
7 Tělní tekutiny

Obsah kapitoly:

7.1 Úvod do kapitoly

7.2 Extracelulární tekutina

7.3 Krev

7.4 Lymfa

Po přečtení této kapitoly, by si měl znát a umět logicky využít poznatky:

- o významu a obsahu tekutin v tkáních i mimo tkáně,
- o významu a obsahu krve a lymfy,
- o základech regulace množství tekutin.

Klíčová slova:

Tělní tekutiny (intracelulární tekutina, extracelulární tekutina), voda, krev, krevní plazma, krevní elementy (erythrocyty, leukocyty, trombocyty), krevní skupiny (0, A, B, AB), lymfa

7.1 Úvod do kapitoly

Tělní tekutiny jsou médiem mnoha důležitých látek v lidském těle. Kapalné skupenství a objem tekutin umožňuje přesuny vody a v ní obsažených látek uvnitř, dovnitř a ven z buněk, tkání a orgánů.

Základem obsahu tekutin organismu je voda. V ní jsou rozpuštěny, vázány nebo volně uloženy zdroje energie (např. glukóza), stavební látky (např. bílkoviny), minerální látky, produkty metabolismu, mediátory regulačních systémů (např. hormony) a imunity (protilátky), dýchací plyny a další látky.

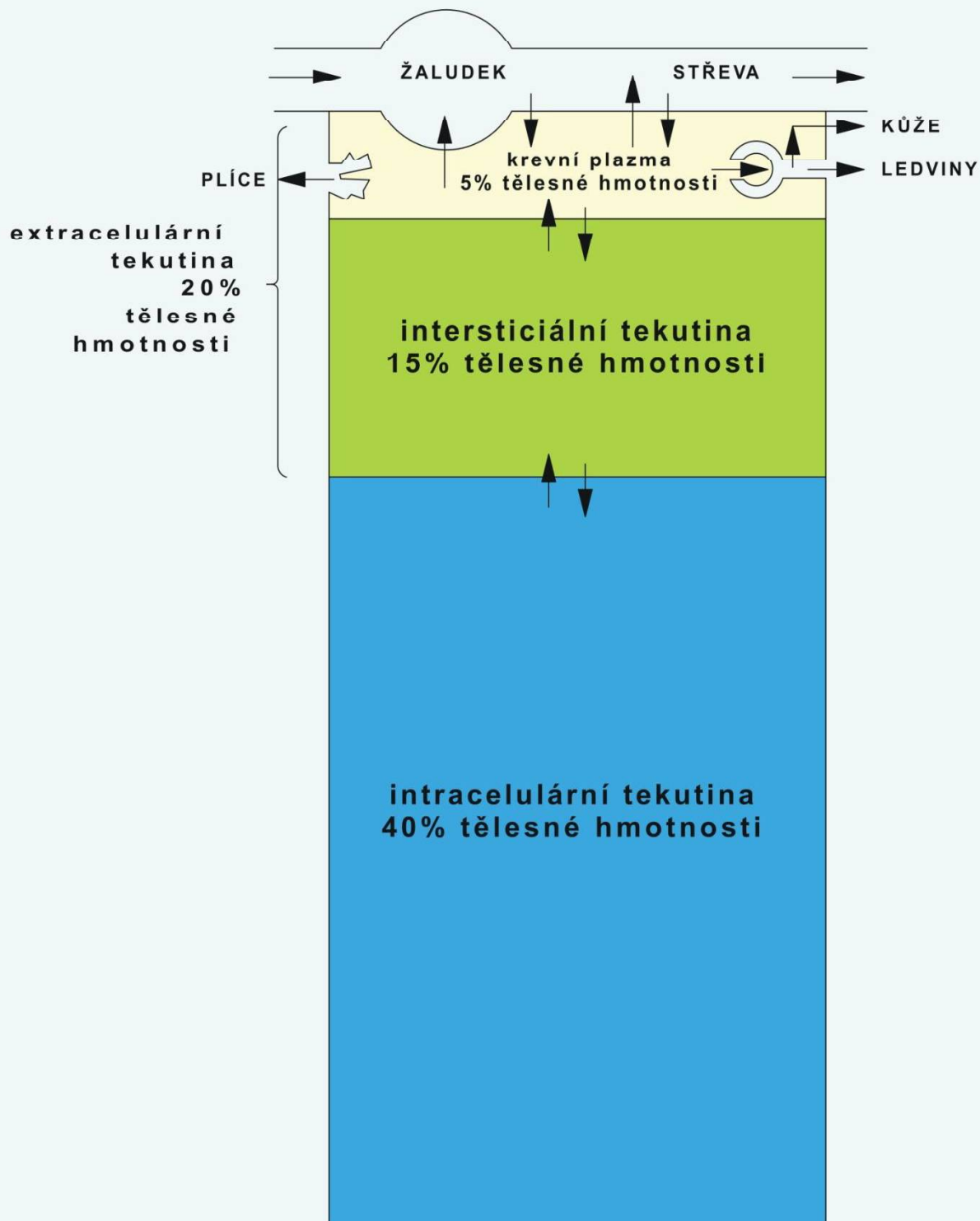
Tekutiny vyplňují vnitřní prostředí organismu a podle vymezených prostorů je lze rozdělit (obr. 44) na

