hrozbu predstavujú **ochorenia srdcovocievneho systému**, ktoré sú vo vyspelých krajinách na prvých miestach v úmrtnosti. Doposiaľ nie sú presne známe príčiny tohto rozšírenia, je však zrejmé, že k tomu prispieva životný štýl spojený s vysokou úrovňou technizácie, znížením fyzickej námahy a obmedzovaním pohybu. Rozšírenie mechanizácie, rozvoj dopravy a sedavý spôsob života zmenili nároky na energetický výdaj ľudí, pretrvávajú však stravovacie návyky, ktoré sa vytvorili v podmienkach väčšieho energetického výdaja. Následkom toho je **vzostup výskytu tučnosti (obezity)** a **zvýšený obsah cholesterolu v krvi** veľkého počtu jedincov.

Podľa najnovších údajov majú až dve tretiny obyvateľov Slovenska zvýšenú koncentráciu cholesterolu, najmä jeho škodlivej frakcie – **cholesterolu LDL** – s nízkou hustotou. S tučnotou a nesprávnymi stravovacími návykmi súvisí rizikový faktor – **vysoký krvný tlak**. Okrem týchto rizikových faktorov pôsobia aj ďalšie, ktoré súvisia so súčasným životným štýlom – **stres a psychické vypätie**.

Významným rizikovým faktorom je aj rozšírená **toxikománia – fajčenie a alkohol**. Práve zásahy zamerané na zmenu životného štýlu spôsobujú, že v niektorých krajinách, ako v USA a Kanade, dochádza k znižovaniu úmrtnosti na srdcovocievne ochorenia.

Druhé miesto v tabuľkách úmrtnosti vo vyspelých krajinách patrí novotvarom, teda rôznym **formám rakoviny**. Niektoré sú **spôsobované vírusmi**, veľká časť rakovinových ochorení však súvisí s **životným štýlom**.

Sú známe látky, ktoré predstavujú **riziko vzniku rakoviny**,

vyskytujú sa v životnom, ale aj pracovnom prostredí. Často sú to látky obsiahnuté v **konzervačných prostriedkoch** potravinárskych výrobkov, vo výrobkoch **farmaceutického a chemického priemyslu**. Významným **kancerogénom** – činiteľom, ktorý môže spôsobovať rakovinu – je aj **tabakový dym**, najmä **decht** obsiahnutý v ňom, ktorý je príčinou veľkého percenta rakoviny pľúc. Existujú **súvislosti medzi rakovinou a typom potravy**. Napríklad rakovina **hrubého čreva** môže súvisieť s potravou, v ktorej je málo vlákniny a naopak veľké množstvo tukov. **Ultrafialová zložka** slnečného žiarenia môže vyvolávať **rakovinu kože**.

Veľkým problémom súčasného zdravotníctva sú **alergie**, precitlivenosť na látky nazývané **alergény**. Môžu to byť prachové častice, zrníčka peľu, prach z peria, srsti a rozličné chemické látky. **Podstatou alergie je imunologická reakcia vnímavého jedinca**. Do tela prenikajú alergény najčastejšie vdychovaním, ale aj potravou. Potravinové alergie prevládajú v detskom veku a ako alergény sa môžu prejavovať **mlieko, vajcia, mäso, jahody** a pod. Tieto alergie však v dospelosti najčastejšie ustupujú. Alergie sa prejavujú ako **prhlávka, ekzémy alebo senná nádcha a opuchy**.

Najťažšiu formu alergie predstavuje **astma**. Môže sa však objaviť aj **akútna forma alergie – anafylaktický šok**, napr. u ľudí precitlivených na včelí jed alebo na niektoré formy liekov, ktorý môže viesť až k smrti postihnutého.

Mimoriadne závažným celosvetovým problémom sa stal v súčasnosti **syndróm získaného zlyhania imunity AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome)**. Je to vírusová infekcia, šíriaca sa pohlavným stykom a kontaktom s telovými tekutinami infikovaného. Infekcia vedie k celkovej strate imunity, teda všeobecne proti chorobám. Choroba má dve fázy. V prvej, ktorá trvá 6 mesiacov až 6 rokov, sa choroba navonok prejavuje únavou, občasnými horúčkami, nechutenstvom, zápalmi dýchacích ciest, bolesťami končatín a zdurením miazgových (lymfatických) uzlín. V druhej fáze, ktorá môže trvať rôzne dlho, organizmus chradne a zomiera na akúkoľvek infekciu.

**Patogénom je vírus HIV**, ktorý sa prenáša pohlavným stykom, ale aj infikovaním krvi, napr. nekontrolovanou transfúziou a z chorých matiek na dieťa pri pôrode. Prevenciou je obmedzenie promiskuity a používanie ochranných prostriedkov pri pohlavnom styku. Choroba je zatiaľ neliečiteľná a dosiaľ sa nepodarilo vyvinúť ani vakcínu proti tejto nákaze.

### ? Problémové úlohy

- Ako súvisia civilizačné ochorenia so zdravým životným štýlom? Vysvetlite na príkladoch.
- Prečo sa fajčenie považuje za jeden z rizikových faktorov na vyvolanie nádorových ochorení? Vysvetlite.



- Aké zdravotné riziká hrozia novorodencom, ktorých matky podľahli fajčeniu alebo alkoholizmu?
- Súvisia alergie so stavom životného prostredia? Vysvetlite.
- Môže byť zdravý životný štýl dôležitý preventívny faktor pred civilizačnými ochoreniami? Vysvetlite na príkladoch.
- Prečo sa AIDS nazýva mor 21. storočia?

#### 4.2.1. Sociálne patológie

Medzi civilizačné choroby sa zaraďujú aj **sociálne patológie**, ku ktorým okrem kriminality a samovrážd patria aj **toxikománie**.

#### Toxikománia

S používaním rôznych drog sa stretávame vo všetkých formách spoločnosti už od dávnych čias. Používali sa však iba pri určitých rituáloch a obradoch a išlo o drogy prírodného pôvodu. Napríklad tabak používali Indiáni iba pri obradoch a slovo tabak označovalo trúbku, v ktorej listy fajčili.

**Toxikomániou nazývame stav opakovanej alebo chronickej otravy, ktorý je navodený opakovaným užívaním**

**drog prírodného alebo umelého pôvodu, pričom existuje psychická alebo fyzická závislosť jedinca od tejto drogy.**

V minulosti boli iba **drogy prírodného pôvodu** – **hašiš** (*marihuana*) zo samičích súkvetí konopí, ópium z nezrelých makovic, **kokaín** z listov koky (*Erythoxylon coca*). V súčasnosti sa zo surového ópia vyrábajú oveľa účinnejšie látky – **heroin**, **crack**, ktoré vedú oveľa rýchlejšie k fyzickej závislosti od týchto drog. K moderným drogám patrí aj **LSD** – kyselina lysergová, prípadne špecificky česká a slovenská droga **pervitín**.

Spoločnou vlastnosťou drog je navodenie **pocitu eufórie, príjemných pocitov**. Na dosiahnutie tohto stavu je potrebné stále zvyšovať dávky, a tak sa jedinec dostáva do stavu závislosti od drog. Príjemné pocity vystrieda stres, nervové a psychické poruchy.

Podobné účinky majú aj **alkohol** a **tabak**.

#### ? Problémové úlohy

- Možno alkoholizmus, drogovú závislosť, fajčenie, považovať za choroby? Vysvetlite.
- Ako ohrozuje drogová závislosť život a zdravie človeka?
- Má každý jedinec rovnakú vnímavosť na drogovú závislosť?
- Skúste vysvetliť, ktoré typy ľudí sú drogovou závislosťou najviac ohrozené a prečo.

# 5. EVOLÚCIA ORGANIZMOV – VŠEOBECNÉ ZÁKONITOSTI

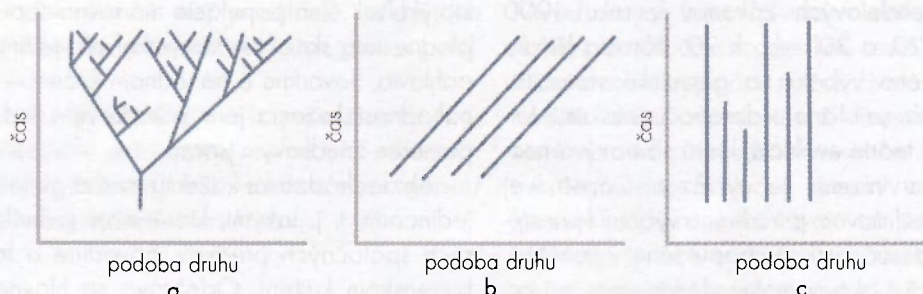
Evolúcia znamená zmenu. Znaký a vlastností organizmov sa na všetkých úrovniach môžu v priebehu po sebe nasledujúcich generácií organizmov meniť. Štúdiom všeobecných zákonitostí a hlavných etáp evolúcie organizmov sa zaoberá **evolučná biológia**. Vychádza z poznatkov všetkých biologických disciplín, ktoré vyvetľuje v historických súvislostiach. Dokumentuje, že jednotlivé druhy organizmov nie sú konštantné, ale v priebehu času sa menia. Analyzuje príčiny a objasňuje mechanizmy historického vývoja organizmov.

## 5.1. Vývoj evolučného myslenia

### História života

Vzťahy medzi rôznymi druhmi organizmov v čase možno vysvetľovať tromi odlišnými spôsobmi:

- **evolúciou** – všetky druhy majú spoločný pôvod (jedného predka) a v priebehu času sa môžu meniť,
- **transformáciou** – odlišné druhy majú samostatný pôvod (nemajú spoločného predka), ale v priebehu času sa môžu meniť,
- **kreacionizmom** – odlišné druhy majú samostatný pôvod (nemajú spoločného predka) a v priebehu času sa nemenia (obr. 91).



**Obr. 91** Tri odlišné prístupy vysvetľujúce vzťahy medzi rôznymi druhmi organizmov v čase: a) evolúcia – spoločný pôvod, zmeny, vetvenie línií, b) transformácia – samostatný pôvod, zmeny, c) kreacionizmus – samostatný pôvod, k zmenám nedochádza (každá čiara znázorňuje históriu jedného druhu; ak je čiara zvislá, druh sa nemení; ak smeruje doľava či doprava, druh sa mení; ak čiara nesiahá až k hornému okraju obrázka, druh v minulosti vyhynul)

## Evolučné hypotézy pred Darwinom

- Od konca 17. storočia sa hlavne medzi francúzskymi, anglickými a nemeckými prírodovedcami a filozofmi začínajú objavovať kritické výhrady k otázke nemennosti druhov organizmov a nesúhlas s kreacionistickou predstavou, že jednotlivé druhy boli vytvorené (kreované) nadprirodzeným stvoriteľom individuálne (každý zolašť), a to v podobe, ktorú si zachovali do súčasnosti. Pribúdajúce paleontologické nálezy a výsledky porovnávacej morfológie, fyziológie, embryológie a šľachtiteľskej praxe podporovali myšlienky, že druhy sa v priebehu času menia.

Prvý, kto vypracoval relatívne ucelenú teóriu o vývoji organizmov, bol francúzsky prírodovedec a filozof **Jean-Baptiste Lamarck** (1744 – 1829). Študoval hlavne skameneliny (fosílie). Súbor jeho evolučných názorov prezentovaných v diele *Filozofia zoológie* (1809) sa nazýva **lamarkizmus**. Lamarck predpokladal, že k zmenám organizmov dochádza v dôsledku pôsobenia prostredia a aktívnym úsilím daného individua o lepšie prispôsobenie sa prostrediu (novovzniknutá potreba). Jeho predstavy o evolučných zmenách sú príkladom **transformizmu** (obr. 91b). Za mechanizmus, ktorý k zmenám príslušného orgánu vedie, považoval jeho používanie (zákon používania a nepoužívania); predpokladal, že získané vlastnosti sa dedia. Najznámejším príkladom je pokus o vysvetlenie vývoja dlhého krku žirafy. Neustále natáhanie krku umožňuje žirafe siahť po stále vyššie umiestnených listoch v korunách stromov; krk zosilnieva a predlžuje sa.

## Charles Darwin a darvinizmus

Evolučná biológia je nerozlučne spätá s menom anglického prírodovedca **Charlesa R. Darwina** (1809 – 1882) a jeho najvýznamnejším dielom *O pôvode druhov prírodným*

výberom (1859). Sformuloval v ňom ucelenú evolučnú teóriu, nazývanú podľa jej autora **darwinizmus**. Jej ústrednou myšlienkou je, že odlišné druhy organizmov vznikajú v procese **postupných adaptívnych zmien** v priebehu po sebe nasledujúcich generácií organizmov v dôsledku pôsobenia prírodného výberu. Podľa nej druhy organizmov nie sú nemenné ani formou ani počtom a pod tlakom prírodného výberu neustále vznikajú nové druhy, kým iné vymierajú.

