

Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity

Katedra biológie

**Biológia človeka pre učiteľské kombinácie
s biológiou**



Názov: Biológia človeka pre učiteľské kombinácie s biológiou

Autori:

doc. PaedDr. Jana Fančovičová, PhD.

doc. PaedDr. Pavol Prokop, PhD.

Mgr. Mário Szikhart

Recenzenti:

prof. RNDr. Alfréd Trnka, PhD.

PaedDr. Milan Kubiátko, PhD.

2. prepracované vydanie

Trnava, 2017

ISBN 978-80-568-0088-1

Obsah

Úvod.....	4
Kostrová sústava (Systema sceleti)	5
Svalová sústava (Systema musculorum)	30
Krv a obehová sústava (Systema circulatorium).....	45
Miazgová sústava (Systema lymphaticum).....	71
Dýchacia sústava (Systema respiratorium)	75
Zoznam obrázkov.....	90
Použitá a odporúčaná literatúra	94

Úvod

Predložený učebný text „Biológia človeka pre učiteľské kombinácie s biológiu“ je určený predovšetkým študentom 1. ročníka magisterského štúdia študujúcim biológiu ako druhý aprobačný predmet v študijnom programe učiteľstvo akademických programov i študentom, ktorí majú biológiu človeka v rámci všeobecného základu a tiež učiteľom v praxi. Učebný text obsahuje základné informácie o anatómii a fyziológii orgánových sústav potrebné na pochopenie komplexnosti fungovania ľudského tela. Predložené druhé vydanie skrípt je rozšírené o vývinové odlišnosti jednotlivých sústav. Ide o pomerne rozsiahly text a preto bolo potrebné obsah rozdeliť do dvoch častí: „Biológia človeka pre učiteľské kombinácie s biológiu“ a „Biológia človeka pre učiteľské kombinácie s biológiu II.“. Záujemcov o podrobnejšie štúdium anatómie a fyziológie človeka odkazujeme na literatúru uvedenú v závere skrípt.

Veríme, že predložený text bude prehľadným a ľahko dostupným zdrojom základných poznatkov o stavbe ľudského tela a uľahčí samotné štúdium biológie človeka.

Autori

Kostrová sústava (*Systema sceleti*)

Kostrová sústava je pasívny pohybový aparát zložený z kostí, ktorých má ľudské telo približne 206. Súbor kostí ľudského tela tvorí kostru (*skelet*), ktorej výška určuje telesnú výšku človeka. Presný počet kostí nemožno uviesť, pretože je do istej miery premenlivý. Premenlivosť sa netýka veľkých kostí, ale rozličných prídavných a druhotne utvorených kostičiek a kostičiek švov lebky.

Kostra má nasledovné funkcie:

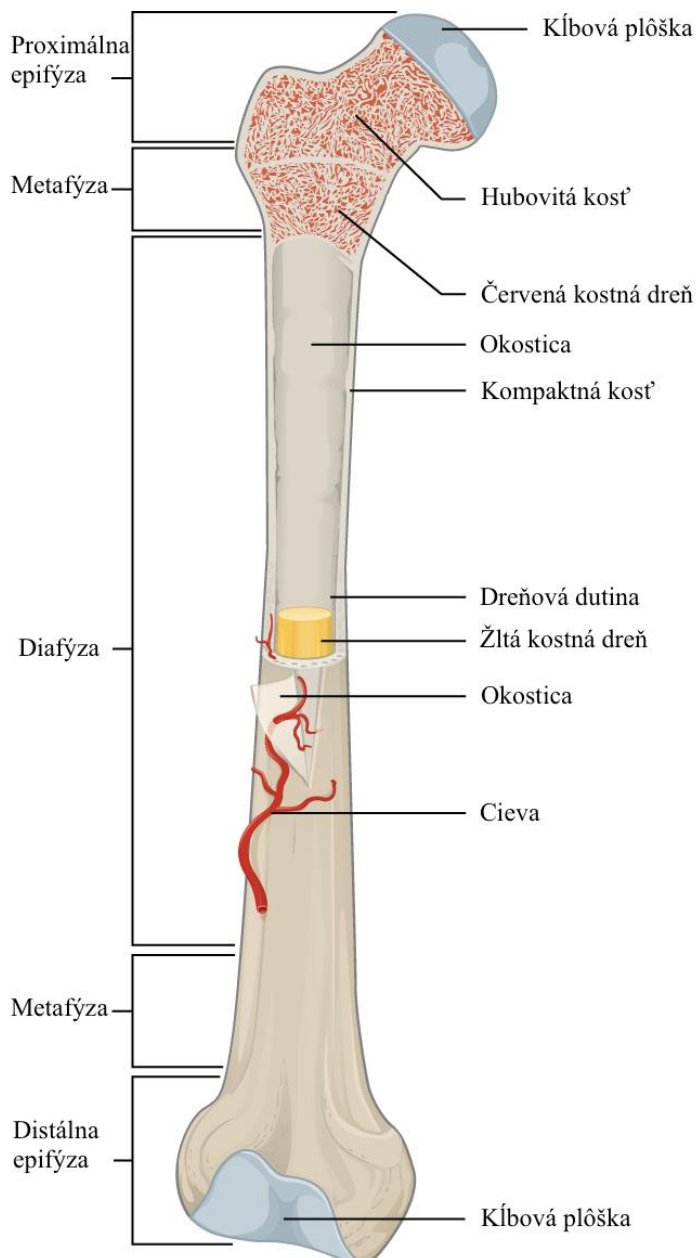
1. pohyb organizmu, ktorý sa uskutočňuje spoločne so svalmi – priečne pruhovanými, ktoré sa ku kostre pripájajú,
2. opora mäkkých častí tela,
3. niektoré časti kostry tvoria pevnú schránku pre iné orgány (napr. lebka chráni mozog, hrudný kôš chráni pľúca a srdce),
4. zásobáreň minerálnych látok (napr. počas gravidity sa uvoľňuje do krvi vápnik z kostí matky a dostáva sa priamo do tvoriacej sa kostry dieťaťa).

Delenie kostí

Kosti sa svojim tvarom navzájom líšia. Ich charakteristický tvar vznikol vplyvom funkcie, ktorú majú na rôznych miestach kostry. Podľa vzájomného pomeru dĺžky, šírky a výšky delíme kosti na **dlhé** (napr. stehnová kosť), **ploché** (napr. lopatka, hrudná kosť, rebrá, panvová kosť) a **krátke** (napr. stavce, články prstov). Na dlhých kostiach rozlišujeme strednú, dlhšiu rúrkovitú časť (*diáfýza*) a krátke koncové zakončenia, najčastejšie rozšírené (*epifýza*). Dolný koniec označujeme ako distálny a horný ako proximálny.

Stavba kostí

Kosti sú tvorené kostným tkanivom, ktoré je obsahuje kostné bunky (*osteocyty*). Osteocyty sú od seba oddelené medzibunkovou hmotou, ktorá obsahuje organickú zložku (*osseín*) a anorganickú hmotu (hlavne uhličitan a fosforečnan vápenatý). V detstve má kostra viac organickej hmoty, vďaka ktorej je kostra pružná. V dospelosti prevažujú anorganické látky, ktorými je kostra tvrdšia, ale zároveň krehkejšia. Medzibunková hmota vytvára vrstvičky tzv. **lamely** (viditeľné pod mikroskopom), v ktorých sú drobné dutinky.



Obrázok 1 Stavba kosti

Kosť (obr. 1) sa vyskytuje v dvoch formách. Na priereze kosti rozlišujeme hubovitú a kompaktnú kosť. Hubovitá (*spongiózna*) kosť tvorí tenké trámčeky, ktoré sa vzájomne krížia a vytvárajú priestorovú sieť. Usporiadanie trámčov nie je náhodné, ale prebiehajú v oblúkoch, pričom ich usporiadanie odpovedá pôsobiacemu tlaku a ťahu. Vytvárajú účelnú úpravu, špecifickú kosťnú architektoniku, ktorá prestupuje celou kosťou. Už pred viac ako 100 rokmi si G. Mayer všimol, že v hornom konci stehnovej kosti sú kosťné trámce usporiadané do oblúkov. Prepočtami sa zistilo, že vďaka kosťnej architektonike si kosti udržiavajú maximálnu odolnosť voči zaťaženiu. Usporiadanie trámčov sa vytvorilo vplyvom funkcie a tak sa pri zmenenej funkcii (napr. pri zlomeninách)

architektonika kostí mení, prestavuje sa, keďže sa sily pôsobiace na kosť rozložia iným spôsobom. Hubovitá kosť má lamely kosťného tkaniva vrstvené plošne na seba a vyplňa najmä epifýzy dlhých kostí a vnútorné časti plochých a krátkych kostí.

Kompaktná kosť je zložená z husto usporiadaného kosťného tkaniva. Lamely sú kruhovitoko vrstvené okolo Haversových kanálikov, v ktorých prebiehajú krvné cievy. Kompaktná kosť tvorí najmä telo dlhých kostí a povrchovú časť krátkych a plochých kostí.

Vnútro kostí je tvorené dreňovou dutinou, vyplnenou kostnou dreňou. Kostná dreň vyplňa i dutinky medzi trámčkami hubovitej kosti. Obsahuje tkanivo červenej farby, ktoré má schopnosť krvotvorby. Pôvodne krvotvorba prebieha vo všetkých kostiach (u detí), avšak s vekom sa schopnosť krvotvorby postupne obmedzuje na krátke a ploché kosti (najmä rebrá, stavce a hrudná kosť, kosti lebky, krížové kosti, panvové kosti, horné konce dlhých kostí). Do kostnej drene sa neustále ukladajú kvapôčky tuku, následne žltne a schopnosť krvotvorby klesá (stráca schopnosť vytvárať červené a biele krvinky). V tele dospelého človeka váži kostná dreň približne 2600 g.

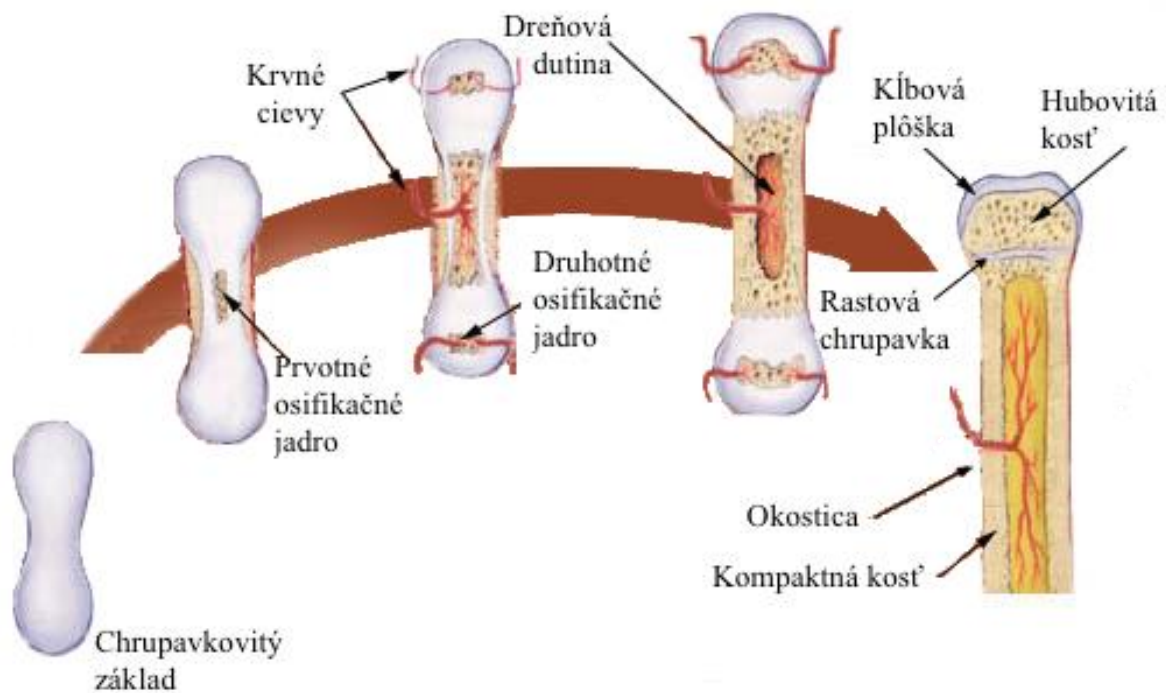
Povrch kostí je pokrytý väzivovou blanou **okosticou** (*periost*), okrem kĺbových plôch, ktoré sú pokryté hladkou vrstvou sklovitej chrupavky. Okostica pevne prirastá ku kosti a je bohato zásobená cievmi a nervami, ktoré prenikajú hlbšie do kosti. Vnútorňá časť okostice obsahuje aktívne kosťotvorné bunky (*osteoblasty*), vďaka ktorým kosť rastie do hrúbky. Pri transplantáciách kostí (prenesenie kostného štepu na iné miesto) si okostica zachováva kosťotvornú regeneračnú schopnosť a umožňuje vhojenie transplantátu. Uplatňuje sa tak nielen pri tvorbe nového kostného tkaniva, ale aj pri prijímaní cudzieho tkaniva a zraste s novou kosťou.

Všeobecne sa takmer každá kosť vyznačuje tým, že niektoré miesta na jej povrchu sú neobyčajne hladké, kým ostatný povrch je zväčša nepravidelný a nerovný. Povrch kostí je veľmi hladký na miestach, kde sa dve i viac susedných kostí vzájomne kĺbovo dotýkajú, také miesta označujeme ako **kĺbové plôšky**. K povrchu kostí sa upínajú svaly pomocou väzov a šliach. Pôsobením tlaku a ťahu vznikajú na kostiach rôzne nerovnosti a tak má miesto úponu svalu rôznu podobu (hrbol, drsnatina, jamka, zárez). Keďže majú muži mohutnejšie vyvinuté svaly ako ženy (zhruba o 60 %), miesta úponov svalov na kostiach sú výraznejšie. Stupeň ich vytvorenia je jedným hľadiskom pri rozlišovaní a určovaní kostí muža a ženy.

Vývin kostí

Väčšina kostí vzniká z chrupavky, menšia časť z väziva (iba časť kľúčnej kosti a kosti lebečnej klenby), a to už počas vnútromaternicového vývinu. Premena chrupavky a väziva na kosť prebieha kostnatením (*osifikácia*). Do chrupavkovitého základu vniknú cievy a pozdĺž nich vnikajú kosťotvorné bunky. Približne v strede kosti sa utvorí malé jadro kostného tkaniva (*osifikačné jadro*), odkiaľ postupuje osifikácia smerom k okrajom kosti.

Vytváranie osifikačných jadier a postup osifikácie (obr. 2) sú pre každú kosť charakteristické. U krátkych a plochých kostí sa približne uprostred základu vytvorí osifikačné jadro, odkiaľ sa kostnatenie šíri k okrajom. U dlhých kostí sa začína kostnatenie uprostred tela na povrchu a vo vnútri odkiaľ sa šíri k oboj koncom. Skôr ako oba konce dosiahne, objavia sa osifikačné jadrá i v oboch koncoch, z ktorých epifýzy kostnatejú odstredivo. Po prvotnej osifikácii ostávajú na rozhraniach diafýz a epifýz tenké platničky chrupavky (rastová chrupavka) vďaka ktorým rastie kosť do dĺžky.



Obrázok 2 Postup osifikácie

U novorodencov je väčšina kostí už osifikovaných, výnimku tvoria niektoré krátke kosti (napr. zápästné kosti), okraje niektorých plochých kostí a niektoré epifýzy dlhých kostí. Nezkostnatelé sú mnohé kĺbové hlavice dlhých kostí, hrebene, výbežky či niektoré krátke kosti. Úplne chrupavčité sú zápästné kosti. Charakteristická je osifikácia hlavice stehnovej kosti, lebečnej klenby a zápästných kostí. Podľa stupňa vytvorenia osifikačných jadier môžeme posúdiť, či rast dieťaťa prebieha normálne alebo oneskorene. Sledovaním počtu a veľkosti osifikačných jadier zápästných kostí určujeme **kostný vek**. U dievčat definitívne kostnatejú rastové chrupavky približne v 16. roku a u chlapcov v 18. roku života. Pozostatkom pôvodného chrupavčitého základu je kĺbová chrupavka, ktorá trvalo pokrýva kĺbové plôšky. Okrem tvorby kosti dochádza i k odbúraniu už staršieho kostného tkaniva a to bunkami nazvanými *osteoklasty*. Týmto spôsobom sa vytvára i dreňová dutina vo vnútri dlhých kostí.

Rast a celkový vývin kostí je ovplyvnený najmä hormonálne (hormóny hypofýzy, štítnej žľazy a príštítných teliesok), obsahom vitamínov (vitamín D) a minerálnych látok (najmä vápnika a fosforu) v potrave.

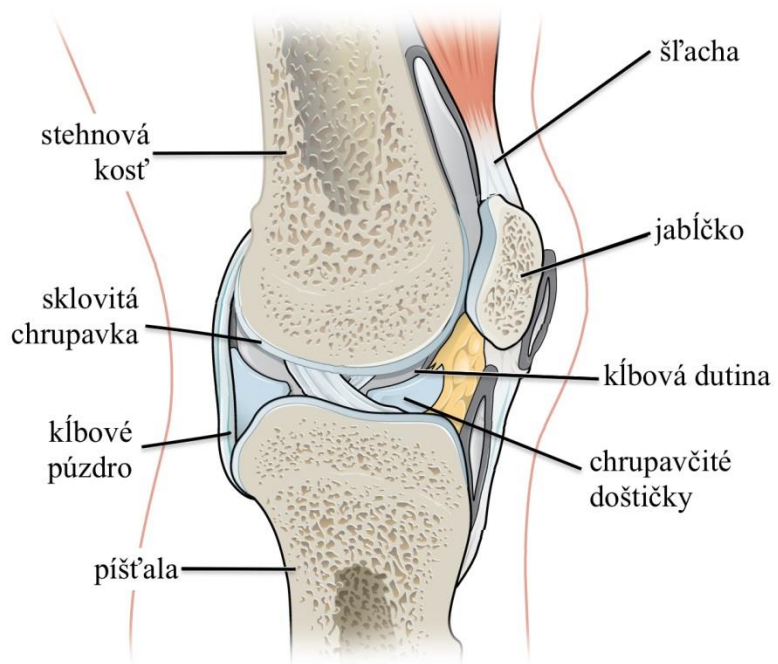
Spojenia kostí

Kosti sú spolu spojené viacerými spôsobmi. **Pevné spojenie** dvoch alebo viacerých kostí sa vyskytuje najmä na takých miestach, kde kosti tvoria oporu mäkkým orgánom. Uskutočňuje sa pomocou chrupavky (napr. spojenie rebier s hrudnou kosťou, spojenie lonových kostí lonovou sponou), väzivom (väzivové spojenie okrajov plochých kostí lebečnej klenby švami) alebo definitívnym zrastom kostí (napr. panvová kosť vzniká zrastom sedacej, lonovej a bedrovej kosti).

Pohyblivé spojenia umožňujú pohyb kostí. Ide o spojenie kĺbové (obr. 3), v ktorom sa dotýkajú dve (napr. ramenný kĺb, bedrový kĺb) alebo viac kostí (laktový kĺb). **Kĺb** (*articulatio*) sa skladá z kĺbových plôch, kĺbového puzdra a kĺbovej dutiny. Kĺbové plochy tvoria vypuklý koniec jednej kosti (kĺbovú hlavicu) a vyhlbený koniec druhej kosti (kĺbovú jamku), ktoré do seba zapadajú.

Hlavica i jamka sú pokryté

jemnou vrstvou sklovitej chrupavky. Tvar kĺbových plôch je rôzny (sedlovitý, guľovitý, valcovitý) a určuje rozsah a veľkosť pohybu v kĺbe. Najpohyblivejším kĺbom ľudského tela je ramenný kĺb, ktorý umožňuje najväčší rozsah pohybu. Väzivové kĺbové puzdro sa upína na okraje kĺbových plôch. Jeho vnútorná vrstva produkuje do kĺbovej dutiny maz, ktorý znižuje trenie kĺbových plôch a zvyšuje priľnavosť kĺbovej hlavice ku kĺbovej jamke. Maz je tiež hlavným zdrojom výživných látok pre kĺbové chrupavky. V kĺbovom puzdre je bohato



Obrázok 3 Kolenný kĺb

rozvetvená sieť vlásočnic a početné vetvy senzitívnych mozgovomiechových nervov, ktoré vedú kinestetické vzruchy, čím informujú o napätí kĺbového puzdra a o polohe kĺbu.

Opis kostry

Kostru delíme na:

1. kostru trupu,
2. kostru hlavy,
3. kostru hornej a dolnej končatiny.

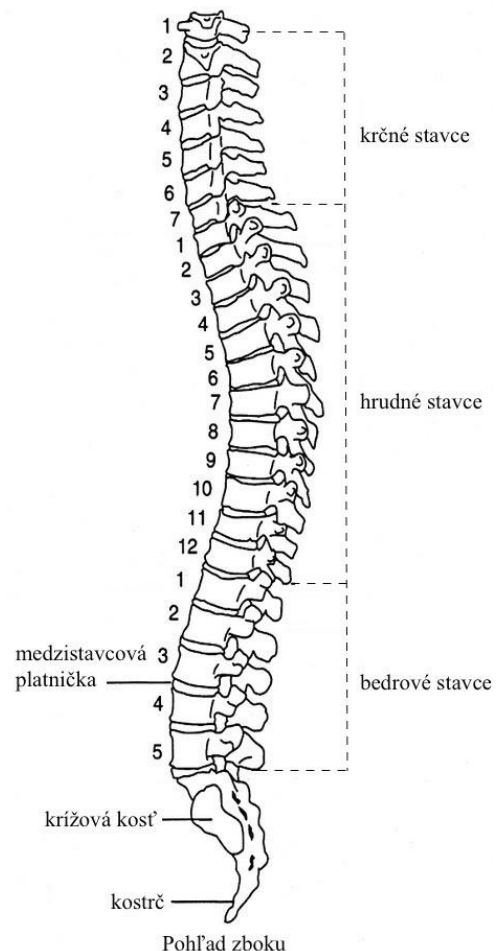
Kosti každého oddielu sa líšia tvarom a významom, ale rozličným spôsobom sú navzájom spojené.

1. Kostra trupu

Kostru trupu tvorí chrbtica, rebrá a hrudná kosť.

Chrbtica (*columna vertebralis*) je umiestnená na zadnej strane trupu. Je tvorená stavcami (*vertebrae*), krátkymi kosťami s výbežkami zložitého tvaru. Spolu ich je 33 – 34. Podľa polohy a významu (obr. 4) rozoznávame:

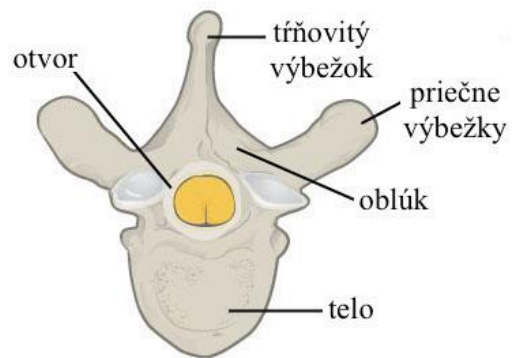
- **krčné stavce** (7) (*vertebrae cervicales*),
- **hrudné stavce** (12) (*vertebrae thoracicae*),
- **bedrové/driekové stavce** (5) (*vertebrae lumbales*),
- **krížové stavce** (5) (*vertebrae sacrales*) sú zrastené do jednej **krížovej kosti** (*os sacrum*) (úplný zrast nastáva okolo 20-teho roku života),
- **kostrčové stavce** (4 – 5) (*vertebrae coccygeae*) sú zrastené a tvoria **kostrč** (*os coccygis*).



Obrázok 4 Chrbtica

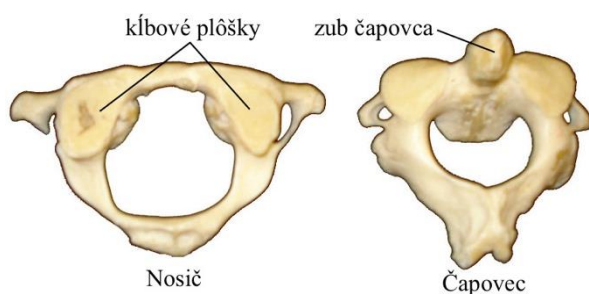
Rozdeľujeme ich na pravé stavce, ktoré sú uvedené v prvých troch skupinách a sú trvale samostatné a nepravé stavce (krížové a kostrčové), ktoré postupne splývajú do väčších kostí.

Pravé stavce majú typickú skladbu, takže na každom z nich rozoznávame tri základné časti: telo, oblúk a výbežky (obr. 5). **Telo** stavca smeruje dopredu (t.j. smerom do brušnej dutiny), **oblúk** s výbežkami je obrátený dorzálne a s telom uzatvára **otvor** stavca. Uložené nad sebou vytvárajú kostný chrbticový kanál, v ktorom je uložená miecha. Medzi oblúkmi sú medzistavcové otvory, z ktorých vystupujú miechové nervy. Z oblúka vystupuje sedem výbežkov. Do bokov (laterálne) vystupujú dva priečne výbežky, dorzálne jeden nepárový trňovitý výbežok, hore a dole smeruje vždy jeden pár kĺbových výbežkov, ktoré slúžia na kĺbové spojenie s predchádzajúcim a nasledovným stavcom. Výbežky vytvárajú tiež kostné plochy na upevnenie svalov. Najmenšie telá majú krčné stavce, najväčšie driekové stavce.



Obrázok 5 Časti stavca

Stavce sú medzi sebou (medzi telami stavcov) spojené **medzistavcovými platničkami** (23). Primárnou funkciou platničiek je predovšetkým tmiť nárazy tela. Platničky chýbajú medzi zrastenými stavcami (t.j. v krížovej a kostrčovej oblasti) a medzi prvým a druhým krčným stavcom. Spojenie stavcov je tiež zabezpečené pomocou kĺbových výbežkov a väzov medzi trňovými výbežkami, priečnymi výbežkami, oblúkmi a telami.



Obrázok 6 Nosič a čapovec

Odlíšny tvar majú prvé dva krčné stavce (obr. 6), ktorý vyplýva z ich špeciálnej funkcie. Prvý krčný stavec tzv. **nosič** (*atlas*) nemá telo stavca. Skladá sa z predného a zadného oblúku, ktoré po stranách splývajú. Na hornej ploche sú dve kĺbové plôšky, ktorými sa napája na záhlavnú časť lebky a umožňuje kývavé pohyby dostrán,

dopredu a dozadu. Na dolnej strane sa nachádzajú dve jamky na kĺbové spojenie s druhým krčným stavcom, **čapovcom** (*axis*). Čapovec sa odlišuje od ostatných krčných stavcov tým, že na hornej strane tela má valcovitý výbežok, ktorý sa nazýva **zub čapovca** (*dens axis*). Zub sa

hladkou kĺbovou plôškou dotýka z vnútornej strany predného oblúku nosiča a umožňuje otáčavé pohyby hlavy.

Ďalšie **krčné stavce** sa vyznačujú pomerne malým telom, v priečných výbežkoch sa nachádzajú otvory pre cievy a na konci majú vidlicovito rozdelené tŕňové výbežky. Siedmy krčný stavec (*vertebra prominens*) má nerozdelený tŕňový výbežok, ktorý je silný, pomerne dlhý, dobre viditeľný a hmatateľný pri sklonenej hlave dopredu.

Hrudné stavce majú dobre vyvinuté všetky základné znaky stavcov. Charakteristické pre ne je prítomnosť kĺbových plôšok pre spojenie s rebrami na prednej strane priečných výbežkov a na bokoch tiel stavcov.

Bedrové stavce sú zo všetkých stavcov najväčšie. Telo posledného bedrového stavca vytvára na prechode k prvému krížovému stavcu výraznejšiu hranu, **predhorie** (*promontorium*).

Krížová kosť vzniká zrastom piatich krížových stavcov. Je vložená dorzálnie medzi obidve panvové kosti, ktorými je spojená pevnými krížovobedrovými kĺbmi. Má klinovitý tvar, pričom u žien je kratšia, u mužov širšia. Jej predná plocha, privrátená do malej panvy, je hladká a prehnutá dozadu a spája sa s posledným driekovým stavcom. Zadná plocha, vrchol, má v strednej rovine hrboľkovité zvyšky tŕňových výbežkov a spája sa s kostrčou. V krížovej kosti sú po stranách štyri páry otvorov, ktorými prechádza krížový kanál, ktorý je pokračovaním chrbticového kanálu. Po oboch stranách krížovej kosti sa nachádzajú v hornej časti veľké nepravidelné plochy nevyhnutné pre spojenie s bedrovými kosťami. Hrboľatosť chrbtovej plochy pokrýva iba väzivo, preto u dlho ležiacich pacientov a pri zlej hygiene na týchto miestach najčastejšie vznikajú preležaniny (dekubity).

Na krížovú kosť sa pripája 4 – 5 zakrpatených zrastených **kostrčových stavcov**, ktoré sú rudimentárnym pozostatkom chvostovej časti chrbtice. Kostrč je najkaudálnejšie uloženým oddielom. Javí sa ako plochá kosť trojuholníkovitého tvaru.

Chrbtica ako celok

Spojením stavcov, krížovej kosti a kostrče pomocou väzov, medzistavcových platničiek a kĺbov vzniká v osi trupu súvislý, pevný, ale pružný a pohyblivý celok, **chrbtica** (najpohyblivejšia je v krčnej a bedrovej časti). Celou jej dĺžkou prechádza **chrbticový kanál**, ktorý je určený pre chrbticovú miechu a jej obaly. Človek sa rodí s takmer rovnou chrbticou, ale počas ontogenézy dochádza k jej prirodzeným zakriveniam, ktoré sú pre človeka typické a

líši sa nimi od ostatných primátov, pretože tie sa na rozdiel od neho pohybujú bipédne, t.j. po dvoch zadných končatinách. Pri pohľade z boku pozorujeme na chrbtici **dvojesovité prehnutie** v predozadnej rovine. Na chrbtici sa plynulo striedajú prehnutie dopredu **lordóza** a prehnutie dozadu **kyfóza**. Lordóza v krčnej oblasti sa strieda s kyfózou v hrudníkovej oblasti, nasleduje drieková lordóza a kyfoticky prehnutá krížová kosť. Zakrivenia na seba na seba nadväzujú plynule, iba medzi driekovou chrbticou a krížovou oblasťou je prudký zlom. Uvedené miesto označujeme ako predhorie. Zakrivenie dodáva chrbtici pružnosť a tlmí nárazy pri chôdzi. Vzniká v dôsledku vzpriamenej chôdze, konkrétne vplyvom ťahu svalstva a tiaže vnútorných orgánov pri vzpriamenom držaní tela.

Vývin chrbtice

Chrbtica novorodenca má jediný oblúk, dvojesovité prehnutie sa tvorí postupne vzpriamovaním dieťaťa. Vzniká postupne s rozvojom svalstva, pričom hmotnosť hrudníkových a brušných orgánov sa uplatňuje skôr ako pomocný činiteľ. Krčná lordóza sa vytvára okolo tretieho mesiaca, kedy sa dojča v polohe na bruchu opiera o predlaktie a udrží zdvihnutú hlavičku. Keď dieťa v šiestom mesiaci začína sedieť, ohýba sa mu chrbtica kyfoticky v hrudnej oblasti. Ku koncu dojčenského obdobia, kedy sa učí stáť a chodiť, vyvíja sa mu bedrová lordóza. Vzniknuté dvojesovité prehnutie chrbtice ešte nie je na konci prvého roku ustálené, fixuje sa až s ukončením celého rastového obdobia, v šiestom roku života. Chybné držanie tela môže vznikáť počas celého obdobia rastu.

Deti predškolského veku spravidla nemávajú problémy s držaním tela. Po nástupe do školy sa začína objavovať chybné držanie tela. Ide o súbor odchýlok od správneho držania tela, ktoré môže dieťa voľným svalovým úsilím ešte vyrovnať. Ide o funkčné chyby, bez štrukturálnych zmien na kostre. Patrí sem guľatý chrbát, odstávajúce lopatky, skoliotické držanie chrbtice. Funkčné chyby sa vyskytujú v dôsledku náhleho obmedzenia pohybu, nesprávneho sedenia v škole, nedostatku pohybovej aktivity a jednostranného zaťažovania.

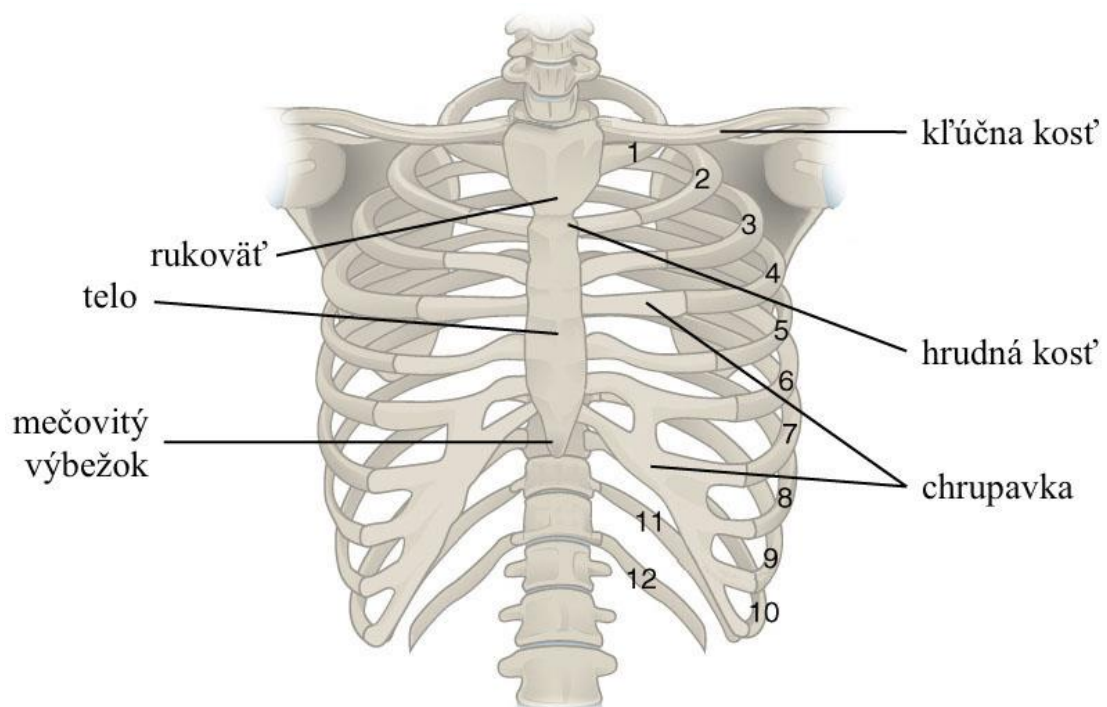
Na konci mladšieho školského veku a na začiatku staršieho školského veku nastupuje druhá vlna nesprávneho držania tela a vzniknú poruchy chrbtice. Ide o také odchýlky od správneho držania tela, ktoré už nie je možné vyrovnať aktívnym svalovým úsilím. Patrí k nim **skolióza**, ktorá postihuje predovšetkým dievčatá a **guľatý chrbát**, vyskytujúci sa najmä u chlapcov. Skoliózou rozumieme vybočenie chrbtice do pravej alebo ľavej strany v oblasti hrudnej alebo bedrovej a pri vyššom stupni sprevádzané i stočením chrbtice. Nepriaznivo sa pri vzniku porúch

uplatňuje prudký rast kostry, ktorý nie je sprevádzaný zosilňovaním svalstva, nesprávnym držaním tela a/alebo nosením extrémne ťažkých aktoviek. Medzi ďalšie dôvody porúch patrí:

- zaoblenie chrbtice v dôsledku staroby, t.j. postupným opotrebovaním medzistavcových platničiek,
- pri športe, napr. intenzívnou cyklistikou môže vzniknúť mačací chrbát, pretože dochádza k nevyváženému namáhaniu chrbtice v jednom smere,
- v niektorých druhoch zamestnaní, kde dochádza k dlhodobému a jednostrannému prehnutiu chrbtice (napr. stolári).