- tekutiny uvnitř v buňkách - **intracelulární** (ICT) a
- tekutiny mimo buňky – **extracelulární** (ECT). Mezi extracelulární tekutiny patří také krev a lymfa.

Lze také hovořit o tekutinách tkáňových a mimotkáňových:

- Tkáňové tekutiny tvoří intracelulární a mezibuněčné (intersticiální) tekutiny.
- Mimotkáňové tekutiny jsou tvořeny krví a lymfou a tekutinami dutých orgánů.

Z výměnných cév krevního oběhu (kapiláry a postkapiláry) je filtrováno přibližně 20 l tekutin denně do intersticia (do tkání). Z toho asi 18 l se vrací žilami do krve přímo a zbylé 2 l oklikou přes lymfatický systém.



Obr. 44 Rozdělení tělních tekutin.

Rozhraní mezi jednotlivými oddíly tekutin tvoří polopropustné membrány buněk. Póry v membránách štěrbinami mezi buňkami dobře prochází voda, ionty a menší organické látky. Membrány nejsou pasivně propustné pro krvinky a větší molekuly bílkovin.

Přenos látek mezi buněčnou, mezibuněčnou a mimobuněčnou tekutinou zabezpečují různé mechanismy od pasivního přechodu, závislejícím na hydrostatickém tlaku a koncentračním spádu, až po aktivní transport za spotřeby energie.

7.2 Extracelulární tekutina (ECT)

Rozmístění ECT

Extracelulární tekutinu tvoří

- tkáňová tekutina mezibuněčná (intersticiální),
- tekutina v prostorách dutin orgánů trávicí soustavy (tekutina v jícnu, žaludku, střevě, žlučovodech a žlučníku),
- ledvin (moč v pánvičkách, močovodech a močové rouře),
- dýchací soustavy (hlen na povrchu sliznic dýchacích cest a plicních sklípků),
- oběhové soustavy (krev v srdečních dutinách a cévách) a
- prostor mezi orgány trupu (hrudní a břišní dutina),
- v končetinách (např. synoviální tekutina v kloubních štěrbinách).

Vlastnosti ECT

Stálost „vnitřního moře“ ECT je životně důležitá pro existenci a fungování všech buněk.

Organismus se snaží udržet, především pomocí ledvin a plic, potřebné vlastnosti extracelulární tekutiny

- *osmolalitu* (chemické napětí - tonicita),
- *objem* a
- *specifické iontové složení*.

Poznámky:

Osmolalita je množství osmoticky aktivních látek v jednotce hmotnosti rozpouštědla.