**Základné tézy darvinizmu:**

- vo väčšine prirodzených populácií existuje individuálna premenlivosť znakov a vlastností; táto variabilita vzniká **náhodne** (neadaptívne vo vzťahu k prostrediu) a aspoň časť z nej sa prenáša z rodičov na potomstvo (hoci sa v Darwinových časoch nevedelo ako);
- organizmy majú tendenciu **produkovať viac potomstva**, ako je nevyhnutné na nahradenie rodičov a koľko je prostredie schopné užiť. Skutočnosť, že populácie si spravidla zachovávajú rovnakú veľkosť, svedčí o existencii boja o život;
- jedince, ktorých znaky a vlastnosti sú najvhodnejšie do daného prostredia (sú **najlepšie adaptované**), budú lepšie prežívať a produkovať viac potomstva ako horšie prispôsobené organizmy – **výber**.

- *Teoreticky bol Darwin inšpirovaný hlavne dielom geológa Charlesa Lyella a ideami Thomasa Malthusa o rozpore medzi geometrickým rastom populácie a aritmetickým rastom zdrojov obživy. Rozhodujúcim empirickým zdrojom na formulovanie evolučnej teórie boli poznatky z viacročnej cesty okolo sveta na lodi Beagle (1832–1837), predovšetkým rozmanité formy života na Galapágskech ostrovoch. Nemalú úlohu mali aj poznatky o šľachtení zvierat.*

## Neodarvinizmus

Znovuobjavenie **Mendelových zákonov** v roku 1900 a rozvoj genetiky v 20. a 30. rokoch 20. storočia (štúdie o pôsobení prírodného výberu na genetickú variabilitu v populáciách) vyústilo približne o desaťročie neskôr k formulovaniu **syntetickej teórie evolúcie**, ktorá sa nazýva **neodarvinizmus**. Neodarvinizmus je syntézou Darwinovej teórie evolúcie prostredníctvom prírodného výberu s princípmi mendelovskej dedičnosti a populačnej genetiky. Vysvetľuje oveľa lepšie ako samotný darvinizmus pôvod a udržiavanie genetickej variability v populáciách, ako aj otázky evolúcie druhov.

Darvinizmus, resp. jeho súčasná podoba – neodarvinizmus, je zjednocujúca biologická teória, ktorá

vysvetľuje vzťahy medzi obrovským množstvom žijúcich i fosílnych foriem organizmov pomocou pôsobenia prírodného výberu.

## 5.2. Základné mechanizmy evolúcie

Zloženie genofondu populácie sa môže z generácie na generáciu meniť. V dôsledku zmien v zastúpení jednotlivých alel dochádza aj k zmenám početnosti jednotlivých genotypov. Zmeny bývajú spravidla postupné, teda nie ľahko pozorovateľné v priebehu malého počtu po sebe nasledujúcich generácií (tento proces sa preto nazýva **mikroevolúcia**). Počas mnohých generácií sa však aj drobné zmeny početnosti alel môžu nahromadiť do takej miery, že vznikne nová populácia s výrazne odlišným genofondom. Meniace sa zloženie genofondu populácie predstavuje vývoj – evolúciu tejto populácie. Keďže druhy organizmov pozostávajú z populácií jedincov, faktory, ktoré spôsobujú zmeny genofondu populácie, sú totožné s tými, ktoré určujú vývoj druhov – **biologickú evolúciu**. Skúmanie týchto činiteľov má preto zásadný význam pre štúdium evolúcie organizmov.

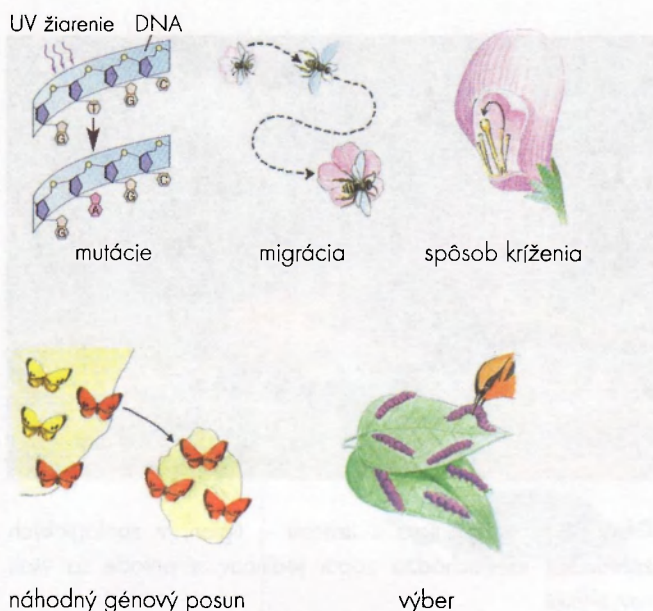
Existuje päť základných faktorov ovplyvňujúcich zloženie genofondu populácie: **spôsob kríženia, mutácia, migrácia, náhodný genový posun a výber** (obr. 92).

### Kríženie

Spôsob kríženia jedincov určuje usporiadanie alel v novej generácii. Od neho závisí vzťah medzi početnosťou jednotlivých alel a početnosťou jednotlivých genotypov v populácii. Existujú dva základné spôsoby kríženia – **panmixia** a **inbríding**.

Ak sa v populácii uskutočňuje náhodné kríženie, t. j. ak ktorýkoľvek člen populácie má rovnakú pravdepodobnosť plodne sa skrížiť s ktorýmkoľvek jedincom opačného pohlavia, hovoríme o náhodnom krížení – **panmixii**. Úplná náhodnosť kríženia je v prírode aj v ľudskej spoločnosti pomerne zriedkavým javom.

Ak dochádza ku kríženiu medzi geneticky príbuznými jedincami, t. j. takými, ktoré majú jedného alebo viacerých spoločných predkov, hovoríme o **inbrídingu** – príbuzenskom krížení. Odohráva sa hlavne v malých populáciách. Krajným typom inbrídingu je **samooplodnenie** – **autogamia**.



**Obr. 92** Faktory ovplyvňujúce zloženie genofondu populácie

### Mutácie

Mutácie sú zdrojom evolučných novinek. Mutačné procesy vytvárajú genetickú variabilitu, ktorá je základným predpokladom evolúcie. Podľa vplyvu na **reprodukčnú zdatnosť** organizmu rozlišujeme pozitívne mutácie (užitočné), negatívne (škodlivé) a neutrálne mutácie. Takéto delenie je však relatívne a platí len vo vzťahu ku konkrétnemu prostrediu.

### Migrácia – tok génov

Migrácia je proces, pri ktorom sa do populácie organizmov vnesú nové alely z inej populácie. Dochádza k medzipopulačnému rozmnožovaniu, a to tým, že migrujú buď jedince, ktoré boli pôvodne členmi inej populácie, alebo len pohlavné bunky jedincov inej populácie (napr. prenos peľu).

- Migráciou sa zmenšujú rozdiely medzi populáciami. Ak je tok génov dostatočne intenzívny, z dvoch či viacerých pôvodne odlišných, izolovaných populácií sa môže vyvinúť jedna so spoločnou genetickou štruktúrou.

### Génový posun

Ak dochádza k zmenám početnosti zastúpenia jednotlivých alel v genofonde populácie vplyvom náhodných

procesov, hovoríme o **génovom posune** (*genový drift*). Významne sa uplatňuje hlavne v malých populáciách. Náhodné kolísanie početnosti alel je tým väčšie, čím je populácia menšia. Jedince s určitou alelou majú náhodou väčší počet potomkov ako jedince s inou alelou. Po určitom počte generácií sa môže stať, že niektorá alela z populácie celkom vymizne, a naopak, iná sa rozšíri tak, že jej početnosť je 100 % (všetky jedince sú homozygotmi pre túto alelu).

### Výber

Populácia spravidla pozostáva z genotypovo a fenotypovo odlišných jedincov a rozdiely medzi nimi sa prejavujú aj odlišnou rýchlosťou reprodukcie. Jedince sa teda odlišujú svojou **reprodukčnou zdatnosťou**. Výber síce mení početnosť alel v populácii, nepôsobí však priamo na alely, ale na ich vonkajšie prejavy čiže na fenotyp. Pôsobenie prostredia na fenotyp, ktoré vyúsťuje do rozdielov v prenose génov, sa nazýva **selekčný tlak**.

Ak organizmus produkuje viac reprodukčne zdatného potomstva v porovnaní s inými, hovoríme, že má selekčnú výhodu. Selektčný tlak prostredia môže byť prirodzený (napr. boj o potravu) alebo umelý (napr. insekticídy, šlachtenie). **Prírodný výber**, t. j. selekcia prírodou – je podľa darvinizmu rozhodujúcim činiteľom v evolúcii organizmov.

Výber vedie k lepšej adaptácii populácie k jej životnému prostrediu. Adaptácia populácie na prostredie sa pohybuje len v medziach už existujúcich rozdielov medzi jedincami; pôsobením výberu nevznikajú nové znaky a vlastnosti, ani nové gény.

### 5.3. Vznik a zánik druhov

Pôvod nových foriem života – vznik nových druhov organizmov je kľúčovou otázkou evolučnej teórie. Zmeny v genofonde populácií počas života niekoľkých generácií daného druhu organizmov sú zmenami menšieho rozsahu, ktoré spravidla nevedú k formovaniu sa nového druhu – **mikroevolúcia**. Evolučné zmeny veľkého rozsahu **makroevolúcia** – sa odohrávajú na úrovni druhu a vyšších taxónov v priebehu dlhého časového obdobia. V pozadí zmien sú rovnaké mechanizmy, aké sa uplatňujú v priebehu mikroevolúcie.

Pravdepodobne najčastejšie používanou definíciou druhu je tzv. **biologická koncepcia druhu**. Myslí sa ním taká populácia alebo skupina populácií organizmov, v rámci

ktorej existuje skutočná alebo potenciálna výmena génov – jedince sú schopné navzájom sa krížiť, prinášať plodné potomstvo a od iných skupín sú reprodukčne izolované.

- *Evolúcia jednotlivého druhu má nielen začiatok, ale i koniec. Vymieranie druhov dokumentuje bohatstvo paleontologického materiálu. Fosilizované zvyšky organizmov svedčia o viacerých prípadoch hromadného zániku druhov (minimálne 20). Predpokladá sa, že 5 z nich malo mimoriadne masový charakter (na konci ordoviku, devónu, permu, triasu a kriedy).*

K najväčšiemu vymieraniu druhov došlo koncom permu (pred 225 miliónmi rokov). Vyhytno asi 80 % morských bezstavovcov. Za najpravdepodobnejšiu príčinu sa považuje **globálna otrava životného prostredia** vyvolaná náhlym uvoľnením CO<sub>2</sub> do ovzdušia. Ďalšími faktormi, ktoré sa podieľali na masovom vymieraní druhov, boli dopady meteoritov, erupcie vulkánov, resp. pohyb kontinentov.

- *V súvislosti s masovým zánikom druhov mimoriadnu pozornosť púta otázka zániku dinosaurov. Co spôsobilo, že organizmy, ktoré ovládli našu planétu na viac ako 150 miliónov rokov, náhle vyhynuli na rozhraní kriedy a tretohôr, pred asi 65 miliónmi rokov? Fosílné nálezky dinosaurov dokumentujú pozoruhodnú pestrosť tvarov a obrovskú variabilitu veľkosti tiel (z ktorých niektoré dosahovali gigantické rozmery), akýsi triumf vývoja stavovcov.*

- *Existuje viacero hypotéz pokúšajúcich sa vysvetliť vyhynutie dinosaurov. Za najpravdepodobnejšiu sa považuje dopad veľkého meteoritu (asteroidu, kométy), v dôsledku ktorého sa dostalo do ovzdušia veľké množstvo prachu. To zabránilo prieniku slnečného žiarenia na zemský povrch. Následkom bol masívny úhyn rastlín a zruťenie sa celého potravinového reťazca. Vymrelo množstvo druhov organizmov vrátane dinosaurov a vytvoril sa priestor na vývoj iných stavovcov, hlavne cicavcov.*

### Reprodukčná bariéra

Prekážka, ktorá zabraňuje, aby dve indivíduá mali plodné potomstvo, sa nazýva **reprodukčná bariéra**. Jej najznámejším príkladom je **geografická bariéra** (napr. horský masív, vodná plocha okolo ostrova), ktorá spôsobuje, že jedince sú od seba fyzicky izolované. Existuje však množstvo ďalších mechanizmov zabraňujúcich výmene génov medzi organizmami. Takúto bariéru môžu predstavovať rozdiely v tvare a veľkosti pohlavných orgánov, ale aj odlišnosti



**Obr. 93** Kríženec tigra s levicou – tiglon, v zoológických záhradách sa nachádza zopár jedincov, v prírode sa však nevyskytujú

v správaní sa jedincov. Hybrid vôbec nevznikne alebo nie je životaschopný a hynie, či je neplodný – netvorí sa funkčné pohlavné bunky. Príkladom môže byť mul, mulica, ale i tiglon a liger – v zoo sa dochovali jedince, ktoré vznikli krížením leva s tigricou (liger **obr. 93**), resp. tigra s levicou (tiglon); v prírode však k takémuto kríženiu nedochádza.

Významnou prekážkou, ktorá zabraňuje, aby niektoré jedince mohli mať spolu plodné potomstvo, sú odlišnosti v organizácii genetického materiálu (hlavne rozdiely v počte chromozómov).