Kosti trupu

Hrudná kosť, rebrá a hrudné stavce tvoria kostený podklad **hrudníka** (*thorax*). **Hrudná kosť** (*sternum*) sa nachádza na prednej stene trupu (obr. 7). V hornej časti sa k nej pripájajú kľúčne kosti a po celej jej dĺžke sa z boku po stranách pripájajú rebrá. Hrudná kosť sa skladá z rukoväte, tela a mečovitého výbežku, ktorý osifikuje pomerne neskoro. Horný okraj rukoväte ohraničuje koniec krku a začiatok trupu.



Obrázok 7 Hrudný kôš

Rebrá (*costae*) v počte 12 párov tvoria hlavný podklad hrudníka. Sú ploché, nerovnako dlhé (najkratší je prvý pár, najdlhší siedmy a ôsmy pár) oblúkovito ohnuté kosti pripájajúce sa hlavicou k hrudným stavcom. Vpredu sa pripájajú chrupavkou k hrudnej kosti. Podľa spojenia s hrudnou kosťou ich delíme na **pravé rebrá** (prvých sedem párov rebier), pretože sa napájajú priamo na hrudnú kosť, a **nepravé rebrá** (8., 9. a 10. pár), pretože sa pripájajú k chrupavkám siedmeho páru, t.j. nepriamo na hrudnú kosť, a posledné dva páry sú krátke, tzv. **voľné rebrá** (11. a 12. pár), ktoré končia voľne v brušnej dutine. Voľné rebrá sa pomerne často lámu napr. u hokejistov. Ich narazením môže pritom dôjsť aj k pretrhnutiu pobrušnice.

Hrudník je spredu a zozadu sploštený. Sploštenie ešte nie je vytvorené na hrudníku novorodenca. Vyvíja sa postupne vzpriameným držaním tela. Hrudník uzatvára priestrannú hrudnú dutinu, ktorá chráni pľúca a srdce. Pohyby hrudníka umožňujú ventiláciu vzduchu do pľúc a z pľúc. Najmenší pohyb hrudníka je v oblasti prvého rebra a najväčší v rovine najdlhších rebier.

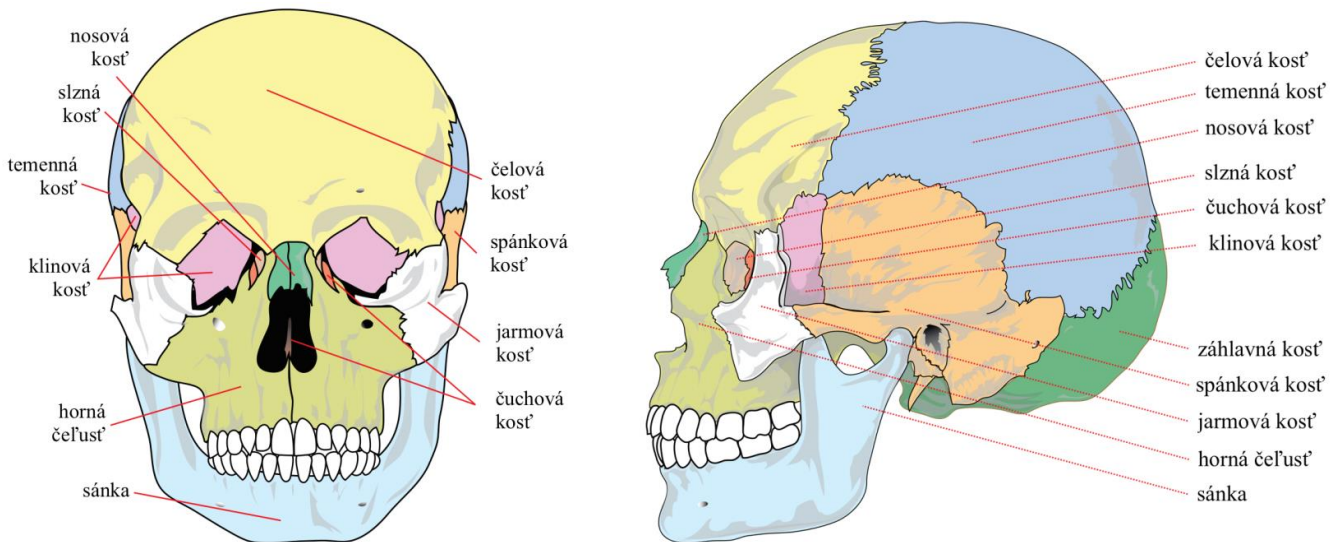
Vývin hrudníka

Počas prvého a druhého mesiaca života sa intenzívne zväčšuje i hrudník. U detí, ktoré mali obvod hrudníka menší ako obvod hlavy, sa tento stav vyrovnáva, pričom od tretieho mesiaca je obvod hrudníka už trvalo väčší. V období batolaťa sa tvar hrudníka mení. V druhom a treťom roku života začína hrudník rásť viac do šírky, a tým dochádza k jeho predozadnému splošťovaniu.

2. Kostra hlavy

Kostra hlavy (obr. 8), **lebka** (*cranium*), sa delí na väčšiu **mozgovú** (*neurocranium*) a menšiu **tvárovú časť** (*splanchnocranium*). Lebka tvorí pevnú schránku chrániacu mozog a niektoré zmyslové orgány, a je tiež oporou pre začiatok tráviacej a dýchacej sústavy. Mozgová časť lebky vzniká čiastočne z väziva (lebečná klenba) a čiastočne z chrupavky (spodina lebečná). Lebka je tvorená väčším počtom kostí, najmä párových, ktoré sú okrem dolnej čeľuste (spojená je kĺbovo), spojené nepohyblivo pomocou švov.

Mozgová časť lebky tvorí ochranné puzdro mozgu. Rozdeľuje sa na hornú vyklenutú **lebečnú klenbu** a dolnú **lebečnú spodinu**. Lebečnú spodinu tvorí vpredu čelová kosť s kosťou čuchovou, vzadu záhlavná kosť a uprostred klinová kosť. Po stranách ju dotvárajú spánkové kosti. Lebečnú klenbu tvorí vpredu čelová kosť, temenné kosti, časti kostí spánkových a vzadu kosť záhlavná.



Obrázok 8 Kostra hlavy

Záhlavná kosť (*os occipitale*) uzatvára lebečnú dutinu vzadu a dole. Jej spodná časť má uprostred veľký **záhlavný otvor** (*foramen magnum*), ktorý spája lebečnú dutinu s chrbticovým kanálom. Po bokoch otvoru na vonkajšej strane sú kĺbové hrbolčeky – **hlavice záhlavnej kosti** (*kondyly*), ktorými sa napája záhlavná kosť na prvý krčný stavec. Časť záhlavnej kosti, ktorá sa vyklenuje a zdvíha dozadu, je šupina záhlavnej kosti. Na jej vonkajšej strane v strednej rovine sa nachádza vonkajší záhlavný hrbol, od ktorého sa do strán rozbiehajú tri drsné šijové čiary slúžiace k úponu veľkých chrbtových svalov. Šupina kosti je švom spojená s temennými kosťami.

Klinová kosť (*os sphenoidale*) tvorí stredný úsek lebečnej spodiny. Skladá sa z tela, z neho do strán vybiehajúcich veľkých a malých krídel a nadol vybiehajúcich krídlovitých výbežkov. Strop kosti, časť smerujúca do lebečnej dutiny, je prehĺbená do sedlovitej jamy, **tureckého sedla** (*sella turcica*), v ktorom je uložená podmozgová žľaza. Telo kosti je duté a jeho párová dutina je spojená s nosovou dutinou (*sinus sphenoidalis*), ktorá patrí medzi vedľajšie prínosové dutiny. Od tela do strán vybiehajú krídla, ktoré sa pripájajú k čeľusti, k temennej, čelovej a spánkovej kosti.

Spánková kosť (*os temporale*) je párová kosť, ktorá uzatvára lebečnú dutinu zospodu a z boku. Skladá sa zo šupiny, skalnej kosti, bubienkovej kosti, bradavkového a bodcovitého výbežku. Ihlanovitá časť kosti je veľmi tvrdá a nazýva sa skalná kosť. Vonkajšia časť je tenká, šupinovitá. Šupina spánkovej kosti sa zdvíha nahor po bokoch lebky ako plochá kosť. Zo šupiny vychádza smerom dopredu výbežok, ktorý spolu s výbežkami lícnych kostí vytvára **jarmový oblúk** (*arcus zygomaticus*). Za ušnicou je hmatateľný **bradavkový výbežok** (*processus mastoideus*). Pripája sa k nemu zdvíhač hlavy. Vo vnútri je vyplnený dutinkami, ktoré súvisia so stredoušnou dutinou. Hnisanie pri zápale stredného ucha sa môže rozšíriť práve sem. Od spodiny spánkovej kosti vychádza **bodcovitý výbežok** (*processus styloideus*), na ktorý je tenkým väzom zavesená jazylka. **Skálna kosť** (*os petrosum*) je vsadená do spodiny lebečnej pred záhlavnou kosťou a po stranách kosti klinovej. Je najtvrdšou kosťou v ľudskom tele. Má tvar pyramídy, ktorej vrchol smeruje k strednej rovine lebky. Obsahuje dutinky pre sluchovo rovnovážny ústroj a kostené kanáliky pre niektoré cievy a nervy. **Bubienková kosť** (*os tympanicum*) je kosteným podkladom vonkajšieho zvukovodu.

Čuchová kosť (*os ethmoidale*) sa zúčastňuje na výstavbe prednej časti lebečnej spodiny a stropu nosovej dutiny. Má niekoľko častí, avšak iba dierkovaná platnička patrí k mozgovej časti. V hornej časti uzatvára nosovú dutinu a jej otvormi prechádzajú vlákna čuchového nervu do lebečnej dutiny.

Čelová kosť (*os frontale*) je nepárová kosť vznikajúca z dvojitého základu. U novorodencov obe časti oddeľuje **šev** (*sutura metopica*), ktorý mizne do dvoch rokov a približne u 5 – 8 % dospelých zostáva tento šev zachovaný. Čelová kosť je kosteným podkladom čela (šupina čelová) a tvorí stropy očníc (očnicové platničky). Očnica je vyhlbená do jamky pre slznú žľazu. Nad horným okrajom očníc sú vyznačené nadočnicové oblúky, výrazné najmä u mužov. Na prechode šupiny do očnicovej platničky sa vo vnútri nachádza veľká párová **čelová dutina** (*sinus frontalis*), ktorá patrí medzi vedľajšie prínosové dutiny. Čelová šupina je spojená vencovým švom s dvoma temennými kosťami.

Temenná kosť (*os parietale*) je párovou kosťou miskovitého tvaru nachádzajúcou sa v hornej časti lebečnej klenby. Obe kosti sú oddelené v strednej rovine šíповým švom. Vzadu sa obe kosti spájajú lambdovým švom so šupinou záhlavnej kosti. Švy, ktorými sú temenné kosti spojené so susednými kosťami, v dospelosti zanikajú (*obliterujú*). Podľa prebiehajúcej obliterácie sa určuje vek človeka na nálezoch lebky.

Tvárová časť lebky je relatívne malá v porovnaní s mozgovou časťou lebky. Nasadá vpredu na spodinu lebečnú. Nachádzajú sa v nej dve dutiny očnice pre uloženie očných guľí a nosová dutina. Najväčšou kosťou je párová **horná čeľusť** (*maxilla*), uložená pod očnicou, bočne od nosovej dutiny. Skladá sa z tela a štyroch výbežkov. Čelový a lícny výbežok lemujú vnútorný a dolný okraj očnice. Telo je strednou časťou hornej čeľuste. Ohraničuje uprostred tvárovej časti kostený nosový otvor, z ktorého na báze vyčnieva krátky nosový trň. Vyskytuje sa len u človeka. Vo vnútri tela je priestranná **dutina hornej čeľusti** (*sinus maxillaris*), ktorá ako vedľajšia prínosová dutina je v spojení s nosovou dutinou. Dolný okraj tela vybieha do d'asnovitého výbežku, v ktorom sú zubné lôžka horného zubného oblúka, na ktorom sú vsadené zuby čeľuste. Po vypadnutí zubov sa tento výbežok znižuje a takmer mizne. Z tela odstupuje i podnebný výbežok, ktorý s druhostranným výbežkom vytvára kostený podklad prednej časti tvrdého podnebia. Oba podnebné výbežky sú v strednej časti spojené švom, v ktorom sa v prednej časti nachádza medzičeľustný otvor. Pokračuje kanálikom do nosovej dutiny. Časť podnebných výbežkov, ktorá leží naľavo a napravo od medzičeľustného otvoru, je nadlho oddelená švom. Táto časť je samostatnou kosťou, ktorá sa nazýva medzičeľusť. Neskôr však zrastá s hornou čeľusťou. Švy oddeľujúce pôvodnú medzičeľusť od podnebných výbežkov hornej čeľusti, môžu byť postihnuté vrodenou chybou, pri ktorej nedôjde k ich spojeniu. Je viditeľná u novorodenca ako **rázštep** podnebia či čeľuste, a znemožňuje sanie mlieka.

Jarmová kosť (*os zygomaticum*) je párová kosť, ktorá zospodu a zvonka ohraničuje očnicu. Postavenie kostí podmieňuje šírku tváre.

Slzná kosť (*os lacrimale*) je tenkou párovou štvrohannou lamelou vo vnútornej stene očnice. V jej jamke leží slzník.

Nosové kosti (*os nasale*) sa nachádzajú v strednej rovine pod čelovou kosťou. Tvoria kostený podklad nosového chrbátu.

Čuchová kosť sa taktiež uplatňuje pri stavbe vnútornej steny očnice, ale najmä na stavbe stien nosovej dutiny. Obsahuje početné pneumatické dutinky, dutinky čuchovej kosti.

Podnebná kosť (*os palatinum*) a **čerieslo** (*vomer*) tvoria steny nosovej dutiny. Podnebná párová kosť sa nachádza v zadnej časti tvrdého podnebia. Čerieslo je dolnou súčasťou zvislej kostenej prepážky a v zadnej časti nosovej dutiny tvorí prepážku medzi zadnými otvormi nosovej dutiny.

Sánka (*mandibula*) je dolným oddielom tvárovej časti lebky. Kĺbovo sa pripája na spánkové kosti. Telo je podkovovitého tvaru s ďasnovým výbežkom pre dolné zuby. Zo zadného konca tela vystupuje pod tupým uhlom pravá a ľavá vetva. Bradový výbežok (*protuberantia mentalis*) spôsobuje vyčnievanie bradového okraja dolnej čeľusti dopredu.

Ku kostiam tvárovej časti patrí aj **jazykka** (*os hyoideum*). Je to nepárová drobná kostička podkovovitého tvaru uložená pod sánkou. Väzmi je pripojená k lebečnej spodine, k bodcovitým výbežkom pravej a ľavej spánkovej kosti. Slúži ako záves pre hrtan, podopiera jazyk a upínajú sa na ňu krčné svaly.

Dutiny v lebke

Kosti mozgovej časti obklopujú pomerne veľkú dutinu lebečnú **mozgovňu** (*cavum cranii*), v ktorej je uložený mozog. Kapacita (veľkosť objemu) tejto dutiny je dôležitým údajom, keďže má priamu súvislosť s veľkosťou mozgu.

Kosti tvárovej časti sa podieľajú na vytváraní očníc a **nosovej dutiny** (*cavum nasi*). Spredu má otvor ohraničený z oboch strán hornou čeľusťou a vzadu sú dva oválne zadné nosové otvory (*choany*). Zvislá prepážka rozdeľuje nosovú dutinu na dve polovice. Z bočných stien odstupujú nad sebou uložené tri tenké kostené platničky **nosové mušle**.

Očnicová dutina (*orbita*) má tvar štvorbokej pyramídy, v ktorej vrchole je otvor pre cievy a nervy oka. Steny očníc tvoria predovšetkým tie kosti, ktoré ich obklopujú.

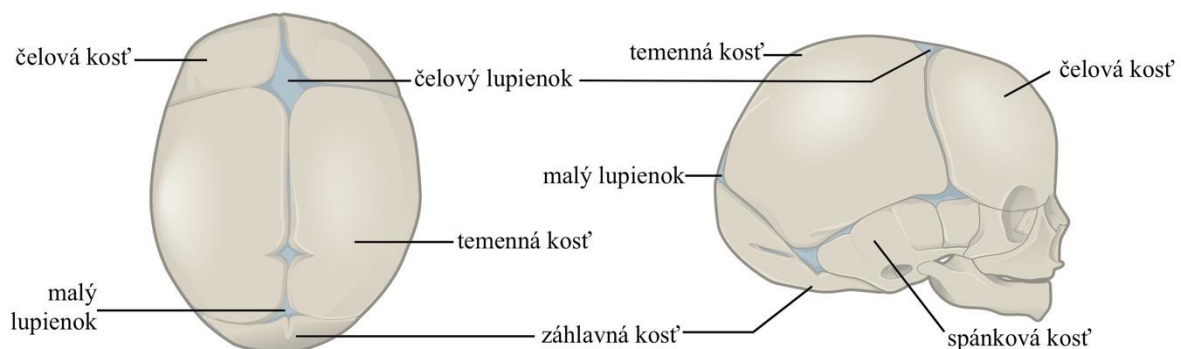
Tvar lebky

Lebka človeka sa tvarovo líši od lebky ostatných cicavcov a stavovcov. S rozvojom mozgu človeka sa zväčšila mozgová časť a zväčšením čelových lalokov nastal posun čelovej časti lebky nad tvárovú časť lebky. Redukciou hornej a dolnej čeľusti ustúpila tvárová časť a vznikol uhol medzi nosovými kosťami a čelovými kosťami (vyčnievajúci nos). Na dolnej čeľusti sa vytvoril bradový výbežok ako následok zvýšenej činnosti svalov, ktoré sa na túto časť upínajú a uplatňujú sa pri rozprávaní. Vplyvom vzpriamenej chôdze sa zmenila statika lebky, čím sa posunul záhlavný otvor na spodinu lebečnú a smerom nadol. Záhlavná kosť je zaoblená.

Vývin lebky

Detská lebka sa od lebky dospelého človeka líši proporciami a stavom vývinu chrupu. Novorodenec má relatívne malú tvárovú časť, pretože ešte nie sú vytvorené d'asnové výbežky hornej a dolnej čeľuste, taktiež zuby a ani vedľajšie prínosové dutiny. Dynamika rastu mozgovej časti je v prenatalnom období väčšia ako dynamika rastu tvárovej časti. Obvod hlavy donoseného dieťaťa je približne 34 cm. Medzi kosťami lebečnej klenby ešte nie sú vytvorené švy, zostávajú medzi nimi len väzivové pásiky. Práve preto sa môžu kosti lebečnej klenby posunúť cez seba, čo umožňuje prispôsobenie sa hlavičky pri prechode pôrodnými cestami počas pôrodu. Počas prvého roku života sa mozgová časť značne zväčší. Obvod hlavy meria v prvom roku približne 46 cm. Prudký rast lebky v prvom roku spojený s veľkým vývinom mozgu dojčat'a je vystriedaný náhlym spomalením rastu od batolaťa. Lebka rastie veľmi pomaly a v druhom roku sa zväčší iba o dva centimetre a v treťom roku len o jeden centimeter. Priemerný obvod hlavy trojročného dieťaťa je 49 cm. Medzi štvrtým a piatym rokom života dosiahne mozog i obvod hlavy 80 % svojej definitívnej veľkosti. V dospelosti je jeho priemerná veľkosť približne 55 cm. Tvárová časť sa zväčšuje najmä formovaním nosa a rastom čeľusti, prerezávaním zubov dočasného i trvalého chrupu. Rast mozgovej časti je ovplyvnený rastom mozgu. Mozog rastie spočiatku tiež veľmi prudko a už v siedmom mesiaci sa jeho hmotnosť zväčšuje na dvojnásobok z 360 na 720 g. Počas celého detstva sa tvárová časť vyvíja oneskorene za mozgovou časťou. Až v pubertálnom období vznikajú proporcie obvyklé u dospelého človeka.

Lebka po narodení (obr. 9) nie je úplne zkostnatelá. Medzi lebečnými kosťami sú na niektorých miestach väčšie väzivové plôšky, **lupienky** (*fonticuli*). V mieste stretnutia šípového švu



Obrázok 9 Lebka novorodenca

s vencovým sa nachádza väčšia väzivová plocha štvorcitého tvaru nazývaného ako **veľký**

čelový lupienok (*fonticulus anterior*). V mieste styku šípového švu s lamdovým švom sa nachádza **malý lupienok** (*fonticulus posterior*), ktorý zaniká ihneď po narodení. Pre ďalší rast a vývin lebky má význam čelový lupienok, ktorý má tvar kosoštvorca a u novorodenca meria približne 3,5×3,5 cm. Bezprostredne po pôrode môže byť následkom stlačenia hlavičky a podsunutia kostí aj menší. Zmenšuje sa postupne a mizne do 18. mesiaca života. Je však dôležitý pre vývin lebky, keďže umožňuje rast mozgovej časti.

Lebečné kosti rastú v smere kolmom na švy. Rast a vývin lebky môžu byť narušené i predčasným zrastom niektorého zo švov alebo retardáciou rastu mozgu. Predčasný zrast jedného alebo viacerých švov spôsobuje, že kosti v tomto smere už nemôžu ďalej rásť. Dôsledkom sú zvláštne tvary časti lebky, nazvané ako **kraniostenózy**. Deformita ohrozuje vývin mozgu, preto je potrebné deformity hlavy včas rozoznať. Napomáha tomu meranie hlavových rozmerov (*kefalometria*). Včasný operačný zásah, ktorým sa otvárajú zrastené švy, čím sa zabráni poškodeniu mozgu.

Mikrocefália je nápadne malá hlava, ktorej obvod je výrazne menší oproti priemerným hodnotám bežnej populácie v danom veku. Najčastejšie je sprevádzaná rôznymi postihnutiami mozgu, spojenými s retardáciou jeho rastu. Ak nerastie mozog, nerastie ani mozgová časť lebky.

Pohlavné rozdiely v lebke

Muži majú v priemere väčšiu kapacitu lebky (1450 cm³) ako ženy (1300 cm³). Najväčšiu lebku však mala paradoxne žena (6800 cm³) a najmenšiu muž (405 cm³), ktorý bol však klasifikovaný ako idiot (t.j. mal extrémne nízke IQ). Intersexuálne rozdiely u detí však nie sú veľmi viditeľné a vznikajú až neskôr.

Mužská lebka má mohutnejšie miesta svalových úponov a to najmä na spánkoch a záhlavnej kosti kde sa upínajú svaly krku a chrbta. U mužov je nápadný v strednej rovine vonkajší záhlavný hrbol. Najnápadnejšie rozdiely sú na čelovej kosti, ktorá je u mužov nad chrbátom nosa vyklenutejšia dopredu. U žien je prechod z čela na nos plynulejší. U mužov sa tiež do strán rozbiehajú nadočnicové oblúky, ktoré u žien chýbajú. U detskej lebky nie sú pohlavné rozdiely zreteľné, a preto je určenie pohlavia podľa lebky v detskom veku náročné.

Vývin zubov

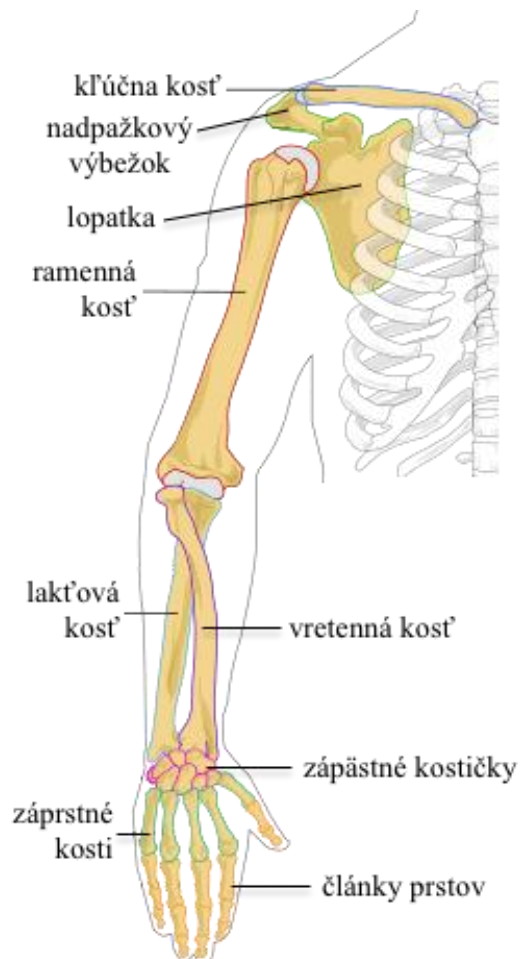
Prvé zuby dočasného mliečného chrupu sa začínajú prerezávať medzi piatym a deviatym mesiacom veku života. Najčastejšie sa ako prvé objavujú dva vnútorné dolné rezáky. Do konca dojčenského obdobia sa prerežú ešte vnútorné horné rezáky a dva vonkajšie dolné aj horné rezáky. V prvom roku života má dieťa priemerne osem zubov. V období batolaťa sa dokončuje prerezávanie zubov dočasného chrupu. Po rezákoch rastie v 13. – 16. mesiaci prvá stolička, 16. – 20. mesiaci očné zuby a v 20. – 30. mesiaci druhé stoličky. Ku koncu predškolského veku (v piatom až šiestom roku života) začína postupná výmena dočasného chrupu za trvalý.

3. Kostra končatín

Ku kostre trupu sa pripája kostra horných a dolných končatín. Základný stavebný plán je u oboch končatín rovnaký. Skladajú sa z pletenca, ktorý ich pripája k trupu a z kostry voľnej končatiny.

Kostra hornej končatiny

Horná končatina je prispôsobená najmä k uchopovaniu a k práci. Jej kĺby umožňujú značnú pohyblivosť proti trupu takmer všetkými smermi. Kostra hornej končatiny (obr. 10) sa k osovej kostre pripája pomocou **pletenca hornej končatiny**, tvoreným lopatkou a kľúčnou kosťou, a to jediným, pomerne slabým kĺbom nachádzajúcim sa medzi rukoväťou hrudnej kosti a kľúčnou kosťou. **Kľúčna kosť** (*clavicula*) je mierne esovito prehnutá kosť, dlhá 12 – 16 cm. Jedným koncom sa pripája na nadpažok lopatky, druhým na hrudnú kosť. Je uložená povrchovo, čím je ľahko hmatateľná. Pomerne ľahko sa láme. Osifikovať začína ako prvá a to už v druhom mesiaci vnútromaternicového života. **Lopatka** (*scapula*) je plochá trojuholníkovitá kosť, ktorá sa pohyblivo (kĺbom) pripája k trupu kľúčnou kosťou a svalmi. Plocha privrátená k rebrám je ľahko vyhlbená. Chrbtová plocha má hrebeň, ktorý je hmatateľný a vybieha do



Obrázok 10 Kostra hornej končatiny

strán ako **nadpažkový výbežok** (*acromion*). Hrebeň tak rozdeľuje lopatku na jamy, menšiu nadhreneňovú a väčšiu podhreneňovú. Pod nadpažkom sa nachádza kĺbová plocha pre ramenný kĺb. Dopredu od tejto plochy vybieha **hákovitý výbežok** (*processus coracoideus*) ako pozostatok krkavčej kosti, ktorá je vyvinutá u iných stavovcov, nie však u cicavcov. Lopatka sa smerom nadol zužuje do dolného uhla, ktorý je hmatateľný a viditeľný. Tesne pod tento uhol sa prikladá pásová miera pri meraní obvodu hrudníku.

Kostra voľnej končatiny sa k pletencu pripája ramenným kĺbom, ktorý tvorí plytkú jamku, a guľovitou hlavicou proximálneho konca ramennej kosti. Hlavica má rozsah jednej tretiny gule, kĺbové puzdro je priestrané a kĺb preto dovoľuje pohyby v rôznych rovinách. Veľký rozsah je tiež umožnený pohyblivosťou lopatky. Extrémna pohyblivosť ramenného kĺbu pravdepodobne súvisí s brachiáciou (t.j. pohybom pomocou horných končatín po stromoch, resp. zavesovaním sa pod vetvami) v našej evolučnej minulosti.

Kostra voľnej končatiny sa skladá z kostry ramena (ramenná kosť), kostry predlaktia (lakt'ová a vretenná kosť) a kostry ruky (zápästné, záprstné kosti a články prstov).

Ramenná kosť (*humerus*) je dlhá kosť, ktorá je horným koncom spojená s lopatkou a dolným koncom s kosťami predlaktia. Horná hlavica je od diafýzy oddelená krčkom, ktorý sa nazýva anatomický. Pod ním je krčok užší, nazývaný tiež chirurgický, a to preto, že v týchto miestach dochádza najčastejšie k zlomeninám proximálnej časti ramennej kosti. Medzi krčkami sa na prednej strane nachádzajú dva hrbolky, veľký a malý, ktoré sa smerom nadol predlžujú do hrany. Na týchto miestach sa upínajú svaly prechádzajúce z trupu a lopatky na ramennú kosť. Ramenná kosť ďalej prechádza ako telo trubicovitého tvaru. V jeho hornej časti, pod veľkým hrbolkom, sa nachádza drsnatina pre úpon deltového svalu. K dolnej epifýze sa pripájajú dve kosti predlaktia. Na vnútornej malíčkovej strane je kladka a na palcovej strane hlavička. Na zadnej strane pri dolnom konci je hlboká **lakt'ová jama** (*fossa olecrani*), do ktorej pri natiahnutí ramena zapadá **výbežok lakt'ovej kosti** (*olecranon*).

Kosti predlaktia sú tvorené **lakt'ovou** (*ulna*) a **vretennou kosťou** (*radius*). Vretenná kosť sa pripája k hlavičke a lakt'ová kosť ku kladke na dolnú epifýzu ramennej kosti. Obe kosti sú v hornom konci kĺbovo spojené. Uvedené tri kĺbové spojenia vytvárajú zložený lakt'ový kĺb. Najdôležitejšiu úlohu má kladkový rameno-lakt'ový kĺb, ktorý dovoľuje ohnutie (*flexia*) a natiahnutie (*extenzia*) v rozsahu 140°. U detí je dokonca možná hyperextenzia (v rozsahu viac ako 180°). V základnom postavení, pri ktorom sú dlane obrátené dopredu a palec von, ležia obe

kosti rovnobežne vedľa seba. Pri otáčaní ruky dopredu s malíčkami von od tela, sa otáča vretenná kosť okolo lakt'ovej kosti, pričom sa cez ňu prekríži. **Vretenná kosť** sa nachádza na palcovej strane a je tenšia ako lakt'ová kosť. Horná epifýza je menšia ako dolná a je tvorená miskovito prehnutou hlavicou. Jej obvod má valcovitú kĺbovú plôšku pre spojenie s lakt'ovou kosťou. Pod hlavicou je užší krčok, pod ním nápadná drsnatina pre úpon šľachy dvojhľavého ramenného svalu. Telo má na vnútornej strane ostrú hranu, ku ktorej sa pripája blana po celej dĺžke spájajúca obe kosti predlaktia. Dolná epifýza je rozšírená a má dve dotykové plochy a to pre hlavicu lakt'ovej kosti a druhú pre spojenie so zápästnými kosťami. Chrbtová strana má vysoký reliéf so žliabkami pre šľachy naťahovačov prstov. Na vonkajšej strane dolnej epifýzy je výbežok (*processus styloideus*), ktorý je hmatateľný na zápästí na palcovej strane a je podkladom vonkajšieho členku ruky. **Lakt'ová kosť** je dlhá kosť umiestnená na malíčkovvej strane. Horná epifýza je väčšia s hlbokým kladkovým zárezom pre pripojenie ramennej kosti a menším zárezom pre hlavicu vretennej kosti. Dozadu vybieha do lakt'ového výbežku, ktorý pri natiahnutí zapadá do hlbkej lakt'ovej jamy na zadnej strane ramennej kosti a znemožňuje extenziu nad 180°. Telo kosti má okraj smerujúci ku vretennej kosti s ostrou hranou. Dolná epifýza je zúžená a zakončená hlavicou so zárezom pre kĺbové spojenie s vretennou kosťou a tiež ostrým výbežkom (*processus styloideus*) hmatateľným na strane malíčka a tvoriacim podklad vnútorného členku ruky. Dolný koniec kostí predlaktia vytvárajú spolu s tromi zápästnými kosťami horný kĺb ruky, ktorý pripája kosť ruky.

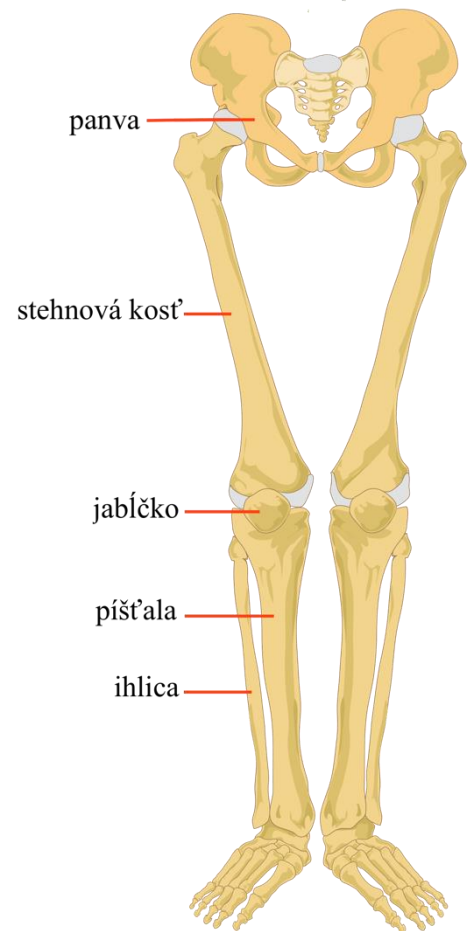
Zápästné kostičky (*ossa carpi*) sú umiestnené po štyroch v dvoch radoch a patria medzi krátke kosti. Tvoria celok **zápästie** (*carpus*). Prvý rad kostičiek sa kĺbovo spája s kosťami predlaktia, na druhý rad nadväzujú záprstné kosti. Proximálny rad kostičiek od palcovej strany tvoria kosť článkovitá, mesiačkovitá, trojhranná a hráškovitá. V distálnom rade kosť lichobežníková, lichobežníkovitá, hlavičkatá a háková. Na dľaňovej strane cez ne prechádzajú z predlaktia do dlane šľachy ohýbačov prstov.