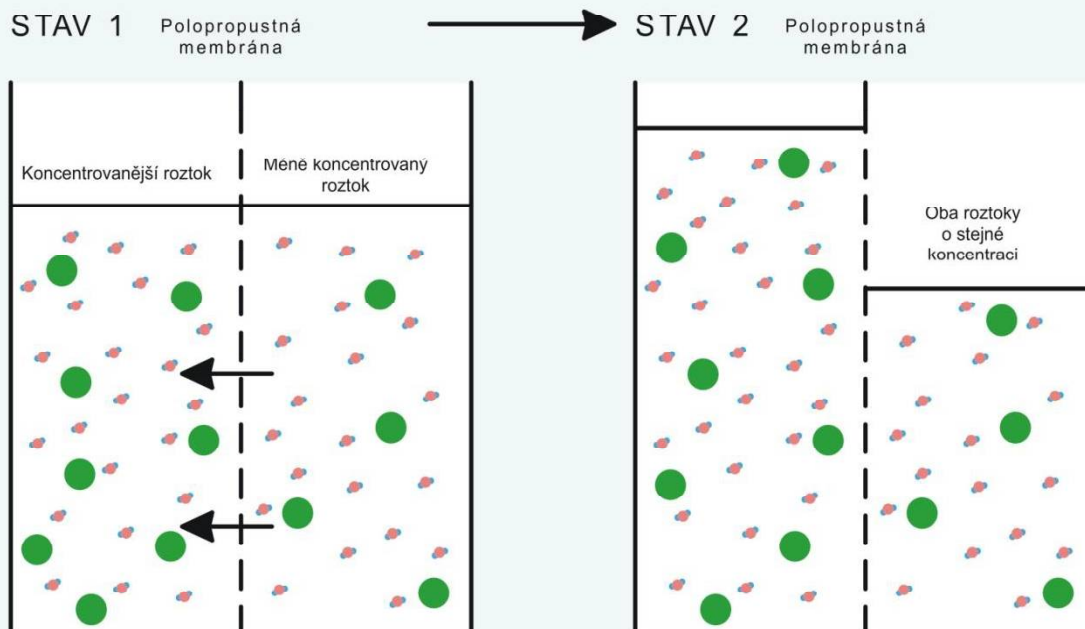
Osmóza je typ pasivního transportu, při kterém přestupuje voda přes polopropustnou membránu z prostoru s méně koncentrovaným roztokem do prostoru s více koncentrovaným roztokem.

OSMÓZA

● Rozpuštěná látka

●● Rozpouštědlo

← Směr difuze rozpouštědla (vlastní osmóza)



Obr. 45 Osmóza.

Změny osmolality ECT a mechanismy její ochrany

U zdravého člověka kolísá osmolalita plazmy mezi 280 a 295 mosm.l⁻¹.

a) **V případě zvýšené osmolality** (při zvýšeném příjmu a koncentraci látek, ztrátách a nedostatku vody)

- se objevuje *pocit žízně, který nutí člověka přijmout tekutiny.*
- Současně dochází k aktivaci neurohormonálního systému *hypotalamus* → *hypofýza* (ADH – antidiuretický hormon) → *zadržování vody v ledvinách* s následným udržením objemu krevní plazmy a dalších tekutin. (Tvoří se méně moči a je více koncentrovaná.)

b) **Při snížené osmolalitě** (např. v důsledku nadměrného příjmu vody a ztrát iontů) klesá sekrece ADH a v ledvinách se uvolňuje více vody z krve do moči. (Tvoří se více moči a je méně koncentrovaná.)

Zmenšení objemu ECT a mechanismy jeho ochrany

Zmenšení objemu ECT (hypovolémie, hypohydratace, dehydratace) může být způsobeno průjmy, zvracením, zvýšeným močením a pocením, krvácením. Klesá krevní tlak. Pro udržení objemu se uvolňuje mineralokortikoid *aldosteron, hormon kůry nadledvin, který stimuluje zadržování sodíku a vody v ledvinách.*

Vybrané ionty ECT a mechanismy jejich regulace

- Sodík **Na⁺**: V případě jeho nedostatku *nervově-hormonální systém hypotalamus* → *hypofýza* (ACTH - adrenokortikotropní hormon) → *kůra nadledvin* → *aldosteron* → *zadržování sodíku*

v ledvinách. Tubulární reabsorpci Na^+ v ledvinách ovlivňují i další hormony, např. kůry nadledvin, natriuretický faktor srdečních síní, angiotenzin II.

- Draslík K^+ : Regulace jeho výdeje a reabsorpce v tubulech ledvin se odvíjí od jeho aktuálních koncentrací v ledvinách a změn koncentrací Na^+ a H^+ . (Více je v kapitole o ledvinách.)
- Vápník Ca^{2+} :
 - V případě snížení koncentrace Ca^{2+} v plazmě *příštítná tělíska* uvolňují *parathormon*, který aktivuje kostní buňky (osteoklasty) k odbourávání kostní tkáně, z níž se uvolňuje Ca^{2+} . Parathormon nepřímo podporuje resorpci vápníku ve střevě a ledvinách.
 - V případě zvýšení koncentrace Ca^{2+} v plazmě se uvolňuje *kalcitonin*, *hormon C-buněk štítné žlázy*, který tlumí aktivitu osteoklastů, a tím podporuje zadržování Ca^{2+} v kostech
 - V kůži vzniká, vlivem ultrafialového záření, *kalcitriol*, který stimuluje resorpci Ca^{2+} ve střevě a mineralizaci skeletu.