### 5.4. Koevolúcia

Vývoj jedného druhu organizmov je výrazne ovplyvňovaný tým, čo sa odohráva v evolúcii iného druhu, a naopak (reciproká evolúcia). Takéto dva druhy bývajú spravidla od seba nejakým spôsobom závislé.

- *Príroda poskytuje širokú paletu príkladov, najmä pri sledovaní vývoja vzťahu predátor – korisť, kvitnúca rastlina a hmyz, ktorý ju opeluje; hostiteľ a parazit.*

- *V miere, v akej prírodný výber zdokonaľuje loveckú schopnosť predátora, sa zlepšujú schopnosti koristi schovať sa pred ním, uniknúť mu, resp. postaviť sa na odpor. Ak korisť disponuje čoraz účinnejšími obrannými prostriedkami, predátor vyvíja spôsoby ako ich prekonať – a evolúcia pokračuje ďalej.*

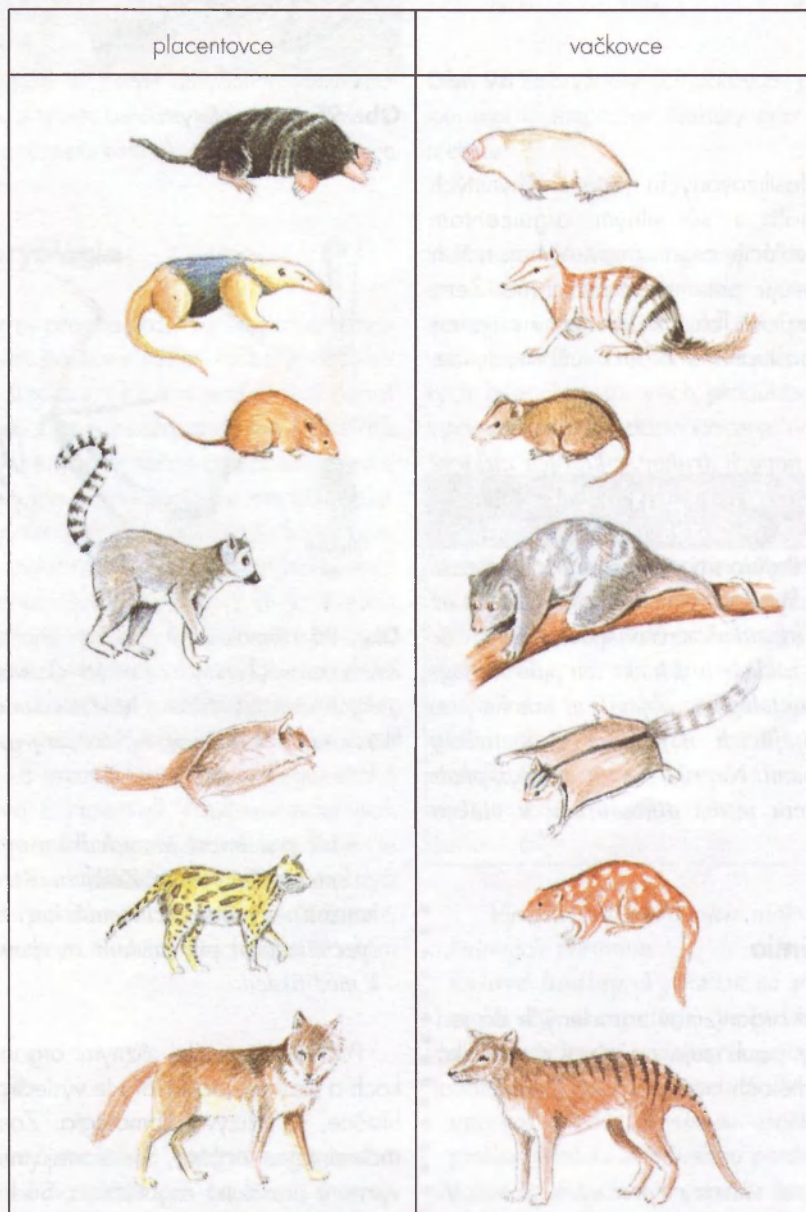
Vo všeobecnosti evolúcia jedného druhu môže ovplyvňovať vývoj všetkých ostatných druhov v danom ekosystéme.

### 5.5. Doklady evolúcie

Stopy evolúcie možno pozorovať na rôznych úrovniach a v rozmanitých oblastiach biológie. Darwin dokumentoval evolúciu najmä poznatkami o geografickej distribúcii druhov a nálezmi skamenelín. Popri biogeografii a paleontológii je zdrojom dôkazov o evolúcii výskum celej živej prírody, vrátane rýchlo sa rozvíjajúcej molekulovej biológie.

### Biogeografia

- Prečo je fauna a flóra Austrálie taká jedinečná? Prečo sú živočíchy z tropických lesov Južnej Ameriky príbuznejšie s tými, ktoré obývajú púšte toho istého svetadielu, a nie so živočíchmi z tropických lesov Afriky? Prečo nie sú dva ostrovy s podobnými životnými podmienkami, no v odlišných častiach sveta osídlené blízko príbuznými druhmi organizmov, ale druhmi, ktoré sú príbuzné organizmom z naj-



**Obr. 94** Jedinečnosť cicavcov Austrálie – austrálske vačkovce pripomínajú placentovce žijúce v ostatných častiach sveta; po odčlenení sa Austrálie od ostatných kontinentov sa vačkovce a placentovce vyvíjali izolovane, nezávisle od seba sa vyvinuli fenotypovo podobné formy živočíchov, ktoré sú vhodne adaptované do toho ktorého prostredia, z fylogenetického hľadiska ide o nepríbuzné organizmy

- bližšieho kontinentu, ktorého životné prostredie je často veľmi odlišné?

Biogeografia dokumentuje, že aj približne rovnaký typ prostredia je v odlišných končinách Zeme obývaný nepříbuznými druhmi pôvodných organizmov (obr. 94). Len historický pohľad poskytuje zmysluplné vysvetlenie takéhoto biogeografického rozmiestnenia druhov. Z hľadiska evolúcie moderné druhy organizmov nachádzame, tam, kde sú, pretože sa tam vyvinuli zo svojich predkov, ktorí obývali danú (alebo blízku) lokalitu.

### Skameneliny

Nálezy skamenených (fosilizovaných) foriem vyhynutých druhov organizmov boli a sú silným argumentom v prospech myšlienky evolúcie organizmov. V najstarších vrstvách, ktoré dokumentujú prítomnosť života na Zemi v dávnych dobách, sa nachádzajú skameneliny najprimitívnejších organizmov a postupne, smerom k súčasnosti, rozmanitosť narastá.

- Objavujú sa fosílie nových druhov, z ktorých niektoré zostávajú zachované takmer bez zmien po dlhé obdobia (ak žijú aj v súčasnosti, hovoríme o živých fosíliách), iné sa rýchlo menia, resp. vyhynuli. Postupnosť nálezov skamenelín v poradí ryby — obojživelníky — plazy a až neskôr vtáky a cicavce je v súlade s rekonštrukciou histórie vývoja stavovcov aj na základe iných ako len paleontologických poznatkov. Paleontológovia objavili aj mnoho prechodných foriem spájajúcich najstaršie skameneliny s modernými organizmami. Napríklad archeopteryx predstavuje prechodnú formu medzi dinosaurami a vtákmi (obr. 95).

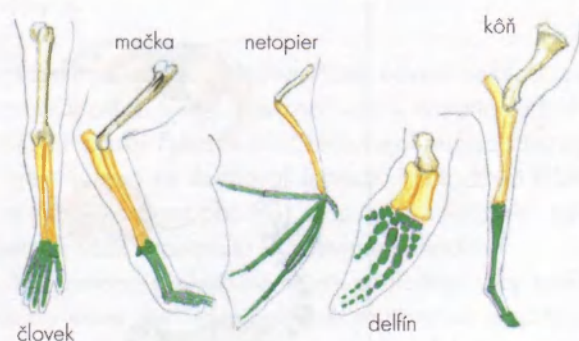
### Porovnávací anatómia

Podobnosť v anatómii tiel organizmov zaradených do jednej taxonomickej skupiny poukazuje na vývoj s modifikáciou. Popri zjavných rozdieloch možno zároveň pozorovať aj spoločné črty.

- Napríklad základom kostry predných končatín všetkých cicavcov sú rovnaké kosti, tieto končatiny vykonávajú pri rôznych predstaviteľoch odlišné funkcie: človek — uchopovanie, mačka a kôň — behanie, delfín — plávanie, netopier — lietanie (obr. 96).



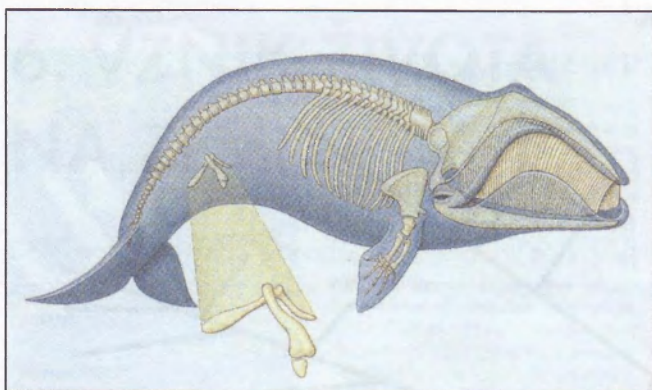
Obr. 95 Archeopteryx



Obr. 96 Homologické štruktúry: anatomické doklady evolúcie; kostra prednej končatiny všetkých cicavcov pozostáva z homologických kostí, v súvislosti s funkčnou špecializáciou došlo k modifikácii stavby kostry prednej končatiny spoločného predka

Ich podobnosť je výsledkom vývoja všetkých cicavcov zo spoločného predka. Základná štruktúra výstavby týchto končatín zostáva zachovaná, hoci v súvislosti s funkčnou špecializáciou pri každom zo spomenutých druhov došlo k modifikácii.

Podobnosť medzi rôznymi organizmami v určitých znakov a vlastnostiach, ktorá je výsledkom spoločnej evolučnej histórie, sa nazýva **homológia**. Zaujímavým príkladom sú **rudimentárne orgány**, ktoré majú minimálny alebo žiadny význam pre daný organizmus. Sú historickým pozostatkom štruktúr, ktoré zohrávali významnú úlohu v živote dávnych predkov tohto organizmu. Napríklad súčasným veľrybám chýbajú zadné končatiny, no zvyšky kostí týchto končatín, ako aj panvy, zostávajú vnútri ich tiel zachované (obr. 97).



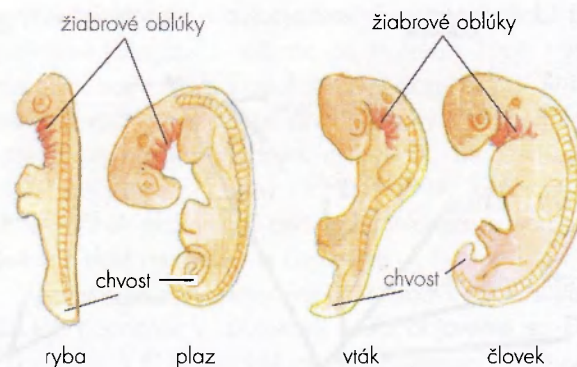
**Obr. 97** Rudimentárne orgány; súčasným veľrybám chýbajú zadné končatiny, no zvyšky kostí týchto končatín, ako aj panvy, zostávajú vnútri ich telá zachované; tieto kosti sú však slabo vyvinuté a nemajú žiadnu funkciu

### Porovnávacia embryológia

Blízko príbuzné organizmy prechádzajú vo svojom embryonálnom vývine podobnými štádiami. Napr. embryá všetkých stavovcov prechádzajú štádiom, v ktorom možno rozpoznať štruktúry pripomínajúce žiabrové oblúky a chvost (**obr. 98**). V tomto štádiu embryogenézy je skutočne podobnosť medzi predstaviteľmi rôznych skupín stavovcov (ryby, obojživelníky, plazy, vtáky, cicavce) zjavnejšia ako odlišnosti. S postupujúcim vývinom sa však podobnosť stráca a narastajú rozdiely; formujú sa črty charakteristické pre tú ktorú skupinu stavovcov. Koncom 19. storočia viacero embryológov a evolucionistov (vrátane Darwina) zastávalo názor, že počas vývinu živočícha – **ontogenézy** dochádza k stručnej rekapitulácii historického vývoja – **fylogenézy**, ktorým prešli jeho predkovia (hypotéza rekapitulácie, resp. biogenetické pravidlo, ktoré sformuloval E. Haeckel). V súčasnosti sa však všeobecne prijíma názor, že hypotéza rekapitulácie je zveličením a je v rozpore so skutočnosťou. I keď embryá stavovcov prechádzajú podobnými vývinovými štádiami, nemožno povedať, že embryo cicavca prechádza štádiom ryby, obojživelníka atď.