Záprstných kostí (*ossa metacarpi - metacarpus*) je päť a sú kostenou oporou dlane. Rozšírenými bázami sa spájajú kĺbovo s distálnou radou zápästných kostí. Pre funkciu ruky je dôležitý kĺb medzi lichobežníkovou kosťou a palcovým záprstím, ktorý dovoľuje palcu pritiahnutie a odtiahnutie a tiež jeho postaveniu oproti ostatným prstom (*opozícia palca*). Kĺbové spojenie s článkami prstov umožňuje ohnutie a natiahnutie prstov v uhle 90°, ich odtiahnutie a pritiahnutie.

Články prstov (*phalanges*) majú rovnakú stavbu ako dlhé kosti. Kostru palca tvoria dva články, ostatné prsty majú tri články (*falangy*) medzi sebou kĺbovo spojené. Posledný článok všetkých prstov je na konci na dlaňovej strane vybavený drsnatinou pre úpon hlbokého ohýbača prstov.

Kostra dolnej končatiny

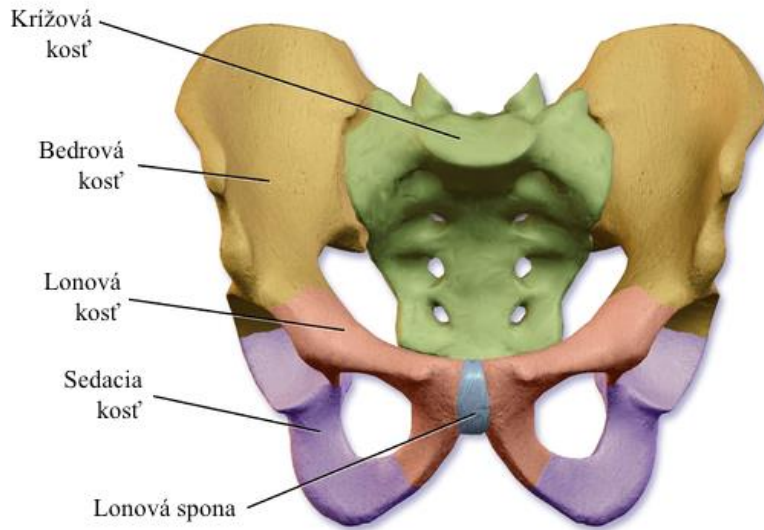
Dolná končatina je usposobená k pohybu z miesta na miesto a nesie hmotnosť celého tela, preto sú jej kosti veľmi silné. Kostra dolnej končatiny (obr. 11) je tvorená pletencom dolnej končatiny a kostrou voľnej končatiny. **Panva** (*pelvis*) (obr. 12) je zložená z dvoch **panvových kostí** (*os coxae*) a **krížovej kosti** (*os sacrum*). Obe panvové kosti sú vpredu medzi lonovými kosťami spojené doštičkovitou chrupavkou **lonovou sponou** (*symfýza*). Vplyvom vzpriamenej chôdze má panva u človeka misovitý tvar, keďže sa o ňu opierajú orgány. Vzhľadom na rozdielnu funkciu panvy muža (panva zabezpečuje predovšetkým pohyb vzpriameného tela) a ženy, u ktorej okrem pohybovej funkcie je panva aj pôrodnou cestou, je i celkový tvar a veľkosť panvy u obidvoch pohlaví rôzna (obr. 13). Panva žien je rozložitejšia, širšia, otvorenejšia, priečna os je dlhšia ako predozadná. Panva mužov je relatívne menšia, vyššia a užšia, predozadná os je dlhšia ako priečna. Na panve rozlišujeme veľkú a malú panvu, pričom hranicu medzi nimi tvorí rovina preložená vzadu predhorím a vpredu horným okrajom lonovej spony. V malej panve je u žien uložený močový mechúr, maternica, časť pošvy a vaječníky, je dôležitou pôrodnou cestou.



Obrázok 11 Kostra dolnej končatiny

Pletencom dolnej končatiny je panvová kosť, ktorá vznikla zrastom troch kostí: bedrovej, sedacej a lonovej kosti. Je pevnou a celistvou až v dospelosti. Všetky tri kosti sa stretajú v jamke bedrového kĺbu (*acetabulum*), od ktorého smerom nahor vybieha kosť bedrová, dopredu lonová a dozadu sedacia. Oddelené sú chrupavkou, ktorá mizne po 15. – 16. roku života a vytvorí sa celistvá panvová kosť. **Bedrová kosť** (*os ilium*) má telo, ktoré je súčasťou

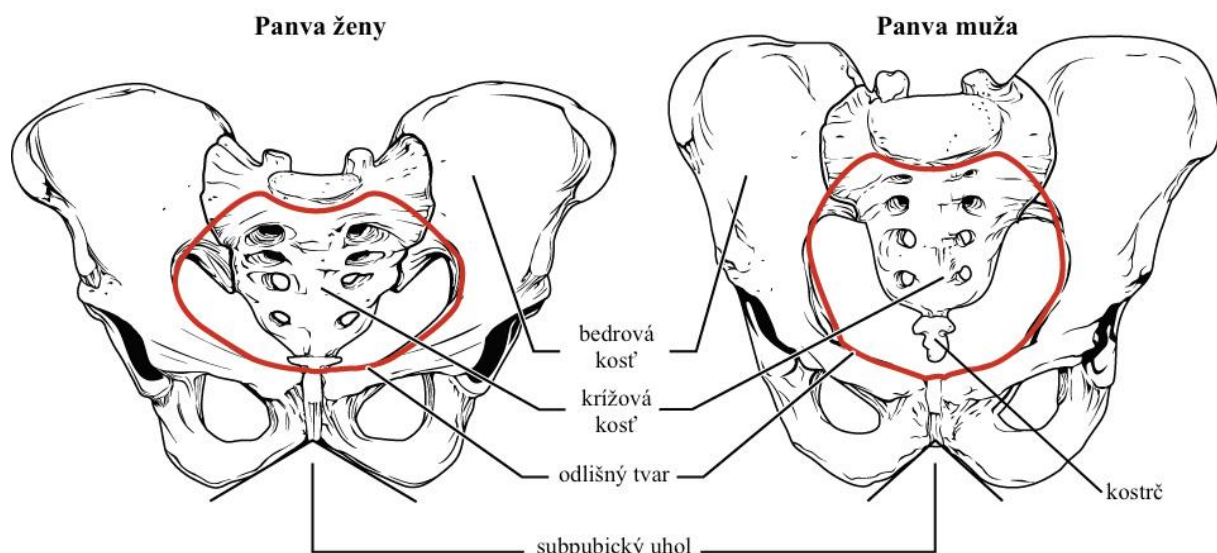
jamky bedrového kĺbu. Smerom nahor sa rozširuje do bedrovej lopatky ukončenej **bedrovým hrebeňom** (*crista iliaca*), na ktorý sa upínajú ploché brušné svaly. Bedrový hrebeň je vpredu ukončený hmatateľným a viditeľným **bedrovým trňom** (*spina iliaca anterior superior*). Vzadu



Obrázok 12 Panva

je ukončený zadným **bedrovým trňom** (*spina iliaca posterior superior*). Na vnútornej ploche bedrovej lopatky je drsná plocha, ku ktorej sa pripája krížová kosť. Spojenie je zosilnené väzmi. Telo **sedacej kosti** (*os ischii*) začína v jamke bedrového kĺbu a pokračuje ako rameno, v uhle ktorého je sedací hrbol'. **Lonová kosť**

(*os pubis*) vybieha z bedrového kĺbu dopredu a spolu so sedacou kosťou ohraničuje **otvor** (*foramen obturatum*), ktorý je uzavretý väzivovou blanou.



Obrázok 13 Panva ženy a muža

Kostra voľnej končatiny je k pletencu pripojená bedrovým kĺbom, ktorý je tvorený hlbokou kĺbovou jamkou na vonkajšej strane panvovej kosti a guľovitou hlavicou proximálneho konca stehnovej kosti. Spojenie oboch kostí je zabezpečené silným kĺbovým puzdrom spevneným väzmi. Základnými pohybmi v tomto kĺbe sú prednoženie a zanoženie, pritiahnutie, odtiahnutie

a otáčanie. Keďže je kĺbová jamka pomerne hlboká, pohyby nie sú až také rozsiahle ako v ramennom kĺbe.

Osifikácia bedrového kĺbu

Horná hlavica stehnovej kosti je po narodení ešte chrupavkovitá. Od tretieho až štvrtého mesiaca života je v nej chrupavkovité jadro. Kĺbová jamka panvovej kosti je ešte plytká s neúplne vyvinutým horným okrajom a neposkytuje pevnú oporu. Oneskorenie vývinu bedrového kĺbu môže byť sprievodným javom **vrodeného vykĺbenia bedrového kĺbu** (*luxatio coxae congenita*). Vyskytuje sa asi u dvoch percent detí jednostranne alebo obojstranne, vplyvom dedičnosti, dedičnosti pohlavne viazanej. Dievčatá trpia vrodeným vykĺbením bedrového kĺbu šesťkrát častejšie ako chlapci. Ľahší stupeň vykĺbenia je o niečo častejší, asi u 10 % detí. Základom liečby je tzv. abdukčná poloha dolných končatín – nohy od seba, čo sa dosiahne väčšinou vkladáním veľkého počtu plienok alebo sa používajú ortopedické pomôcky. Pri neriešení problému sa dostávajú následky v dospelosti ako napr. kolísavá tzv. kačacia chôdza, bolesti bedrového kĺbu či deformity chrbtice. Bedrový kĺb sa vyšetruje všetkým deťom po narodení a to v troch etapách do 16. týždňa života dieťaťa. Prvé vyšetrenie je klinické a to ihneď po narodení, druhé v šiestom týždni a tretie vyšetrenie je realizované ortopédom v treťom mesiaci.

Kostra voľnej končatiny sa skladá z kostry stehna (stehnová kosť), kostí predkolenia a z kostry nohy.

Stehnová kosť (*femur*) je najdlhšou a najsilnejšou kosťou v ľudskom tele. Je mierne oblúkovito prehnutá dopredu. Zapadá do **kĺbovej jamy** (*acetabula*) na panvovej kosti guľovitou hlavou. Horná epifýza má guľovitú hlavicu s rozsahom asi tri štvrtiny guľovej plochy. Hlavica je krčkom pripojená k telu pod tupým uhlom (125°). V mieste spojenia vybieha do strán **veľký chochlík** (*trochanter major*) a dovnútra **malý chochlík** (*trochanter minor*). Na zadnej strane pod oboma chochlíkmi je drsnatina pre úpon veľkého svalu. Dolný koniec sa rozširuje do dvoch mohutných hrbolov vpredu spojených hladkou sedlovitou plochou, na ktorej je **jablíčko** (*patella*), vsunuté do štvorhlavého svalu stehna a tvoriace prednú plochu kolenného kĺba. Vzadu sú oddelené hlbokou jamou. Stehnová kosť je spojená s píštalou kolenným kĺbom, ktorého súčasťou je jablíčko. Kĺbovú hlavicu kolenného kĺbu tvoria zakrivené kĺbové hrboly stehnovej kosti, kĺbovú jamku dve ploché kĺbové plochy horného konca píšťaly. Nepomer zakrivenia dotykových plôch vyrovnávajú dve chrupavčité doštičky (*menisky*). Cez kolenný kĺb

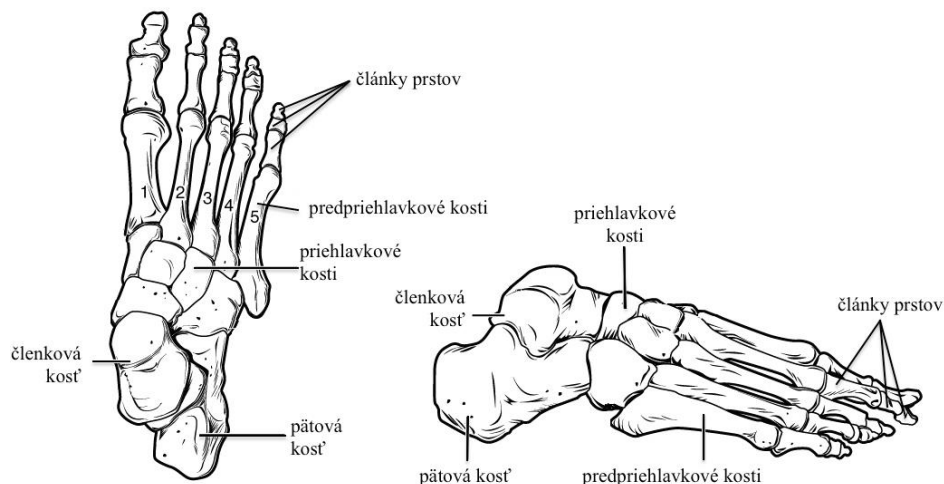
prechádza silná úponová šľacha štvorhlavého stehnového svalu, v ktorom je jablčko. Kolenný kĺb umožňuje natiahnutie i miernu rotáciu.

Kostru predkolenia tvorí **ihlica** (*fibula*) a **píšťala** (*tibia*). Píšťala je umiestnená na palcovej strane predkolenia a je celkovo mohutnejšia ako ihlica. Ihlica sa nachádza na malíčkovej strane, ľahko sa láme. Pre stabilitu končatiny nemá väčší význam.

Horný koniec píšťaly je rozšírený do dvoch kĺbových hrbolov. Pod vnútorným je kĺbová plocha pre pripojenie ihlice. Na prednej strane pod kĺbovými plochami je veľká drsnatina, na ktorú sa upína šľacha štvorhlavého stehnového svalu. Telo píšťaly je trojbokého tvaru, pričom najostrejšia hrana smeruje dopredu. Nie je krytá svalovinou a je tak bolestivo zraniteľná. Na medzikostnú hranu smerujúcu k ihlici sa upína väzivová medzikostná blana. Dolná časť tela vybieha do vnútorného členku, zvnútra vyhlbeného pre spojenie s členkovou kosťou.

Ihlica je štíhla dlhá kosť, na ktorej rozlišujeme hlavicu, telo a na dolnej strane vonkajší členok. Hlavica sa upína pod vnútorný hrbol píšťaly. K vnútornej strane tela sa pripája medzikostná blana, ktorá spája píšťalu a ihlicu.

Vnútorný a vonkajší členok vytvárajú vidlicu členkového kĺbu, do ktorého je vložená členková kosť. Kĺb umožňuje ohnutie i natiahnutie nohy. V tomto kĺbe dochádza ľahko k podvrtnutiu alebo k vyklbeniu členku. Členkovým kĺbom sa pripája kostra nohy (obr. 14).



Obrázok 14 Kostra nohy

Priehlavkové kosti (*ossa tarsi*) sú krátkymi kosťami, ktorých je sedem. Najväčšia je **päťová kosť** (*calcaneus*), ktorá vybieha dozadu do hrbľa pätovej kosti, ku ktorému sa upína šľacha trojhlavého lýtkového svalu (*Achillova šľacha*). Ďalšími kosťami sú členková kosť (*talus*),

člnkovitá kosť a tri klinovité kostičky vo vnútornej časti a vo vonkajšej časti päťová a kockovitá kosť. Členková kosť sa kladkou kĺbovo spája s ihlicou a píšťalou a na spodnej strane sú kĺbové plôšky pre spojenie s päťovou kosťou. Vpredu je kĺbom spojená s člnkovitou kosťou. Na päť **predpriehlavkových kostí** (*ossa metatarsi*) chodidla nasadajú články prstov (*phalanges*), ktoré sú trojčlánkované s výnimkou dvojčlánkovaného palca. Druhý a tretí článok malíčka často sekundárne zrastá.

Klenba nohy

Kĺby, ktoré spájajú priehlavkové, predpriehlavkové kosti a články prstov, sú menej pohyblivé. Zosilnené sú šľachami svalov a väzmi a vytvárajú tak pružný celok, ktorý je pozdĺžne a priečne klenutý. Vrcholom tejto klenby je členková kosť. Klenba nohy podmieňuje vytvorenie charakteristického odtlačku nohy (*plantogram*) a spôsobuje, že sa noha v stoji opiera o podložku hrboľom päťovej kosti, vonkajším okrajom chodidla, hlavicami predpriehlavkových kostí a bruškami prstov. Držanie klenby podporujú silné medzikostné svaly a väzy. Zníženie až vymiznutie klenby sa nazýva **plochá noha**. K jej vzniku prispievajú nesprávne návyky pri prezúvaní i dlhé státie.

Svalová sústava (*Systema musculorum*)

Je objemovo najmohutnejšou sústavou ľudského tela. Základnou funkciou svalového tkaniva je schopnosť zmršťovať sa a skracovať (tzv. svalové kontrakcie). Túto funkciu majú vláknité myofibrily uložené v cytoplazme svalových buniek. Ľudské telo má tri druhy svalového tkaniva: hladké, priečne pruhované a svalovinu srdca.

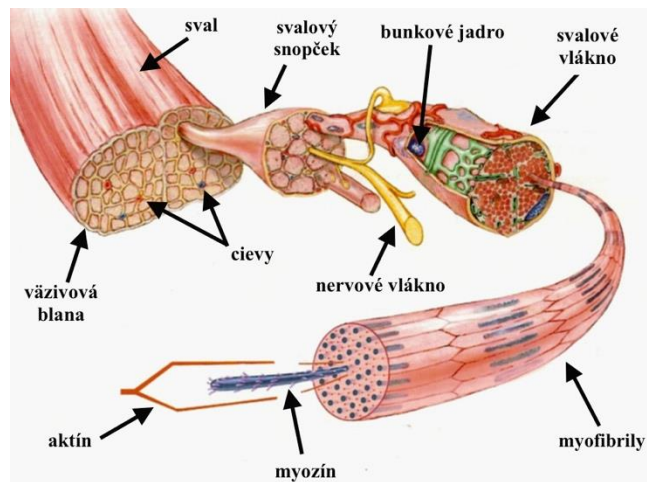
V ďalších častiach sa budeme venovať výlučne priečne pruhovaným svalom, ktoré spolu s kostrou umožňujú pohyb človeka a tvoria s ňou jeden funkčný celok – oporno-pohybový orgán (aktívny i pasívny pohybový aparát). Nazývajú sa tiež kostrovými svalmi a umožňujú vykonávanie voľných i zautomatizovaných pohybov celého tela i jeho jednotlivých častí.

Orgánmi svalovej sústavy sú **svaly** (*musculi*), ktoré tvoria asi 35 % celkovej hmotnosti tela človeka. Je ich vyše 600 a súhrnne ich označujeme ako **svalstvo**.

Svaly podľa funkcie delíme na ohýbače (*flexory*), naťahovače (*extenzory*), odťahovače (*abduktory*), priťahovače (*adduktory*) a zvierajúce (*sfinktery*). Podľa tvaru delíme svaly na dlhé, ploché a krátke. Podľa smeru svalových snopcov svaly delíme na priame, šikmé, priečne a pod. Podľa oblasti na prsný, čelový a pod., podľa obrysu napr. kruhový a podľa stavby na dvojhlavý, trojhlavý sval. Niektoré svaly pôsobia súčasne v jednom smere (*synergisti*), iné svaly sa pri tom istom pohybe uvoľňujú, pôsobia proti sebe (*antagonisti*). Príkladom je antagonizmus ohýbačov a naťahovačov ramena pri ohnutí v lakti. Ohýbače sú synergistami.

Kostrové svaly sa delia do skupín podľa oblastí tela na svaly hlavy, krku, trupu a končatín. Ku kostre sa upínajú spravidla v dvoch oblastiach: prvá sa nazýva **začiatok** (*origo*) a druhá **úpon** (*insertio*).

Na kostrovom svalu rozlišujeme mäsitú časť svalu – **svalové bruško** (najmä u svalov vretenovitého tvaru) a **šľachy**. Základom mäsitej časti je priečne pruhované svalové tkanivo (obr. 15). Skladá sa z mnohояdrových svalových vlákien mikroskopickej veľkosti, ktoré sú riedkym väzivom združené v makroskopicky viditeľné snopčeky. V snopčeku býva 10 až 100 svalových vlákien. Brušká drobných svalov sú zložené zo snopčekov. V objemných svaloch sa snopčeky spájajú do snopcov, ktoré sú pokryté silnejším väzivovým obalom. Povrch celého svalového bruška kryje pevná a pružná väzivová blana *fascia*. Na oboch koncoch svalu sa nachádzajú šľachy, ktoré sú zväčša pevne napojené na kosti ako začiatky a úpony svalov. Niekedy sa šľacha rozširuje do plochy. Svaly sú doplnené cievami a nervami.



Obrázok 15 Stavba svalu

Chemické zloženie svalu

Najväčšou zložkou svalovej hmoty je voda (75 %), ďalej organické látky (24 %) a približne jedno percento anorganických látok. Z organických látok prevládajú **bielkoviny**. V sarkoplazme svalových vlákien sú prítomné albumíny, globulíny a myoglobín. **Myoglobín** je bielkovina podobnej štruktúry a funkcie ako červené krvné farbivo hemoglobín. Má však dvadsaťkrát väčšiu schopnosť viazať a opäť uvoľňovať kyslík. Vytvára sa tak zásoba kyslíku vo svaloch, ktorá je potrebná najmä vtedy, keď nie je jeho dostatočný prísun v krvi napr. pri plávaní pod vodou. V myofibrilách sa nachádzajú bielkoviny aktín a myozín, ktoré sa zúčastňujú svalových kontrakcií.

Anorganické látky, okrem vody, sú vo svaloch prítomné v malom množstve. Ide o rôzne soli ako draslík, sodík, vápnik, horčík, železo a fosfor nevyhnutné pre činnosť svalu. Z ďalších anorganických látok sú vo svale prítomné na energiu bohaté **fosfáty**, schopné dodávať energiu priamo (adenozíntrifosfát), kyselina mliečna, svalový glykogén, enzýmy a ďalšie.

Fyzikálne a fyziologické vlastnosti svalu

Kostrové svaly sú pevné a pružné. **Pružnosť** sa prejavuje tak, že pri zaťažení sa sval pretiahne. V momente, keď prestane sila pôsobiť, sval sa skrúti na pôvodnú dĺžku. Sval sa môže pretiahnuť o 40 % svojej pokojovej dĺžky, avšak ďalšie natiahnutie vedie k pretrhnutiu. **Pevnosť** svalu sa charakterizuje ako odolnosť svalu voči pretrhnutiu.

Základnou fyziologickou vlastnosťou svalových vlákien je **dráždivosť** a **vodivosť**. Adekvátnym podnetom pre podráždenie sú nervové vzruchy, ktoré do svalov privádzajú motorické nervové vlákna obvodových nervov na nervovosvalovej platničke. Odtiaľ je potom nervový vzruch vedený po svalových vláknach. Reakciou svalu na podráždenie je svalový sťah, **kontrakcia**.

Inervácia svalu

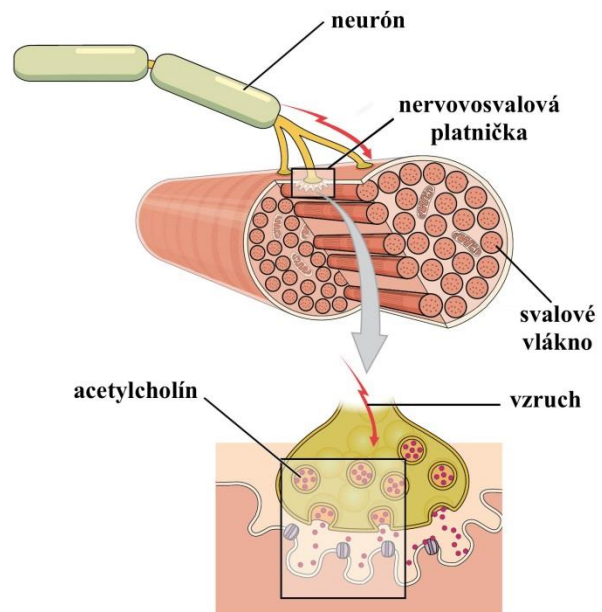
Na činnosť svalov je potrebný prívod vzruchov z centrálnej nervovej sústavy. Svaly sú inervované mozgovými a miechovými nervami, a to motoricky i senzitivne.

Motorické vlákna

Motorické vlákna vychádzajú z motorických jadier mozgových nervov pre svaly tváre a krku a z predných miechových rohov pre svaly trupu a končatín. Vzruchy privádzajú do svalu a vyvolávajú jeho kontrakciu. Vo svali sa každý neurit vetví do krátkych výbežkov, ktoré končia na každom svalovom vlákne v **nervovosvalovej platničke** (obr. 16).

Nervovosvalová platnička (motorická) má tvar plochého hrboľa, ktorý má stavbu a vlastnosť jednoduchej synapsie. Mediátorom vzruchu z nervovej sústavy na svalové vlákno je **acetylcholín**. Vzruch z jedného nervového vlákna uvádza do

činnosti viac svalových vlákien, pretože nervové vlákno sa pred svojim zakončením vo svali vetví a inervuje tak väčší počet nervovosvalových platničiek. Súbor svalových vlákien, ktoré



Obrázok 16 Nervovosvalová platnička

patria k jednému motoneurónu, sa nazýva **hybná** (motorická) jednotka. Vo svaloch vykonávajúcich presné a jemné pohyby sú motorické jednotky veľmi malé (napr. v oko-hybných svaloch tvorí motorickú jednotku 8 – 12 svalových vlákien). Pri svaloch, ktoré vykonávajú hrubšie pohyby, je počet svalových vlákien jednej motorickej jednotky vyšší (viac ako 500 svalových vlákien na jedno nervové vlákno).

Inervácia svalu má pre aktívnu činnosť svalov zásadný význam. Aktívny svalový pohyb je vyvolaný len na základe nervových impulzov, ktoré do svalu privádzajú motorické vlákna. Najdôležitejšiu úlohu majú práve vzruchy privádzané prostredníctvom pyramídovej dráhy z motorickej oblasti mozgovej kôry, keďže umožňujú voľné pohyby. Pri porušení inervácie v ktoromkoľvek úseku tejto motorickej dráhy (pri detskej mozgovej obrne, pri mozgovej mŕtvici), strácajú svaly schopnosť aktívnych vedomých pohybov. Svaly, ktoré sa nehýbu (napr. počas dlhodobej hospitalizácie) sa zmenšujú (*atrofia*).

Senzitívne vlákna

Senzitívne vlákna sú dostredivé a vychádzajú zo svalových vretienok a šľachových teliesok. Ich činnosť je základom hybného vnímania (svalstvo je pre veľký obsah receptorov i zmyslovým orgánom podobne ako koža). Je významná pre udržanie vzpriameného postoja, zabezpečenie správnej polohy tela a jeho častí v pokoji ako aj pri vykonávaní rôznych pohybov.

Svalové vretienka sú jemné, 1 – 5 mm dlhé svalové snopčeky, ktoré sú od okolitých snopčekov oddelené vretenovitým väzivovým puzdrom. Vstupuje do nich zväzoček motorických a senzitívnych nervových vlákien. Motorické vlákna končia v nervovosvalových platničkách vretienka. Senzitívne vlákna vytvárajú špirály na povrchu svalových vlákien vretienka. Tieto špirálovité vetvičky sú citlivé na pretiahnutie svalu. Nervové vzruchy, ktoré v nich vznikajú, sú odvádzané do centrálnej nervovej sústavy a informujú o zmene dĺžky svalu.

Šľachové telieska (*Golgiho telieska*) majú podobnú stavbu ako svalové vretienka. Sú dráždené pretiahnutím šľachy pri skrátaní svalu. Vyskytujú sa na prechode svalu do šľachy.

Vlákna vegetatívnych nervov, ktoré do svalov vstupujú, vedú k svalovým cievam a sprostredkujú ich hybné reakcie.

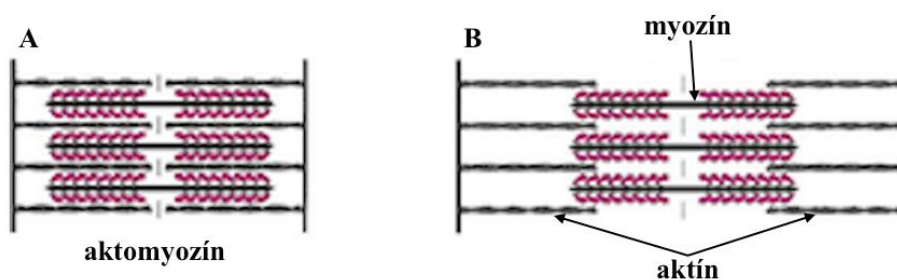
Svalový sťah

Sval reaguje na podráždenie sťahom (kontrakciou). Pri podráždení sa zmení najskôr pokojový potenciál na akčný potenciál. Dochádza k zmene usporiadania kladných nábojov na povrchu svalového vlákna a záporných nábojov vo vnútri vlákna. Nastáva **depolarizácia** a vlna záporného potenciálu sa šíri po povrchu svalového vlákna. Vzniká svalový vzruch, ktorý predchádza svalovému sťahu. Pri dráždení svalu nervovými impulzmi prebehnú nasledujúce deje:

- Nervový vzruch v nervosvalovej platničke je prenesený pomocou mediátora (acetylcholín) na membránu svalového vlákna, kde vznikne akčný potenciál.
- Nastáva presun iónov (depolarizácia membrány) a vznikne svalový vzruch, ktorý sa šíri po svalovom vlákne. Tým sa vyvolá sťah svalového vlákna. Vznik akčných potenciálov v nervosvalovej platničke ovplyvňujú niektoré ióny (zvýšenie dráždivosti pri zvýšenej koncentrácii vápnika vyvolá svalové kŕče, zníženie sodíka znižuje dráždivosť svalu).

Elektrické zmeny prechádzajú do mechanickej kontrakcie (obr. 17):

- Bielkovina myofibríl aktín sa zasunie medzi vlákna myozínu. Vznikne tak komplex nazývaný **aktomyozín** a sval sa skrúti. Po skončení kontrakcie prechádza aktomyozín opäť na aktín a myozín. K uvedeným dejom je potrebná energia, ktorá vzniká štiepením ATP za prítomnosti iónov vápnika. Uvoľnenie energie nastáva veľmi rýchlo a práve preto sú svaly schopné veľkého výkonu už na začiatku každej činnosti ako napr. rýchly beh po štarte.



Obrázok 17 Aktín a myozín: A, počas kontrakcie svalstva ; B, po skončení svalovej kontrakcie

Koncentrácia ATP sa vo svaloch príliš nemení, keďže po uvoľnení svalu sa ATP ihneď obnovuje. K tejto reakcii sa získava energia štiepením glukózy zo svalového glykogénu. Po dlhšom zaťažení sa využíva energia v tukoch a bielkovinách.

Pri svalovej činnosti vzniká teplo ako produkt metabolických procesov, ktoré pokrýva tepelné straty tela. Svalový sťah je mechanickou odpoveďou na nervové podráždenie, ku ktorému dochádza v priebehu svalového vzruchu. Svalové vlákno sa pri ňom skrúti a zväčší o jeho priečny rozmer. To, čo sa deje s jednotlivými svalovými vláknami, sa deje i s celou mäsitou časťou svalu, ktorá sa počas sťahu skrúti, viac vystúpi a stvrdne.

Druhy svalových kontrakcií

Podľa zmien na svale rozlišujeme dva druhy svalových kontrakcií:

Izotonicú kontrakciu, pri ktorej sa sval zmršťuje a skracuje, mení teda svoju dĺžku, ale vnútorné napätie ostáva rovnaké. Pri **izometrickej** kontrakcii sval dĺžku nemení, ale mení sa len vnútorné napätie svalu. Podľa stvrdnutia svalového bruška pozorujeme, že sval je v činnosti. Veľkosť kontrakcie závisí od veľkosti a frekvencie podnetu, od teploty a únavy. Pri telesných a rehabilitačných cvičeniach s telesne postihnutými deťmi je práve preto potrebné zabezpečiť priemernú teplotu miestnosti, aby boli svaly prehriate a dobre prekrvené.

Dlhodobé skrútenie svalu a neschopnosť ochabnutia sa nazýva **kontraktúra**. Spôsobuje trvalo chorobné držanie končatín, napr. pri poškodení prvej časti pyramídovej dráhy pri detskej mozgovej obrne. Niekedy sa kontraktúra objavuje pri veľkej únave, napr. kontraktúra lýtkového svalstva pri dlhodobom pochode. Pri odpočinku mizne.

Svalové napätie

Okrem krátkodobých kontrakcií je každý sval i v pokoji v stave určitého zmrštenia (slabá izometrická kontrakcia). Tento pokojový trvalý stav sa nazýva **pokojové napätie svalu** alebo **svalový tonus**, a predstavuje základný nervovosvalový reflexný dej. Pokojové napätie zabezpečuje držanie tela a jeho častí. U niektorých svalov ustupuje pohybová funkcia takmer do úzadia a jej základnou činnosťou je svalový tonus, ktorý napomáha udržiavať vzpriamený postoj a spojenie kostí v kĺboch. Svalový tonus nevyvoláva únavu svalu a nie je energeticky náročný. Pre jeho udržiavanie má veľký význam senzitivná inervácia z okolitých kĺbov. Pokojový tonus mizne len po strate inervácie alebo po smrti. Behom života nie je pokojové napätie rovnaké. Znižuje sa v spánku, v bezvedomí a narkóze.

Spasticita je zvýšený svalový tonus, ktorý vzniká z rôznych príčin napr. pri poškodení pyramídových a extrapyramídových dráh. Rozvinutá spasticita na končatinách sa klinicky zistí tak, že pasívne napínaný sval kladie stále väčší odpor.

Svalová hypotónia je zníženie svalového napätia napr. pri poruchách mozog.

Svalová sila a svalová práca

Sval pri každom sťahu vyvíja **svalovú silu**, ktorá sa vyjadruje ako hmotnosť závažia, ktoré sval ešte udrží v rovnováhe proti gravitácii. Silu svalových skupín meriame rôznymi typmi dynamometrov. Svalová sila je najväčšia na začiatku sťahu a postupne sa znižuje. Počas ontogenetického vývinu sa svalová sila zvyšuje do 25. roku života, vrcholí v 30. rokoch a potom postupne klesá. Ženy majú o 30 – 50 % menšiu svalovú silu ako muži, pričom tréningom sa sila svalov zvyšuje.

Prácou svalu sa rozumie pôsobenie svalovej sily po určitej dráhe. Z fyziologického hľadiska rozlišujeme tri druhy svalovej práce:

1. Pozitívna práca, pri ktorej sval pracuje proti odporu a dodáva telesu polohovú alebo pohybovú energiu.
2. Statická práca, pri ktorej udržiavame predmet v rovnakej výške.
3. Negatívna práca; sval povoľuje proti odporu a zadržuje pohyb alebo pád telesa.

Svalová únava

Pri namáhavej a dlhotrvajúcej práci klesá výkonnosť svalov a dostavuje sa únava. Svalové kontrakcie sa postupne znižujú až úplne vymiznú. Rýchlosť nástupu únavy závisí na veľkosti práce a na rytme, v ktorom sval pracuje. Príčinou únavy je vyčerpanie zdrojov energie, najmä ATP, a nahromadenie splodín látkovej premeny. Tieto zmeny znemožňujú prenos vzruchu na nervosvalovej platničke. Únava má pre organizmus ochranný význam. Nastupuje skôr ako sa úplne vyčerpajú energetické rezervy a tak chráni organizmus pred vyčerpaním a poškodením. Svalovú únavu odstraňujeme odpočinkom, pri ktorom sa obnovuje pôvodný funkčný stav svalstva.