7.3 Krev

Krev je složitá tekutina ve vnitřním prostoru krevního oběhu (krevních cév a srdce).

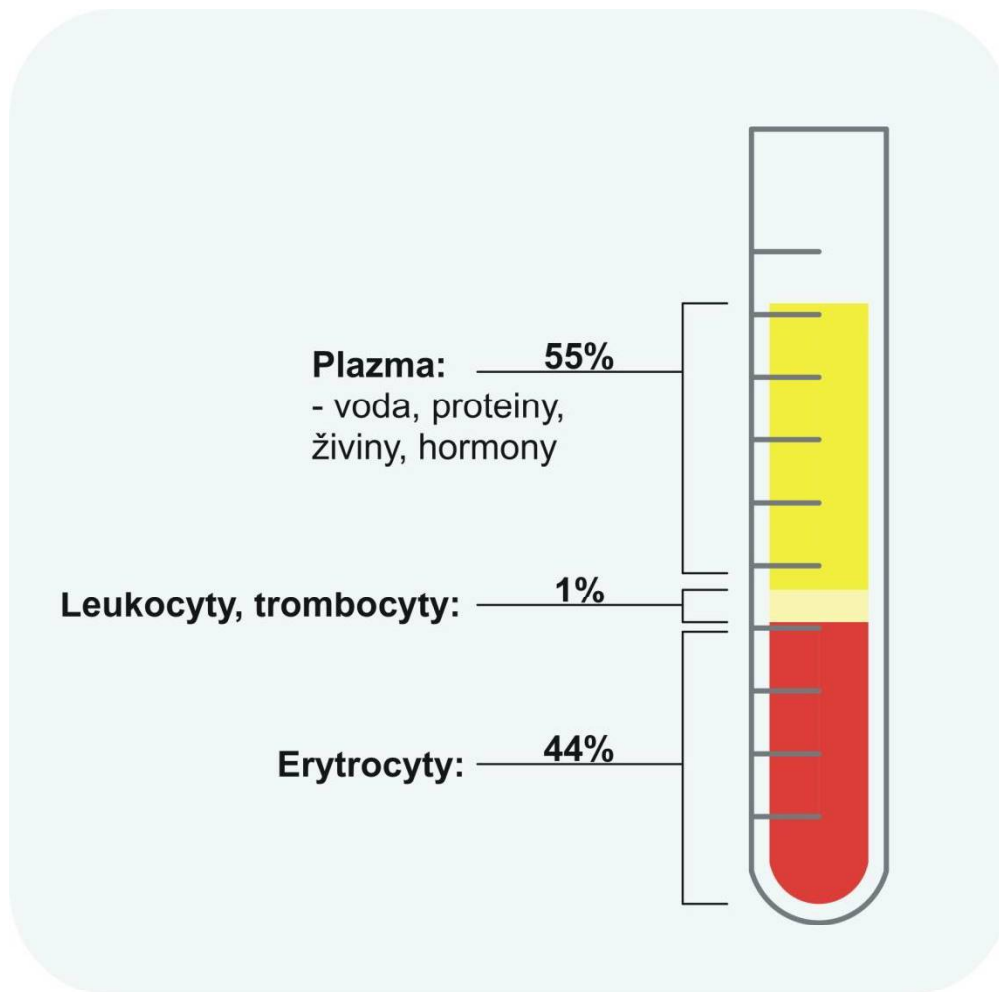
Celkový objem krve je dán součtem objemů krevních tělísek a krevní plazmy. U dospělého člověka je v průměru 3,6 l u žen a 4,5 l u mužů.