### Molekulová biológia

Molekuly ako dokumenty evolučnej histórie organizmov. Mimoriadne pozoruhodné na súčasných objavoch v molekulovej biológii je, že poukazujú na bohatstvo informácií o evolúcii organizmov, ktoré je uložené v DNA. Na gény sa nazerá ako na historické dokumenty. Všeobecne sa prijíma názor, že porovnávacie analýzy tzv. informačných makromolekúl

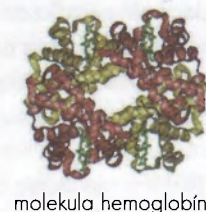


**Obr. 98** Embryá všetkých stavovcov prechádzajú štádiom, v ktorom možno rozpoznať štruktúry pripomínajúce žiabrové oblúky a chvost

(nukleové kyseliny, bielkoviny) môžu poskytnúť veľa údajov o evolučných vzťahoch medzi súčasťami bunky, bunkami, organizmami, populáciami atď. Niet pochyb o tom, že porovnanie poradia – sekvencie stavebných prvkov v homologických génoch, resp. v ich produktoch, je veľmi cenným prístupom na zodpovedanie viacerých otázok fylogenyzy.

### Sekvencie polypeptidov ako dôkaz evolučnej príbuznosti organizmov

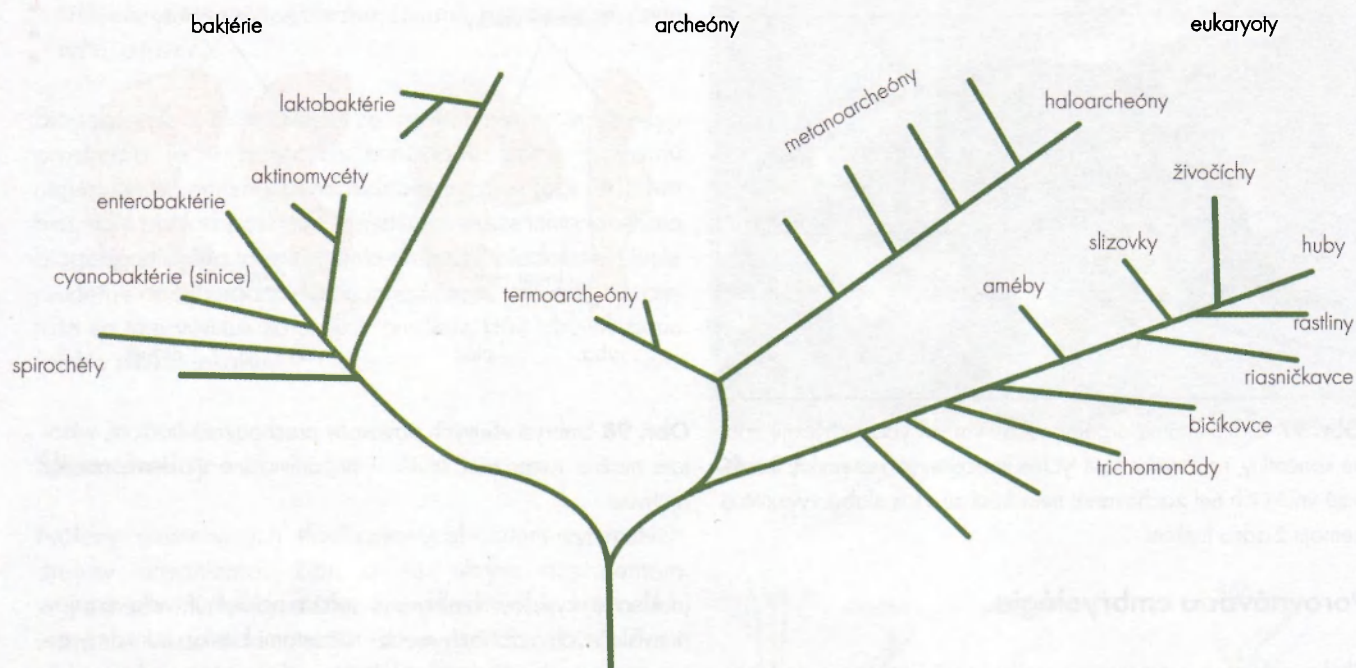
Druh	Počet odlišných aminokyselín v $\beta$ reťazci hemoglobínu vo vzťahu k hemoglobínu človeka (celková dĺžka reťazca je 146 aminokyselín)
človek	0
gorila	1
gibon	2
makak	8
myš	27
žaba	67



- Využitie informačných makromolekúl v úlohe molekulových chronometrov je úzko späté s pojmom **molekulové hodiny**. Vychádza sa pritom z predpokladu, že molekuly sa vyvíjajú približne rovnakou rýchlosťou a rozdiely medzi podobou homologickej molekuly pri predstaviteľoch dvoch rôznych druhov sú úmerné času, ktorý uplynul od odčlenenia sa oboch druhov od spoločného predka. Molekulové hodiny predstavujú široko využívané východisko na konštruovanie tzv. stromov života – dendrogramov (**obr. 99**).

Poznatky molekulovej biológie svedčia v prospech Darwinovej predstavy, že všetky formy života sú navzájom





**Obr. 99** Univerzálny fylogenetický strom je skonštruovaný na základe porovnávania sekvencií nukleotidov v ribozómových RNA jednotlivých organizmov

viac či menej príbuzné a stupeň tejto príbuznosti možno znázorniť prostredníctvom vetviaceho sa stromu života, ktorého koreň siaha až k najstarším organizmom. Aj taxonomicky veľmi vzdialené druhy organizmov, napr. človek a baktéria *Escherichia coli*, majú veľa spoločných bielkovín (a génov). Množstvo rozdielov v sekvencii týchto molekúl je nepriamo úmerné stupňu príbuznosti.

- Ďalším zo série molekulovobiologických dokladov
- evolúcie je **existencia spoločného genetického kódu**. Je-
- ho univerzálnosť potvrdzuje, že všetky organizmy sú

- navzájom príbuzné, a to od najstarších foriem života.
- Úspešné prenášanie určitých úsekov genetickej informácie
- z jedného organizmu do druhého a jej realizácia v novom
- genetickom kontexte (genetické inžinierstvo a jeho prak-
- tický výstup — moderné biotechnológie) je možné len zá-
- sluhou existencie spoločných základných životných
- princípov platných pre všetky organizmy.

Popri poznatkoch iných biologických disciplín teória i prax molekulovej biológie zreteľne dokumentujú, že evolúcia je základom jednoty a diverzity (rozmanitosti) života.

# 6. VZNIK ŽIVOTA NA ZEMI

Definovať život nie je jednoduché. V súvislosti so vznikom života sa najčastejšie kladú otázky kedy, kde, ale hlavne ako vznikol?

## 6.1. Ako vznikol život

**Kreacionizmus** vychádza z predstavy, že život na Zemi bol stvorený nadprirodzenou bytosťou. Hypotézy, ktoré predpokladajú, že život sa postupne vyvinul z neživej prírody sa v súčasnosti zameriavajú na tri kľúčové otázky.

- **Akým spôsobom vznikli základné monoméry,** z ktorých pozostávajú nukleové kyseliny a bielkoviny, v podmienkach primitívnej Zeme?

- Experimentuje sa s rôznymi zmesami plynov, hlavne
- $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCN}$  a prírmesami  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,
- $\text{N}_2$ , ktoré sa vystavujú vysokým teplotám, UV žiareniu,
- elektrickým výbojom. Výsledné produkty chemických reakcií sa analyzujú. Zistilo sa, že takýmto spôsobom môžu
- vznikáť aminokyseliny, puríny, pyrimidíny, cukry.

- **Akým spôsobom sa z príslušných monomérov (aminokyseliny, nukleotidy) sformovali polyméry** čiže bielkoviny a nukleové kyseliny, bez pomoci enzýmovej katalýzy?

- Predpokladá sa, že súčasne so vznikom jednoduchých organických látok sa v podmienkach primitívnej Zeme sformovali aj látky, ktoré mali schopnosť kondenzovať monoméry do polymérov — kondenzačné činidlá. Takými-to kondenzačnými činidlami mohli byť napr. polyfosfáty alebo niektoré ílovité minerály.

- **Ako sa mohla vyvinúť schopnosť autoreplikácie?**

- Objav katalyticky aktívnej RNA (nazýva sa ribozým)
- ukazuje, že hľadaným pôvodným autoreplikátorom mohla byť práve táto molekula.

Podľa súčasných predstáv prvou etapou existencie života na Zemi bolo obdobie, v ktorom všetky pre život

nevyhnutné funkcie – autoreplikačnú aj metabolickú (teda enzýmovú katalýzu) – vykonávali molekuly RNA – hovoríme o tzv. svete RNA. Zásluhou katalytickej aktivity RNA sa neskôr začali syntetizovať prvé proteíny. Spočiatku bola syntéza proteínov náhodným procesom, ktorý sa neskôr zmenil na proces riadený maticou RNA (akási prvotná mRNA). RNA ako nosiče genetickej informácie boli podľa všetkého dosť nestabilné a nepresné.

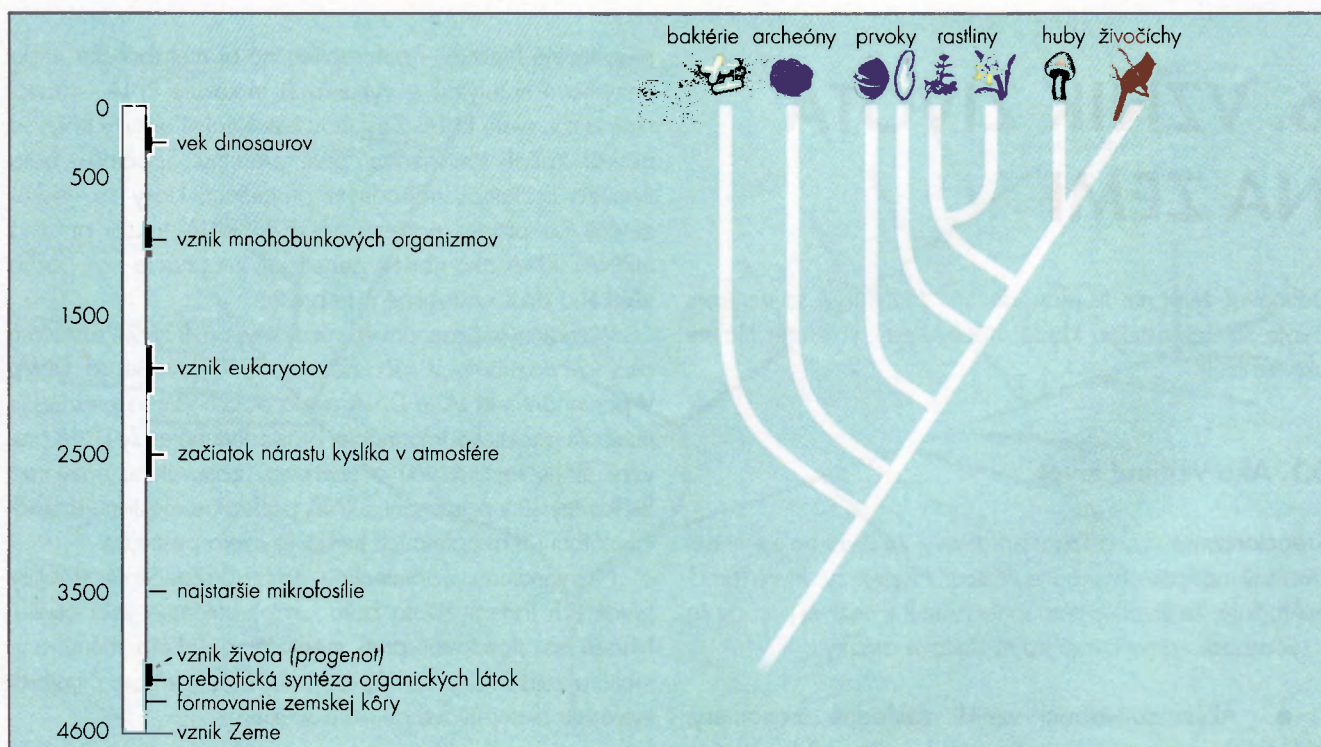
Významným posunom vo vývoji smerom k živým systémom ako ich poznáme v súčasnosti, bolo **objavenie sa DNA**. V porovnaní s RNA je DNA oveľa stabilnejším a presnejším nosičom genetickej informácie. Následne molekuly DNA prevzali úlohu replikátorov a bielkoviny zasa úlohu enzýmov. Bielkoviny sú v porovnaní s RNA podstatne efektívnejšími katalyzátormi a aj paleta ich funkcií je oveľa pestrejšia.

Nevyhnutnou podmienkou na zabezpečenie stability prvotných foriem života bolo ich ohraničenie voči okoliu. Museli sa sformovať **prvé membrány**. Takéto membrány mohli pozostávať z fosfolipidov, ktoré vo vodnom prostredí vytvárajú dvojvrstvové guľovité štruktúry.