Cievne zásobenie svalu

Krv zabezpečuje vo svaloch látkovú premenu. Kolmo k svalu prichádza tepna, ktorá sa vo vnútri vetví. Konečné vetvičky vytvárajú bohatú sieť vlásočníc. Vlásoknice prebiehajú pozdĺžne medzi svalovými vláknami, majú však medzi sebou priečne spojky. Na 1 mm² priečného prierezu svalom pripadá približne 2000 vlásočníc.

Súčet priesvitov vlásočníc tvorí proti vstupnej tepne veľmi široké krvné riečisko, takže prúd krvi sa značne spomalí. Vlásoknice sú miestom výmeny látok medzi krvou a svalovým tkanivom. Privádzajú svalovým vláknam kyslík a výživné látky a odoberajú oxid uhličitý a splodiny látkovej premeny. Na žilovej strane sa spájajú do žíl, ktoré vo svojej dráhe sprevádzajú tepny.

V pokoji je do činnosti zapojených nie viac ako 5 % vlásočníc, pričom ostatné (95 %) tvoria rezervu pre zapojenie svalu z pokoja do činnosti. Činný sval sa bohato prekrvuje a podľa intenzity činnosti sa zvyšuje látková výmena.

Rast a vývin svalstva

Svaly sa začínajú rozlišovať už v prenatalnom období. Pohyby plodu v piatom mesiaci vnútromaternicového vývinu, ktoré tehotná žena pociťuje, sú dôkazom činnosti svalov.

U novorodenca sú všetky svaly tvarovo vyvinuté, ale nie sú schopné plného výkonu, a to aj preto, že centrálna nervová sústava spolu s obvodovými nervami v tomto období iba dozrieva. V priebehu ďalšieho rastu a vývinu sa zvyšuje podiel svalstva asi z jednej štvrtiny na jednu tretinu celkovej telesnej hmotnosti. V novorodeneckom období pribúdajú v kostrových svaloch svalové vlákna a zväčšuje sa ich hrúbka, čím svaly rastú.

Svaly detí majú vyšší obsah vody (82 %) a v porovnaní so svalmi dospelých sa omnoho ľahšie unavia. Pri ďalšom vývine sa vo svaloch znižuje obsah vody a zväčšuje sa podiel bielkovín. Veľký rozvoj svalstva nastáva predovšetkým u chlapcov v období pohlavného dospievania, a práve preto potrebujú v tomto období stravu bohatú na bielkoviny.

S pribúdaním svalovej hmoty prebieha i rozvoj činnosti svalov. V predškolskom veku sa vyvíjajú hlavne veľké svaly. Od šiesteho roku sa začína vyrovnávať nepomer vo vývine veľkých a malých svalov. Drobné svaly sa začínajú viac uplatňovať a tak je možné začať s rozvojom jemnej motoriky rúk.

V mladšom školskom veku postupuje vývin svalstva a jeho zdokonaľovanie pozvoľne. Ide o obdobie nácviu pohybových návykov v súlade s vývinom funkcie mozgovej kôry. Toto obdobie je charakteristické krátkodobými a menej výkonnými pohybmi, ktoré nie sú také jemné a presné ako u dospelých ľudí.

V staršom školskom veku svalstvo mohutnie a spresňuje sa jeho pohybová koordinácia. Spevňuje sa aj väzivový aparát kĺbov a dokončuje sa osifikácia kostí. Svalstvo získava schopnosť pohybov, pri ktorých sa prejavuje sila, vytrvalosť, obratnosť a rýchlosť.

Poruchy svalovej funkcie

Príčiny porúch kostrových svalov sú rôzne. Sú spôsobené:

- nečinnosťou, napr. pri dlhodobom znehybnení,
- prerušením spojenia medzi nervovým a svalovým vláknom,
- chorobnými procesmi vo svaloch, napr. zápal či porucha cievneho zásobenia,
- patologickými procesmi na nervovosvalovej platničke.

Plégia je totálne ochrnutie, ktoré sa prejavuje úplnou neschopnosťou aktívneho voľného pohybu.

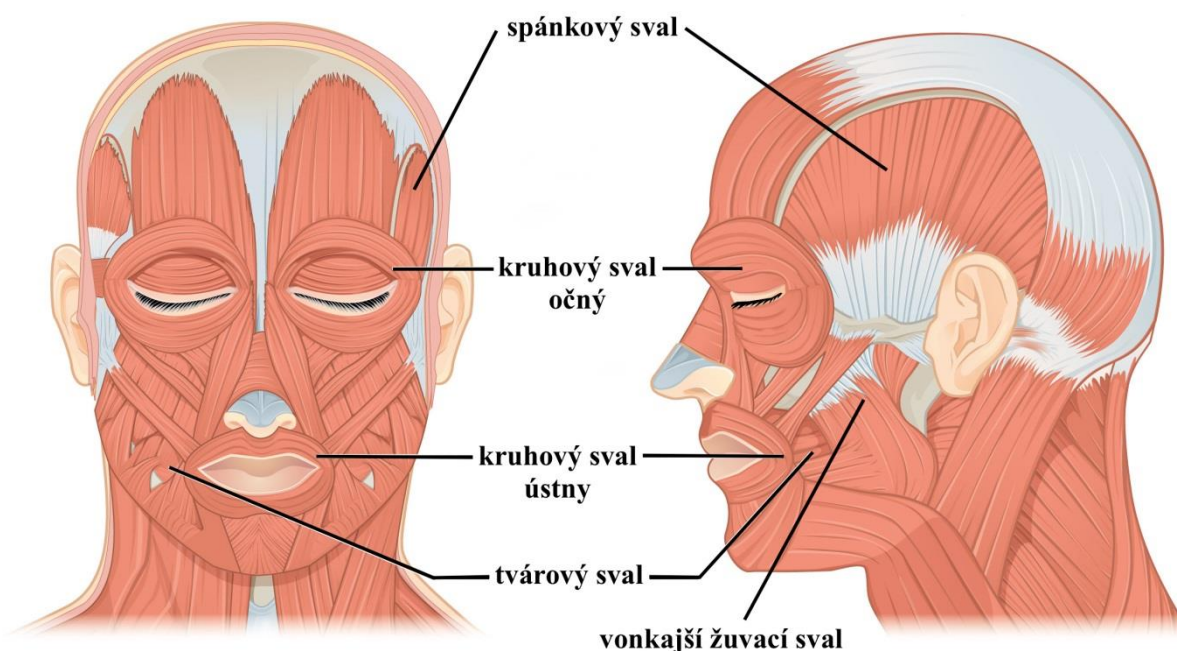
Paréza predstavuje čiastočné ochrnutie, a teda iba čiastočnú neschopnosť aktívneho voľného pohybu.

Hyperkinézy sú chorobné mimovoľné pohyby, ktoré rušia voľné alebo reflexné pohyby. Patrí k nim tremor (rytmicky sa opakujúce mimovoľné trasenie ľubovoľnej časti tela, prstov, brady, krku, pier), kŕče, spazmy (obvykle záchvatové alebo dlhotrvajúce sťahy svalových skupín) a tiky alebo zášklby (mimovoľné pohyby neurotického pôvodu objavujúce sa spravidla na malých svalových skupinách ako grimasy, mrkanie, krivenie úst, krčenie nosa, posmrkávanie, krčenie ramien).

1. Svaly hlavy

Svaly hlavy (obr. 18) tvoria dve skupiny, a to svaly mimické a žuvacie.

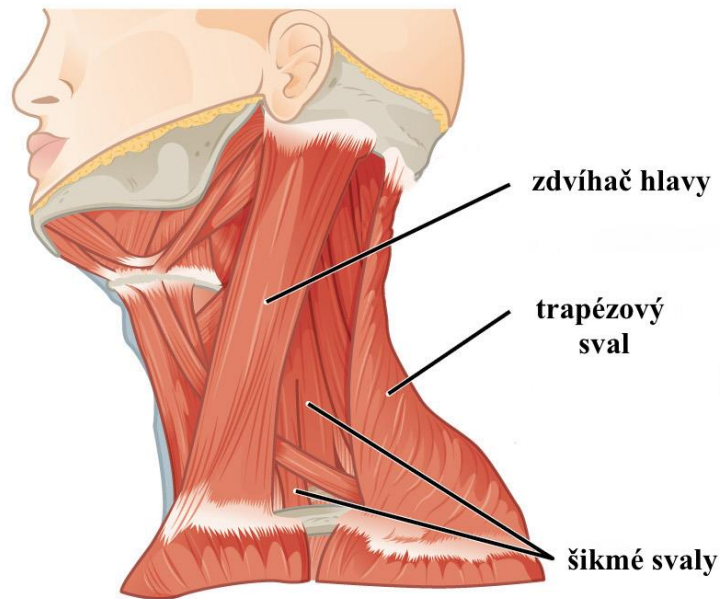
Žuvacie svaly sa začínajú na kostiach mozgovej časti lebky a po preklenutí spánkovosánkoveho kĺba sa upínajú na sánku a umožňujú jej pohyblivosť. Patrí sem **spánkový sval** (*m. temporalis*), **vonkajší žuvací sval** (*m. masseter*) a dva **krídlové svaly** (*mm. pterygoidei*). Žuvací sval priťahuje dolnú čeľusť a tak sa uplatňuje pri rozomieľaní potravy stoličkami. Spánkový sval priťahuje dolnú čeľusť a jeho zadné snopce ju posúvajú dozadu. Krídlové svaly posúvajú dolnú čeľusť dopredu a do strán a tiež ju priťahujú.



Obrázok 18 Svaly hlavy

Mimické svaly smerujú od lebečných kostí a upínajú sa do kože na tvári alebo spájajú rôzne kožné úseky. Po zmrštení pohybujú kožou a ovplyvňujú aktuálny výraz tváre, mimiku. Ich funkciou je najmä motorické ovládanie otvorov okolo receptorov a začiatkov tráviacej a dýchacej sústavy. Majú význam aj pre rast a formovanie čeľustí a chrupu. Na základe uvedeného sa svalový systém nazýva i **orofaciálnou sústavou**. K okostici lebečnej klenby je riedkym väzivom pripojená väzivová blana (*galea aponeurotica*) a z jej dolného okraja sa do kože rozbieha **čelový sval** a dozadu **záhlavný sval**. Čelový sval zvráťuje čelo a vytáha obočie nahor a záhlavný sval ťahá väzivovú blanu dozadu a vyrovnáva vrásky. Okolo očníc sa nachádza párový zvieráč (zužuje a uzatvára) očnej štrbiny **kruhový sval očný** (*m. orbicularis oculi*), ktorého kruhovitú spojku sú v koži viečok. **Kruhový sval ústny** (*m. orbicularis oris*), ktorý tvorí podklad hornej a dolnej pery, uzatvára ústnu štrbinu a pritláča pery k zubom. V stenách tváre je najväčší, najmohutnejší mimický sval, **tvárový sval** (*m. buccinator*). Začína na hornej a dolnej čeľusti nad stoličkami a končí v kútiku úst. Prestupuje ním vývod príušnej žľazy. Patria sem i drobné mimické svaly, ktoré spolu so žuvacími svalmi zabezpečujú hryzenie, mrkanie, spev, smiech, plač a ďalšie svalové sťahy, ktoré vyjadrujú citové stavy.

Krčné svaly (obr. 19) sa nachádzajú pred krčnou chrbticou medzi lebkou a hrudníkom. Ležia v niekoľkých vrstvách. Pod kožou na prednej strane krku je tenký a plochý **podkožný sval krku** (*m. platysma*). Jeho pokojové napätie bráni tvoreniu kožných rias pri pohyboch hlavy. U človeka je redukovaný, avšak u niektorých cicavcov tvorí veľkú plochu a umožňuje pohyb kožou. Patrí sem ďalej pravý a ľavý **zdvíhač**



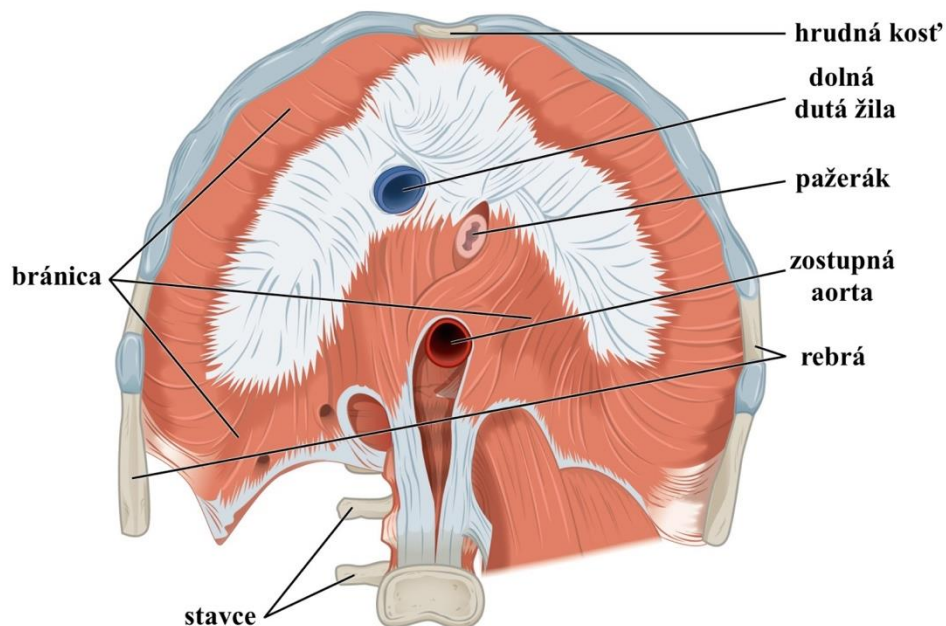
Obrázok 19 Krčné svaly

hlavy (*m. sternocleidomastoideus*), ktorý začína na rukoväti hrudnej kosti a kľúčnej kosti a upína sa na bradavkovom výbežku spánkovej kosti. Ťahá hlavu do záklonu a zdvíha tvár do strany. Pod dolnou čeľusťou sa nachádza skupina **nadjazykových svalov**, ktoré vytvárajú dno ústnej dutiny, zdvíhajú jazyku a tým aj hrtan, a sťahujú sánku. **Podjazykové svaly** priťahujú hrtan a jazyku nadol. Po bokoch krčnej chrbtice sú **šikmé svaly** (*mm. scaleni*), ktoré napomáhajú pri pohyboch hlavy. Spájajú krčné stavce s prvými dvoma rebrami. Uplatňujú sa i ako pomocné dýchacie svaly, keďže zdvíhajú rebrá ku ktorým sa upínajú. **Dlhý sval krku** a **dlhý sval hlavy** (*m. longus colli* et *m. longus capitis*) spájajú krčné stavce s hornými hrudnými stavcami. Medzi priečnymi výbežkami stavcov sú napäté krátke svaly spájajúce krčné stavce.

Svaly hrudníka sú uložené vo viacerých vrstvách. Vonkajšia vrstva prechádza z hrudníka na hornú končatinu, vo vnútornej vrstve sa svaly pripájajú oboma koncami ku kostre hrudníka. Delia sa aj na vlastné svaly hrudníkovej steny a svaly začínajúce sa na kostre hrudníka, ale upínajúce sa na ramennú kosť (svaly pletenca hornej končatiny). Vlastné svaly hrudníka tvoria vnútorné a vonkajšie **medzirebrové svaly** (*m. intercostales*), ktoré spájajú jednotlivé rebrá medzi sebou. Dvíhaním rebier umožňujú dýchanie. **Veľký prsný sval** (*m. pectoralis major*) a **malý prsný sval** (*m. pectoralis minor*) sú pomocnými dýchacími svalmi (zdvíhajú rebrá) a zúčastňujú sa na priťahovaní lopatky a hornej končatiny k trupu. Veľký prsný sval tvorí prednú stenu hrudníka. Upína sa na kľúčnu kosť, rebrá a priame brušné svaly na jednej strane a na druhej strane sa upína na hranu veľkého hrbolku ramennej kosti. Priťahuje rameno

k hrudníku. Zakrýva malý prsný sval, ktorý začína na horných rebrách a upína sa k lopatke. Uplatňuje sa pri predpažení. Veľký prsný sval zakrýva i podkľúčny sval vsunutý medzi kľúčnu kosť a prvé rebro. Prednú stenu hrudníka tvorí predný **pilovitý sval** (*m. serratus anterior*) a pripája sa deviatimi zubami na rovnaký počet rebier, odkiaľ smeruje pod lopatku, kde sa upína. Zabezpečuje oddiaľovanie lopatiek a otáčanie kĺbovej jamky nahor. Napomáha pri upažení, predpažení a vzpažení prednej končatiny a uplatňuje sa aj pri vdychu. **Bránica** (*diaphragma*) (obr. 20) je plochý sval, ktorý oddeľuje hrudnú dutinu od brušnej. Je vyklenutá do hrudnej dutiny. Stred bránice tvorí plochá šľacha, na ktorú zhora nasadá srdce, čím je bránica uprostred mierne smerom nadol prehnutá a mäsité časti sa na oboch stranách vyklenujú vyššie do hrudníka, čím je vytvorená pravá a ľavá bráničná klenba. V pokoji zasahuje pravá klenba do štvrtého medzirebria a ľavá o jeden až dva centimetre nižšie. V bránici sú tri otvory pre prechod pažeráka, aorty a dolnej dutej žily. Je to najdôležitejší dýchací sval. Zabezpečuje bráničné dýchanie. Pri kontrakcii poklesne a hrudná dutina sa zväčší. Nastáva vdych a do pľúc prúdi vzduch. Pri uvoľnení sa vykľenuje späť do hrudnej dutiny a dochádza k výdychu.

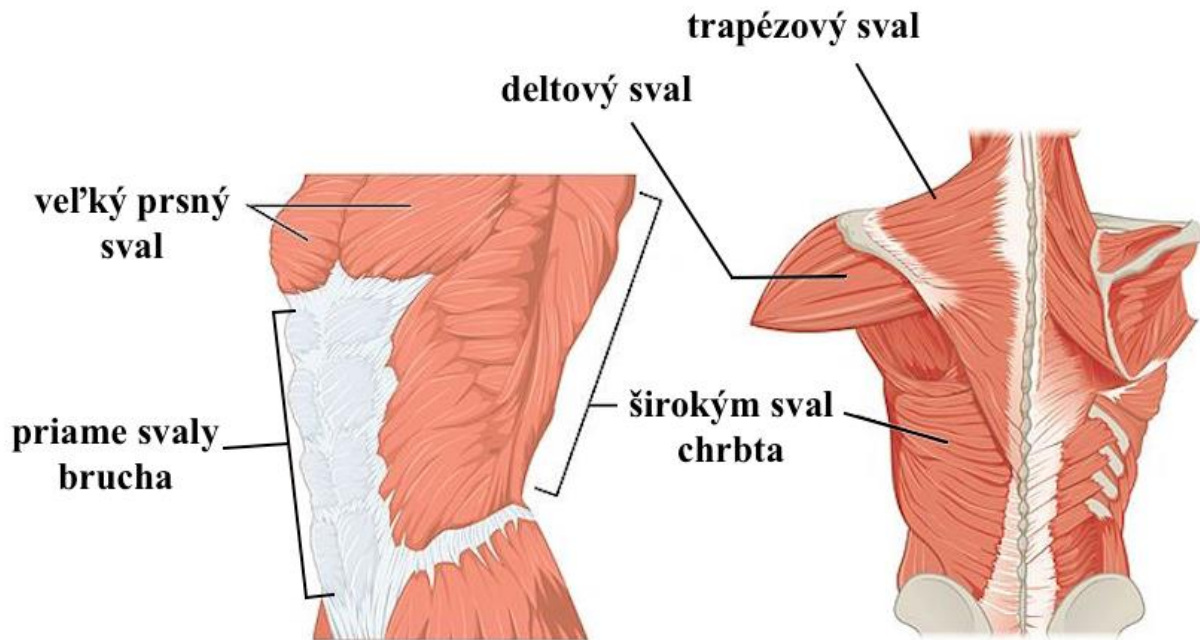
Svaly brucha (obr. 21) sú ploché, doskovité svaly nachádzajúce sa medzi dolným okrajom hrudníka a hornými okrajmi panvových kostí. Bočnú brušnú stenu brušnej dutiny tvorí



Obrázok 20 Bránica

vonkajší a vnútorný šikmý sval (*m. obliquus externus* et *m. obliquus internus abdominis*). Uplatňujú sa pri predklone a otáčaní trupu. Strednú časť steny vpredu dotvárajú **priame svaly**

brucha (*mm. recti*), ktoré prechádzajú od hrudnej kosti a chrupavčitých koncov rebier až po lonovú kosť. Naprieč svalom prechádzajú tri vodorovné šľachové priečky. Sťahovanie brušných svalov má význam pri vyprázdňovaní vnútorných orgánov (črevá, močový mechúr, maternica). Vypudzovacia sila svalov je označovaná ako **brušný lis**. Najhlbšiu vrstvu bočných stien brucha tvorí **priečný brušný sval** (*m. transversus abdominis*). V zadnej strane brušnej dutiny je pozdĺž chrbtice umiestnený **štvorhlavý bedrový sval** (*m. quadratus lumborum*), ktorý ohýba driekovú časť chrbtice do bokov alebo ju napriamuje.



Obrázok 21 Svaly brucha

Svaly chrbta sú rovnako umiestnené v niekoľkých vrstvách. V hornej časti sú umiestnené veľké svaly, ktoré spájajú osovú kosť s hornou končatinou. **Trapézový sval** (*m. trapezius*) je veľký plochý sval trojuholníkovitého tvaru. Od šije, výbežkov krčných a hrudných stavcov sa zbieha k ramenu a upína sa na kľúčnu kosť, nadpažok a hrebeň lopatky. Spolu s najširším **širokým svalom chrbta** (*m. latissimus dorsi*) zabezpečujú záklon, úklony hlavy, polohu lopatky pri rôznych pohyboch hornej končatiny, pritiahnutie ramena a dvíhanie trupu. Široký sval chrbta sa zbieha od dolnej polovice chrbtice, z oblasti križovej a od hrebeňa bedrovej kosti na malom hrbolku ramennej kosti. Horný okraj tvorí zadný obrys podpazuchovej jamky. Otáča rameno dovnútra, zapažuje a pripažuje. V hlbších vrstvách sú **vzpriamovače chrbtice** (*m. erector spinae*) rovnobežne pozdĺž chrbtice. Brušnú dutinu uzatvára panvové dno. Je tvorené najmä plochým svalom **zdvíhačom konečníka** (*m. levator ani*). Prechádzajú ním močovody a u žien pošva. Uplatňuje sa i ako zvieráč konečníka.

Pri svaloch končatín platí pravidlo, že sval ležiaci na časti bližšie k trupu pohybuje časti vzdialenejšie. Svaly ležiace na ramennom pletenci pohybujú ramennou kosťou a svaly na ramennej kosti pohybujú predlaktím a pod. **Svaly hornej končatiny** tvoria svaly **ramenného kĺbu** (deltový sval, *m. deltoideus*), ktorý prechádza od kľúčnej kosti, nadpažku a od hrebeňa lopatky na drsnatinu ramennej kosti. Zdvíha rameno do upaženia. Medzi svaly, ktoré spájajú lopatku s ramennou kosťou a hýbu rameno patrí nadhrebeňový sval, podhrebeňový sval, podlopatkový sval a oblé svaly. Na prednej strane ramena je skupina ohýbačov: ohýbače predlaktia a ohýbače ramenného a lakt'ového kĺba. Ide o **dvojhlavý sval ramena** (*m. biceps brachii*) (ohyb v lakti), **ramenný sval** (*m. brachialis*) a **zobákovoramenný sval** (*m. coracobrachialis*). Svaly zadnej skupiny (naťahovače) vystierajú predlaktie a sú tvorené **trojhlavým svalom ramena** (*m. triceps brachii*). Na prednej strane predlaktia leží skupina ohýbačov zápästia, prstov a palca. Na zadnej strane predlaktia je silný, povrchovo uložený vretenný sval (*m. brachioradialis*), ktorý je ohýbačom lakt'ového kĺbu. Svaly predlaktia sa delia do troch skupín. Na dľaňovej strane ležia ohýbače prstov a ruky, ktorých dlhé šľachy sú voľne hmatateľné. Palcovú stranu tvoria vystierače ruky. Chrbtovú stranu tvoria naťahovače ruky a naťahovače prstov. Ich dlhé šľachy sú na chrbte ruky veľmi nápadné.

Na dľaňovej strane ruky ležia krátke svaly viazané na kosť ruky. **Svaly ruky** sú malé, krátke, a spojené sú do skupiny svalov palca, malíčka a do skupiny hĺbkových svalov dlane. Tieto svaly zabezpečujú jemné a veľmi presné pohyby prstov. Jednou z evolučne najvýznamnejších funkcií je schopnosť prit'ahovania a opozície palca voči ostatným prstom, pri uchopení predmetu a manipulácie s ním.

Svaly dolnej končatiny začínajú na panve. **Svaly bedrového kĺba** tvoria zo zadnej strany sedacie svaly, ktoré sú uložené v troch vrstvách pod sebou: veľký, stredný a malý sedací sval. Prechádzajú zo zadnej plochy bedrovej kosti na veľký chochlík stehnovej kosti a na drsnatinu pod ním. Zabezpečujú vzpriamenú postavu, uplatňujú sa pri skákaní, stúpaní a pri pohyboch dolnej končatiny v bedrovom kĺbe. Mohutný je najväčší **sedací sval** (*m. gluteus maximus*), ktorý sa podieľa na chôdzi.

Svaly stehna sa delia do viacerých skupín, na predné, vnútorné a zadné. Ku skupine predných svalov patrí **štvorhlavý sval stehna** (*m. quadriceps femoris*), ktorý je vystieračom kolenného kĺbu a ohýbačom bedrového kĺbu. V úponovej šľache tohto svalu je vsunuté jabĺčko. Do vnútornej skupiny patria svaly prit'ahujúce dolnú končatinu, t.j. umožňujúce prinoženie. Svaly

na zadnej ploche stehna ohýbajú predkolenie a pomáhajú pri vystieraní končatiny v bedrovom kĺbe. Šikmo cez stehno prechádza **krajčírsky sval** (*m. sartorius*), ktorý je najdlhším svalom ľudského tela. Vzhľadom k špirálovitému priebehu môže tento sval ohýbať a priťahovať v bedrovom kĺbe a ohýbať v kolennom kĺbe.

Svaly na vnútornej strane stehna priťahujú kolená k sebe. Začínajú na lonovej kosti a upínajú sa na rôznych častiach stehnovej kosti. Najdlhší a najmohutnejší z nich je **veľký priťahovač** (*m. adductor magnus*). Patrí sem i **štíhly stehnový sval** (*m. gracilis*). Na zadnej strane stehna sa nachádzajú ohýbače koleno. Hlavným z nich je **dvojhlavý stehnový sval** (*m. biceps femoris*). Jednou stranou sa upína na sedaciu kosť, druhou na stehnovú kosť a spoločnou šľachou sa oba upínajú na hlavicu píšľaly.

Na **predkolení** sú svaly, ktoré umožňujú pohyb končatiny. Najväčší **trojhlavý lýtkový sval** (*m. triceps surae*) je na povrchu zadnej strany predkolenia. Tzv. Achillovou šľachou sa upína k hrboľu pätovej kosti. Je najsilnejším ohýbačom nohy a pomocným ohýbačom kolena. Predná skupina svalov vystiera nohu a prsty. Podobnú funkciu majú aj svaly na malíčkovom okraji predkolenia. Obidve skupiny svalov udržiavajú svojim napätím priečnu klenbu nohy.

Svaly nohy sú tvorené svalovými skupinami palca, malíčka a hĺbkovými svalmi nohy. V porovnaní s rukou sú tieto svaly určené predovšetkým na zabezpečenie pozdĺžnej klenby nohy. Patria sem ohýbače prstov a palca, naťahovače prstov a palca, dlhý a krátky sval lýtkový.

Krv a obehová sústava (*Systema circulatorium*)

Vývoj živej prírody od najjednoduchších foriem života až po najzložitejšie organizmy sprevádza premena látok spojená s nevyhnutnosťou privádzať bunkám potrebné živiny a kyslík a odstraňovať splodiny látkového metabolizmu. Na nižších vývojových stupňoch zabezpečuje výmenu látok jednoduchá difúzia. U mnohobunkovcov zabezpečujú premenu látok prúdiace tekutiny vo vnútri tela. U väčšiny bezstavovcov je prítomná hemolymfa, ktorá sa voľne rozlieva v telovej dutine. Na prenos kyslíka, ktorý sa vo vode rozpúšťa len veľmi málo, sa v živočíšnej ríši vyvinulo niekoľko typov bielkovín obsahujúcich ťažké kovy ako železo a meď. Najrozšírenejším typom krvného farbiva je hemoglobín (červené farbivo obsahujúce železo).

U všetkých stavovcov vrátane človeka je vnútorné prostredie veľmi zložitú. Tekutinami, ktoré prúdia v tele stavovcov, sú krv, tkanivový mok a miazga (lymfy). Z krvi vzniká tkanivový mok a z tkanivového moku sa tvorí miazga. **Tkanivový mok** je tekutina, ktorá vyplňa medzibunkové priestory medzi bunkami v tkanivách. Bunky tkanív z nej odoberajú živiny a kyslík a odovzdávajú do nej splodiny látkovej premeny. **Miazga** sa tvorí v miazgových vlásočniciach. Preberá z tkanivového moku splodiny tkanivového metabolizmu a tuk vstrebaný v tenkom čreve a odovzdáva tieto látky do krvi.

Bunky tkanív neustále odčerpávajú z krvi živiny a odovzdávajú do nej splodiny metabolizmu (u zdravého jedinca živiny z krvi nikdy nevymiznú). Krv sa rovnako nenasýti odpadovými látkami natoľko, aby už ďalšie nemohla prijať. Každá vzniknutá zmena sa rýchlo upravuje a tak sa koncentrácia rozpustených organických a anorganických látok, pH a teplota vnútorného prostredia stále udržiava. Stálosť vnútorného prostredia, **homeostáza**, je nutným predpokladom pre správnu činnosť buniek a celého organizmu.

Krv (*sanguis*) je hlavnou súčasťou vnútorného prostredia organizmu. Objem krvi dospelého muža je 5 – 6 litrov, ženy majú v priemere o 10 % krvi menej ako muži, približne 4,5 litra. Uvedený rozdiel vzniká v puberte. Krv tvorí 1/12 – 1/13 celkovej hmotnosti tela. Po svaloch a kostiach je krv treťou najťažšou časťou tela. Absolútne množstvo pribúda plynulo od narodenia do dospelosti spolu s rastom tela. Relatívne množstvo krvi zostáva približne rovnaké, predstavuje 8 % celkovej hmotnosti tela. Organizmus znesie bez komplikácií stratu krvi do 550 ml., maximálne však 1,5 litra. Náhle straty krvi presahujúce 1500 ml ohrozujú život človeka.

Pomalý úbytok krvi znáša ľudský organizmus lepšie a prekonáva straty až 2500 ml. Menšie straty sa vyrovnávajú vyprázdňovaním krvných zásob v podkožnom väzive, v pečeni, slezine a presunom tkanivových tekutín do krvi. Krv sa neustále obnovuje. Za jeden deň sa vytvorí približne 50 ml krvi, za rok je to 18 litrov. Celkové množstvo krvi sa za jeden rok obnoví približne trikrát. Všetka krv v ľudskom tele sa cez obidve obličky prefiltruje asi 300-krát za deň (objem 1500 litrov).

Hlavné funkcie krvi

1. Transport dýchacích plynov (O_2 a CO_2). Prenáša z pľúc do tkanív kyslík a z tkanív do pľúc oxid uhličitý.
2. Transport výživných látok do celého organizmu. Zabezpečuje transport látok, ktoré vznikli trávením potravy zo steny tenkého čreva do pečene a z pečene k orgánom celého tela.
3. Transport splođín metabolizmu. Z tkanív odvádzá odpadové produkty látkovej premeny do orgánov, ktoré ich vylúčia von z tela (obličky, potné žľazy v koži).
4. Transport hormónov, ktoré do nej odovzdávajú žľazy s vnútorným vylučovaním.
5. Vytváranie a udržiavanie stálosti vnútorného prostredia.
6. Vyrovnávanie teplotných rozdielov medzi orgánmi.
7. Udržiavanie telesnej teploty – termoregulácia, vyrovnávanie teplotných rozdielov medzi orgánmi a časťami tela, keďže telesným povrchom organizmus vydáva až 80 % tepla.
8. Obranná funkcia – odolnosť organizmu voči patogénom, choroboplodným zárodkom, ktoré sa dostanú do organizmu. Obranná funkcia sa uskutočňuje najmä fagocytózou a imunitou. **Fagocytóza** je schopnosť jednobunkových organizmov alebo jednobunkových elementov mnohobunkových organizmov (konkrétne napr. leukocytov) pohlcovať cudzorodé látky, zvyšky buniek vlastného organizmu, baktérie, a spracovať ich prostredníctvom enzýmov. V prípade bielych krviniek, mikrób je chemicky pritiahnutý k leukocyту, je ním pohltený, usmrtený a napokon strávený.

Krv je nepriehľadná, viskózna tekutina (spojivové tkanivo) červenej farby prúdiaca v uzavretom systéme ciev. Skladá sa z tekutej zložky (krvnej plazmy) a krvných elementov. Vzájomný objemový pomer medzi množstvom plazmy a krvnými bunkami sa po narodení mení. Udáva ho hematokrit, ktorý vyjadruje percentuálny podiel erytrocytov v danom objeme krvi. Hodnoty hematokritu sa získajú odstredením 100 ml krvi v trubici. Objem krvných buniek

sa odčíta v percentách. V jednom litri krvi tvoria erytrocyty u mužov 44 % objemu, u žien 39 % objemu. Novorodenec má hematokrit o 10% vyšší ako dospelý človek.

Krvná plazma

Plazma je tekutá zložka krvi. Je to žltkastá viskózna priehľadná tekutina zložená z vody (91 %) a 9 % organických a anorganických látok (z toho 8% organických látok a z toho 7 % bielkovín – albumíny a globulíny). Za fyziologických podmienok má plazma stále zloženie. Reakcia krvnej plazmy je slabo zásaditá (pH je 7,4), a udržiava sa na stálej hodnote. Na stálosti obsahu solí, osmotickom tlaku a reakcii telesných tekutín závisí správny priebeh biochemických dejov v bunkách. Výkyvy týchto hodnôt môžu ohroziť život organizmu.