Složení a funkce krve (obr. 46)

- **Krevní plazma** je tekutou složkou krve. Obsahuje a po celém těle přenáší v ní rozpuštěné látky:
 - dýchací plyny,
 - stavební a energetické substráty - proteiny, lipidy, sacharidy, produkty metabolismu,
 - signální látky – hormony,
 - součásti látkové imunity (protilátky aj.),
 - bílkoviny systému pro a proti srážení krve,
 - látky pro udržení acido-bazické rovnováhy,
 - další nezbytné látky - vitaminy, minerály atd.
- **Krevní tělíska** (krvinky, krevní elementy):
 - Červené krvinky – *Erythrocyty (Ery)*. Obsahují hemoglobin, ve kterém přenášejí dýchací plyny (O_2 a částečně CO_2) a podílejí se na udržení acido-bazické rovnováhy.
 - Bílé krvinky – *Leukocyty (Leu)* jsou podstatnou součástí imunitního systému. Rozeznáváme neutrofilní, eozinofilní a bazofilní *granulocyty*, *monocyty* a *lymfocyty*.
 - Krevní destičky – *Trombocyty (Tro)*. Mají úlohu ve srážení krve.

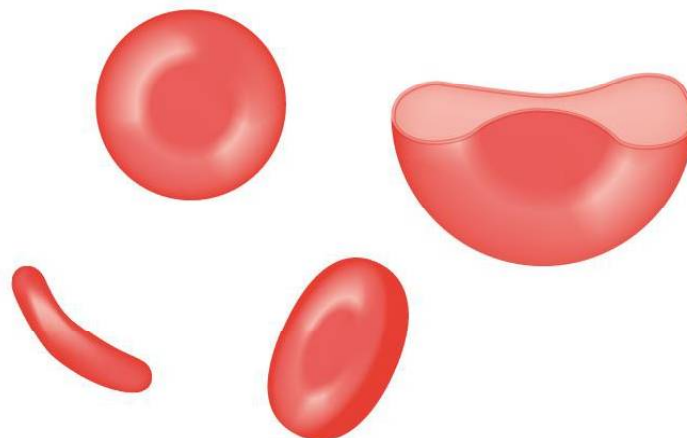
Podíl mezi objemem krevních tělísek a objemem krevní plazmy se nazývá **hematokrit (Hct)** – obr. 45, tab. 6. U žen hematokrit 37 - 47%, u mužů 42 - 52%.

Krev přenáší teplo. Podílí se na termoregulaci.



Obr. 46 Objemový podíl složení krve.

Erytrocyty (obr. 47, tab. 6) vznikají z prekurzorů v červené kostní dřeni, kde je jejich tvorba stimulována hormonem ledvin – *erythropoetinem*. Zvýšená tvorba a uvolňování erythropoetinu je reakcí na nižší množství kyslíku v krvi s cílem zvýšit kapacitu pro přenos kyslíku hemoglobinem v erytrocytech. Doba života erytrocytů je kolem 120 dnů. Staré erytrocyty jsou destruovány ve slezině a jejich zbytky likvidovány ve slezině, játrech a kostní dřeni. (Více je v kapitole o dýchání.)



Obr. 47 Erytrocyty.

Leukocyty (obr. 48, tab. 6) vznikají jak v kostní dřeni, tak v brzlíku (thymu), ve slezině a v mízních uzlinách. Jejich tvorba, diferenciaci a přesuny jsou odezvou na přítomnost cizorodých látek a mikroorganismů, které se snaží zlikvidovat. (Více je v kapitole o imunitním systému.)



Obr. 48 Leukocyty.

Trombocyty jsou vlastně úlomky buněk, které vznikají v kostní dřeni za stimulace hormonem z jater - trombopoetinem. Mají důležitou roli ve srážlivosti krve.

Železo (Fe)

Dvě třetiny z celkového množství Fe jsou vázány na hemoglobin v Ery, ¼ tvoří zásobní železo (ferritin a hemosiderin) a zbytek je funkční železo v myoglobinu, enzymech apod.

Ke ztrátám dochází u žen při menstruacích, v těhotenství a při porodu. Další příčinou je krvácení. Příjem železa se děje jeho vstřebáváním především ve dvanáctníku (duodenu). Je regulován množstvím železa v krvi a ovlivněn množstvím v potravě a nápojích. Denní příjem Fe by měl být mezi 10 – 20 mg; nejvíce u žen, méně u dětí a nejméně u mužů. Hlavním zdrojem jsou maso a ryby. Nedostatek železa tlumí syntézu hemoglobinu.

Tab. 6 Průměrné hodnoty hematokritu a vybraných složek krve dospělých osob.