## 6.2. Kedy vznikol život

Planéta Zem sa sformovala pred približne 4,6 miliardy rokov. Predpokladá sa, že pre život prijateľné podmienky sa na nej nevytvorili skôr ako pred 4 miliardami rokov. Pred tým vznik života znemožňovalo príliš intenzívne kozmické žiarenie a bombardovanie meteoritmi; zemská kôra sa len formovala. Organické zlúčeniny však mohli vznikáť už v období pred 4,0 – 4,2 miliardy rokov. Nálezy najstarších mikrofosílií, ktoré dokumentujú prítomnosť bunkovej formy života na Zemi, sú datované do obdobia 3,5 – 3,8 miliardy rokov. Z toho vyplýva, že proces vzniku života od najjednoduchších organických látok až k prvým bunkám sa odohrával v období pred 3,8 – 4 miliardami rokov (obr. 100).

- **Hypotetického spoločného predka** všetkých organizmov nazývame **progenot** (prabunka). Predpokladá sa, že v jednoduchej podobe v ňom už boli rozvinuté všetky základné vlastnosti života, vrátane trojstupňového toku genetickej informácie (replikácia prostredníctvom DNA; transkripcia genetickej informácie z DNA do RNA; translácia poradia nukleotidov v RNA do sekvencie aminokyselín v bielkovinách). **Od progenota sa vyvinuli všetky základné evolučné línie organizmov** (baktérie, archeóny a eukaryoty), čo znázorňuje univerzálny fylogenetický strom (obr. 99). Je skonštruovaný na základe porovnávania poradia nukleotidov v ribozómových RNA



Obr. 100 Hlavné etapy evolúcie života na Zemi (v miliónoch rokov)

- (rRNA). Takáto rekonštrukcia evolúcie života až k spoločnému predkovi je možná preto, že rRNA sú súčasťou translačného aparátu, ktorý sa nachádza vo všetkých organizmoch a vykonáva rovnakú funkciu, teda syntézu bielkovín.

### 6.3. Kde vznikol život

Vznikol na Zemi alebo bol sem prinesený z vesmíru? V poslednom období púta čoraz väčšiu pozornosť hypotéza, že život mohol vzniknúť na Zemi v hĺbinách morí vďaka geotermálnej energii sopiek. Významnú úlohu mohli pri tom zohrávať sulfidy železa a niklu. Vieme, že primitívna Zem, jej atmosféra a oceány boli oveľa horúcejšie ako v súčasnosti.

Hlbokomorské hydrotermálne systémy boli jedinými miestami na Zemi, kde život mohol nájsť ochranu pred prvotným katastrofickým bombardovaním meteoritmi. Aj v súčasnosti existujú na úpätí podmorských sopiek ekosystémy, ktoré sú nezávislé od energie Slnka. Experimentálne sa potvrdilo, že mikroorganizmy, konkrétne archeóny, ktoré sú prvými článkami potravného reťazca na týchto stanovištiach, sú schopné života pri teplotách až 113 °C.

- **Hypotéza panspermie** uvažuje o mimozemskom pôvode života a jeho šírení sa kozmickým priestorom. Nerieši

- otázku vzniku života, ale iba otázku vzniku života na Zemi. Myšlienky o mimozemskom pôvode života sú stále živé i vďaka niektorým najnovším vedeckým poznatkom. Patria k nim napr. objavy mikroorganizmov (tzv. extrémofilov), ktoré sú schopné života aj vo veľmi extrémnych podmienkach (vysoká teplota, tlak, žiarenie, veľmi kyslé alebo zásadité pH, vysoké koncentrácie solí či toxických látok), ktoré sa donedávna pokladali za nezlučiteľné so životom (obr. 101). Pretože voda ako nevyhnutná podmienka na život v podobe v akej ju dnes poznáme, sa vyskytuje aj mimo Zeme (napr. na Marse a mesiaci Jupitera — Európa), existujú snahy dokázať stopy života prednostne na týchto mimozemských stanovištiach. Je možné, že napr. na Marse život mohol existovať v minulosti, keď tam boli priaznivejšie podmienky, ale už zanikol.

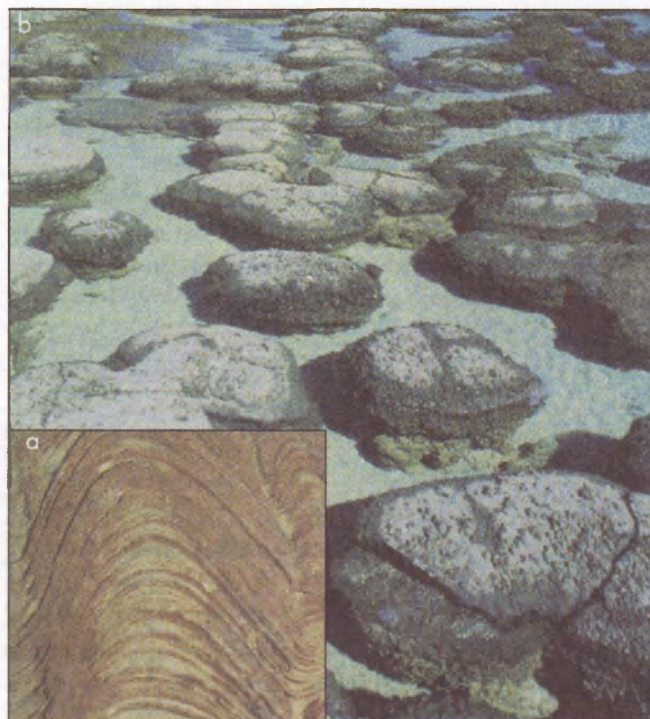
### 6.4. Vek mikroorganizmov

Bunka je základným prvkom organizácie živých sústav (výnimkou sú vírusy, ktorých rozmnožovanie je však vždy viazané na bunky a je otáznou, či ich môžeme považovať za živé). Najstaršie mnohobunkové organizmy sa objavili na Zemi približne pred 700 miliónmi rokov.

Počiatky života na Zemi sa datujú do obdobia pred približne 3,8 až 4 miliardami rokov (obr. 100). Z toho vy-



**Obr. 101** Niektoré to rád horúce; oranžová masa v ústí sopečného prieduchu pozostáva z archeónov, ktoré žijú vo veľmi horúcom a kyslom prostredí (na okrajoch prieduchu vidieť kryštalickú síru; ostrov Kjúšu, Japonsko)



**Obr. 102** Stromatolity – sú produktom cyanobaktérií (siníc): a) rez silným stromatolitom – jednotlivé vrstvy sú výsledkom pravidelných zmien v životnej činnosti organizmov, ktoré ich formovali; b) kameňovité štruktúry živých stromatolitov zo Žraločej zátoky v západnej Austrálii

plýva, že evolúcia života na Zemi sa uskutočňovala na bunkovej úrovni počas viac ako 3 miliárd rokov. V tomto období, ktoré sa nazýva vek **mikroorganizmov**, sa jednobunkové organizmy funkčne špecializovali, čo im umožňovalo osídľovať čoraz rozmanitejšie stanovišťa.

Prvé organizmy žili pravdepodobne v anaeróbnom prostredí, pretože kyslík sa v atmosfére takmer nevyskytoval. Ich metabolizmus mohol byť chemoheterotrofný, t. j. založený na využití organických látok, ktoré vznikli prebiotickým spôsobom. V súčasnosti sa však považuje za pravdepodobnejšie, že metabolizmus prvých buniek bol **chemoautotrofný**, pričom zdrojom energie mohli byť  $\text{FeCO}_3$  a  $\text{H}_2\text{S}$ . Pomerne skoro sa objavila aj schopnosť fotosyntézy. Využitie slnečnej energie pre metabolické procesy nemuselo byť od počiatku späté s kyslíkom (niektoré fotosyntetizujúce baktérie využívajú aj v súčasnosti ako donor elektrónov  $\text{H}_2\text{S}$ ). Avšak vznik baktérií, ktoré boli schopné využívať pri fotosyntéze ako zdroj elektrónov  $\text{H}_2\text{O}$ , predstavuje významný medzník v evolúcii života na Zemi. Podobali sa na súčasných predstaviteľov cyanobaktérií (si-

níc). O ich dávnej existencii svedčia makroskopické fosilné útvary – stromatolity, ktoré boli vytvorené ich činnosťou pred približne 3,5 miliardy rokov (**obr. 102**). Dôsledkom fotosyntézy cyanobaktérií (siníc) bolo hromadenie kyslíka v atmosfére. Podstatný nárast jeho koncentrácie (zo stopového množstva na asi 1 %) nastal približne v období pred dvoma miliardami rokov. Kyslík sa začal postupne využívať ako akceptor elektrónov pri aeróbných organizmoch. Okrem toho hromadenie  $\text{O}_2$  v atmosfére viedlo k tvorbe ozónovej vrstvy, ktorá svojím ochranným účinkom pred priamym slnečným žiarením značne uľahčila ďalšiu evolúciu života na Zemi.

### 6.5. Vznik eukaryotickej bunky

Z hľadiska zložitosti vnútornej štruktúry rozlišujeme dva základné typy buniek – **prokaryotické** a **eukaryotické**. Štruktúra eukaryotickej bunky je podstatne zložitejšia ako štruktúra pomerne jednoducho organizovanej prokaryotickej bunky. Prokaryotické bunky nikdy nevytvárajú mnohobunkové or-

organizmy. Základnými stavebnými jednotkami všetkých mnohobunkových organizmov sú eukaryotické bunky. V eukaryotickej bunke sa okrem morfoloicky jasne ohraničeného jadra nachádzajú aj membránové štruktúry a organely. Ako a prečo vznikla takáto komplikovaná bunka?

Prvé bunky mali jednoduchú štruktúru, takú, s akou sa stretávame pri súčasných predstaviteľoch prokaryotických organizmov – baktérií a archeónov. Vznik eukaryotickej bunky sa datuje do obdobia pred 1,7 – 2,0 miliardami rokov. Rozdiely v štruktúre týchto dvoch typov buniek sú nápadné a významné. Eukaryotickú bunku dnes považujeme za **chiméru**, ktorá vznikla splnutím viacerých pôvodne samostatne žijúcich prokaryotických buniek. Podľa **endosymbiotickej teórie** sú mitochondrie a plastidy (obsahujú vlastnú DNA a ribozómy) potomkami pôvodne samostatne žijúcich prokaryotických organizmov (obr. 103).

- Prvotná eukaryotická bunka vznikla tak, že baktéria schopná dýchania (predok mitochondrií) bola pohltená inou prokaryotickou bunkou (predkom nukleocytozolu) – pravdepodobne nejakým archeónom. Pôvod plastidov sa odvodzuje od fotosyntetizujúcich baktérií – cyanobaktérií (siníc). Predpokladá sa, že silným impulzom na začlenenie dýchacieho a fotosyntetického aparátu z pohltených baktérií do vyššieho endosymbiotického celku boli zmeny okolitého prostredia, najmä nárast koncentrácie kyslíka v atmosfére. Pred kyslíkom sa bolo potrebné chrániť, no dal sa aj využívať.
- Endosymbiotické spolužitie viacerých pôvodne samo-

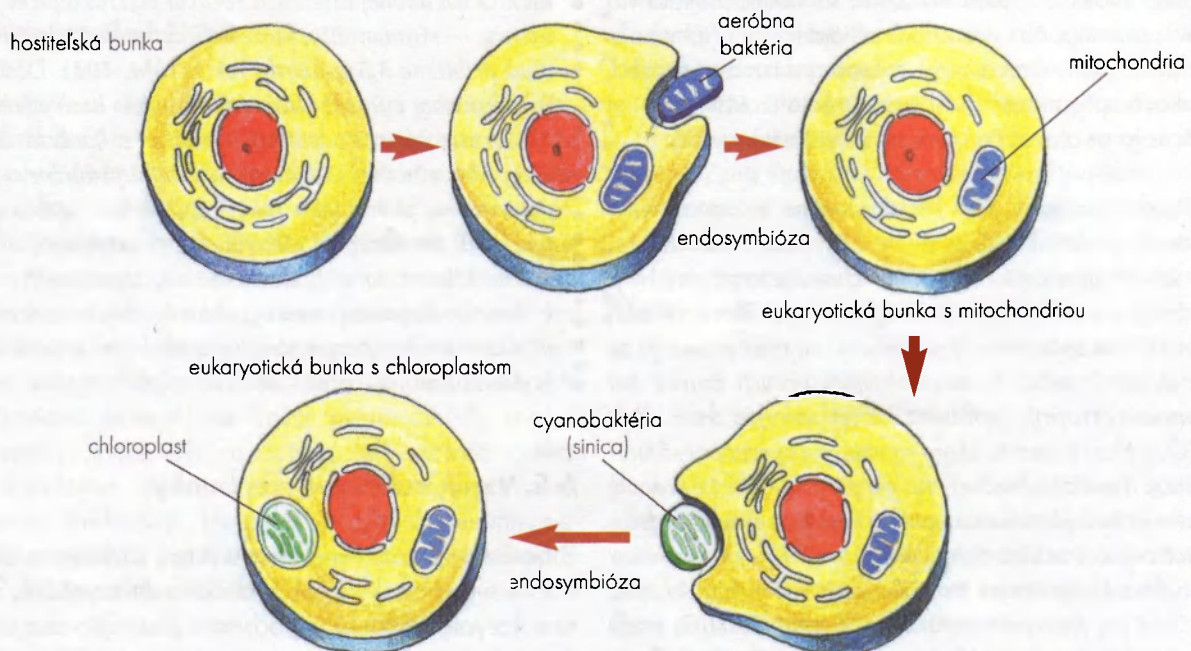
- **statne žijúcich prokaryotických buniek, ktoré viedlo k sformovaniu sa eukaryotických buniek, muselo poskytovať obrovskú výhodu hneď od vzniku. Vynul sa nový typ spoločného metabolizmu a dedičnosti. Tieto významné zmeny umožnili neskôr vznik a vývoj mnohobunkovej formy života; podstatným spôsobom sa zvýšila morfoloická a genetická rozmanitosť organizmov.**

### ? Problémové úlohy

- Porovnajte základné tézy darvinizmu a lamarkizmu.
- Uveďte príklady uplatnenia sa náhody v evolúcii organizmov.
- Prečo možno gény považovať za historické dokumenty?