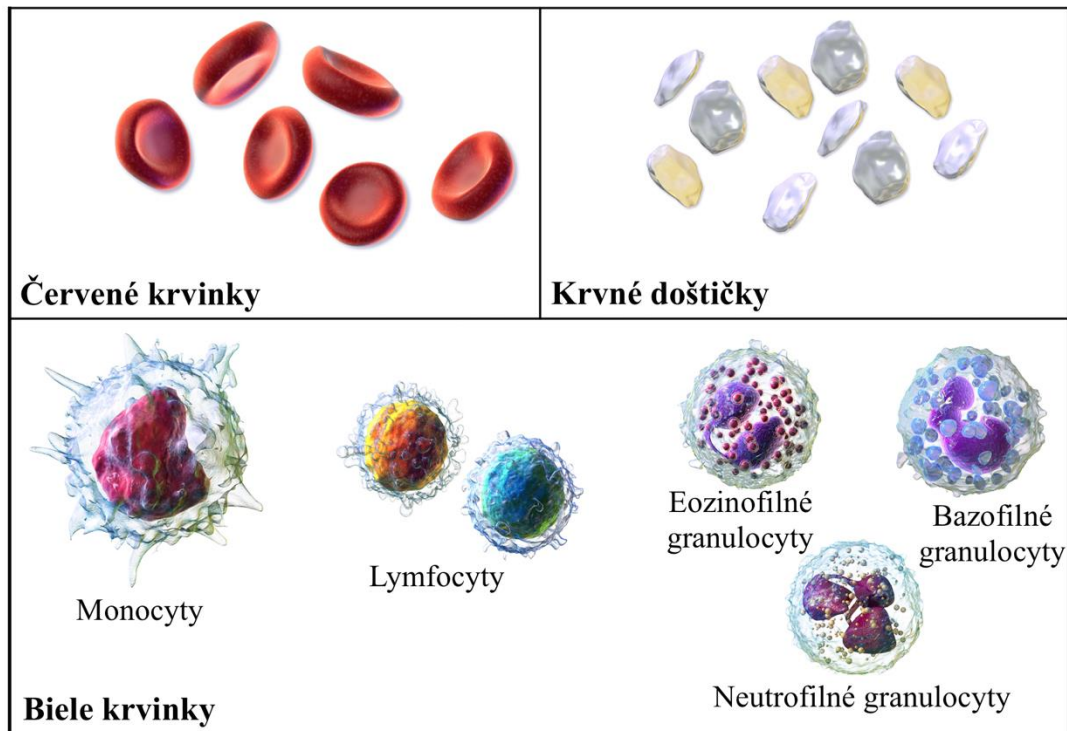
Z **anorganických** látok tvorí 99 % plazmy voda a 1 % soli. Plazma obsahuje najviac chloridu sodného (NaCl) a uhličitanu sodného (Na_2CO_3). Obidve soli majú význam pri udržiavaní stáleho osmotického tlaku a pH krvi. Rovnaký osmotický tlak ako plazma má i tkanivový mok a protoplazma buniek, ktorý sa udržiava na stálej hodnote. Zodpovedá mu 0,9 % roztok chloridu sodného, ktorý sa preto označuje aj ako fyziologický roztok.

Organickými látkami sú predovšetkým bielkoviny. Podľa chemickej stavby rozdeľujeme plazmatické bielkoviny na albumíny (4,8 %), α , β , γ globulíny (2,8 %) a fibrinogén (0,03 %). Hlavnou funkciou bielkovín je viazanie a transport rôznych látok, najmä vody v plazme. Funkcia globulínov je pri tvorbe protilátok proti bakteriálnym toxínom alebo cudzím bielkovinám. Alfa (α)-globulíny a beta (β)-globulíny sú dôležité pre prenos tukov a železa resorbovaného z potravy. Gama (γ)-globulíny sú nosičmi protilátok. Albumíny sa uplatňujú pri vstrebávaní vody a rozpustených látok z tkanivového moku do krvi a naopak. Slúžia tiež na transport kovov, mastných kyselín, bilirubínu, enzýmov a liekov. Fibrinogén má dôležitú úlohu pri zrážaní krvi. Niektoré bielkoviny sa podieľajú i na transporte hormónov.

Okrem bielkovín sa v plazme nachádzajú ďalšie organické látky ako glukóza, tuky a cholesterol, vitamíny, enzýmy, hormóny a ďalšie dusíkaté látky nebielkovinnej povahy. **Glukóza** je v krvi v koncentrácii 4,4 – 5,5 mmol/l. Prechodne má vyššie hodnoty po jedle, nižšie pri dlhotrvajúcej fyzickej práci. Hladinu cukru v krvi – koncentrácia glukózy v plazme, nazývame *glykémia*. Ak je glykémia nízka, cukor sa uvoľňuje z pečene a glykémia sa zvyšuje. V opačnom prípade sa cukor ukladá v pečeni v podobe glykogénu. Glukóza je najdôležitejším zdrojom energie, z krvi je neustále odčerpávaná. Jej hladina sa nepretržite obnovuje zo zásob v pečeni. **Glykogén** je v pečeni rezervoárom schopným okamžite uvoľňovať cukor.

Krvné elementy

Krvné elementy (obr. 22) leukocyty, erytrocyty a trombocyty sú rozptýlené (suspendované) v krvnej plazme.



Obrázok 22 Krvné elementy

Červené krvinky (*erytrocyty*) sú malé, diskovité, jednobunkové, bezjadrové útvary. Jadro majú len nezrelé červené krvinky. Predpokladá sa, že dospelé erytrocyty jadro nemajú z ekonomických dôvodov – odčerpávalo by to energiu. Ich životnosť je 100 – 120 dní. Normálny a stály počet erytrocytov v tele dospelého muža je 5,5 mil/mm³, u žien 4,5 mil/mm³ a u novorodencov až 7 mil/mm³. Počet červených krviniek sa môže meniť vplyvom podmienok. Ich počet stúpa počas dlhodobého pobytu vo vyšších nadmorských výškach (nad 1000 m n. m.) pri nedostatku kyslíka alebo u ťažko pracujúcich ľudí

Vznikajú v hemopoetickom tkanive kostnej drene. V prenatálnom období prebieha krvotvorba najskôr v žltkovom vaku plodu a neskôr v pečeni a slezine. V postnatálnom vývine krvotvorba prebieha v červenej kostnej dreni. Do štvrtého roku života majú všetky kosti plne výkonnú kostnú dreň. U dospelých sa krvotvorba obmedzuje najmä na červenú dreň krátkych a plochých kostí. Tento proces sa nazýva **erytropoéza** a je riadená hormónom **erytropoetínom**, ktorý vzniká v obličkách. Jeho produkcia závisí od množstva kyslíka. V prípade, keď tlak kyslíka klesá (napr. vo vysokých nadmorských výškach), tvorí sa viac erytropoetínu, ktorý

povzbudzuje kostnú dreň k intenzívnejšej tvorbe erytrocytov. Druhým regulátorom krvotvorby je samotná koncentrácia erytrocytov v krvi.

Erytrocyty sa počas svojho života postupne opotrebúvajú a nakoniec sa rozpadávajú v slezine. Jednotlivé zložky rozpadávajúcich sa krviniek organizmus využíva na stavbu nových erytrocytov. Z uvoľneného hemoglobínu sa v pečeni vytvára žlté farbivo **bilirubín** a železo je využité k tvorbe nového hemoglobínu. Železo nevyužitú pre krvotvorbu sa ukladá do zásob v pečeni, slezine a kostnej dreni vo forme **feritínu**, v ktorom je viazaný na bielkovinu. Časť železa sa z organizmu stráca, a preto musí byť nahradené potravou. Denná spotreba železa je 10 – 15 mg. Zvýšený prísun je nutný u tehotných žien, detí a dospievajúcich.

Najdôležitejšou funkciou červených krviniek je transport dýchacích plynov – prenos kyslíku z pľúc do tkanív a oxidu uhličitého z tkanív do pľúc. Hlavnou funkčnou zložkou je červené krvné farbivo **hemoglobín**. So zmenou počtu a veľkosťou červených krviniek v detstve a dospievaní sa mení aj množstvo hemoglobínu, ktoré sa udáva v gramoch na liter krvi. Novorodenec má v priemere 200 g/l. Po pôrode začne množstvo hemoglobínu postupne klesať a koncom prvého roku dosahuje najnižších hodnôt 110 g/l. Nasleduje pozvoľný vzostup až do puberty, kedy u dievčat dosiahne hodnotu 140 g/l, u chlapcov 150 g/l krvi. Zníženie množstva hemoglobínu v objemovej jednotke krvi sa nazýva **chudokrvnosť** (*anémia*). Býva sprevádzaná i poklesom počtu červených krviniek.

Hemoglobín tvoria dve zložky: bielkovina globín, na ktorú je viazaná nebielkovinová farebná skupina hém. Molekula hému obsahuje atóm dvojmocného železa, na ktoré sa v pľúcach viaže kyslík. Táto väzba je voľná, takže kyslík sa v tkanivách ľahko uvoľňuje. Ak sa na hemoglobín naviaže molekula kyslíka (O_2) vzniká oxyhemoglobín. Zlúčenina má jasne červenú farbu. Po uvoľnení kyslíka z tejto väzby vznikne redukovaný hemoglobín tmavo červenej farby. Hemoglobín sa môže viazať aj s inými plynmi: ak sa na hemoglobín naviaže oxid uhličitý (CO_2) vzniká karbaminohemoglobín. Obe zlúčeniny majú málo pevnú väzbu a kyslík aj oxid uhličitý sa z nej ľahko uvoľňujú. Ak sa na hemoglobín naviaže oxid uhoľnatý (CO) vzniká karboxyhemoglobín, pričom táto väzba je veľmi pevná. Hemoglobín je touto väzbou vyradený zo schopnosti zlučovať sa s kyslíkom a neplní tak dýchaciu funkciu. Pri väčšom nasýtení hemoglobínu oxidom uhoľnatým môže nastať smrť.

Biele krvinky (*leukocyty*)

Sú bezfarebné bunky s jadrom, o niečo väčšie ako červené krvinky. Majú nepravidelný a premenlivý tvar. Nachádzajú sa v krvi, miazge, tkanivovom moku i na mnohých iných miestach v tkanivách. Celkový počet je 4000 – 10 000 v 1 mm³. Počet sa fyziologicky mení počas života. Deti majú viac bielych krviniek ako dospelí. Najviac bielych krviniek je po narodení (20000/1 mm³), do jedného roku ich množstvo prudko klesá a dosiahne polovicu pôvodného počtu. V detstve sa ich množstvo znižuje pozvoľna, až sa ich hodnota v puberte ustáli na hodnote, ktorá je charakteristická pre dospelého človeka.

Vznikajú v kostnej dreni, slezine a lymfoidnom tkanive, v podnebných mandliach a detskej žľaze. V obehu žijú len niekoľko hodín až 100 dní. Rozpadnuté biele krvinky sú pohlcované retikuloendotelovou sústavou a miazgovým tkanivom. Zanikajú v lymfatických uzlinách a v slezine. Ich počet sa zvyšuje pri vniknutí infekcie do organizmu. Rozmnoženie leukocytov nad hornú hranicu sa nazýva **leukocytóza**. Fyziologicky nastáva po jedle, po telesnej námahe, v tehotenstve. Ku chorobnému zvýšeniu počtu dochádza pri infekčných ochoreniach, hnisaní, otravách a pri niektorých nádoroch. **Leukémia** vzniká v dôsledku zhubného množstva tkanív produkujúcich leukocyty. Nedostatok alebo pokles bielych krviniek pod hranicu sa nazýva **leukopénia/leukocytopénia**.

Biele krvinky sa významne uplatňujú pri obrane organizmu proti infekcii. Pohlcujú choroboplodné zárodky alebo vtvárajú látky, ktoré zneškodňujú cudzorodé látky v krvi. Ku zdroju infekcie sa dostanú ameboidným pohybom a vystupujú tenkou stenou vlásočnic (**diapedéza**) do medzibunkových priestorov.

Leukocyty delíme podľa tvaru jadier, prítomnosti farbitel'ných drobných granuliek v cytoplazme a veľkosti buniek na dva typy: granulocyty a agranulocyty.

Granulocyty sú najpočetnejšie, majú laločnato členité (podkovovité) jadro a v ich protoplazme sú hrubšie zrníčka z glykogénu. Tvoria približne 75 % všetkých bielych krviniek. Sú bezfarebné, ale dajú sa zafarbiť rôznymi farbivami. Podľa farbitel'nosti granúl ich ďalej delíme na neutrofilné, eozinofilné a bazofilné.

1. **Neutrofilné** granulocyty sú najpočetnejšie, najčastejšie a najdôležitejšie. Tvoria 50 – 70% z celkového množstva bielych krviniek. Zrná sa farbja neutrálnymi farbivami. Ich jadro je rozdelené na niekoľko segmentov. Vyznačujú sa amébovitým pohybom a sú schopné

fagocytózy. Vznikajú v kostnej dreni. Majú schopnosť prenikať mimo krvné cievy, z kapilár do medzibunkových priestorov (viď diapedéza vyššie), kde fagocytujú baktérie a časti buniek. Baktérie obklopija bunkovými výbežkami protoplazmy a uzatvoria ju do svojho tela. Do takto vytvorenej vakuoly vylučujú proteolytické enzýmy, ktoré rozkladajú bielkoviny. V prípade, že do organizmu vnikne baktéria, neutrofilné leukocyty sú chemotakticky priťahované k tomuto miestu, kde napádajú cudzie elementy priamo v krvnom obehú alebo prestupujú cievnyimi stenami k miestu zápalu a tam prebieha fagocytóza baktérií. Zároveň je v kostnej dreni aktivovaná tvorba ďalších leukocytov. Počet neutrofilných granulocytov stúpa pri infekciách a vo veľkom počte sa nachádzajú v hnise.

2. **Eozinofilné** granulocyty (1 – 9%) patria k najväčším leukocytom. Majú jednoduché podkovovité jadro. Farbia sa kyslými farbivami (eozínom). Majú schopnosť sa pohybovať, ale nie fagocytovať. Nemôžu prenikať cez steny ciev, ich funkcia je pri vniku alergénov do organizmu. Ich počet vzrastá pri infekčných chorobách a alergických ochoreniach.
3. **Bazofilné** granulocyty sú najmenšie, častokrát je ich výskyt u človeka vzácny. Majú segmentované jadro. Farbia sa zásaditými farbivami. Funkcia bazofilných granulocytov nie je dostatočne známa, ale obsahujú protizrážavú látku heparín.

Agranulocyty tvoria 25 % leukocytov. Majú okrúhle a nesegmentované jadro a ich plazma neobsahuje farbitel'né zrnká granuly, ale podľa tvaru jadier ich možno rozlíšiť na lymfocyty (20 – 40% z celkového počtu bielych krviniek) a monocyty (2 – 8%).

1. **Lymfocyty** sú početné, nerovnako veľké bunky, ktoré vznikajú v lymfoidnom tkanive. Majú rozhodujúcu funkciu pri tvorbe špecifických protilátok, t.j. proti konkrétnej cudzorodej látke. Sú imunologicky kompetentnými bunkami. Majú guľovité jadro, s úzkym lemom cytoplazmy bez granúl. Pohybujú sa amébovito, avšak nemajú schopnosť fagocytózy a neprodukujú proteolytické enzýmy. Vznikajú v týmuse (detská žľaza), v lymfatických uzlinách a čiastočne v kostnej dreni, preto sa nazývajú miazgovými bunkami. Do krvného obehu sa dostávajú lymfatickými cievami.
2. **Monocyty** (makrofágy) sú najväčšími leukocytmi s veľkým jadrom. Sú menej početné ako lymfocyty. Charakteristický je amébovitý pohyb a schopnosť fagocytózy – tzv. obranná línia druhého sledu – prenikajú na miesto určenia po neutrofilných leukocytoch.

Pomerné zastúpenie jednotlivých druhov bielych krviniek sa mení s vekom a pri rôznych chorobných stavoch. Pri spočítaní bielych krviniek je dôležité stanovenie pomeru, tzv. rozpočet bielych krviniek, **leukogram**.

Krvné doštičky (*trombocyty*)

Trombocyty nie sú pravými bunkami, sú to bezjadrové malé telieska nepravidelného tvaru. Vznikajú v kostnej dreni oddel'ovaním časti cytoplazmy ako úlomky obrovských buniek drene odkiaľ sú vyplavované do krvného obehu. Počet v 1mm^3 krvi je 300 000. Najväčší počet majú opäť novorodenci. Po narodení sa ich počet znižuje, potom stúpa a od tretieho mesiaca sa ustáli na hodnotách dospelého človeka. Životnosť majú približne 4 dni. Zanikajú v slezine. Majú dominantný význam pri zrážaní krvi – zabraňujú vykrvácaniu alebo vnútornému krvácaniu mimo stien ciev. Ich tvorba je riadená hormónom **trombocytopoetínom**, ktorý sa tvorí v obličke.

Proces zrážania krvi:

Zrážanie krvi je zložitý mechanizmus, ktorý je dôležitý pri poškodení obehového systému, kedy vzniká nebezpečenstvo straty krvi. Nastáva vždy, keď sa krv dostane mimo uzavretý krvný obeh. U stavovcov vznikol ochranný mechanizmus zastavenia krvácania pozostávajúci z chemických a fyzikálnych pochodov. Podstatou zrážania je premena bielkoviny **fibrinogénu**, rozpusteného v plazme (tvorí sa v pečeni), na vláknitý nerozpustný **fibrín**. Proces zrážania krvi sa začína poškodením steny kapiláry.

Základné fázy zrážania krvi môžeme zhrnúť nasledovne:

1. Účinkom **trombokinázy** sa premieňa **protrombín** na **trombín**.

Keď trombocyty narazia na poškodenú stenu cievy, zlomia sa, začnú sa rozpadávať a do krvnej plazmy vylúčia enzým trombokinázu, uvoľňovaný z krvných doštičiek, ktorý spolu s iónmi vápnika spôsobí, že v krvi prítomná ale doposiaľ neúčinná bielkovina protrombín, sa zmení na aktívny enzým trombín.

2. **Fibrinogén** sa mení na **fibrín**.

Trombín, v plazme prítomný v neúčinnnej forme ako protrombín, spôsobí premenu fibrinogénu na fibrín. Protrombín sa do krvi dostáva z pečene, kde sa tvorí za účasti vitamínu K.

3. Vlákna fibrínu sa zmršťujú a vytlačujú **krvné sérum**.

Fibrín vytvorí hustú sieť fibrínových vlákien, ktorými upcháva poškodenú časť cievy. Fibrínové vlákna vytvoria sieť a v nej sa zachytávajú krvné bunky. Vznikne zrazenina červenej farby, **krvný koláč**. Sťahovaním vlákien fibrínu sa z krvného koláča vytláča nažltlá kvapalina, krvné sérum, ktoré má rovnaké zloženie ako plazma, ale neobsahuje fibrinogén.

Všetky zmeny prebehnú za 7 – 11 minút. Zrážaniu krvi môžeme zabrániť pridaním látky (pri niektorých laboratórnych vyšetreniach napr. pre sedimentáciu) viažucej vápenaté ióny do krvi. Môže to byť šťavelan vápenatý alebo citrónan sodný. Po pridaní protizrážanlivého činidla do krvi zistíme, že po určitom čase ťažšie krvinky klesnú ku dnu (sedimentácia) a nad ich hladinou sa objaví prúžok nažltej krvnej plazmy.

Sedimentácia alebo usadzovanie erytrocytov je spôsobené hmotnosťou erytrocytov, ktoré vplyvom gravitácie klesajú ku dnu. Rýchlosť sedimentácie závisí predovšetkým od množstva fibrinogénu a globulínu v plazme i od množstva a tvaru erytrocytov. Rýchlosť sedimentácie sa zisťuje v sedimentačnom prístroji a používa sa ako diagnostická pomôcka pri zisťovaní niektorých chorôb. Normálne hodnoty sú u mužov 3 – 10 mm za hodinu a u žien 2 – 5 mm. Zvýšené hodnoty indikujú, že v organizme prebiehajú zápalové procesy, onkologické ochorenie či ťažká anémia – chudokrvnosť. Extrémne vysoké hodnoty bývajú i pri rakovine kostnej drene, pri reumatickej polyartritíde či zápale obličiek. Len v druhej polovici tehotenstva, pri menštruácii a v staršom veku môže byť sedimentácia vyššia a to bez chorobnej príčiny.

Imunita

Vniknutie choroboplodných zárodkov alebo cudzorodej látky (baktérie, bakteriálne toxíny, iné toxíny) do organizmu, vyvolá v krvi obranné, imunitné reakcie. Cudzorodé látky, ktoré sa do krvnej plazmy dostanú sa nazývajú **antigény**. Ich prítomnosť v krvi vyvolá tvorbu **protilátok**. Proces vzniku protilátok sa nazýva **imunizácia**. Imunitných reakcií sa zúčastňujú dva typy bielych krviniek. 1. krvinky, ktoré majú schopnosť rozpoznávať antigén a vytvárať proti nemu špecifické protilátky, a 2. krvinky so schopnosťou vychytávať antigén a zneškodňovať ho fagocytózou – niektoré granulocyty a monocyty, ktoré odstraňujú najmä baktérie. Protilátky sú

vytvárané lymfocytmi. Tvoria sa v kostnej dreni, krvou sa dostanú do lymfatických orgánov, kde dozrievajú. Lymfatické orgány predstavujú imunitný systém. Patrí sem týmus a rôzne veľké uzliny roztrúsené po celom tele (miazgové uzliny, lymfatické tkanivo sleziny, tenkého čreva a červovitého prívesku, podnebné mandle [nazývané aj krčné]).

Lymfocyty, ktoré vo svojom vývine prešli týmusom, sa nazývajú *T-lymfocyty*. Zabezpečujú bunkovú imunitu, ktorej podmienkou je priame stretnutie lymfocytu s antigénom. Bunková imunita spôsobuje aj alergické reakcie a neprijatie transplantátu.

Lymfocyty, ktoré dozrievajú v ďalších lymfatických orgánoch, sa nazývajú *B-lymfocyty*. Tie zabezpečujú protilátkovú imunitu. Po podráždení cudzorodou látkou sa premieňajú na plazmocyty, tvoriace protilátky. Tie sú zanášané krvou do celého tela a môžu tak likvidovať antigén kdekoľvek v organizme. Protilátky majú špecifické pôsobenie, zneškodňujú iba ten antigén, proti ktorému vznikli. Chemicky sú to gama-globulíny.

Odolnosť organizmu proti infekcii sa nazýva **imunita**. Jednotlivé zložky imunity sa v ontogenetickom vývine objavujú postupne. Dozrievanie imunitného systému prebieha do 15. roku života. V plodovom období je vyvinutá fagocytóza a neskôr aj bunková imunita. Protilátková imunita sa vyvíja až po narodení. V prvom roku života sú v krvi prítomné protilátky, ktoré prešli z krvi matky v plodovom období placentou do krvi plodu. Tento druh imunity sa nazýva **vrodená imunita**. Dieťa je tak na začiatku života odolné voči tým látkam, proti ktorým je imunitná matka. Ďalšie dozrievanie imunitného systému a vývin protilátkovej imunity sú závislé predovšetkým na antigénnej stimulácii z vonkajšieho prostredia. Protilátky, ktoré sa proti týmto antigénom v krvi vytvárajú, zabezpečujú ďalší druh imunity, a to **imunitu získanú**.

Imunitu možno získať prirodzene alebo umelo. Pri prekonaní ochorenia zostávajú protilátky v krvi človeka aj po uzdravení. Tie potom chránia organizmus pred opätovným ochorením tou istou chorobou. Ide o **aktívnu imunitu**. Aktívna imunita sa získa i po umelom dodaní antigénu pri očkovaní, kedy sa do tela naočkujú oslabené alebo usmrtené baktérie, ktoré nevyvolajú ochorenia, ale iba tvorbu protilátok, ktoré potom chránia organizmus pred skutočným ochorením. Vpravením séra, ktoré obsahuje už hotové protilátky, sa získa **imunita pasívna**. U detí sa používa i vpravenie len gama-globulínov, na ktoré sa naviažu špecifické protilátky. Ostatné bielkovinové zložky séra nemajú pre pasívnu imuniáciu význam.

Opakované vniknutie toho istého antigénu do krvi môže niekedy vyvolať **stav precitlivelosti** (*anafylaxiu*), ktorý sa prejaví poruchami dýchania a krvného obehu až anafylaktickým šokom. Prudká reakcia s antigénom je tiež podkladom alergií a alergických chorôb ako žihľavka, ekzém či astma. **Alergia** sa prejavuje precitlivelosťou na niektoré látky, ktoré sa dostávajú do tela z vonkajšieho prostredia vdýchnutím, kožou, očnou spojivkou, alebo vstrebávaním sliznicou. **Alergénom** môže byť peľ, prach z peria, plesne, niektoré látky z potravy i niektoré lieky.

Krvné skupiny

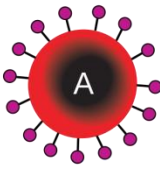
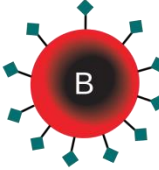
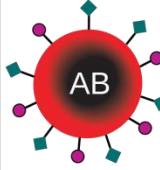
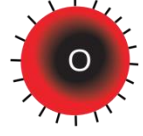



Červené krvinky obsahujú prirodzené antigény, viazané v povrchovej membráne. Protilátky sú v krvnej plazme a v krvnom sére. Tieto protilátky sú už vrodené alebo sa môžu vytvárať po transfúzii či za tehotenstva v krvi matky.

Antigény v červených krvinkách sa nazývajú **látky zhlukovateľné** (*aglutinogény*) a označujú sa písmenami A a B. V krvnej plazme sa nachádzajú látky **zhlukujúce** (*aglutiníny*), ktoré sa označujú gréckymi písmenami α (anti A) alebo β (anti B). Ak sa stretne aglutinogén A s aglutinínom α dôjde k zhlukovaniu (*aglutinácii*) červených krviniek (rovnako ak sa stretne aglutinogén B s aglutinínom β). V krvi človeka sú preto prítomné len tie látky, ktoré sa vzájomne znášajú.

Základným typom krvnoskupinového systému erytrocytov je systém AB0 (obr. 23). Rozlišujeme štyri základné krvné skupiny: A, B, AB, 0. Erytrocyty skupiny A obsahujú aglutinogén A, erytrocyty skupiny B obsahujú aglutinogén B. Ak sú v membráne erytrocytov prítomné obidva antigény, ide o erytrocyty skupiny AB. Absencia obidvoch typov aglutinogénov signalizuje skupinu 0. Krv skupiny B obsahuje v plazme aglutiníny antiA, skupina A má v plazme aglutiníny antiB. Krv skupiny 0 má aglutiníny antiA aj antiB a je teda všeobecným darcom. Skupina AB je bez aglutinínov a je univerzálnym príjemcom.

Aglutinogény patria medzi sacharidy. Existujú aj pomerne časté varianty aglutinogénu A označované ako A₁, A₂ – A₆, ktoré vtvárajú podskupiny v rámci skupiny A alebo AB.

Zastúpenie krvných skupín systému AB0 nie je rovnomerné. Najviac sa vysktuje krvná skupina A, najvzácnejšia je skupina AB.

	Krvná skupina A	Krvná skupina B	Krvná skupina AB	Krvná skupina 0
Typ červenej krvinky				
Aglutinín	 anti B	 anti A	bez	 anti B a anti A
Aglutinogén (antigén)	A	B	A a B	bez

Obrázok 23 Systém AB0

Rh systém

V ľudských červených krvinkách bolo objavených približne 30 aglutinogénov, ktoré môžu vyvolávať vznik protilátok. Najdôležitejší je však systém ABO a Rh-faktor (**rhesus faktor**). Rh-faktor objavili Karl Landsteiner a Alexander Wiener pri pokusoch s krvinkami opice makaka rézusa (*Macaca mulatta*). Staršie vedecké pomenovanie tohto druhu bolo *Maccacus rhesus*, podľa ktorého tento faktor dostal aj pomenovanie (Rh = rhesus). Červené krvinky tejto opice vstrekovali do krvi pokusných králikov a morčiat, u ktorých sa v krvi vyvinuli protilátky. Celkovo sa Rh-faktor skladá z 13 antigénov, z ktorých najdôležitejší je antigén D. Z krvi získali sérum, ktoré následne zmiešali s ľudskou krvou. V 85 % prípadov nastalo zhľukovanie červených krviniek. U týchto osôb bol zistený krvinkový aglutinogén nazvaný Rh-faktor. Takíto ľudia sú Rh pozitívni (Rh+), ostatní sú Rh negatívni (Rh-). V ľudskej krvi normálne nie sú prítomné žiadne protilátky Rh-faktoru. Protilátky sa však môžu vytvoriť pri vpravení Rh pozitívnych krviniek človeku Rh-negatívne. Rovnako protilátky vznikajú v krvi matky, ktorá je Rh-negatívna, ale jej plod zdedil Rh pozitívny faktor od otca. Matka vytvára protilátky proti Rh+ plodu, dochádza k aglutinácii erytrocytov, čo môže viesť až k úmrtiu dieťaťa po pôrode. Prevenciou je sledovanie krvi plodu, transfúzia počas gravidity alebo po pôrode. U prvého dieťaťa už existujú protilátky, t.j. nie je až tak ohrozené, avšak pri každom ďalšom dieťati sa zvyšuje ohrozenie života uvedeným antigénom.

Krvný prevod

Prevod krvi (transfúzia) z jedného človeka inému je možná len vtedy, ak má darca i príjemca rovnakú krvnú skupinu. Je potrebné dávať pozor najmä na systém ABO, na ich podskupiny a na Rh-faktor. Určovanie sa uskutočňuje pomocou sér so známymi aglutinínmi.

Krv sa obyčajne neprevádza priamo od darcu. Odoberá sa, mieša sa s konzervačným roztokom, protizrážanlivým činidlom a glukózou, a uskladňuje sa ako **krvná konzerva**. V niektorých prípadoch sa využíva len krvná plazma (pri popáleninách), kedy je dostatok červených krviniek, ale malý objem krvi. Niekedy sa dodávajú naopak len červené krvinky napr. pri liečbe anemického syndrómu rôzneho pôvodu.

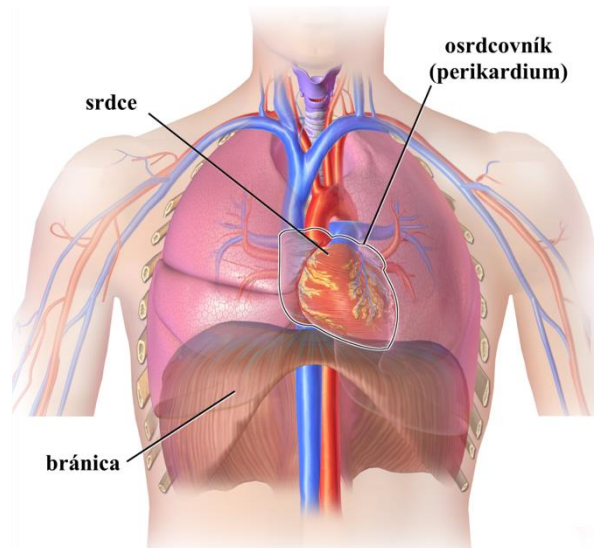
Obehová sústava

Obehová sústava tvorí uzatvorený systém ciev, v ktorom obiehajú telové tekutiny. Centrálnym miestom je srdce, pôvodne cieva, ktorej ďalší vývoj úzko súvisel s vývojom dýchacích orgánov a s potrebou oddeliť cievne riečisko pľúc od ostatných orgánov.

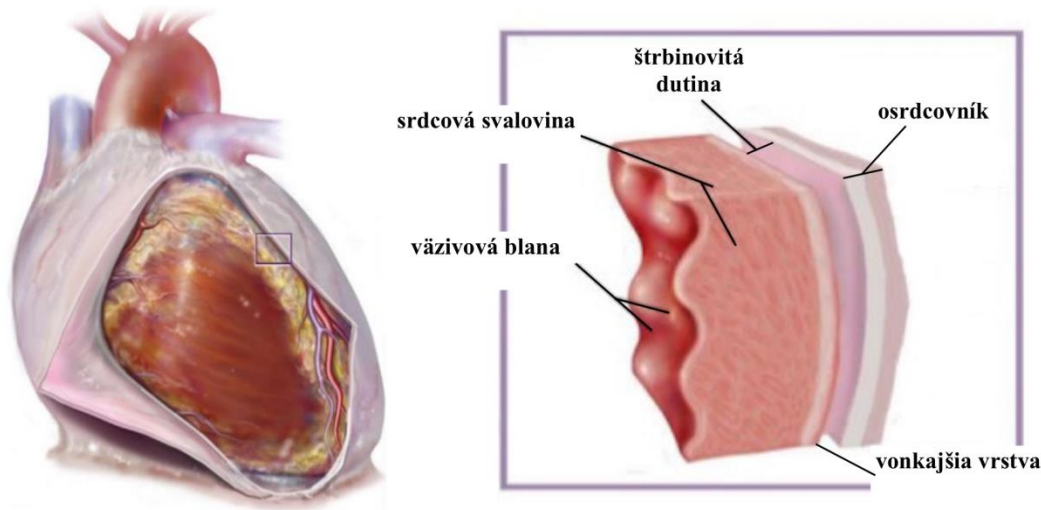
Srdce (*cor, kardia*)

Je nepárový dutý svalový orgán uložený v hrudnej dutine (obr. 24) v interpleurálnom priestore medzi pľúcami za hrudnou kosťou. Dno mediastína tvorí bránica. V dospelosti má kužeľovitý tvar, jeho širšia báza je obrátená vpravo, hore a dozadu. Užší zaoblený hrot smeruje doľava, dole a dopredu. Je červenohnedej farby, zhruba veľkosti päste človeka, ktorému patrí.

Povrch srdca (obr. 25) kryje väzivo, tenká serózna blana, **vonkajšia vrstva** (*epicardium*), ktorá prechádza i na začiatok veľkých ciev. Oddeľuje sa od nich a vytvára vak, **osrdcovník** (*perikardium*), v ktorom je srdce uložené. Medzi oboma väzivovými blanami je štrbinovitá dutina vyplnená malým množstvom kvapaliny, ktorá uľahčuje pohyby srdca.



Obrázok 24 Poloha srdca v hrudnej dutine



Obrázok 25 Prierez srdcom

Srdce novorodenca váži približne 20 – 25 g, u dospelého človeka 250 – 300 g. Vzhľadom k veľkej intenzite metabolizmu a rýchlemu rastovému tempu je srdce v prvom období života po narodení relatívne väčšie ako v dospelosti.

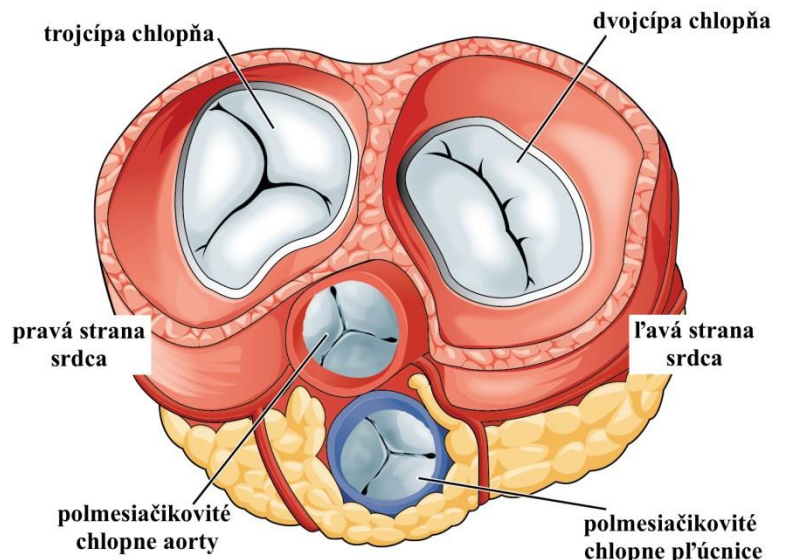
Zvislou svalovou prepážkou je srdce rozdelené na pravú a ľavú časť. Oddelené sú srdcovými priehradkami (*septum atrioventriculare*), v ktorých sa nachádzajú otvory (*ostium*). Krv v srdci nikdy neprechádza z pravej na ľavú stranu alebo naopak. Dutiny oboch častí sú vystlané **vázivovou blanou** (*endocardium*). V predsieňovokomorových otvoroch tvorí cípovité chlopne, ktoré v každej polovici srdca oddeľujú menšiu hornú **predsieň** (*atrium*) od dolnej väčšej **komory** (*ventriculus*). Medzi **pravou predsieňou** (*atrium dexter*) a **pravou komorou** (*ventriculus dexter*) je **trojcípa chlopňa** (*valva tricuspidalis*). Medzi **ľavou predsieňou** (*atrium sinister*) a **ľavou komorou** (*ventriculus sinister*) je **dvojcípa chlopňa** (*valva atrioventricularis sinistra – valva mitralis*). Cípy chlopní sú lievikovito vnorené do komôr. Pri prietoku krvi z predsieňe do komory sa cíp chlopne zatvorí. Pri výstupe veľkých ciev zo srdca sú tzv. **polmesiačikové chlopne** (*valvulae semilunares*). Chlopne (obr. 26) vo všeobecnosti zabraňujú spätnému toku krvi.