### Úlohy

1. Čím sa líši neodarvinizmus od darvinizmu?
2. Zdôvodnite, prečo sa prírodný výber považuje za hybnú silu evolúcie organizmov.
3. Porovnajte rýchlosť evolúcie a faktory, ktoré ju ovplyvňujú v malých a vo veľkých populáciách.
4. Uveďte predpokladané príčiny masového vymierania druhov v histórii života na Zemi.
5. Aké doklady o evolúcii organizmov prináša molekulová biológia?
6. Na ktoré kľúčové otázky je upriamená pozornosť hypotéz zaoberajúcich sa vysvetľovaním vzniku života z neživej prírody?
7. Vymenujte najdôležitejšie etapy evolúcie života na Zemi.
8. Čo vysvetľuje endosymbiotická teória?



Obr. 103 Pôvod eukaryotickej bunky

# 7. PŮVOD A VÝVOJ ČLOVEKA

Súčasný človek (*Homo sapiens*) je výsledkom vývoja zo živočíšneho predchodcu, ktorý trval niekoľko miliónov rokov. Tento vývoj sa tak ako pri iných živočíchoch riadil zákonitostami evolúcie. Na rozdiel od iných živočíchov sa však záverečné fázy evolúcie človeka odohrali pod vplyvom spoločenského vývoja, preto celý proces sa nazýva **antroposociogenéza**.

V živočíšnej ríši zaradíme človeka do radu **primátov** (*Primates*), nadčelade **hominooidovcov** (*Hominoidea*), čelade hominidov (*Hominidae*) a podčelade homininov (*Homininae*) čiže ľudí.

V súlade s týmto členením celý proces antroposociogenézy delíme na tri základné skupiny:

- **hominidizáciu,**
- **hominizáciu,**
- **sapientáciu.**

**Hominidizácia** zahŕňa zmeny telesnej stavby a správania sprevádzajúce premenu doteraz neznámeho živočíšneho predchodcu na prvého hominida. Ide najmä o zmeny súvisiace s novým druhom pohybu – chôdzou na dvoch končatinách (*bipédiou*).

**Hominizáciu** predstavujú zmeny súvisiace so vznikom prvého predstaviteľa rodu *Homo* – prejavujúce sa najmä vznikom ľudskej ruky a zväčšovaním mozgu, takže sa zdokonaľovala činnosť ruky a zlepšovali sa duševné schopnosti. Ruka a mozog sa navzájom ovplyvňovali, vznikla medzi nimi tzv. spätná väzba.

Pri **sapientácii** ide o zväčšovanie mozgovej a zmenšovanie tvárovej časti lebky s vývojom brady. Zo spoločenskovo-kultúrneho hľadiska dochádza k využívaniu ohňa, rozvoju kultov, rituálov a umenia doby kamennej, ako aj k osídleniu všetkých vhodných miest zemegule.

## 7.1. Charakteristika a vznik hominidov

Čelaď hominidov charakterizuje súbor telesných znakov aj prejavov správania. K hlavným **telesným znakom** patrí vzpriamenie postavy, zmena kostí a svalov panvy a dolných končatín, rast kapacity mozgovne, zmenšovanie

očných zubov, skracovanie horných končatín v pomere k trupu, postupná zmena zuboradia z tvaru v podobe písmena U alebo V na oblúk pripomínajúci parabolu, redukcia telesného ochlpenia.

Medzi **prejavy správania** patrí účinnejšie využívanie prírodného prostredia a najmä jeho pretváranie, ktoré sa uskutočňovalo najprv iba pomocou prírodných predmetov a neskôr aj vyrábaných nástrojov. Ďalej je to zvyšovanie bielkovinovej zložky potravy (najmä mäsa) a rozvoj posunkového a zvukového dorozumievania sa vrcholiaci článkovanou rečou.

- Okrem človeka patria k hominidom aj jeho bezprostrední vývojovi predchodcovia a ich súčasníci, ktorých zo systematického hľadiska zaradíme do podčelade australopitekorodých (*Australopithecinae*) nazývaných neformálne **australopity**. I keď túto podčelaď pôvodne tvorili iba predstavitelia rodu *Australopithecus*, v súčasnosti sem zaradíme aj niekoľko ďalších rodov.

Hominidi pravdepodobne vznikli pred 8 miliónmi rokov vo východnej Afrike, v oblasti Veľkej priekopovej prepadliny (tab. 1). Príčinou ich vzniku bolo zhoršenie podnebia súvisiace s ústupom pralesov a rozširovaním saván. Kým vývoj hominooidovcov v smere k dnešným africkým ľudopom pokračoval v zredukovaných pralesoch, vznikajúci hominidi prešli do savany, začali chodiť na dvoch končatinách a zmenšilo sa im telesné ochlpenie.

## 7.2. Charakteristika homininov

Podčelaď homininov charakterizujú znaky, ktoré ich odlišujú od ostatných hominidov a sú typické pre rod *Homo* (obr. 104, 105). K týmto znakom patria **telesné znaky** – malá tvárová a veľká mozgová časť lebky presahujúca 500 cm<sup>3</sup>, slabé zaočnicové zúženie lebky, kolmejšia tvár so slabším vyčnievaním čeluste, menšia a tenšia sánka, **parabolické zubné oblúky**, väčšia hlavica stehrovej kosti, ako aj **charakteristiky správania a spoločenského života** – cieľavedomá výroba a používanie kamenných nástrojov, výrazné pretváranie životného prostredia.

## 7.3. Vznik *Homo sapiens* a zánik neandertálcov

Podľa najpravdepodobnejšej hypotézy („preč z Afriky“) sa *Homo sapiens* vyvinul v Afrike pred 200 000 až 100 000 rokmi, odkiaľ sa postupne rozšíril do celého sveta (tab. 2).

Tab. 1

Hlavní představitelia australopitov				
Meno	Nález	Nálezisko	Vek	Základné znaky
<i>Sahelanthropus tchadensis</i>	lebka bez sánky	severný Čad, stredná Afrika	6 - 7 mil. rokov	pomerne kolmá tvár, malá mozgovňa, vzdialené oči
<i>Orrorin tugenensis</i>	rozlíčné časti kostí najmenej piatich jedincov	Keňa, východná Afrika	5,65 - 6,2 mil. rokov	hrubé ramenné kosti, stehnové kosti ľudského typu, stoličky s hrubou sklovinou
<i>Ardipithecus ramidus</i>	više 20 skamenelín rozličných častí kostí dvoch jedincov	Etiópia, východná Afrika	4,4 mil. rokov	veľké očné zuby, tenká zubná sklovina
<i>Australopithecus anamensis</i>	9 skamenelín rozličných častí kostí	Keňa, východná Afrika	3,9 - 4,2 mil. rokov	výrazné rozdiely vo veľkosti medzi samcami a samicami, malý otvor zvukovodu, rovnobežné a úzke zuboradia, očné zuby s dlhými koreňmi, hrubé ramenné kosti
<i>Australopithecus afarensis</i>	rozlíčné časti kostí 20 jedincov	Etiópia, východná Afrika	3,0 - 3,9 mil. rokov	rovnobežné zuboradia, prečnievajúce očné zuby, úzka a plytká horná čeľusť, vyčnievajúca tvár, mierne prehnuté články prstov, výrazné rozdiely vo veľkosti medzi samcami a samicami
<i>Kenyanthropus platyops</i>	posmrtné zdeformovaná lebka bez sánky	Keňa, východná Afrika	3,3 - 3,5 mil. rokov	plochá tvár, malé očné zuby, stoličky s hrubou sklovinou, malý otvor zvukovodu
<i>Australopithecus bahrelghazali</i>	predná časť sánky	Čad, stredná Afrika	3,0 - 3,5 mil. rokov	pomerne kolmá brada, prvé črenové zuby s tromi koreňmi, tenká zubná sklovina
<i>Australopithecus garhi</i>	rozlíčné časti lebky	Etiópia	2,5 mil. rokov	iná kombinácia znakov ako u iných australopitov
<i>Australopithecus africanus</i>	rozlíčné časti kostí mnohých jedincov	Taung, Makapan, Sterkfontein (južná Afrika)	2 - 3 mil. rokov	kapacita lebky 450 cm <sup>3</sup> , výška postavy 115 - 138 cm, hmotnosť 30 - 40 kg
<i>Paranthropus aethiopicus</i>	2 sánky, lebka bez sánky	Etiópia, Keňa	2,3 - 2,6 mil. rokov	široká misovitá tvár, pozdĺžny hrebeň na vrchu lebky, kapacita lebky 410 cm <sup>3</sup>
<i>Paranthropus boisei</i>	rozlíčné časti kostí mnohých jedincov	Tanzánia, Keňa, Etiópia, Malawi	1,4 - 2,3 mil. rokov	mohutné jarmové kosti, pozdĺžny hrebeň na vrchu lebky, kapacita lebky 513 cm <sup>3</sup> , výška postavy 124 - 137 cm, hmotnosť 34 - 60 kg
<i>Paranthropus robustus</i>	rozlíčné časti kostí viacerých jedincov	Swartkrans, Kromdraai (južná Afrika)	1,0 - 1,9 mil. rokov	pozdĺžny hrebeň na vrchu lebky, robustná tvár, veľké stoličky, výška postavy 110 - 130 cm, hmotnosť 30 - 40 kg

Tab. 2

Hlavní představitelia rodu Homo			
Meno	Nálezisko	Vek	Základné znaky
<i>Homo rudolfensis</i> človek turkanský	Uraha (Malawi), Východná Turkana (Keňa), Omo (Etiópia)	1,6 - 2,4 mil. rokov	parabolický zubný oblúk, vysoká tvár, zaoblené zhlavie, kapacita lebky 775 cm <sup>3</sup>
<i>Homo habilis</i> človek zručný	Olduvaj (Tanzánia), Východná Turkana (Keňa), Sterkfontein (Juhoafrická republika)	1,5 - 2,0 mil. rokov	mierny nadočnicový val, pomerne dlhé horné končatiny, kapacita lebky 500 - 600 cm <sup>3</sup>
<i>Homo georgicus</i> človek gruzínsky	Dmanisi (Gruzínsko) Afrika	1,75 - 1,80 mil. rokov	nízke a ubiehavé čelo, tenký nadočnicový val, veľké očné zuby, zaočnicové zúženie, kapacita lebky 600 - 800 cm <sup>3</sup>
<i>Homo ergaster</i> človek pracujúci	východná a západná Turkana (Keňa), Olduvaj (Tanzánia), Swartkrans (Juhoafrická Republika), Longgupo (Čína), Venta Micena (Španielsko)	1,0 - 1,75 mil. rokov	tenký nadočnicový val, zaoblená mozgovňa, tenké lebečné kosti, malé zuby, lebka bez zaočnicového zúženia, kapacita lebky 570 - 1 100 cm <sup>3</sup>
<i>Homo erectus</i> človek vzpriamený	východná a juhovýchodná Ázia	0,23 - 1,8 mil. rokov	mohutný nadočnicový val, zaočnicové zúženie, náznať pozdĺžneho valu na vrchu lebky, zauhlené zhlavie, kapacita lebky 727 - 1 225 cm <sup>3</sup>
<i>Homo heidelbergensis</i> človek heidelbergský	stredná, západná a južná Európa; severná východná a južná Afrika; juhovýchodná Ázia	200 tisíc - 900 tisíc rokov	mohutný nadočnicový val, zaočnicové zúženie, lebka bez pozdĺžneho valu, slabo zauhlené zhlavie, kapacita lebky 930 - 1 300 cm <sup>3</sup>
<i>Homo cepranensis</i> človek čepránsky	Ceprano (Taliansko), Dakamihylo (Etiópia)	0,7 - 1,0 mil. rokov	mohutný nadočnicový val, hrubé lebečné kosti, zauhlené zhlavie, kapacita lebky 1 200 cm <sup>3</sup>
<i>Homo antecessor</i> človek predchodca	Gran Dolina (Španielsko)	0,8 - 0,9 mil. rokov	častočne rozčlenený nadočnicový val, pomerne tenká sánka, malé zuby, ostrý okraj nosa, kapacita lebky asi 1 000 cm <sup>3</sup>
<i>Homo neanderthalensis</i> človek neanderťalský	od Gibraltáru v Európe až po Uzbekistan v Ázii, Blízky východ	27 000 - 200 000 rokov	pomerne nízka mozgovňa, robustná postava so súdkovitým hrudníkom, preľahnuté zhlavie, vyčnievajúci nos, kapacita lebky 1 300 - 1750 cm <sup>3</sup>
<i>Homo sapiens</i> človek rozumný	všetky obývané miesta Zeme	200 000 rokov - súčasnosť	klenutá lebka s bradovým výbežkom, priemerná kapacita lebky 1 350 cm <sup>3</sup> , dva obočné oblúky, článkovaná reč