Pravá predsieň je tvorená dvoma časťami: zadnou, do ktorej ústi horná a dolná dutá žila, a prednou časťou, ktorá vybieha do pravého uška (*auricula dextra*). Na predsieňovej priehradke je **plytká jama** (*fossa ovalis*) ako pozostatok z fetálneho obehu.

Pravá komora má na priereze polmesiačikovitý tvar a delí sa na dve časti: vtoková (väčšia), do ktorej vteká krv z predsieni, a menšia výtoková (*pars glabra*). Končí sa vchodom **pľúcnového kmeňa** (*ostium trunci pulmonalis*) a je uzatvorený **polmesiačikovými chlopňami**. Vyteká z nej krv do **pľúcnice** (*truncus pulmonalis*).

Ľavá predsieň je menej priestraná ako pravá a na jej zadnej strane sa nachádzajú výústenia **4 pľúcnych žíl** (*venae pulmonales*).

Ľavá komora má na priereze oválny tvar a zužuje sa k srdcovému hrotu. Je rozdelená na vtokovú časť a na výtokovú časť, ktorá komunikuje s aortou cez **otvor** (*ostium aortae*) v ktorom je **polmesiačikovitá chlopňa** (*valva aortae*).



Obrázok 26 Chlopne

Srdcová svalovina (*myocardium*) je osobitným druhom priečne pruhovaného svalstva, ktoré je ovládané vegetatívnym nervstvom. Svalové vlákna sú spojené priečnymi mostíkmi do siete, ktoré umožňujú, aby vzruch prechádzal i na susedné úseky svaloviny. Tak je zabezpečené, že sa celé veľké úseky myokardu sťahujú ako celok. Svalovina predsiení je tenšia ako svalovina komôr. Najhrubšia je svalovina ľavej komory, pretože vytláča krv do aorty odkiaľ sa krv dostáva do celého tela.

Srdcová svalovina je dráždivá a na podráždenie reaguje sťahom. Pri sťahu sa vlákna myokardu skracujú a dutiny v srdci sa zmenšujú. Myokardium sa prispôbuje telesnej práci, môže zmohutnieť fyzickou námahou (zväčšovanie srdca je fyziologická adaptácia). Človek s fyzicky namáhavejšou prácou alebo športovec má väčšie srdce ako človek so sedavým zamestnaním.

Výživa srdca

Srdce potrebuje neustály a pravidelný prísun kyslíka, výživných látok a odvádzanie splodín metabolizmu. Svalovina srdca je veľmi citlivá na nedostatok kyslíka. Pri telesnom klúde spotrebuje 10 – 15% z celkovej spotreby kyslíka organizmom. Pri telesnej práci sa spotreba štvornásobne zväčší.

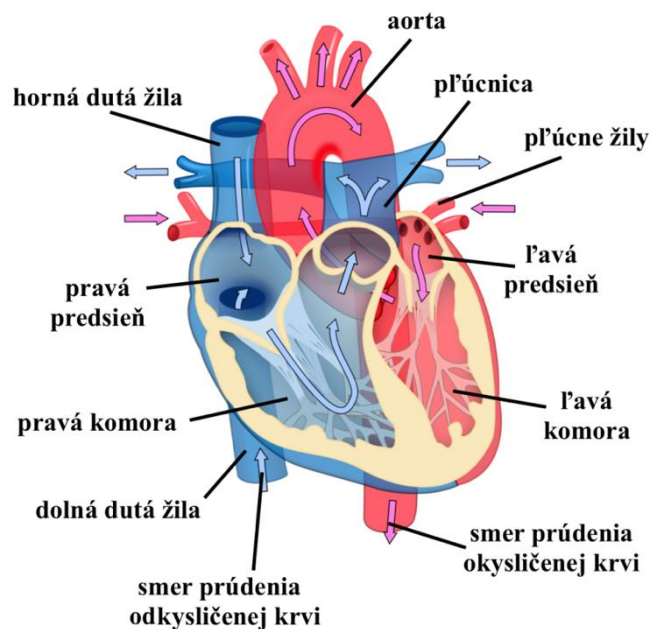
Kyslík a živiny sú srdcovej svalovine privádzané **vencovitými tepnami** (koronárne tepny). Vencovité tepny sa od aorty oddeľujú tesne za polmesiačikovými chlopňami. Vetvia sa na početné vlásoknice, ktoré bohato prestupujú srdcom. Upchanie niektorej z nich spôsobuje odumretie príslušnej oblasti srdcovej svaloviny (infarkt myokardu). Pri zahojení vznikne väzivová jazva. Ak je však odumretý úsek príliš veľký, nastáva veľká porucha srdcovej činnosti a srdce sa zastaví. Zo srdcovej svaloviny je krv odvádzaná srdcovými žilami a koronárnym splavom na zadnú stenu srdca.

Prítok krvi do srdca

Do pravej predsene (obr. 27) priteká hornou a dolnou dutou žilou **odkysličená** krv, resp. krv s nízkym obsahom kyslíka (v atlasoch označovaná modrou farbou), z orgánov a tkanív tela. Stiahnutím pravej predsene sa krv vypudzuje do pravej komory a po jej zmrštení pľúcny kmeňom a pľúcny tepnami do pľúc. Na začiatku pľúcnicového kmeňa je vreckovitá polmesiačkovitá chlopňa, ktorá zabraňuje spätnému toku krvi z kmeňa do pravej komory. Z pľúc sa **okysličená**, resp. kyslíkom opäť nasýtená krv vracia štyrmi pľúcnymi žilami do ľavej predsene srdca. Pri kontrakcii ľavej predsene sa krv prečerpáva do ľavej komory. Z nej vystupuje srdcovnica (aorta), ktorou sa krv rozvádza do tepien celého tela. Na začiatku aorty sa tiež nachádza vreckovitá polmesiačkovitá chlopňa, ktorá má podobnú funkciu ako chlopňa v pľúcnicovom kmeni.

Činnosť srdca

Funkciou srdca je udržiavať cirkuláciu krvi v cievach po celý život. Pracuje ako dve čerpadlá v usporiadanom slede. Základom rytmickej činnosti je striedanie sťahu (systola) a ochabnutia (diastola) srdcovej svaloviny. Sťah postupuje ako vlna z oboch predsiení na komory. Pri sťahu sa dutiny v srdci vyprázdňujú a pri ochabnutí sa krvou naplňujú. Jeden cyklus srdcovej činnosti naplnenie dutín a vypudenie objemu sa nazýva **srdcová revolúcia** (obr. 28).

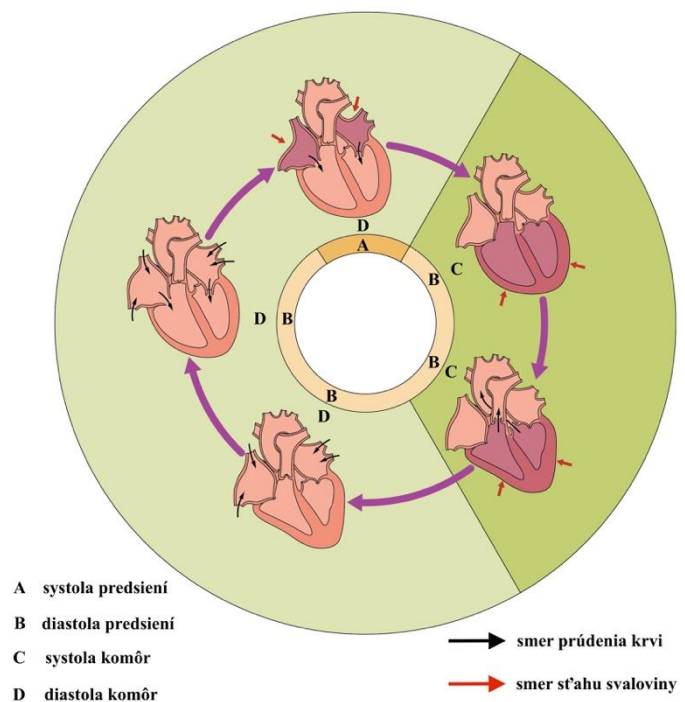


Obrázok 27 Smer prúdenia krvi

Determinantom optimálneho priebehu srdcovej revolúcie je presná časová nadväznosť systol a diastol, správna funkcia chlopňového aparátu a predovšetkým správna funkcia prevodového systému. Činnosť srdca je do značnej miery zautomatizovaná vďaka prevodovému systému srdca.

Každá srdcová revolúcia má tri fázy, ktoré sa rytmicky opakujú:

1. **Systola predsieni.** Pri nej sú komory v diastole. V prvej fáze je krv z naplnených predsiení vháňaná do ochabnutých komôr. Cípvité chlopne sú otvorené a komory sa dopĺňajú krvou (komory prijímajú časť krvi už po dobu spoločnej diastoly predsiení a komôr).
2. **Systola komôr,** pri ktorej v predsieňach nastáva diastola. Na začiatku systoly komôr sa uzatvárajú predsieňovokomorové otvory cípvitými chlopňami. Systola komôr začína zvyšovaním napätia svalstva komorových stien. Tým sa v komorách zvyšuje tlak. V okamžiku, keď tlak v komorách prevyšuje tlak v aorte, otvoria sa pretlakom krvi polmesiačikovité chlopne a krv je vypudzovaná na pravej strane do pľúcnicového kmeňa a na ľavej strane do srdcovnice.
3. **Diastola komôr,** pri nej predsieňe zostávajú v diastole. V tejto fáze je v krátkej diastole celé srdce, predsieňe i komory. Polmesiačikovité chlopne sa uzatvoria spätným nárazom krvi, ich okraje sa spoja a zabráni tým návratu krvi do komôr. Do predsiení priteká krv zo žíl (do pravej predsieňe z dolnej a hornej dutej žily) a predsieňe sa naplňujú krvou. Otvorenými cípvitými chlopňami tiež preteká krv do komôr.

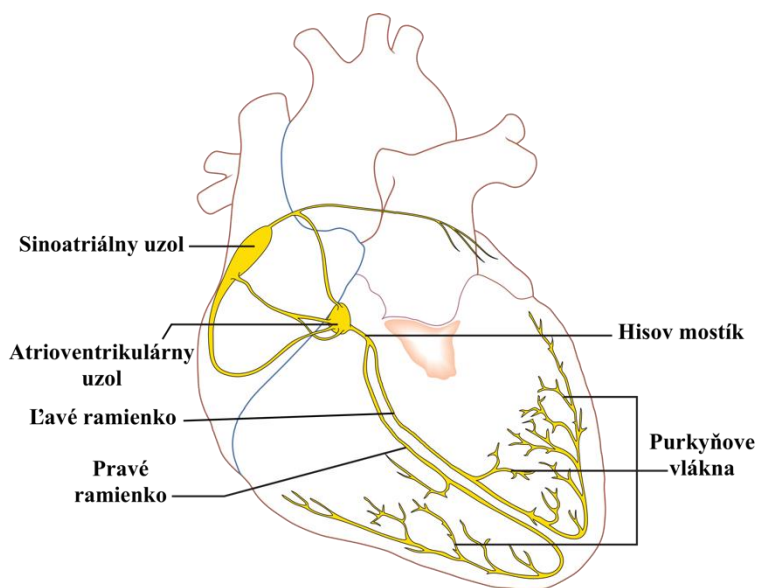


Obrázok 28 Srdcová revolúcia

Po naplnení predsiení nastupuje prvá fáza ďalšej srdcovej revolúcie. U dospelého človeka je 72 srdcových revolúcií za 1 minútu. Môžeme ju spočítať pri sledovaní tepu obvykle na tepne zápästia.

Prevodový systém srdca

Činnosť srdca je riadená automaticky a rytmicky impulzami, ktoré vznikajú priamo v srdci. Funkciu vytvárať tieto impulzy a rozvádzať vzruchy srdcovou svalovinou vykonáva **prevodový systém srdca** (obr. 29). Je tvorený zvláštnymi svalovými vláknami, ktoré sa od ostatných svalových vlákien myokardu líšia bohatým obsahom sarkoplazmy a malým množstvom fibríl. Tvorí ho sinoatriálny a atrioventrikulárny (predsieňovokomorový) uzol a predsieňovokomorový zväzok s jeho ramienkami a vláknami. **Sinoatriálny uzol** leží v stene pravej predsieni pri ústí hornej dutej žily do pravej predsieni. Vznikajú v ňom vzruchy, ktoré spôsobujú rytmické zmršťovanie oboch predsiení. Tieto vzruchy sa šíria k **atrioventrikulárnemu** (predsieňovokomorovému) **uzlu**, ktorý je umiestnený v dolnej časti pravej predsieni na rozhraní pravej predsieni a komory v zadnom úseku srdcovej priehradky. Jeho činnosť je podriadená sinoatriálnemu uzlu. Z atrioventrikulárneho uzla vychádza predsieňovokomorový zväzok vlákien (**Hisov mostík**), ktorý sa v medzikomorovej priehradke delí na pravé a ľavé ramienko. Zabezpečuje spojenie svaloviny predsiení so svalovinou komôr. Vláka obidvoch ramienok končia v myokarde komôr a pokračujú rozvetvením do siete **Purkyňových vlákien**. Pravé a ľavé ramienko prebieha pod endokardom komôr. Purkyňove



Obrázok 29 Prevodový systém srdca

vlákna vedú elektrické impulzy do svaloviny komôr, kde končia. Vzruchy, ktoré sú po nich vedené, vyvolajú zmrštenie komôr. Týmto usporiadaním je zabezpečené, že najskôr nastane zmrštenie predsiení a potom nasleduje zmrštenie komôr.

Látková premena na základe ktorej vznikajú v sinoatriálnom uzle vzruchy je rozhodujúca pre rytmus srdcových sťahov

v pokoji. Tento uzol vysiela približne 70 elektrických impulzov za minútu, ktoré vyvolávajú rovnaký počet systol. Pretože sinoatriálny uzol určuje základný rytmus srdcovej činnosti, nazývame ho aj ako uzol primárnej srdcovej automatiky (časovač rytmu – pacemaker).

Okrem spomínanej autoregulácie je srdce závislé od nervovej sústavy, pretože je inervované vláknami vegetatívnych nervov. Tieto nervy však regulujú len rýchlosť srdcovej činnosti. Sympatické vegetatívne nervové vlákna sú zodpovedné za zrýchlenie činnosti srdca. Naopak, parasympatické vegetatívne nervové vlákna spomaľujú činnosť srdca. Pracujú protichodne, t.j. antagonisticky.

Centrum pre reguláciu srdcovej činnosti je v predĺženej mieche. Pre činnosť týchto centier sú najdôležitejšie vzruchy, ktoré prichádzajú z interoreceptorov registrujúcich zmeny tlaku. Sú umiestnené v oblúku aorty, v rozvetvení krkavíc, pri ústí dutých žíl a v pravej predsieni. Pri vzrastajúcom tlaku sú vzruchy vedené do kardioinhibičného centra (pre spomalenie činnosti), pri klesajúcom tlaku vzrastá aktivita kardioexcitačného centra (pre zrýchlenie činnosti).

Činnosť srdca je ovplyvnená viacerými faktormi ako: pohlavie, vek, fyzická záťaž, potrava, emócie (strach, radosť, zľaknutie), bolestivé podnety. Na činnosť srdca pôsobia i rôzne látky. Známe je zrýchlenie srdcovej činnosti vplyvom hormónu drene nadobličiek adrenalínu a hormónu štítnej žľazy tyroxínu.

Tepová frekvencia, počet srdcových sťahov za minútu, závisí od veku, telesnej práce a od podmienok vnútorného a vonkajšieho prostredia. Práve preto sa meria pri telesnom klúde – tzv. **klúdová tepová frekvencia**. U novorodenca je vysoká, predstavuje približne 140 tepov za minútu. V prvých troch rokoch života sa rýchlo znižuje (108 tepov), ďalej klesá pozvoľna až do dospelosti (okolo 70 tepov za minútu). Vysoké hodnoty tepovej frekvencie v detstve súvisia s malým objemom srdca a veľkými nárokmi látkovej premeny v čase intenzívneho rastu a vývinu.

Najnižšie hodnoty tepovej frekvencie nameriame počas spánku, **bazálna tepová frekvencia**, kedy je o 10 – 20 tepov nižšia ako v bdelom stave. Pri telesnej práci stúpajú nároky na zásobenie kyslíkom a tepová frekvencia sa zrýchľuje až na 180 – 200 tepov za minútu, tzv. **maximálna tepová frekvencia**. Zvyšuje sa i vplyvom emócií: strachom, radosťou, úzkosťou, ale aj horúčkou apod. Zrýchlená tepová frekvencia srdca sa nazýva **tachykardia**.

Tepový a minútový srdcový objem

Každým sťahom vypudzuje srdce do obehu určité množstvo krvi. Tepový a minútový objem číselne vyjadrujú čerpací výkon srdca. Objem krvi, ktorý sa zo srdca dostáva z každej komory pri jednom sťahu, sa nazýva **tepový** (alebo aj systolický) **objem**. Je závislý na fyzickej aktivite.

V pokoji kolíše medzi 60 – 80 ml, pri telesnej práci sa môže zvýšiť až na 100 – 150 ml. Kolísanie tepového objemu je možné preto, lebo srdce sa v kľude nevyprázdňuje dokonale. Možnosť dokonalejšieho vyprázdnenia v systole a väčšieho naplnenia v diastole predstavuje rezervu použiteľnú v dobe väčšej telesnej námahy.

Minútový objem, je množstvo krvi, ktoré je zo srdcovej komory vypudené za jednu minútu. Jeho veľkosť závisí od veľkosti tepového objemu a tepovej frekvencie. Zvyšuje sa s vekom. V kľude je priemerný minútový objem dospelého človeka približne päť litrov, a to pri systolickom objeme 70 ml a srdcovej frekvencii 72 tepov za minútu. Pri namáhavej svalovej práci je väčšia spotreba kyslíka a minútový objem sa tak môže zvýšiť až na 40 litrov. Tým, že sa zrýchľuje srdcová činnosť a zvyšuje sa tepový objem, zvyšuje sa i minútový objem srdca. Nepatrné zvýšenie nastáva i pri trávení po jedle, koncom tehotenstva, pri pohybe v prostredí s nízkou alebo vysokou teplotou, i pri rôznych emóciách. K jeho zníženiu dochádza v spánku.

Vonkajšími prejavmi srdcovej činnosti sú:

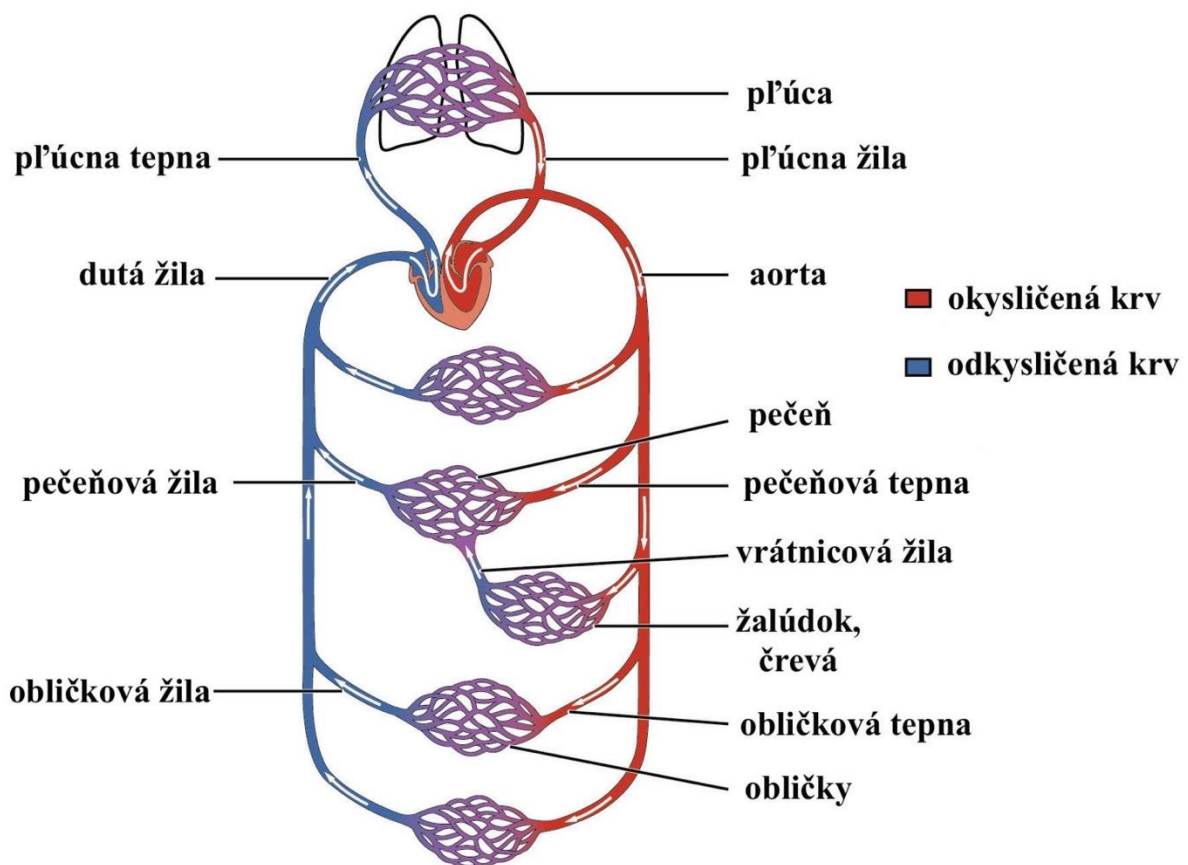
- zmena tvaru a objemu srdca,
- úder srdcového hrotu,
- srdcové ozvy,
- akčný srdcový potenciál,
- tep.

Zmeny tvaru a objemu srdca je možné pozorovať na röntgenovom snímku. V diastole je obrys srdca širší a pri systole predsieni a nasledujúcej systole komôr sa zužuje. Pri priložení dlane na hrudník v piatom medzirebrí vľavo, pociťujeme nárazy, ktoré sú spôsobené **údermi srdcového hrotu** na stenu hrudníka pri každej systole. Rozlišujeme štyri ozvy, z toho dve je možné počúvať uchom alebo fonendoskopom na hrudníku, zvyšné dve len fonokardiografiou. Spravidla počujeme rytmus dvoch po sebe nasledujúcich zvukov, ktoré sú vystriedané kratšou pauzou. Prvá ozva je hlbšia a dlhšia, druhá vyššia a kratšia. Pri zdravom srdci sú ozvy na počutie ohraničené. Pri chybách chlopni je počuť šelesty. Pri činnosti srdca vznikajú i **zmeny elektrických potenciálov**, ktoré sa môžu snímať z rôznych povrchov tela. Prístroj, ktorý sníma a zaznamenáva akčné elektrické potenciály sa nazýva **elektrokardiograf (EKG)**. Krivka, ktorú zapíše sa nazýva **elektrokardiogram**. **Tep** (pulz) sa najčastejšie zisťuje na vretennej tepne na zápästí. Súvisí s roztáhovaním a sťahovaním začiatku srdcovnice a z nej odstupujúcich tepien

pri činnosti srdca, ktoré sa šíri k obvodu tela ako tepnová (pulzová) vlna. Počet tepov zodpovedá teda tepovej frekvencii srdca.

Veľký (telový) krvný obeh (obr. 30)

Začína aortou, ktorá vystupuje z ľavej komory a končí hornou a dolnou dutou žilou v pravej predsieni. Aorta (srdcovnica) je najmohutnejšou tepnou ľudského tela, s priemerom pri výstupe z komory tri centimetre. Zo srdca vystupuje smerom hore ako **vzostupná aorta** (*aorta ascendens*) a to až do výšky druhého rebra. Za rukoväťou hrudnej kosti sa stáča sprava doľava a dozadu a tvorí **oblúk aorty** (*arcus aortae*), a následne zostupuje pozdĺž chrbtice ako **zostupná aorta** (*aorta descendens*). Prechádza bránicou, čím je rozdelená na hrudnú časť (**hrudná aorta**) a časť brušnú (**brušná aorta**). Vo výške štvrtého bedrového stavca sa brušná



Obrázok 30 Schematické znázornenie krvného obehu

aorta vidlicovito vetví a každá z týchto vetiev vedie do jednej dolnej končatiny. Z aorty odstupujú tenšie tepny, ktoré krvou zásobujú jednotlivé orgány.

Zo vzostupnej aorty vystupujú dve koronárne tepny, ktoré zásobujú krvou srdcovú svalovinu. Z oblúku aorty vystupujú 3 cievy:

1. **Hlavoramenný kmeň** (*truncus brachiocephalicus*) sa vetví na pravú spoločnú krkavicu a pravú podkľúčnu tepnu.
2. **Ľavá spoločná krkavica** (*arteria carotis communis sinistra*) (Ľavá strana hlavy).
3. **Ľavá podkľúčna tepna** (*arteria subclavia sinistra*) (Ľavá horná končatina).

Krkavice vedú krv do hlavy a vyživujú orgány krku, tvárovú časť a mozog. Podkľúčne tepny vstupujú do horných končatín, kde sa ďalej rozvetvujú.

Pokračovaním oblúku je zostupná aorta. Hrudná aorta sa vetví na medzirebrové tepny pre výživu hrudnej steny a ďalej na tepny, ktoré zásobujú krvou orgány hrudnej dutiny.

Brušná aorta má párové a nepárové vetvy. Párové vedú do svaloviny bránice a do stien brušnej dutiny. Ďalšie tri párové vetvy vedú k párovým orgánom brušnej dutiny: do obličiek, nadobličiek a pohlavných žliaz. Tromi nepárovými vetvami sú zásobované nepárové orgány ako pečeň, slezina, podžalúdková žľaza, tenké a hrubé črevo.

Rozvetvením brušnej aorty vzniká pravá a ľavá spoločná bedrová tepna, ktorá sa ďalej delí na vnútornú a vonkajšiu bedrovú tepnu. Vnútorná vetva vyživuje orgány uložené v malej panve ako konečník, močový mechúr a maternicu. Vonkajšia vetva smeruje do dolných končatín.

Pozdĺž chrbtice vpravo od zostupnej aorty prebieha **dolná dutá žila** (*vena cava inferior*), ktorá vzniká spojením dvoch bedrových žíl vo výške štvrtého bedrového stavca a odvádza krv z dolných končatín, z panvy a z brušnej dutiny. Prestupuje bránicou a ústí do pravej srdcovej predsene. Spolu s dolnou dutou žilou sem prichádza aj **horná dutá žila** (*vena cava superior*). Vzniká sútokom dvoch hlavoramenných žíl, pričom každá z nich je vytvorená spojením krčnej vnútornej žily a podkľúčnej žily. Horná dutá žila zbiera krv z hlavy, krku a horných končatín a zo stien hrudníku.

Pečeňový vrátnicový (portálny) obeh

Súčasťou veľkého obehu je aj pečeňový vrátnicový obeh v brušnej dutine. Začína a končí kapilárnou sieťou. Vlásoknice rozvetvené v stene žalúdka, čriev, sleziny, podžalúdkovej žľazy odvádzajú krv do žíl, ktoré sa za hlavou podžalúdkovej žľazy spájajú a tvoria **vrátnicovú žilu** (*vena portae*). Táto krv je obohatená o živiny vstrebané črevnou sliznicou. Vrátnicová žila sa rozvetvuje a prechádza pečeňou kde sa vetví. Vlásoknice vstupujú do pečeňových lalôčikov a pečeňovým bunkám odovzdávajú látky vstrebané v nepárových orgánoch brušnej dutiny. Krv sa po výstupe z pečene vlieva do žíl.

Vo veľkom obehu prúdi tepnami krv nasýtená kyslíkom a pri poranení tepny krv má jasno červenú farbu a z rany prerušovane strieka. Žilami prechádza krv ochudobnená o kyslík, t.j. pri poranení krv tmavočervenej farby vyteká, nestrieka.

Malý pľúcny krvný obeh

Malý krvný obeh začína v pravej komore, odkiaľ sa krv dostáva **pľúcny kmeňom** (*truncus pulmonalis*) do **pravej a ľavej pľúcnej tepny** (*arteria pulmonalis dextra et sinistra*), ktoré samostatne vstupujú do pravého a ľavého laloka pľúc, a končí štyrmi **pľúcnymi žilami** (*venae pulmonales*) v ľavej predsieni. V pľúcach sa pľúcne tepny rozvetvujú na najjemnejšie vlásočnice, ktoré obklopujú pľúcne mechúriky. Prostredníctvom nich dochádza k výmene plynov. Tenkými stenami vlásočníc a pľúcnych mechúrikov prechádza oxid uhličitý z krvi do pľúc a kyslík z pľúc do krvi.

Jedným z regulačných mechanizmov riadiacich rýchlosť cirkulácie krvi je vysoká koncentrácia oxidu uhličitého v krvi a následné podráždenie chemoreceptorov (v oblasti aorty). Tie vedú impulz do riadiaceho centra a srdce začína intenzívne pracovať čím sa zvýši cirkulácia krvi do pľúc a nastáva zrýchlenie výmeny plynov.

Krvné zásobárne

Z celkového množstva krvi je v stálom obehu len časť krvi. Zvyšok sa nachádza v krvných zásobárňach. Najväčšími zásobárňami krvi sú pečeň, ktorá zadrží až 3/4 l krvi, slezina 1/2 litra a podkožné cievne pletence približne 1/2 l krvi. Z krvných zásobární sa krv využíva pri zvýšenej spotrebe a prúdi do orgánov, ktoré sú v činnosti napr. do pracujúcich svalov alebo do orgánov tráviacej sústavy v čase trávenia potravy. Dostatočný prietok krvi musí byť zabezpečený predovšetkým v mozgu, srdci, pľúcach a obličkách.

Krvné cievy (*vasa sanguinea*)

Krvné cievy tvoria rozvetvený uzavretý systém väzivovosvalových rúrok trubicovitého tvaru, v ktorých prúdi krv po tlakovom spáde. Potrebný tlak zabezpečuje srdce. Z hľadiska stavby a funkcie rozdeľujeme krvné cievy na tepny, žily a vlásoknice. Smerom od srdca sa vetvia na stále užšie tepny a vlásoknice. Tie na tepnovej strane prechádzajú plynulo vo vlásoknice žilového obehu, ktoré sa smerom k srdcu spájajú do stále hrubších žíl.

Stena ciev je tvorená z troch vrstiev:

1. Endotelová, vnútorná vrstva, ktorá je dokonale hladká.
2. Svalová vrstva, ktorú tvorí kruhovito a špirálovito usporiadaná svalovina. Tepny majú túto vrstvu hrubšiu ako žily.
3. Vonkajší väzivový obal, cez ktorý prechádzajú nervy do hladkej svaloviny.

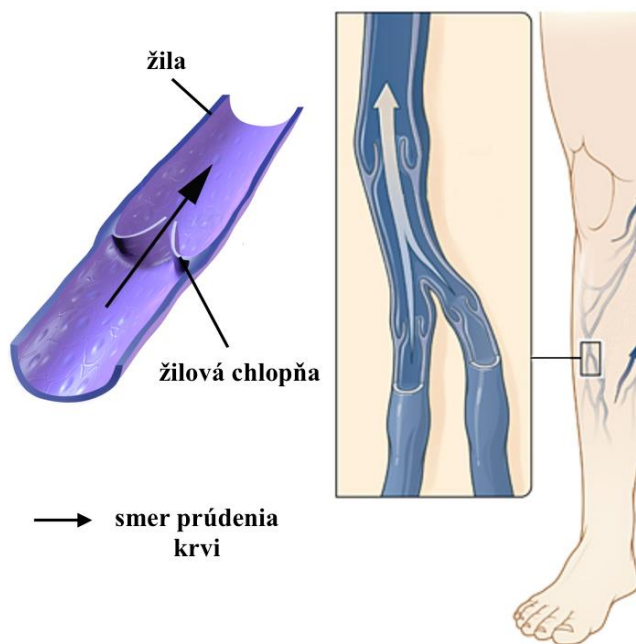
Jednotlivé typy ciev sa svojou stavbou od seba čiastočne odlišujú.

Tepny (*arteriae*) sú cievy vychádzajúce a vedúce krv zo srdca. Vo všeobecnosti vedú kyslíkom nasýtenú krv. Rýchlosť prietoku krvi je 60 – 80 cm/s. Majú pevnú, hrubú a pružnú stenu tvorenú svalovými a elastickými vláknami. Stavba stien je dôležitá pre udržanie prietoku krvi v obehu a pre výšku krvného tlaku. Je vystlaná **endotelom** (*tunica intima*), vrstvou elastických vlákien, ktoré dodávajú vláknám pružnosť. Strednú vrstvu tvorí **hladká svalovina** (*tunica muscularis*), ktorá je mohutnejšia ako u žíl. Pružné tepny sa môžu rozpínať a prijať tak príval krvi, vypudený pri systole komôr. Pri diastole sa steny tepien vracajú do pôvodnej polohy pričom tlačia krv dopredu. Na povrchu tepien a vo väzive sa rozvetvujú vlákna vegetatívnych nervov do jemných sietí. V oblúku srdcovnice a v rozvetvení krkavíc sú umiestnené receptory, ktoré registrujú zmeny krvného tlaku (**baroreceptory**) a zmeny koncentrácie O₂ a CO₂ v krvi (**chemoreceptory**). Z týchto receptorov smerujú vzruchy dostredivými vláknami blúdivého a jazykovohltanového nervu k centram srdcovej činnosti v predĺženej mieche.