**Obr. 104** Lebka najstaršieho známeho hominida – druh *Sahelanthropus tchadensis*

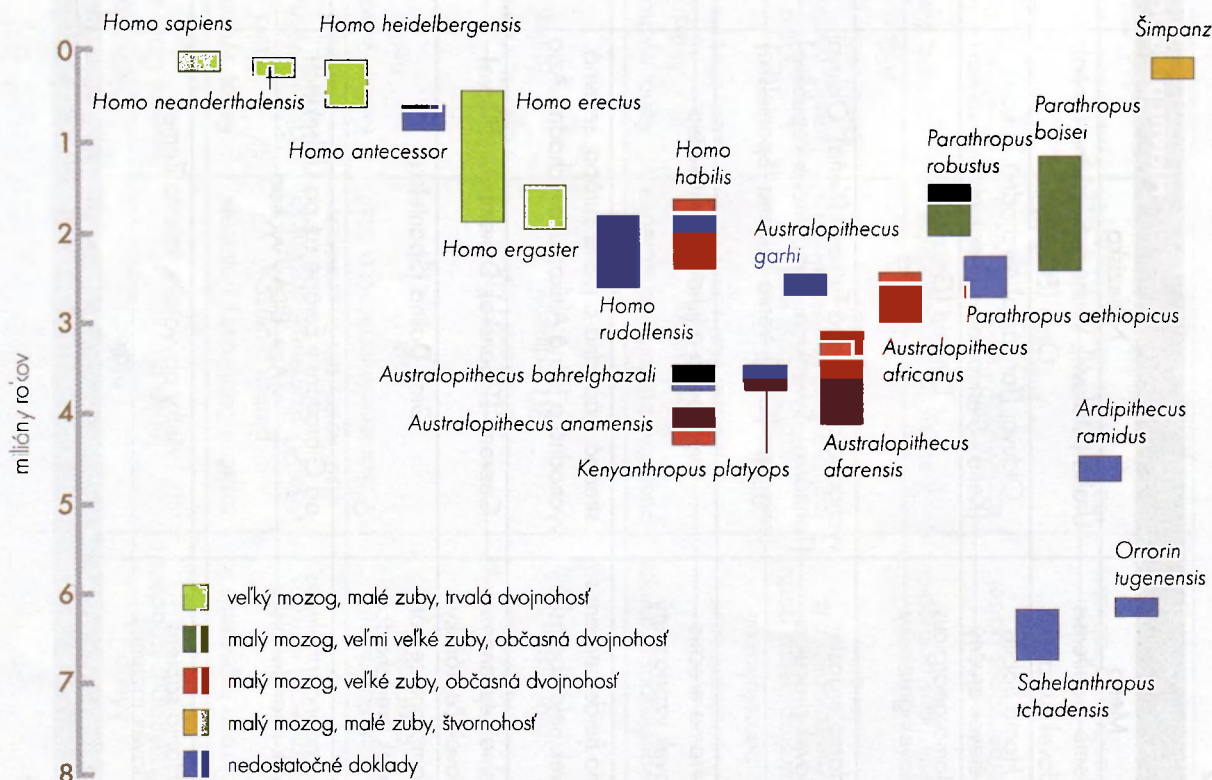
Pri prenikaní do nových území sa stretával s inými predstaviteľmi rodu *Homo* (v Európe a na Blízkom východe to boli neandertálci), ktorých buď vytlačil, alebo sa s nimi biologicky pomiešal. I keď väčšina vedcov predpokladá, že *Homo sapiens* neandertálcov celkom vytlačil – takže poslední z nich vymreli na juhu Pyrenejského polostrova pred 27 000 rokmi – niektoré európske kostry (z nálezísk Lagar Velho v Portugalsku, Saint-Césaire vo Francúzsku, Vindija v Chorvátsku, Pesterca cu Oase v Rumunsku) prejavujú zmes **neandertálskych** a **sapientných znakov**, čo naznačuje možnosť existencie hybridných populácií. Niektorí odborníci (zástancovia tzv. *multiregionálneho* vývoja) predpokladajú, že človek rozumný sa vyvinul približne naraz z rozličných miestnych hominidov – človeka **neandertálskeho**, človeka **heidelberského** alebo človeka **vzpriameného**.

### ? Problémová úloha

- Prebieha evolúcia človeka aj dnes? Vysvetlite.

Úlohy:

1. Aký je rozdiel medzi hominizáciou a sapientáciou?
2. Vymenujte charakteristické znaky hominidov.
3. Ktorí sú hlavní predstavitelia australopitov a aké sú ich charakteristické znaky?



**Obr. 105** Rodostrom hominidov podľa doterajších nálezov (výška stĺpcov znázorňuje dĺžku existencie hominidov)

## 7.4. Ľudská variabilita a rasizmus

Všetko ľudstvo je jedného pôvodu. Tento výrok svetového antropológa českého pôvodu **A. Hrdličku** je odpoveďou na názory rasistov, ktorí dokonca predpokladali, že jestvuje niekoľko druhov ľudí, ktorí sa líšia nielen výzorom, ale aj pôvodom.

Je nesporné, že sa ľudia z rôznych častí sveta od seba líšia. Tieto rozdiely vo výzore si ľudia všimli najmä tam, kde sa stretávali s príslušníkmi populácií pochádzajúcich z odlišných klimatických a geografických oblastí.

- *Z historických prameňov vieme, že starí Egypťania znamenávali odlišný výzor ľudí a mali pre nich odlišné pomenovania. Vieme, že medzi faraónmi boli vládcovia, ktorí presadzovali rasistické zákony, ale niektorí sa snažili zabrániť deleniu ľudí podľa farby pleti.*

Počiatky rasizmu boli zrejme v **xenofóbii**, strachu pred cudzincami. Každý, kto vyzeral alebo hovoril inak ako príslušníci istej skupiny, bol považovaný za nepriateľa. Vyplyva to aj z toho, že najčastejšie sú pojmy **človek** a **príslušník vlastnej skupiny** totožné a ostatné skupiny dostávali iný, často hanlivý názov (aj naši predkovia príslušníkov germánskych kmeňov nazývali nemí – Nemci – pretože im nerozumeli). Preto sa v súčasnosti postupne upúšťa od takýchto názvov skupín.

- *Napríklad už sa nepoužíva názov Eskimák, ale Inuit. Nazývanie Eskimák prevzali Európania od Indiánov žijúcich v susedstve Inuitov, ktorí ich volali „požierač surového mäsa“. Preto sa v súčasnosti aj v oficiálnych dokumentoch kanadskej vlády hovorí o Inuitoch, používa sa teda pomenovanie, ktoré si dávajú sami.*

Je nesporné, že existuje variabilita vo výzore rôznych skupín. Ako a prečo táto rôznorodosť vznikla? **Všetci súčasní ľudia pochádzajú z predkov, ktorí opustili Afriku niekedy pred 200 000 rokmi** a rozšírili sa po celej obývateľnej ploche zeme. Postupne sa dostávali do oblastí s odlišnou klímou, inými zdrojmi obživy a v ich malých skupinách sa uplatňovali zákonitosti známe z populačnej genetiky.

Prvotnou podmienkou **vzniku premenlivosti** sú drobné zmeny genetického materiálu – **mutácie**. Veľká časť týchto mutácií je **negatívna**, lebo narušujú vnútorné rovnováhy organizmu, jeho homeostázu vytváranú po mnoho generácií. Iba malá časť mutácií je **pozitívna**, sú aj **neutrálne** mutácie, ktoré sa za daných podmienok neprejavujú ako kladné, ani ako záporné.

Keď sa však ľudia na svojich migračných cestách dostávali do nových podmienok, menil sa aj význam mutácií. Tie, ktoré sa javili ako vhodné, boli prírodným výberom zvýhodňované. Ich nositelia mali viac potomstva, pretože mohli vhodnou mutáciou získať viac potravy, prípadne mohli lepšie ochrániť svoje deti. Tak sa prejavoval **darwinovský boj o život**. Darwin ho nikdy nechápal ako víťazstvo silnejšieho, ale ako **vyradovanie neadaptovaných z reprodukcie a rozmnožovania**. Základnými faktormi vzniku variability sú teda **mutácie, migrácia, selekcia a izolácia**. Izolácia bola potrebná, aby sa novovzniknuté znaky rýchlejšie rozšírili a tomu pomáhal malý počet jedincov v skupinách.

**Všetky znaky, ktoré sa používali na charakteristiku skupín nazývaných rasy, sú výsledkom biologických adaptácií na zmenené podmienky života.**

Ľudia si najskôr všimli rozdiel vo farbe pokožky, čo viedlo aj k predstávam, že je možné ľudstvo rozdeliť na rasy podľa farby pleti. Pritom je zjavné, že **odlišná farba pokožky je iba výrazom adaptácie na podmienky prostredia** v oblasti, kde sa skupina vyvíjala. U obyvateľov Európy došlo k čiastočnej strate pigmentu ako dôsledku menšieho množstva slnečného žiarenia v tejto oblasti tak, aby sa mohol v hlbších vrstvách kože vytvárať účinkom UV-žiarenia zo slnečných lúčov provitamin D, potrebný na normálny rast kostí. Preto sa iba u ľudí žijúcich v Európe a v skupinách, ktoré majú svoj pôvod v tejto oblasti, vyskytuje ružová pokožka, blond vlasy a modré oči. Naopak v skupinách, ktoré sa formovali v oblastiach s vysokou intenzitou slnečného žiarenia, sa zvýšil obsah melanínov v koži, aby hlboké vrstvy kože boli chránené pred vysokými dávkami UV-žiarenia, ktoré môže spôsobiť rakovinu kože. V ázijských populáciách je ako adaptácia na chladnú klímu hrubšia vrstva kože, čo spôsobuje žltkastý odtieň pokožky.

- *To, že delenie ľudí podľa farby pokožky nemá opodstatnenie, vyplýva aj z toho, že Indovia z juhu Indického subkontinentu (a tiež Rómovia) sú tmavší ako príslušníci niektorých etiópskych kmeňov, i keď podľa všetkých rasových klasifikácií sa Indovia začleňujú do bielej rasy a Etiópania do čiernej.*

Podobne je to aj pri ostatných znakoch používaných v rasových klasifikáciách: tvar vlasov, tvar nosa, telesné proporcie a i. Aj pri týchto znakoch sa vytvárali kategórie tak, aby to upevňovalo predstavu o existencii troch veľkých skupín ľudí – rás. Vo všetkých znakoch však jestvuje **plynulá premenlivosť** a nikde nenachádzame ostré hranice, ktoré by umožňovali vyčleniť ohraničené skupiny na základe odlišnosti v používaných charakteristikách. To, že skutočne

ide o druhoradá znaky, vyplýva aj z toho, že ľudia všetkých skupín sú schopní prežívať na hociktorom mieste Zeme, pretože v súčasnosti majú významnejšiu úlohu **kultúrne adaptácie**, vzniknuté na základe základnej ľudskej vlastnosti – schopnosti abstraktného myslenia a druhej signálovej sústavy. V týchto znakoch variabilita nejestvuje a rozdiely v spôsobe života a spoločenskej organizácii sú výsledkom odlišného historického a spoločenského vývoja. V nijakom prípade nie sú výsledkom odlišných schopností v rámci základných ľudských vlastností.

Ako celkom nepodložené sa ukázali všetky argumenty rasistov, ktorí sa snažili nájsť dôkazy pre svoje tvrdenie, že príslušníci „čiernej rasy“ sú menejcenní v porovnaní s „bielou rasou“. Zneužívali pre toto tvrdenie napr. aj výsledky testov IQ amerických vojakov z prvej svetovej vojny, podľa ktorých mali Afroameričania (nový názov používaný v USA pre „čiernych“) horšie výsledky ako bieli. Tvrdilo sa, že tieto testy zisťujú vrodenu inteligenciu a nezávisia od úrovne vzdelania. Dokázalo sa však jednoznačne, že sa nemeria vrodená inteligencia, ale že výsledky závisia od úrovne vzdelania.

- Za zakladateľa tzv. **vedeckého rasizmu** sa považuje francúzsky šľachtic a diplomat **A. de Gobineau**, ktorý v roku 1848 vydal knihu *O nerovnocennosti ľudských rás*, kde mu na konštatovanie menejcennosti čiernej rasy stačilo zistenie, že kapacita mozgovej časti lebiiek černochoch bola menšia o 50 cm<sup>3</sup> ako u belochoch. Podobné argumenty nachádzame v prácach rasistov aj dnes, vieme však, že v rámci normy veľkosť mozgu nehovorí nič o mentálnych kvalitách jedinca. Ved' Anatol France mal kapacitu 970 cm<sup>3</sup> a I. S. Turgenev 2 100 cm<sup>3</sup> a obidvoja znamenali pre kultúru významný prínos.