Tlak krvi je vlastnou pohonnou silou krvného prúdu. V krvnom obehu tečie krv v smere tlakového spádu. Tlak krvi na stenu tepny a odporu cievneho riečiska sa nazýva **krvný tlak**. Kolíše v závislosti od fázy srdcovej činnosti, od systolického a minútového objemu, odporu krvného riečiska, množstva krvi v tepnách a od viskozity krvi. Maximum dosahuje pri srdcovej systole, ide o tzv. **systolický tlak**, ktorý má hodnotu 13 – 21 kPa (120 torrov), minimum v diastolickej fáze. **Diastolický tlak** dosahuje hodnotu 9 – 12 kPa (70 torrov). Všeobecne platí,

že vekom sa tlak zvyšuje preto, že sa znižuje pružnosť ciev. Krvný tlak klesá smerom od srdca k veľkým tepnám a k periférii. Prudký pokles nastáva v tepničkách, veľmi nízky je v žilách a pri ústí žíl do srdca je dokonca mierne negatívny (podtlak). Krvný tlak je hydrostatický tlak (Hg) a zisťujeme ho tzv. **tonometrom** (tlakomerom) v ramennej tepne bližšie k srdcu. Zapisujeme ho v tvare X/Y, napr. 120/70, čo znamená systolický tlak 120 mmHg (t.j. 120 milimetrov ortuťového stĺpca) a diastolický tlak 70 mmHg. Pokojový tlak je závislý na veku a pohlaví, pričom u novorodenca je najnižší. S vekom postupne pozvoľna stúpa a v puberte sa o niečo rýchlejšie zvyšuje. U dospelého je systolický tlak asi 120 mmHg a diastolický 80 mmHg. U žien býva o 5 mmHg nižší ako u mužov. V starobe môže byť patologicky zvýšený (**hypertenzia**) a to vplyvom straty pružnosti stien ciev. Z fyziologických vplyvov zvyšuje krvný tlak fyzické zaťaženie organizmu. Pri veľmi namáhavej činnosti môže stúpnuť svstolický tlak až na 180 mmHg a to najmä vplyvom zväčšenia minútového srdcového objemu. Pri psychickej záťaži sa zväčšuje krvný tlak vplyvom odporu zužujúcich sa ciev.

Žily (*venae*) vedú väčšinou odkysličenú krv. Krv odvádzajú z vlásoknic a vstupujú do srdca. Vlásoknice sa spájajú do drobných žiliek a tie do silnejších žíl. Do pravej predsene vedú dve silné žily, horná a dolná dutá žila. Sú tenšie, poddajnejšie ako tepny a ich prierez je väčší. Stena žily má tenšiu svalovú vrstvu ako tepna, menej svaloviny, a elastické vlákna chýbajú. Tlak krvi v žilách je menší, dokonca pred vstupom krvi do srdca, t.j. v hrudnej oblasti, je hodnota tlaku záporná. V hrudnej dutine zabezpečuje návrat krvi do srdca podtlak pri vdychu, pri ktorom sa žily rozširujú a krv sa do nich nasáva. Vytlačanie krvi v žilách, napr. v dolných končatinách, kde pôsobí gravitácia, sa realizuje kontrakciou svalstva, ktoré stláčajú žily. Spätnému toku krvi v dolných končatinách zabraňujú vakové vychlípeniny, **žilové chlopne** (obr. 31). U ľudí, ktorí musia dlhšie stáť, sa chlopne postupne od seba oddialia



Obrázok 31 Žilové chlopne

a vytvoria kŕčové žily. Pri telesnej práci spojenjej s izotonickou činnosťou svalov sa krv v žilách hromadí a žily nápadne vystupujú pod povrchom kože.

Vlásočnice (*kapiláry*) sú tenkostenné a jemné cievy s pomalým prietokom krvi. Ich steny tvorí iba jediná vrstva endotelových buniek, dĺžky 0,5 mm, avšak ich celok tvorí obrovské riečisko. Tvoria spojky medzi arteriálnym a venóznym obehom. V srdcovnici tečie krv rýchlosťou 30 cm za sekundu a vo vlásočniciach 0,5 mm za sekundu. Rozvetvením sa tok krvi spomaľuje – spomalenie prietoku krvi je účelové, pretože vlásočnice sú hlavnou funkčnou časťou krvného obehu – tu dochádza k difúzii plynu medzi krvou a medzibunkovými (intercelulárnymi) priestormi. Stena vlásočnic je tenká, umožňuje ľahký prestup látok do tkanivového moku a z tkanivového moku do krvi (dýchacie plyny, voda a okrem vysokomolekulárnych bielkovín väčšina látok obsiahnutých v plazme) a oxidu uhličitého z tkanív do krvi a tiež splodín látkového metabolizmu.

Hustota kapilárnej siete je v jednotlivých orgánoch rôzna. Závisí od činnosti orgánov a intenzity látkovej premeny, ktorá v nich prebieha. Veľkú kapilarizáciu má napr. myokard. Celkové množstvo kapilár v orgánoch nie je plne využitých. Napr. vo svaloch je v kľudovom stave väčšina kapilár zatvorená, ale pri telesnej práci sa otvárajú.

Miazgová sústava (*Systema lymphaticum*)

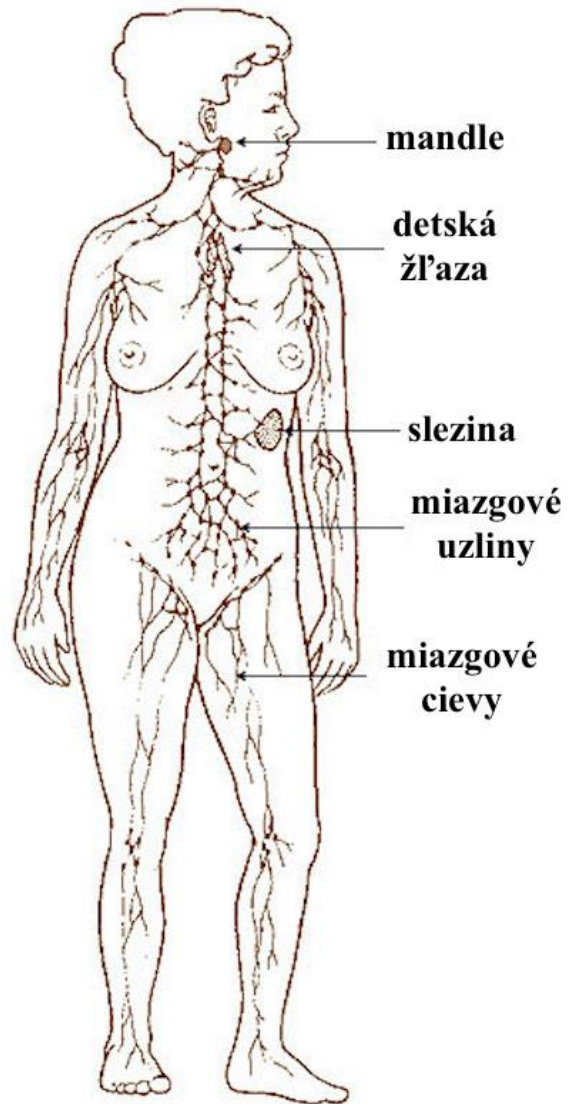
Miazgová sústava dopĺňa sústavu ciev. Služi k odvádzaniu prebytočného tkanivového moku, splodín metabolizmu z tkanív i odvádzaniu vstrebaných tukov z črevných stien do krvi. Miazgová sústava plní drenážnu a imunologickú funkciu. Drenážnu funkciu vykonáva sústava lymfatických ciev. Začína sa sieťou miazgových vlásočníc kde sa tvorí miazga, a jej pokračovaním sú zberné miazgové cievy, ktoré prepravujú miazgu cez **miazgové uzliny** (*noduli lymphatici*). V nich sa miazga zbaví škodlivých látok (toxíny, baktérie, rakovinové bunky) a obohatí sa krvnými bunkami, hlavne lymfocytmi. Zberné miazgové cievy sa zlievajú do dvoch **miazgových kmeňov** (*trunci lymphatici*): **hrudný miazgovod** (*ductus thoracicus*) a **pravý miazgovod** (*ductus lymphaticus dexter*). Miazgové kmene majú podobnú stavbu ako žily. Ciev z dolnej polovice tela sa spájajú v brušnej dutine pod bránicou, kde vzniká hrudný miazgovod. Zbiera miazgu z dolnej časti tela a z ľavej časti hrudníka. Začína sa vo výške druhého bedrového stavca spojením črevného kmeňa a dvoch bedrových kmeňov. Prechádza vpravo od aorty, ďalej bránicou a vyúsťuje oblúkom do sútoku ľavej podkľúčnej žily s ľavou krčnou žilou. Pred vyústením prijíma miazgu z ľavej polovice hlavy, ľavej hornej končatiny a ľavej polovice hrudnej steny. Pravostranný miazgový kmeň odvádza miazgu z hlavy a pravej hornej časti tela. Ústi do sútoku pravej podkľúčnej žily s pravou krčnou žilou.

V lymfatickom tkanive sa nachádzajú imunokompetentné bunky lymfocyty, ktoré sa na antigénny podnet menia na imunologicky aktivované bunky. Imunologickú funkciu zabezpečuje prednostne detská žľaza (týmus), miazgové uzliny a slezina.

V miazgovej sústave prúdi **miazga** (*lymfa*). Miazga obsahuje menej bielkovín ako plazma a väčšie množstvo tukových kvapôčok. Je to bezfarebná alebo belavá tekutina zložením podobná krvnej plazme. Vzniká z tkanivového moku odoberaním metabolitov, vznikajúcich v bunkách, ktoré sa z vnútorných orgánov dostávajú pomocou lymfatických ciev až na miesto, kde lymfatické cievy vstupujú do žíl. Miazga prichádzajúca z črevných stien je belavá, pretože obsahuje emulgované tuky. Obsahuje tiež lymfocyty (obranná funkcia) a niektoré ďalšie krvné bunky. Funkcia miazgy je predovšetkým transportná. Z tkanív odvádza vstrebané látky, splodiny látkového metabolizmu do krvi a odvádza prebytočné tuky z tenkého čreva. Svojím zložením sa zúčastňuje na udržaní stáleho vnútorného prostredia tkanív a orgánov. Miazga

odteká miazgovými cievami do žilovej krvi. Pohyb miazgy umožňuje zmršťovanie miazgových ciev a kontrakcie svalov v končatinách, brušnej a hrudnej dutine a tiež činnosť svalov pri dýchaní.

Miazgová sústava (obr. 32) sa začína slepými výbežkami miazgových vlások v intercelulárnych priestoroch tkanív. Tvoria sieť takmer vo všetkých orgánoch okrem centrálného nervstva, chrupavky a očnej gule. Ich jednovrstvová stena je tvorená endotelovými bunkami. Miazgové kapiláry sa spájajú do väčších miazgových ciev. V ich stenách sú bunky hladkého svalstva. Vo vnútri sú párové chlopne, početnejšie ako u žíl. V priebehu miazgových ciev sa nachádzajú miazgové uzliny fazuľovité tvaru rôznej veľkosti až do troch centimetrov. Vyskytujú sa jednotlivo i v skupinách. Najviac ich je za ušnicou a pred ňou, po celej dĺžke krku pozdĺž krkavíc, pri dolnom okraji dolnej čeľusti, v podpazuší, po oboch stranách brušnej aorty a v oblasti slabín. Vznikajú v nich lymfocyty slúžiace ako filter, pretože zachytávajú odpadové látky, bunky, baktérie atď. Pri zápaloch sa uzliny mierne zduria. K miazgovej sústave patria aj uzlíčky lymfoidného tkaniva, ktoré sú roztrúsené tesne pod epitelom na mnohých miestach tráviacej, dýchacej a pohlavnej sústavy a v podnebných mandliach.



Obrázok 32 Miazgová sústava

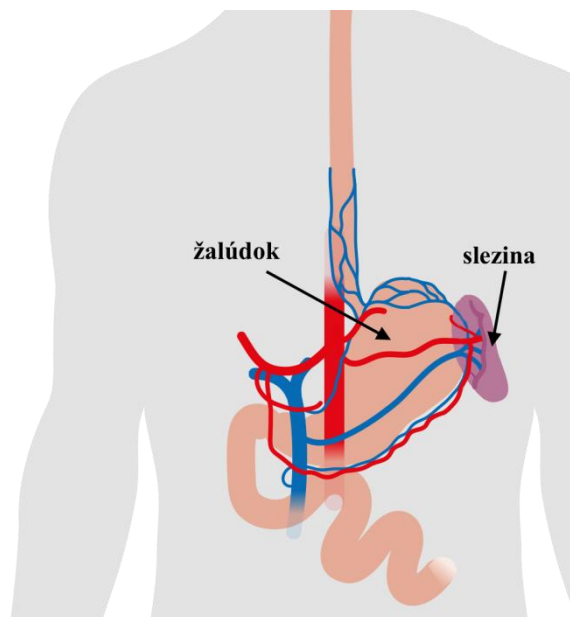
Detská žľaza (*thymus*)

Je párovým lymfatickým orgánom, dobre vyvinutým u novorodencov. Uložená je v hrudníku vpredu za hrudnou kosťou, pred priedušnicou. Jej veľkosť sa mení s vekom, najväčšia je

v detstve (najmä v období prvého roku života), od puberty dochádza k jej postupnému zániku a nahradzovaniu tukovým tkanivom vplyvom pohlavných hormónov. U detí siaha približne od štítnej žľazy až k srdcu, u dospelých je malá a má nepravidelný tvar. Pravdepodobne zohráva dôležitú úlohu pri raste a brzdí vývin pohlavných orgánov. Vytvára prvotné lymfocyty, ktoré ešte v priebehu vnútramaternicového vývinu plodu osídľujú miazgové uzliny a sú zdrojom bunkovej imunity. Tvorbou protilátok sa zapája do imunitných reakcií organizmu. V období puberty redukuje až atrofuje. Pod vplyvom detskej žľazy sa kmeňové bunky diferencujú na lymfocyty označované ako T-lymfocyty.

Slezina (*lien*)

Je to mäkký sekundárny lymfatický orgán purpurovočervenej farby uložený za žalúdkom v ľavej hornej časti brušnej dutiny pod bránicou (obr. 33). Pokrytý je väzivovým puzdrom, ktoré smerom dovnútra vytvára prepážky so svalovými bunkami. Svojou aktivitou vypudzujú krv von. Medzi týmito hustými väzivovými trámami sú dutinky, ktoré vyplňa retikulárne väzivo, jemná **červená dreň sleziny**. Červená dreň je prestúpená cievami, ktorých vlásočnice sa rozširujú do tzv. **slezinných sínusov**. Sú to priestory, v ktorých sa hromadí krv. Ich steny sú tvorené endotelovými bunkami, ktoré majú schopnosť fagocytózy. Steny ciev sú pre krvné bunky a plazmu obojstranne priepustné. Tento prestup je regulovaný. V červenej dreni sú roztrúsené tiež belavé uzlíčky miazgového tkaniva zloženého prevažne z lymfocytov. Označované sú ako **biela dreň sleziny**.



Obrázok 33 Umiestnenie sleziny

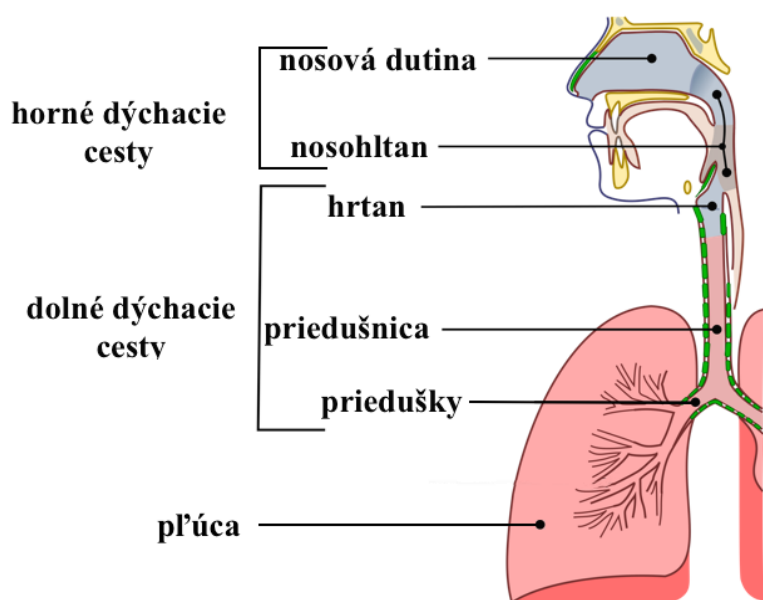
Slezina je dlhá 10 – 13 cm, široká 7 – 8 cm a hrubá 3 – 4 cm. Má bôbovitý tvar, podobný kávovému zrnu, pričom jej tvar a veľkosť sa mení podľa objemu krvi. Pri svalovej práci sa znižuje, keďže sa z nej vypudzuje krv potrebná pre prácu svalov. Krv zbavuje poškodených krviniek a rôznych látok, ktoré sa dostali do krvi a zároveň je dôležitou zásobárňou krvi (približne 1/2 litra krvi). V plodovom období sa v nej tvoria červené krvinky a po narodení v nej

vznikajú lymfocyty. Uplatňuje sa aj pri odbúravaní opotrebovaných červených krviniek. Nie je však nevyhnutná pre život človeka, keďže tkanivo sleziny tvorí len malý podiel z celkového množstva tkanív retikuloendotelovej sústavy. Po jej odobratí preberajú funkciu sleziny iné lymfoidné systémy a pečeň.

Dýchacia sústava (*Systema respiratorium*)

Organizmus potrebuje pre zabezpečenie všetkých životných funkcií energiu. Tá sa uvoľňuje pri oxidácii látok bohatých na energiu (najmä cukrov a tukov ako zásobného zdroja energie) za spotreby kyslíka a vzniku oxidu uhličitého a vody. Vodu z tela vylučujú predovšetkým močové orgány, koža (pot) a pľúca (vodná para). K zabezpečeniu prísunu kyslíka a odvádzaniu oxidu uhličitého slúži dýchacia sústava. Počas minúty sa človek nadýchne a vydýchne približne 16 krát, pričom prijme 250 ml O₂ a vydá 200 ml CO₂. Kvantita spotreby kyslíka je závislá od veľkosti organizmu. Funkciu transportu kyslíka a oxidu uhličitého v organizme plnia telové

tekutiny, krv a obehový systém.



Dýchaciu sústavu tvoria horné dýchacie cesty, dolné dýchacie cesty a pľúca (obr. 34). **Horné dýchacie cesty** začínajú nosovou dutinou a pokračujú nosohltanom. **Dolné dýchacie cesty** začínajú v mieste, kde sa križuje dýchacia sústava s tráviacou.

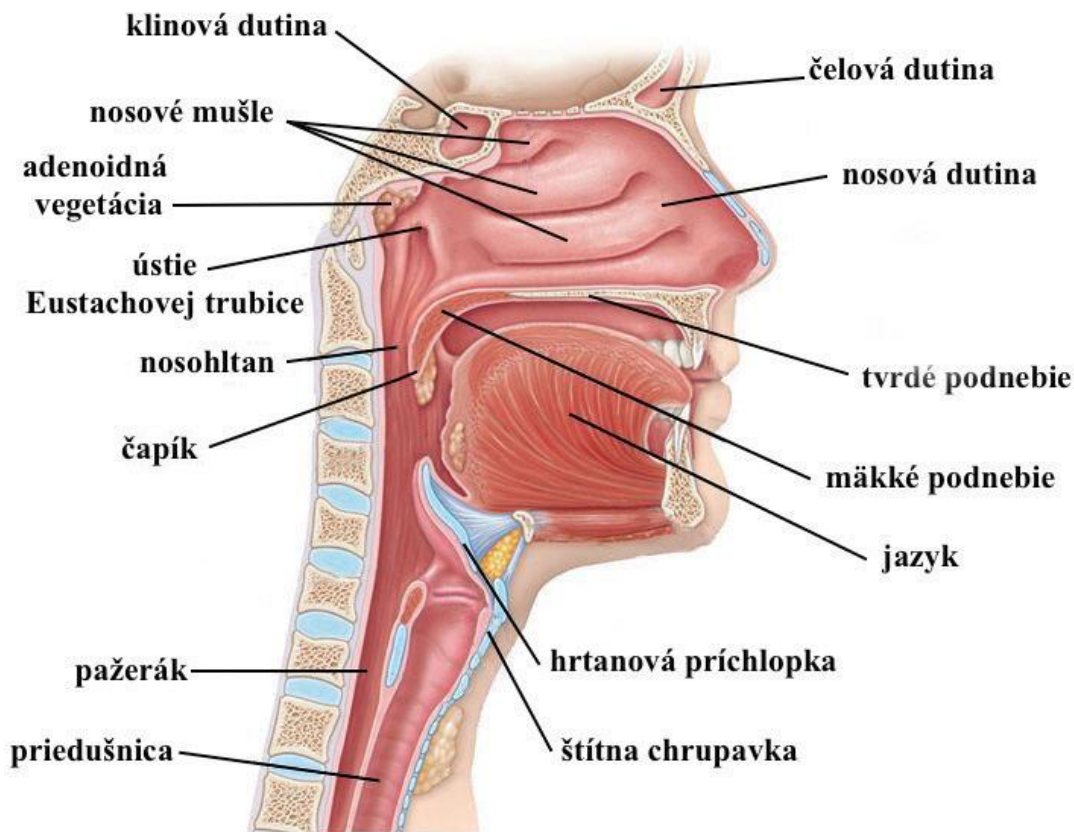
Obrázok 34 Dýchacia sústava

Nos (*nasus*)

Má tvar trojstrannej pyramídy (trojbokého ihlanu) nasadajúcej na tvár **základňou** (*basis nasi*), ktorej bočné strany sú tvorené **krídlami nosa** (*alae nasi*). Krídla nosa sa zbiehajú do **chrbáta nosa** (*dorsum nasi*), ktorý je kraniálne (t.j. smerom k lebke) ohraničený **koreňom nosa** (*radix nasi*) (je to najvyšší bod, najbližšie k čelu) a kaudálne vybieha do **hrota nosu** (*apex nasi*).

Vonkajší nos (*nasus externus*) je vystužený chrupavkovitým skeletom, nosnými kostičkami, a na povrchu je krytý kožou.

Nosová dutina (*cavum nasi*) je priestor ohraničený kostnými výbežkami čeľuste. Predná časť dutiny, ktorá je tvorená dvoma nosovými otvormi – **nozdrami** (*nares*) pod nosovými krídlami, prechádza do vonkajšieho nosa, vzadu pokračuje nosová dutina dvoma zadnými **nosovými otvormi** – **choánami** (*choanae*) do nosohltanu. Nosová dutina je oddelená od ústnej dutiny podnebí (obr. 35). Spodinu nosovej dutiny tvoria kosti, ktoré sa podieľajú na stavbe tvrdého a mäkkého podnebia (podnebné výbežky hornej čeľusti a dve kosti podnebné) – oddeľujú nosovú a ústnu dutinu. Strop nosovej dutiny tvorí klinová kosť, čelová kosť a dierkovaná platnička čuchovej kosti. Bočné steny sú bohato členité a vystupujú z nich tri páry nosových mušlí, ktoré každú polovicu rozdeľujú na horný, stredný a dolný priechod. V dolnom priechode vyúsťuje slzovod.



Obrázok 35 Ohraničenie nosovej dutiny

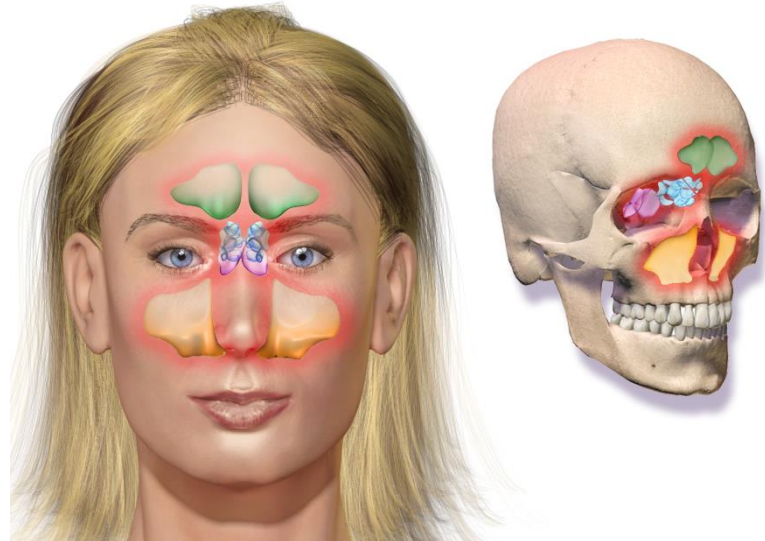
V prednej časti nosovej dutiny sa nachádza **predsieň nosa** (*vestibulum nasi*), za ňou je **vlastná nosová dutina** (*cavitas nasi proprium*). Predsieň je pokrytá kožou prechádzajúcou z povrchu nosa. Nachádzajú sa tu tuhé chlpy (*vibrissae*), ktoré slúžia ako filter na zachytávanie prachových častíc a nečistôt. Vlastná nosová dutina je **nosovou priehradkou** (*septum nasi*) rozdelená na dve nerovnaké asymetrické časti, ktoré horizontálne členia nosové mušle

(*conchae*) na horný, stredný a dolný nosový priechod. Priehradka je v zadnej časti tvorená kosteným podkladom a v prednej časti je chrupavkovitá a blanitá. Zadnú časť prepážky tvorí čerieso a zvislá platnička kosti čuchovej.

Celá nosová dutina je vystlaná sliznicou. V strope nosovej dutiny má sliznica horného priechodu odlišné zloženie, je to tzv. **čuchové pole** (*regio olfactoria*), ktoré je tvorené špecializovanými nervovými bunkami, zmyslovými čuchovými bunkami a seróznymi žliazkami. Je žltkastej farby a nachádzame v nej početné čuchové bunky citlivé na plynné látky. Stredný a dolný priechod sú dýchacími (respiračné) oddielmi. Dolná **dýchacia oblasť** (*regio respiratoria*) zaberá zvyšok nosovej dutiny, je ružovo-červená, bohato cievne prekrvená respiračná sliznica slúžiaca na zahrievanie vdychovaného vzduchu. Je tvorená riasinkovým epitelom a početnými žľazami produkujúcimi hlien. Tento aparát zabezpečuje vlhký povrch sliznice a zachytávanie drobných častíc z vdychovaného vzduchu. Vzduch sa pri vdychovaní zbavuje tuhých látok, ktoré sa zachytávajú na chlípky. Množstvo patogénov sa prilepí práve na hlien. Riasinky nachádzajúce sa na sliznici tieto nečistoty pomocou kmitania zachytávajú a posúvajú von z dýchacích ciest. Vzduch sa zároveň zvlhčuje a otepľuje. V slizničnom väzive sú bohaté žilové pletence, pri poranení ktorých môže nastať krvácanie z nosa (*epistaxis*).

Funkcie nosovej dutiny:

1. Prehrievanie vdychovaného vzduchu.
2. Zachytávanie mechanických nečistôt a mikroorganizmov hlienom nachádzajúcim sa na povrchu sliznice.
3. Zvlhčovanie extrémne suchého vzduchu.
4. Dráždenie čuchových buniek.
5. Eliminácia patogénov imunoglobulínmi obsiahnutými v hliene.



Obrázok 36 Prínosové dutiny

Nosová dutina je spojená s priestormi v niektorých kostiach lebky (v čelovej, čuchovej, klinovej kosti a v hornej čeľusti). Tieto priestory, ktoré majú rovnakú stavbu ako nosová dutina,

nazývame **prínosové dutiny** (sínusy) (*sinus paranasales*) (obr. 36). Sú vystlané tenkou sliznicou a vyplnené vzduchom. Najväčšie dutiny sa nachádzajú v čeľusti (*sinus maxillaris*), menšie sú v **čelovej kosti** ako aj v **čuchovej kosti** (*sinus ethmoidalis*) a **klinovej kosti**. Sínusy sa vyvíjajú neskôr v detstve, pričom ich konečná veľkosť sa fixuje až po puberte; pričom u novorodenca ešte nie sú vytvorené. Celý systém slúži na odľahčenie lebky, na rezonanciu hlasu a má význam i pri vzpriamenej chôdzi a správnom držaní tela. Môžu byť postihnuté zápalom (*sinusitis*), ktorý býva veľmi silný, pretože hnis z nich veľmi ťažko odteká.

Nosohltan (*nasopharynx*)

Nosová dutina prechádza zadnými nosovými otvormi do hltanovej dutiny, odkiaľ vdychovaný vzduch pokračuje do hltanu. Horná časť hltana sa nazýva nosohltan, stredný oddiel ústna časť a dolný hrtanová časť.

Nosohltan je horný lievikovitý úsek hltana, do ktorého choánami prúdi vzduch z nosovej dutiny. Je vysoký 2,5 cm a hlboký 1,5 cm. Hranicou medzi nosohltanom a ústnou časťou hltana je mäkké podnebie a čapík. Pri prehĺtaní sa svalovina mäkkého podnebia zdvíha a úplne oddeľuje ústnu dutinu od nosovej. Po stranách ústi do nosohltana **párová sluchová (Eustachova) trubica**, ktorá vychádza zo stredného ucha a spája ho s nosohltanom. Táto trubica vyvoláva zmeny tlaku vzduchu v stredoušnej dutine. Nosohltan je vystlaný sliznicou pokrytou riasinkovým epitelom. V ňom sú uložené početné žliazky produkujúce hlien. Pri ústiach Eustachových trubíc, v klenbe nosohltanu, ktorá prilieha na lebečnú spodinu, sú v sliznici nahromadené väčšie množstvá miazgového tkaniva tzv. lymfatické uzlíky, nazývané aj ako **nosohltanová mandľa** (*tonsilla pharyngea*) (nazývaná aj tretia mandľa, príp. adenoidná vegetácia). Tieto mandle sú bariérou proti pôvodcom niektorých infekcií. Nosohltanová mandľa je u detí silne vytvorená a pri jej nadmernom zhrubnutí sa môže obmedziť spojenie s nosovou dutinou. Dieťa tak dýcha nesprávne ústami, čo sa môže prejaviť aj huhňavosťou reči. Pri podráždení sliznice nastáva kýchnutie. Ide o nepodmienený reflexný dej s centrom v predĺženej mieche, ktorého cieľom je rýchle a efektívne prečistenie dýchacích ciest.

Od ústnej časti hltanu je nosohltan oddelený podnebnohltanovým uzáverom, tvoreným mäkkým podnebíom. Pri dýchaní je voľne zavesený smerom nadol a pri prehĺtaní a rozprávaní zdvihnutý nahor. Ústna časť hltanu je križovatkou dýchacej a tráviacej sústavy. Otvára sa do nej ústna dutina. Vchod do hrtanu je pri prehĺtaní uzatvorený hrtanovou príchlopkou, ktorá zamedzuje prechod potravy do dolných dýchacích ciest.

Dýchanie nosom a ústami

Dýchanie nosom je veľmi dôležité pre celkové telesné a duševné zdravie najmä dieťaťa. Pri nepriechodnosti spôsobenej zdurenou nosohltanovou mandľou je dýchanie plytké a povrchné, čo má nepriaznivý vplyv na rozvoj hrudníka, ktorý sa splošťuje a jeho svalstvo ochabuje. V dôsledku ochabnutia svalstva vznikajú i poruchy v zakrivení chrbtice. Povrchné dýchanie neumožňuje dostatočný prísun kyslíka, na ktorého nedostatok je citlivá najmä centrálna nervová sústava a svaly. Dieťa sa tak stáva podráždeným, rýchlo sa unaví, je precitlivené. Pri nedostatočnom dýchaní dieťa spí nepokojne, nedostatočne hlbokým spánkom. V škole je následne unavené a nesústredené.

Nedostatočné dýchanie má vplyv aj na trávenie. Prijímanie a spracovanie potravy sa predlžuje a narušuje. Môže pri tom vzniknúť i nepríjemný pocit, ktorý spôsobí odpor z jedla považovaný mylne za nechutenstvo.

Sťažené dýchanie má i ďalšie dôsledky: stála nádcha, kašeľ, katar priedušiek, nedoslýchavosť spôsobená chronickým zdurením sliznice Eustachovej trubice. Trpí i vývin tvárovej časti kostry: nosové dutiny sú úzke a tvár je vpadnutá. Na základe uvedeného je potrebné, aby bola nosohltanová mandľa včas operatívne odstránená.

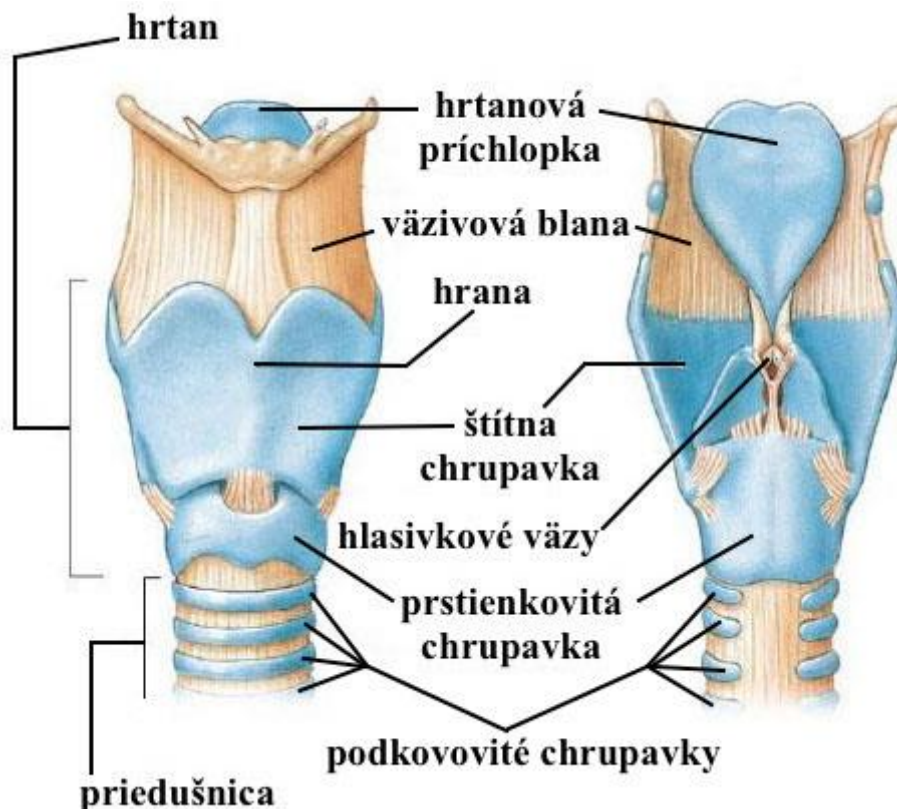
Dolné dýchacie cesty tvorí hrtan, priedušnica a priedušky.

Hrtan (*larynx*)

Má typický rúrkovitý tvar a nachádza sa v prednej časti krku. Má tvar trojbokého ihlanu, ktorého horné ústie je otvorené do dolnej časti hltana a dolný úsek prechádza plynulo do priedušnice. U žien je dlhý 5 cm a u mužov 7 cm. Dutina hrtana je vystlaná sliznicou tvorenou riasinkovým epitelom. Predná plocha je pokrytá dolnými svalmi jazylky. Pozdĺž bočných stien sú priložené laloky štítnej žľazy a dolná časť pokračuje plynulo do priedušnice. Tvorený je hrtanovými chrupavkami (obr. 37), ktoré ho vystužujú a zabezpečujú, aby boli dýchacie cesty permanentne otvorené. Najväčšia z nich je **štítna chrupavka** (*cartilago thyreoidea*), tvoriaca vonkajšiu kosť hrtana. Sú to akoby dve strechovito spojené platničky, ktoré sa stretávajú v **hrane** (*prominentia laryngea*) – hrtanový výčnelok). Hrana je nápadná u mužov ako hrboľ (Adamovo jablko, ohryzok), u žien je oblejšia. K hornému okraju štítnej chrupavky sa pripája široká väzivová blana, ktorou je celý hrtan zavesený na jazylke. Za štítnou chrupavkou je uložená štítna žľaza. Pod ňou sa nachádza **prstienkovitá chrupavka** (*cartilago cricoides*) (má

tvar pečatného prsteňa), ktorá tvorí vnútornú kostru hrtana. Jeho oblúk je obrátený dopredu a dozadu smeruje platnička štvoruholníkovitého tvaru. K nej sú na zadnom hornom okraji kĺbovito pripojené dve menšie trojboké hlasivkové chrupavky. Od nich sa k štítnej chrupavke rozbiehajú dva hlasivkové väzy, ktoré sa pripájajú k okrajom štítnej chrupavky. Na chrupavky spojené navzájom väzmi a kĺbmi sa pripájajú priečne pruhované svaly. Svojimi sťahmi menia postavenie chrupaviek a tým aj tvar a veľkosť hrtanovej dutiny pri dýchaní čím ovplyvňujú tvorbu hlasu. Vnútro hrtanu je vystlané sliznicou s riasinkovým epitelom.