Boli tiež snahy dokázať, že rasy sú začínajúcimi druhmi, že diferencie medzi nimi sa zväčšia natoľko, že vzniknú

samostatné druhy. Jedným z argumentov bolo tvrdenie, že medzirasoví kríženci majú menej potomstva. Porovnanie veľkosti prirodzeného prírastku medzi rôznymi národmi vyvracia toto tvrdenie. Najväčší prirodzený prírastok obyvateľstva je v Brazílii, kde je súčasne najvyšší stupeň kríženia medzi príslušníkmi rôznych rás. Pojem rasa nemá definovaný obsah, necharakterizuje určitú jednotku ľudskej variability. Základnou jednotkou pri opise ľudských skupín je populácia.

**Rasizmus** je sociálny jav zneužívaný často na ospravedlnenie potlačovania skupín ľudí. Tak to bolo v čase „veľkých objavných plavieb“, v čase expanzie európskych mocností, ale aj v prípadoch zneživania rasizmu ako štátnej ideológie.

- V období vlády nacizmu v Nemecku boli dokonca tzv. **norimberské zákony**, ktoré legalizovali rasistickú ideológiu a boli podkladom na „konečné riešenie židovskej otázky“ – holokaust, ale aj masové vraždenie Rómov. Podobná situácia bola aj v Juhoafrickej republike, kde systém **apartheidu** bol nástrojom na potláčanie práv väčšinového pôvodného obyvateľstva tejto oblasti, ale aj v Austrálii, kde sa uskutočňovala násilná asimilácia pôvodného obyvateľstva tohto kontinentu.

V súčasnosti sú takéto postupy nemožné vplyvom tlaku svetovej verejnosti. V časoch ekonomickej, ale aj kultúrnej globalizácie sa stále viac presadzujú tendencie k tolerancii voči odlišným skupinám alebo aj jedincom, takže rasistické správanie sa dostáva na názorovú periferiu a verejnou mienkou je odsudzované.

Úlohy:

1. Vysvetlite, čo je príčinou variability rôznych skupín ľudí – rás.
2. V čom vidíte negatívny dopad rasizmu ako sociálneho problému?

- acetylcholín 54  
 adenohypofýza 49  
 adiuretín 50  
 adrenalín 52  
 aesophagus 19  
 aglutiníny 34, 35  
 aglutinácia 34, 35  
 aglutinogén 34, 35  
 agranulocyty 33, 34  
 AIDS 75, 81  
 akromegália 49  
 aktín 14  
 aktívna imunizácia 68, 69  
 albinizmus 46  
 albumíny 32  
 alergická reakcia 68  
 alergie 30, 81  
 alveoly 30  
 amyláza 19, 20  
 anabolické procesy 23  
 anafylaktický šok 81  
 analálny otvor 22  
 anatómia 5  
 anémia 38  
 anémia perniciózna 26  
 androgenné hormóny 52  
 androgény 53  
 androsterón 53  
 aneurin 26  
 Anorexia nervosa 28  
 antidiuretický hormón 45  
 antigén 34, 68  
 antikoncepcia 78, 79  
 antioxidanty 25, 26  
 antroposociogenéza 95  
 aorta 39  
 apendictída 23  
 Aristoteles 5  
 arterioskleróza 25, 42  
 astigmatizmus 64  
 ateroskleróza 42  
 autogamia 84  
 autonómna nervová sústava 59  
 autonómne nervy 57  
 avitaminóza 26, 27  
 Basedova choroba 50  
 bazálne gangliá 58  
 bazálny metabolizmus 23, 50  
 bilirubín, biliverdín 20  
 biogeografia 87  
 biotín 27  
 B-komplex 27  
 Bowmanovo puzdro 44  
 bronchi 28  
 bronchitída 30  
 bubienok 64  
 bulímia 28  
 čapovec 12  
 cardium 38  
 celiakia 23  
 cerebellum 57  
 chiméra 94  
 cholekalciferol 26  
 cholesterol 81  
 chondrocyty 6  
 chrup mliečny 18  
 chrup trvalý 18, 23  
 chymozín 19  
 ciehovka 63  
 civilizačné choroby 81  
 columa vertebralis 12  
 costae 12  
 cranium 9  
 cukrovka 21, 52, 53, 81  
 cutis, derma 45  
 cytochrómy 25  
 daltonizmus 64  
 Darwin 83  
 dendrity 54  
 dermatoglyfické obrazce 46  
 detoxikácia 21  
 diabetes melitus 21, 52  
 diastola 40  
 diastolický tlak 40  
 diencephalon 58  
 dopamín 54  
 efekторы 54  
 ektodermma 76  
 ekzémy 81  
 elastín 6  
 elektrokardiogram 40  
 embryonálny vývin 75  
 encephalon 57  
 endoderma 76  
 endokrinné žľazy 47, 49  
 enterokináza 20  
 enzýmy 25, 26  
 epidémie 80

- epidermis 45  
 epifýza 8, 48, 50  
 epiglottis 10, 29  
 epikard 39  
 ergolaciferol 26  
 erytrocyty 30, 32  
 erytropoetín 44  
 esenciálne aminokyseliny 24, 27  
 estrogény 24, 53, 72, 74  
 eukaryotické bunky 93  
 Eustachova trubica 64  
 evolúcia 83  
 exkrécia 43  
 fagocytóza 34, 67, 68  
 fernitín 25  
 fetálny vývin 75, 76  
 fibrily 6  
 fibrín 34  
 fibrinogén 32, 34  
 folikulárny hormón 53  
 fonácia 29  
 fruktóza 24  
 fylochinon 26  
 fylogénéza 89  
 fyziológia 5  
 galaktóza 24  
 Galenos 5  
 gastritída 23  
 gestagény 53  
 gigantizmus 49  
 glandotropné hormóny 49  
 gliové bunky 54  
 globín 33  
 globulíny 32  
 Glomerulus 44  
 glottis 29  
 glukagón 21, 52, 53  
 glukokortikoidy 52  
 glycerol 24  
 glykémia 52  
 glykogén 23, 24, 52  
 gonádotropné hormóny 49  
 granulocyty 33, 34  
 Haller 5  
 Harvey 5  
 hem 30, 33  
 hematokrit 32  
 hemisféry 58  
 hemofília 38  
 hemoglobín 25, 30, 33, 36, 38  
 hemokoagulácia 34, 35  
 hepar 21  
 homeostáza 31, 43, 46  
 hominidizácia 95  
 hominizácia 95  
 hominoidi 95  
 Homo sapiens 95  
 homológia 88  
 Hrdlička 96  
 hyalínna chrupka 7  
 hydrokortizón 52  
 hyperglykémia 53  
 hypertenzia 42  
 hypervitaminóza 26  
 hypofýza 47  
 hypothalamus 48  
 hypotyreóza 50  
 hypovitaminóza 26, 27  
 imunizácia 35  
 imunoglobulíny 34  
 inbríding 84  
 infekčné choroby 80  
 intestinum crassum 22  
 intestinum tenue 20  
 inzulín 21, 24, 25, 52  
 Jesenius 5  
 kapiláry 41, 42  
 karotén 26  
 katabolické procesy 23  
 keratín 46  
 kladivko 65  
 kobalamín 26  
 koenzýmy 26  
 koevolúcia 87  
 kolagén 6  
 kompaktná kosť 7  
 koronárne tepny 41  
 kortizón 52  
 kretinizmus 50  
 krvné bunky 32, 33  
 krvné telieska 34  
 kvapavka 75  
 kwashiorkor 28  
 kyselina askorbová 27  
 kyselina listová, folová 27  
 kyselina nikotínová, niacín 26  
 kyselina pantoténová 26  
 laktoflavín 26

- lamarkizmus 83  
 lambdovitý šev 10  
 Landsteinerovo pravidlo 35  
 Langerhansove ostrovčeky 21  
 laryngitída 30  
 larynx 28  
 leukocyty 33, 67  
 leukémia 38  
 leukóza 38  
 lingua 19  
 lipáza 19, 20  
 lipidy 23, 24  
 lutinizačný hormón 50  
 lymfa 36  
 lymfatické cievy 66  
 lymfatické orgány 66  
 lymfatický systém 67  
 lymfocyty 34, 66, 68  
 lyzozým 19  
 Macacus rhesus 35  
 makroergické fosfátové väzby 23  
 makroevolúcia 86  
 makroživiny 24  
 Malphigiho teliesko 43  
 mastné kyseliny 24  
 maternica 72  
 medulla oblongata 57  
 medulla spinalis 56  
 melanín 63  
 menisky 9  
 menopauza 13  
 mesencephalon 58  
 metahemoglobín 30  
 mezoderma 76  
 miazga 36, 37  
 miazgové kmene 37  
 miazgové uzliny 37, 38  
 miechové nervy 59  
 miechové rohy 56  
 miechový kanál 56  
 mikroevolúcia 86  
 mikroživiny 24  
 minerálne látky 24, 25  
 mineralokortikoidy 52  
 minútová ventilácia 30  
 minútový objem srdca 40  
 mitrálňa chlopňa 38  
 molekulová biológia 89  
 monocyty 34, 67  
 motorické nervové vlákna 56  
 mozgomiechový mok 55, 56  
 mozgová kôra 58  
 mozgové pleny 58  
 mucín 19  
 musculus 13  
 mutácie 85  
 myelínová pošva 54  
 myokard 38, 39  
 myozín 14  
 nákovka 65  
 nanizmus 49  
 neandertálci 95, 96  
 nefrón 43  
 neodarwinozmus 84  
 nešpecifická imunita 68, 69  
 neuroglia 54  
 neurity 54  
 neurohypofýza 50  
 neurón 54  
 neutrofilné leukocyty 67  
 noradrenalín 52  
 obezita 28  
 očkovanie 68  
 okostica 7  
 ontogenéza 75, 89  
 oogenéza 72  
 osteocyty 7  
 osteoporóza 13  
 ovariálny cyklus 74  
 oxytocín 50  
 pankreas 52  
 pankreatická šťava 20  
 panmixia 84  
 parasympatický nervový systém 59, 60, 61  
 parathormón 51  
 parazitárne ochorenia 80  
 pars oralis 28  
 patogénne mikroorganizmy 80  
 pelagra 26, 27  
 pepsín 19  
 pepsinogén 19  
 perikard 39  
 pharynx 19  
 pľúcna ventilácia 30  
 pneumothorax 30  
 podmienené reflexy 61  
 podvýživa 27, 28  
 porovnávací embryológia 89

- pošva 72, 73  
 primáti 95  
 prírodný výber 85  
 peristaltické pohyby 20  
 prišitné telieska 50  
 progesterón 53, 72, 74  
 prokaryotické bunky 93, 94  
 prolaktín 50  
 prostata 71  
 ptyalín 19  
 pulmo 29  
 Purkyně 5, 54  
 pyridoxín 26  
 rachitis 26  
 rakovina 80, 81  
 rasizmus 96  
 receptory 46, 61, 62, 64, 66  
 reflexný oblúk 54  
 refrakčné chyby oka 63  
 renín 44  
 reprodukčná bariéra 86  
 respirácia 28  
 retikulárna formácia 57  
 retinol 26  
 rezorpcia 44, 45  
 Rh faktor 35, 36  
 ribofalvín 26  
 rodopsín 26  
 rudimentárne orgány 88  
 sacharidy 23, 24, 26, 27, 32  
 sacharóza 24  
 sarko'emma 13  
 sedimentácia 32  
 sekrécia 44  
 sekundárne pohlavné znaky 53  
 selekčný tlak 85  
 senzitivné nervové vlákna 56  
 sérum 35  
 sérotonín 54  
 sietnica 63  
 sklovec 63  
 skolióza 12  
 skorbut 27  
 slepá škrvna 63  
 slezina 34, 66, 67  
 sociálne patológie 82  
 somatotropný hormón 49  
 spermie 70  
 spirometer 30  
 spongiózna kosť 7  
 srdcový infarkt 42  
 statokinický receptor 65  
 sterokobilín 22  
 sternum 12  
 strmienok 65  
 syfilis 75  
 symbiotická teória 94  
 symbiotické baktérie 22  
 sympatický nervový systém 59, 60, 61  
 synapsie 54  
 systola 40  
 šošovka 63  
 tetanické kŕče 51  
 thalamus 58  
 thiamín 26  
 tkanivový mok 36, 37  
 T-lymfocyty 67  
 tokoferol 26  
 tonometer 40  
 transformizmus 83  
 transfúzia 35  
 Trichomonas pošvový 75  
 trombocyty 34  
 trypsin 20  
 týmus 66, 67  
 tyreotropný hormón 49  
 tyroxín 50  
 urobilín 22  
 uterinný cyklus 74  
 vaječník 72, 73  
 vazokonstrikcia 34  
 vazopresín 45, 50  
 ventriculus 19  
 Vesalius 5  
 vírus HIV 68, 75, 81  
 vitálna kapacita pľúc 30  
 vitamíny 24, 25  
 voľné radikály 25  
 xenofóbia 96  
 žltá škrvna 63