Hrtanová dutina má tvar presýpacích hodín a je tvorená **predsieňou** (*vestibulum laryngis*) a **hrtanovou komorou** (*ventriculus laryngis*). Medzi nimi sa nachádza zúžená časť tvorená hlasivkami – dva páry horných (pravých) a dolných (nepravých) hlasivkových rias, medzi



Obrázok 37 Hrtan

ktorými je **štrbina predsieni** (*rima vestibuli*). Štrbina medzi hlasivkami sa nazýva ako vlastná **hlasivková štrbina** (*rima glottidis*). Táto štrbina má v pokojovom stave tvar písmena V. V najužšom mieste hrtanu sú od štítnej chrupavky k hrotom hlasivkových chrupaviek napojené dve slizničné riasy, **nepravé hlasivkové riasy**. Sú nehybné, sýtejšie červené ako ostatná sliznica. Pre vytvorenie hlasu nemajú význam. Pod nimi sa nachádzajú **pravé hlasivkové riasy** (hlasivky), smerujúce od zadného okraja štítnej chrupavky k hrotom hlasivkových chrupaviek.

Ich podkladom sú pružné väzivové vlákna a hlasivkový sval. Pokrýva ich jemná belavá sliznica. Hlasivkové riasy sú akoby natiahnuté špagáty, medzi ktorými je hlasivková štrbina, čo je zároveň najužším miestom dýchacích ciest. Pri kľudnom dýchaní je široko roztvorená.

Činnosťou hrtanového svalstva sa mení postavenie chrupaviek hrtana a tým sa hlasivková štrbina rozširuje alebo zužuje a hlasivky sa napínajú alebo uvoľňujú. Krátko pred rozprávaním sa hlasivky napnú (zaujmu fonačné postavenie) a hlasivková štrbina sa uzavrie. Hlas vzniká tak, že prúd vydechovaného vzduchu pretláčaný medzi hlasivkami ich rozrazí a v priečnom smere rozochveje. Hlasivková štrbina sa striedavo otvára a zatvára. Vibrácie sa prenášajú na vzduchový stĺpec nad nimi (pri zápaloch hlasiviek nemôžu vibrovať), ktorý sa rozochveje a vzniká základný hlasový tón. Postavenie hlasiviek je možné pozorovať **laryngoskopom**. Základný tón, ktorý vzniká, je slabý. Následne až chvením stĺpca vzduchu v rezonančných dutinách hltanu a ústnej dutiny sa zosilňuje a zafarbuje vrchnými harmonickými tónmi. Artikulácia hlások sa tvorí až v rezonančných dutinách pomocou jazyka, podnebia, pier a zubov. Ženské hlasivky sú kratšie a bližšie k sebe, čoho výsledkom je vyšší hlas. Dutinu hrtana od hltanu oddeľuje ďalšia veľká elastická chrupavka **hrtanová príchlodka** (*epiglottis*). Má tvar hrotu kopije (alebo tvar listu so stopkou) smerujúci smerom nadol. Opačný (kraniálny) koniec je voľný a široký a pri prehĺtaní pokrýva vchod do hrtanu. Funkciou hrtanovej príchlodky je uzatvoriť vchod hrtanu, aby sa nedostali kúsky potravy do dýchacích ciest pri vdychu. V detstve sa stavba hrtanu, a tým i štruktúra a rozsah hlasu medzi chlapcami a dievčatami nelíši. V puberte sa rast hrtanu zrýchľuje, čím vznikajú disproporcie medzi dĺžkou hlasových rias a jeho veľkosťou. Uvedené anatomické zmeny vedú k zmene hlasu, **hlasovej mutácii**. U chlapcov vplyvom pohlavného hormónu testosterónu rastie hrtan viac ako u dievčat. Zmena sa tak prejavuje nápadnejšie, najmä u tých, ktorí prudko rastú. Vytvorí sa u nich anatomický predpoklad pre hlboký hlas, avšak chlapec ho ešte nedokáže vytvárať a používa stále vyšší detský hlas čo sa prejavuje preskakovaním z vysokých do hlbokých polôh. Mutácia prebieha aj u dievčat. Nastupuje však skôr, je menej nápadná, trvá kratšie a tak býva prehliadaná. Ohľad treba brať najmä na prepínanie hlasu a hlas precvičovať najmä v hlbšej oblasti. Rast hrtana je ukončený v 23. roku života. Hlas má charakter druhotného pohlavného znaku.

Priedušnica (*trachea*)

Smerom nadol prechádza hrtan do priedušnice. Priedušnica je trubica, ktorá nadväzuje na prstienkovitú chrupavku, je vystužená podkovovitými chrupavkami (v tvare písmena C), spojenými svalmi a väzivom. Začína sa vo výške 6. krčného stavca a vstupuje do hrudníka, kde sa vetví (v oblasti 4. – 5. hrudného stavca) na dve priedušky **pravú priedušku** (*bronchus principalis dexter*) a **ľavú priedušku** (*bronchus principalis sinister*), ktoré prenikajú do pľúc. Dlhá je približne 13 cm a široká 1,5 – 2 cm a uložená pred pažerákom.

Na strane smerujúcej k chrbtici prebiehajú vo väzive priečne a pozdĺžne hladké svaly, umožňujúce predĺženie a skracovanie priedušnice. Celá priedušnica je vystlaná sliznicou s riasinkami a hlienovitými žliazkami (tzv. riasinkový epitel), ktorý má ochrannú funkciu. Riasinky posúvajú hlien, častice prachu a baktérie von z dýchacích ciest orálnym smerom, t.j. k ústam. U fajčiarov sa riasinkový epitel poškodzuje, riasinky strácajú schopnosť zachytávať nečistoty, ktoré sa následne dostávajú priamo do pľúc a nastáva vykašliavanie hlienov (tzv. fajčiarsky kašeľ). Avšak zmeny na riasinkovom epitely sú reverzibilné, t.j. epitel sa u abstínujúcich fajčiarov obnovuje. Ak sa do dýchacích ciest dostanú väčšie pevné častice alebo sa nahromadí hlien, je vyvolaný nepodmienený reflex, kašeľ. Začína hlbokých vdychom a pri jeho vyvrcholení sa hrudník zastaví a náhlym mohutným výdychom ústami dráždivé látky vypudí.

Priedušky (*bronchi*) sú pokračovaním priedušnice. Každá prieduška vstupuje do príslušných pľúc tzv. pľúcnou brámkou, kde sa mnohonásobne vetví na stále tenšie vetvičky (vytvára sa **prieduškový strom**). Stavba stien priedušiek je zhodná so stavbou priedušnice. Priedušky sa rozchádzajú pod uhlom 60 – 90°, pričom pravá prieduška pokračuje v priebehu priedušnice a ľavá smerom doľava. Pravá prieduška sa vetví na tri **lalokové priedušky** (*bronchus lobalis*) a ľavá na dve lalokové priedušky. Lalokové priedušky sa vetvia na **segmentálne** (úsekové) **priedušky** (*bronchi segmentales*) (vstup do segmentu pľúc), ktoré zásobujú presne ohraničený úsek pľúc. Vetvia na **priedušničky** (*bronchioli*) a na menšie a menšie segmenty – priedušinky – priedušničkové trubičky (alveolárne chodbičky), ktoré ústia do pľúcnych vačkov. Steny vačkov sú hrozovito vyklenuté do **pľúcnych mechúrikov** (*alveoli pulmonalis*), v ktorých dochádza k vlastnej výmene plynov medzi pľúcami a krvou tzv. difúziou, t.j. pasívnym transportom. Pri postupnom vetvení v pľúchach ubúda v prieduškách chrupavčité vystuženie a v priedušinkách úplne chýba. Medzi vetvami stromu je veľké množstvo väziva. Počet

pľúcnych mechúrikov je veľký a ich povrch vytvára plochu o veľkosti približne 80 m². Aktívna dýchacia plocha je však o 25 % menšia, keďže časť alveol predstavuje rezervu pre zvýšené nároky na kyslík. Mechúriky majú veľmi tenké steny tvorené jednovrstvovým epitelom. Na vonkajšej strane sú pretkané hustou sieťou krvných vlásočníc. Difúzia plynov v pľúcach je ovplyvnená predovšetkým rozdielom tlaku kyslíka v alveolách a v krvi, ktorá preteká pľúcnymi kapilármi. Čím je tento pomerný tlak vyšší, tým viac kyslíka sa naviaže na červené krvné farbivo. Priemer alveoly je 1 mm. Na vnútornej strane alveoly je tenká vrstva respiračného epitelu (dýchacieho tkaniva). Cez tento epitel prechádzajú molekuly plynu z dutiny mechúrika do krvi pretekajúcej kapilármi. Pri dostatočnej cirkulácii krvi prejdú pľúcami štyri litre vzduchu za minútu, pri námahe je to 25 – 30 litrov. Priedušničky sú neustále naplnené vzduchom (čiastočne aj po smrti).

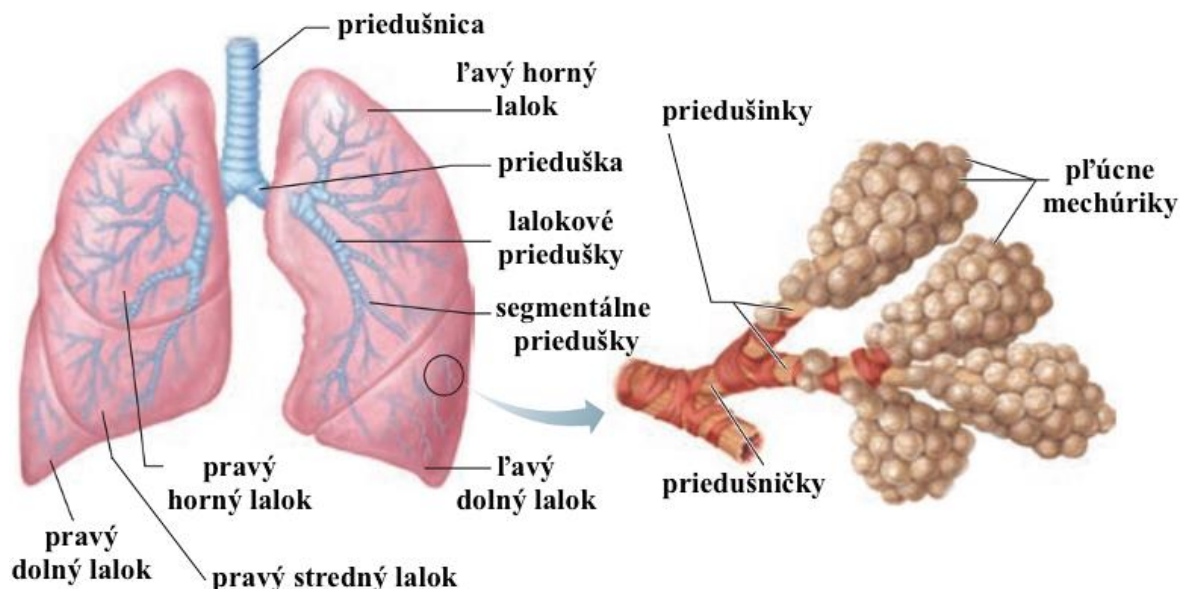
Pľúca (*pulmo, pulmones*)

Pľúca (obr. 38) sú vlastným párovým orgánom vonkajšieho dýchania. Majú kužeľovitý tvar a vyplňajú prevažnú časť hrudníkovej dutiny. Sú ľahké, vážia 600 – 700 g, pružné, hubovité, pôvodne svetloružové, neskôr s pribúdajúcim vekom sivasté, šedé až mramorované, a to v dôsledku usadenín z vdychovaných nečistôt.

Pľúca sú hlbokými zárezmi rozdelené na laloky: pravé pľúca na tri laloky – horný, stredný a dolný, a ľavé na dva laloky – horný a dolný. Horný lalok pravých pľúc má tri segmenty, stredný dva a dolný päť. Horný lalok ľavých pľúc má päť segmentov a dolný štyri až päť segmentov. Ľavé pľúca sú vo väčšine prípadov menšie, keďže je tam uložené srdce (okrem prípadov vrodenej polohy srdca na pravej strane). Sú chránené hrudným košom a tvorené pľúcny tkanivom. Rozlišujeme na nich základňu, rebrovú plochu, medzihrudnú plochu a vrcholky. Rozšírená základňa (*basis pulmonis*) nasadá na klenbu bránice a preto je vyhlbená. Rebrová plocha je vyklenutá smerujúca k hrudníku. Medzihrudná plocha je vyhlbená a je na nej otláčok srdca. Vrcholky pľúc, röntgenologicky nazývané **pľúcne hroty** (*apex pulmonis*), presahujú horné okraje obidvoch kľúčnych kostí, nad prvé rebro. V strede sa nachádza tzv. **pľúcna bránka** (*hilus pulmonis*), cez ktorú vstupujú do pľúc prieduška, vetva pľúcnej tepny, vystupujú pľúcne žily, miazgové cievy a nervy. Tieto útvary sa spoločne nazývajú ako **pľúcny koreň** (*radix pulmonis*). Medzi pravými a ľavými pľúcami je hrudná prepážka **medzipľúcie** (*mediastinum*). Prepážka siaha od chrbtice k hrudnej kosti a vytvára dve **pohrudnicové dutiny** (*cavum pleurae*) – pravú a ľavú. Pľúca sú pokryté tenkou hladkou väzivovou blanou

popľúcnicou (*pleura pulmonalis*), ktorá prechádza až na vnútornú plochu steny hrudnej dutiny ako **pohrudnica** (*pleura parietalis*). Pohrudnica uzatvára dve samostatné pohrudnicové dutiny. V medzihrudnom priestore je uložené srdce, prechádzajúce veľké cievy, priedušky a pažerák. Medzi popľúcnicou a pohrudnicou je úzka štrbina, pohrudnicová dutina, vyplnená malým množstvom tekutiny, ktorej objem tvorí 10 – 15 ml tekutiny. Uľahčuje klzanie oboch blán pri dýchacích pohyboch. V štrbine je negatívny vnútrohrudný tlak. V pohrudnici je podtlak (97,5 kPa pri vdychu a 99,4 kPa pri výdychu). Vďaka podtlaku pri vdychu pľúca kopírujú pohyb hrudníka. Pri porušení hrudníkovej steny nastáva vyrovnanie tlaku, **spľasnutie pľúc** (*pneumothorax*) a udusenie.

Z funkčného hľadiska sa proces dýchania skladá z troch na seba nadväzujúcich procesov: vonkajšieho dýchania, transportu dýchacích plynov a vnútorného dýchania.



Obrázok 38 Pľúca

Vonkajšie (pľúcne) dýchanie (ventilácia): pri ňom dochádza k výmene dýchacích plynov medzi atmosférou, pľúcami a krvou. Uskutočňuje sa iba v pľúcach a to medzi pľúcnyimi alveolami a krvou. Ventiláciu umožňujú dýchacie pohyby hrudníka pri ktorom sa vzduch nasáva – nadýchnutie (inspirácia) a vypudzuje – vydýchnutie (expirácia). Oba dýchacie procesy sa navzájom reflexne podmieňujú a vyvolávajú aj zmeny objemu hrudníkovej dutiny.

Vonkajšie dýchanie je zabezpečované dýchacou sústavou, ktorá je tvorená:

- hornými a dolnými dýchacími cestami,
- pľúcami a
- pomocnými dýchacími svalmi.

Vzduch vyplňa v pľúcach dýchacie cesty. Obsah pľúcnych mechúrikov a alveol sa nazýva **alveolárny vzduch**. Pri vdychu sa nasáva do pľúcnych alveol vzduch z dýchacích ciest a dýchacie cesty sa plnia vonkajším atmosférickým vzduchom. Uvedené usporiadanie zabraňuje prenikaniu suchého a studeného vzduchu priamo do pľúc a predchádza náhlým zmenám alveolárneho vzduchu. Alveolárny vzduch je od červených krviniek oddelený tenkou stenou krvných vlásočníc a pľúcnych alveol. Difúzia O_2 a CO_2 ich stenami prebieha na základe čiastočného, parciálneho tlaku týchto plynov v krvi a v alveolárnom vzduchu.

Transport (distribúcia) dýchacích plynov zabezpečuje rovnomerné rozdelenie vdychnutého vzduchu do všetkých alveol. Uskutočňuje sa medzi vnútorným povrchom pľúc a bunkami tkanív a je zabezpečovaný krvou. Prenos plynov je obojstranný (recipročný).

Transport kyslíka z vonkajšieho prostredia až na miesto jeho spotreby sa uskutočňuje v štyroch na seba nadväzujúcich dejoch. Transport oxidu uhličitého prebieha analogicky avšak v opačnom poradí.

1. Transport z vonkajšieho prostredia do pľúcnych alveol, zabezpečený ventiláciou pľúc (vonkajšie dýchanie).
2. Difúzia z alveol do kapilárnej krvi vo vlásočniciach okolo pľúcnych alveol (vonkajšie dýchanie).
3. Transport krvným obehom do vlásočníc v tkanivách (rozvoz dýchacích plynov).

Transport dýchacích plynov krvou sa uskutočňuje prostredníctvom červených krviniek, v ktorých sa kyslík viaže na železo obsiahnuté v hemoglobíne. V tkanivách, kde je nízky parciálny tlak, sa kyslík uvoľňuje z erytrocytov do tkanivového moku, z ktorého je absorbovaný tkanivom

4. Difúzia z tkanivových kapilár do okolitých buniek (vnútorné dýchanie).

Vnútorné (tkanivové) dýchanie (difúzia): predstavuje výmenu dýchacích plynov medzi krvou a tkanivovými bunkami, ako aj intracelulárne oxidačné procesy prebiehajúce vo vnútri bunky. Krv transportuje dýchacie plyny až do najmenších kapilár, tu ich odovzdáva do

medzibunkových priestorov cez stenu kapiláry a odvádza z nich oxid uhličitý. Plyny difundujú z oblasti vyššieho parciálneho tlaku do oblasti s nižším tlakom. V tkanivách je nízky parciálny tlak kyslíka a pomerne vysoký parciálny tlak oxidu uhličitého v porovnaní s parciálnym tlakom v dýchacích cestách. Kyslík difunduje z vonkajšieho prostredia do organizmu. Difúzia CO₂ prebieha 20-násobne ľahšie ako difúzia kyslíka.

Mechanika dýchania

Pri vdychu sa rozmery hrudníka zväčšujú a do pľúc sa podtlakom nasáva vzduch. Vdych je aktívny proces, úplne závislý od dýchacích svalov, ktoré svojou kontrakciou zdvíhajú a rozširujú hrudník, zväčšujú jeho objem – hrudná dutina sa zväčšuje v priečnom aj v zvislom smere. K dýchacím svalom patrí bránica, vonkajšie medzirebrové svaly (vdychové svaly), prsné svaly a niektoré svaly krku a chrbta.

Bránica (*diaphragma*) je plochý sval, ktorý sa začína na chrbtici a oddeľuje hrudníkovú dutinu od brušnej dutiny. Je mierne vyklenutá dopredu a hore. Pri vdychu sa sťahuje kaudálnym smerom (nadol), splošťuje, a pri zmršťovaní ťahá rebrá. Pri pokojnom dýchaní sa zväčšuje priestor hrudníkovej dutiny v zvislom smere o jeden centimeter. Bránica pracuje ako piest a zabezpečuje až 80 % ventilácie pľúc. Sťah vonkajších medzirebrových svalov zdvíha rebrá, posúva hrudnú kosť dopredu a zväčšuje hrudnú dutinu v priečnom a predozadnom smere.

Výdych je pasívny pohyb, na ktorom sa zúčastňuje predovšetkým bránica, medzirebrové (výdychové) svaly, ako aj elasticnosť hrudníkovej steny, pružné napätie pľúc a tlak brušných orgánov na bránicu a hmotnosť hrudníka. Rebrá, bránica a hrudník sa vracajú do normálnej polohy, hrudná dutina sa zmenšuje a vzduch je vytlačený z pľúc. Pri zvýšenej spotrebe kyslíka sa do činnosti zapájajú aj **pomocné dýchacie svaly**. Pri vdychu pomáhajú všetky svaly, ktoré sa upínajú na rebrá zhora a napomáhajú zdvíhaniu hrudníka (zdvíhač hlavy, veľký a malý prsný sval, široký chrbtový sval). Svalstvu výdychovému pomáhajú pri zvýšenej dýchacej činnosti svalové skupiny upínajúce sa na dolný okraj rebier, ktoré znižujú rebrá a stláčajú brušné orgány (najmä štvorhranné bedrové svaly). Pohyby hrudníka pri dýchaní sú sprevádzané pasívnymi pohybmi pľúc. Príčinou pasívneho rozpínania pľúc je rozdiel tlaku v úzkej pohrudnej štrbine medzi popľúcnicou a pohrudnicou a v dýchacích cestách vo vnútri pľúc. Rozoznávame teda dva typy dýchania: rebrové alebo hrudníkové, ktoré je častejšie u dospelých, najmä u žien, a abdominálne (brušné) alebo bráničné, ktoré prevažuje u detí a mužov.

Dospelý človek vykoná približne 16 vdychov a výdychov za jednu minútu (**dychová frekvencia**). Dychová frekvencia je vyššia v detstve (u novorodencov s malým objemom pľúc je to 30 vdychov, u sedemročných detí 20 vdychov), pri telesnej práci, v horúcom prostredí, pri zvýšenej teplote a pri emóciách akými sú hnev, plač alebo zlosť. **Dychový respiračný objem** je množstvo vymeneného vzduchu pri každom vdychu a výdychu pri pokojnom dýchaní, približne 500 ml. Zvyšuje sa pri telesnej práci.

Minútová ventilácia je súčet dychových objemov (množstvo vzduchu) pri pokojovom dýchaní za jednu minútu. Vypočíta sa z dychovej frekvencie a objemu respiračného vzduchu (16×500 ml). U človeka je to približne 6 – 8 litrov vzduchu, pri námahe až 80 l. Najväčší objem vzduchu, ktorý možno predýchať pri usilovnom dýchaní za jednu minútu sa nazýva **maximálna vôľová ventilácia**. U dospelého človeka predstavuje 125 – 170 l vzduchu.

Respiračný vzduch nie je všetok objem, ktorý môžu pľúca prijať. Po pokojnom vdychu je možné hlbokým vdychom prijať 2 – 2,5 l ďalšieho vzduchu. Je to tzv. **doplňkový vzduch**. Podobne po pokojnom výdychu je možné s väčším úsilím vydýchnuť ešte viac ako jeden liter vzduchu. Je to tzv. **zásobný vzduch**. Súčet objemov vzduchu respiračného, doplňkového a zásobného, resp. objem vzduchu, ktorý vydýchneme maximálne hlbokým výdychom z pľúc po predošlom maximálnom nádychu tvorí **vitálnu kapacitu pľúc**. Meriame ju spirometrom. U mužov predstavuje približne 3500 – 5000 ml, u žien 2500 – 4000 ml. Vitálna kapacita pľúc závisí nielen od pohlavia, ale aj od výšky, hmotnosti, veku, kondície a najmä dychových svalov. Zväčšuje sa s rastúcim povrchom tela, s vekom, športom a fyzickou prácou. Nižšia je pri rôznych ochoreniach dýchacích orgánov, ale aj pri niektorých chorôbách svalovej sústavy. Pre jej vzťah k veľkému počtu činiteľov má určovanie vitálnej kapacity veľký význam. U detí s ťažkými chorobami dýchacích ciest býva bežnou súčasťou vyšetrenia ich zdravotného stavu.

Avšak aj po maximálnom výdychu zostáva v pľúcach ešte približne 1500 ml vzduchu, ktorý nie je možné vydýchnuť. Označuje sa ako **kolapsový** či **zvyškový** (reziduálny) **vzduch**, pretože uniká z pľúc iba pri kolapse. Avšak aj v skolabovaných pľúcach ostáva ešte určité množstvo tzv. **alveolárneho** vzduchu.

Regulácia dýchania

Človek vykonáva dýchacie pohyby automaticky, rytmicky a bez účasti vôle. Dýchanie je nepodmienenou reflexnou činnosťou prebiehajúcou neustále, počas spánku aj v narkóze. Hlavnú úlohu na regulácii dýchania má dýchacie centrum v retikulárnej formácii predĺženej miechy v oblasti Varolovho mostu. Impulzy prichádzajú do dýchacieho centra z receptorov vnútorných orgánov, z centrálného nervového systému a z vonkajšieho prostredia. V dýchacom centre vznikajú vzruchy, ktoré vedú po odstredivých dráhach k dýchacím svalom a následne na to sa uskutoční kontrakcia a naopak. Chemické riadenie činnosti dýchacieho centra sa uskutočňuje zmenami zloženia krvi pretekajúcej centrom a tiež chemoreceptormi v aorte a vo svaloch. Podľa zloženia krvi sa dýchanie reguluje na základe koncentrácie CO₂ v krvi. Ak je v tkanivách vysoká koncentrácia CO₂, nastáva zrýchlenie dýchania. Dochádza k podráždeniu a aktivizácii dýchacieho centra a následnému zvýšeniu dychovej frekvencie, dýchanie sa zrýchli a prehĺbi. Regulácia z predĺženej miechy je autonómna, ale dýchanie môžeme po určitú hranicu ovládať aj sami (takto sa však neudusíme). Dýchacie pohyby sú ovplyvňované aj mozgovou kôrou. Úmyselne môžeme zadržať dych alebo zrýchliť dýchanie, ale len na krátky čas.

Na činnosť dýchacieho centra vplyvajú aj podmienené reflexy a emócie. Činnosť dýchacieho centra je tiež podporované rytmickým dráždением senzitivných zakončení blúdivého nervu v pľúcnom tkanive. Pri vdychu tu vzniknú vzruchy, ktoré v dýchacom centre vyvolajú útlm, a tak ustávajú kontrakcie vdychových svalov a nastane výdych. Pri výdychu postupne klesá dráždением senzitivných zakončení, tým vymizne útlm dýchacieho centra a dôjde opäť k novej kontrakcii vdychových svalov.

Pravidelné dýchanie pri normálnej koncentrácii CO₂ nazývame **eupnoe**. Zvýšená koncentrácia CO₂ vyvoláva zrýchlenie dýchacích pohybov a označuje sa ako **polypnoe**. Zníženie dychovej frekvencie nazývame ako **oligopno**, čo môže viesť ku krátkodobej zástave dychu – **apnoe**.

Hypoxia a anoxia

Hypoxia je zníženie obsahu kyslíka v krvi, nie však pod kritickú hodnotu. Úplný nedostatok kyslíku v tkanivách sa nazýva **anoxia** a spôsobuje smrť. Hypoxia nastáva pri nízkej koncentrácii kyslíka vo vdychovanom vzduchu, pri nedostatočnej srdcovej činnosti alebo pri anémii. Sprievodným javom hypoxie je **modranie** (*cyanóza*) kože a sliznice pier. Hypoxia je nebezpečná pre ďalší vývin dieťaťa. Poškodzuje centrálny nervový systém a narúša ďalší jeho

psychomotorický vývin. Práve bunky mozgu sú citlivé na nedostatok kyslíku. Krátka hypoxia môže prebehnúť bez následkov, avšak dlhotrvajúca hypoxia alebo anoxia nenávratne poškodí mozgové bunky a zanechá trvalé následky, ako napríklad neschopnosť vykonávať jemné pohyby, prípadne vzniknú ďalšie poruchy v ovládaní kostrového svalstva.

Zoznam obrázkov

Titulný obrázok: Hodina anatómie u doktora Tulpa, Rembrandt, 1632

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/The_Anatomy_Lesson.jpg

Obrázok 1 Stavba kosti

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/603_Anatomy_of_a_Long_Bone.jpg

Obrázok 2 Postup osifikácie

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Bone_growth.png

Obrázok 3 Kolenný kĺb

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/908_Bursa.jpg

Obrázok 4 Chrbtica

Zdroj: https://c2.staticflickr.com/2/1589/24030151565_85ded93029_b.jpg

Obrázok 5 Časti stavca

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Vertebra_Superior_View.jpg

Obrázok 6 Nosič a čapovec

Zdroj: https://c1.staticflickr.com/3/2462/3994664436_b2f3edb06f_b.jpg

Obrázok 7 Hrudný kôš

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/721_Rib_Cage.jpg

Obrázok 8 Kostra hlavy

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/Human_skull_front_simplified_%28bones%29-gl.svg/1001px-Human_skull_front_simplified_%28bones%29-gl.svg.png

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/Human_skull_side_bones.svg/2000px-Human_skull_side_bones.svg.png

Obrázok 9 Lebka novorodenca

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/702_Newborn_Skull-01.jpg

Obrázok 10 Kostra hornej končatiny

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Human_arm_bones_diagram.svg/547px-Human_arm_bones_diagram.svg.png

Obrázok 11 Kostra dolnej končatiny

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7e/Human_leg_bones_labeled.svg/2000px-Human_leg_bones_labeled.svg.png

Obrázok 12 Panva

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/26/Blausen_0723_Pelvis.png/768px-Blausen_0723_Pelvis.png

Obrázok 13 Panva ženy a muža

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/809_Male_Female_Pelvic_Girdle.jpg

Obrázok 14 Kostra nohy

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/812_Bones_of_the_Foot.jpg

Obrázok 15 Stavba svalu

Zdroj: <http://human-anatomy101.com/wp-content/uploads/2016/09/muscle-spindle-anatomy-test-3-ch-10-12-physical-therapy-asistant-pta-230-with-james.jpeg>

Obrázok 16 Nervovosvalová platnička

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/1009_Motor_End_Plate_and_Innervation.jpg

Obrázok 17 Aktín a myozín: A, počas kontrakcie svalstva ; B, po skončení svalovej kontrakcie

Zdroj: http://www.spring8.or.jp/en/news_publications/press_release/2010/100513_fig/fig1.png

Obrázok 18 Svaly hlavy

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/1106_Front_and_Side_Views_of_the_Muscles_of_Facial_Expressions.jpg

Obrázok 19 Krčné svaly

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/1111_Posterior_and_Side_Views_of_the_Neck.jpg

Obrázok 20 Bránica

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/1113_The_Diaphragm.jpg

Obrázok 21 Svaly brucha

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7e/1119_Muscles_that_Move_the_Humerus.jpg/963px-1119_Muscles_that_Move_the_Humerus.jpg

Obrázok 22 Krvné elementy

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Blausen_0425_Formed_Elements.png

Obrázok 23 Systém AB0

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/ABO_blood_type.svg/2000px-ABO_blood_type.svg.png

Obrázok 24 Poloha srdca v hrudnej dutine

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Blausen_0458_Heart_ThoracicCavity.png

Obrázok 25 Prierez srdcom

Zdroj: <https://advancedcardioservices.com/wp-content/uploads/2016/05/constrictive-pericarditis-2-638.jpg>

Obrázok 26 Chlopne

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/2011_Heart_Valves.jpg

Obrázok 27 Smer prúdenia krvi

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/67/Heart_diagram_blood_flow_en.svg/1000px-Heart_diagram_blood_flow_en.svg.png

Obrázok 28 Srdcová revolúcia

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/2027_Phases_of_the_Cardiac_Cycle.jpg

Obrázok 29 Prevodový systém srdca

Zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Conductionsystemoftheheart.png>

Obrázok 30 Schematické znázornenie krvného obehu

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/2101_Blood_Flow_Through_the_Heart.jpg

Obrázok 31 Žilové chlopne

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9b/Varicose_veins-en.svg/2000px-Varicose_veins-en.svg.png

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Blausen_0891_VaricoseVein.png

Obrázok 32 Miazgová sústava

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Illu_lymphatic_system.jpg

Obrázok 33 Umiestnenie sleziny

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Diagram_showing_the_position_of_the_spleen_CRUK_417.svg/2000px-Diagram_showing_the_position_of_the_spleen_CRUK_417.svg.png

Obrázok 34 Dýchacia sústava

Zdroj:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9f/Illu_conducting_passages.svg/2000px-Illu_conducting_passages.svg.png

Obrázok 35 Ohraničenie nosovej dutiny

Zdroj: <https://i.pinimg.com/736x/9a/a1/eb/9aa1ebaca64c3f1904ec23a076004e5e--medical-anatomy-medical-terminology.jpg>

Obrázok 36 Prínosové dutiny

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Blausen_0800_Sinusitis.png

Obrázok 37 Hrtan

Zdroj: <https://image.slidesharecdn.com/anatomyoflarynx-100512072147-phpapp02/95/anatomy-of-larynx-6-728.jpg?cb=1273648973>

Obrázok 38 Pľúca

Zdroj: http://www.easynotecards.com/uploads/47/80/22207534_15b981cee06__8000_00001570.png

Použitá a odporúčaná literatúra

Baer H.W.: Biologické pokusy ve škole. SPN, Praha, 1968.

Cibis, N., Dobler H. J., Lauer V., Meyer R., Schmale E., Strecker H.: Člověk. Učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy. – Scientia Praha, 1996.

CD ROM Lidské telo

Dylevský, I.: Somatológia. Osveta Martin, 2003.

Fetter, V., Prokopec, M., Suchý, J., Titlbachová, S., 1967: Antropologie. Academia. Praha; Hanulík, M. et al., 1982: Praktické cvičenia z antropológie. VŠ skriptá. PF UK;

<http://cat.rulez.cz/k-klamy.htm>

Jelínek, J., Zicháček V.: Biologie pro střední školy gymnaziálního typu. Praktická část. – Fin Publishing, Olomouc, 1996.

Ľudské telo – Komplexný sprievodca po ľudskom tele a jeho funkciách, Cesty 1996.

Machová, J. Biologie člověka pro učitele. Univerzita Karlova v Praze, Praha, 2002.

Machová, J.: Cvičení z biologie III. – SPN, Praha, 1984.

Pospíšil, M., Drobná, M.: Antropológia I. Vysokoškolské skriptá, PriF UK, Bratislava, 1984.

Valachovič, A., Pěgřím, R.: Anatomia a fyziológia človeka, Osveta Martin, 1980.

Vondráková, M., Matejovičová, B., Slošková, A., Ambros, C.: Praktické cvičenia z antropológie. Vysokoškolské skriptá, FPV UKF v Nitre, Edícia prírodovedec č. 170, Nitra, 2005, ISBN 80 – 8050 – 849 – 6.

Weston, T. Atlas ľudského tela, Fortuna print, Bratislava 1993.