	♂	♀
Hematokrit	0,40 – 0,54	0,37 – 0,47
Počet erytrocytů ($10^{12} \cdot l^{-1}$ krve = $10^6 \cdot \mu l^{-1}$ krve)	4,6 – 5,9	4,2 – 5,4
Koncentrace hemoglobinu ($g \cdot l^{-1}$ krve)	140 - 180	120 - 160
Celkové množství Fe v těle (g)	5	2
Počet leukocytů ($10^9 \cdot l^{-1}$ krve = $10^3 \cdot \mu l^{-1}$ krve)	3 – 11 (z toho 63% granulocyty, 31% lymfocyty, 6% monocyty)	
Počet trombocytů ($10^9 \cdot l^{-1}$ krve = $10^3 \cdot \mu l^{-1}$ krve)	170 - 360	180 - 400
Plazmatické bílkoviny ($g \cdot l^{-1}$ séra)	66 – 85 (z toho 55-64% albuminu)	

Reologické vlastnosti krve

- **Viskozita** (vnitřní třecí síla/odpor tekutiny při jejích pohybech) se zvětšuje s vyšším hematokritem a snižuje s narůstající rychlostí proudění krve.
- **Dostatečná průchodnost krve** (průtok) cévami. Nejmenší kapiláry mají průměr pod 5 μm . Průchodnost je podmíněna relativně nízkou viskozitou krve, která je umožněna *flexibilitou tvaru malých bezjaderných Ery*. Tato viskozita je asi jen 2x větší než viskozita krevní plazmy. Průchodnost drobnými cévami podporuje skutečnost, že *elementy jsou unášeny ve středním proudu*, uprostřed průsvitu cév.

Krevní skupiny

Membrány červených i bílých krvinek obsahují antigeny krevních skupin – **aglutinogeny**.

Současně u lidí existují v krevní plazmě protilátky proti cizím aglutinogenům – **aglutininy**.

Nejvýznamnější jsou antigeny a protilátky **AB**, kde je krevní skupina určena právě přítomným aglutinogenem.

Dalším systémem krevních skupin je např. systém rhesus faktor (**Rh**), který je dán přítomností (Rh^+) nebo nepřítomností (Rh^-) určitých znaků na povrchu erytrocytů.

Inkompatibilita krve v systému ABO

K inkompatibilitě (nesnášenlivosti) dochází v případě setkání krvinek s protilátkou proti jejímu antigenu.

Např. při kontaktu krvinky nesoucí antigen „A“ s protilátkou „anti-A“. Pak dojde ke shlukování napadených krvinek (aglutinaci) a jejich rozpadu (hemolýza) – tab. 7.

Tab. 7 Inkompatibilita krevních skupin v systému ABO.

Vysvětlivky: Šedá políčka – inkompatibilní kombinace krevních skupin (dochází k aglutinaci); bílá políčka – kompatibilní kombinace krevních skupin (nedochází k aglutinaci).

		Krevní skupiny			
		0	A	B	AB
		s protilátkami v krevní plazmě			
		anti-A anti-B	anti-A	anti-B	
Krevní skupiny (antigen na erytrocytu)	0				
	A				
	B				
	AB				

Krevní srážlivost (koagulace) a fibrinolýza

Krevní srážlivost je mechanismus **ochrany proti krvácení**, kterého se účastní *krevní destičky (Trombocyty), plazmatické faktory a cévní stěna*. Koagulačních faktorů v destičkách a plazmě je velké množství. Patří mezi ně i vitamin K a ionty vápníku Ca^{2+} .

Při koagulaci dochází k přilepení (adheze) trombocytů k cévní stěně, k jejich dalšímu shlukování (agregace) a vytvoření krevní sraženiny (**trombus**), která ucpe otvor. Takto vytvořená zátka je zpevněna a fixována pomocí bílkovinné hmoty (**fibrin**).

Fibrinolýza, při níž dochází k rozpuštění fibrinu, je mechanismus **pro rozpuštění krevní sraženiny** a obnovení krevního průtoku.

7.4 Lymfa

Lymfa (tkáňový mok, míza) je tekutina v dutém systému lymfatických cév a uzlin.

Obsah lymfy

- Z periferních tkání do lymfy proniká voda a bílkoviny.
- Ze střev se do lymfy dostávají ve vodě nerozpustné lipidy.
- Významnou součástí lymfatické tekutiny jsou elementy imunitního systému – lymfocyty.
- Lymfa obsahuje srážlivé faktory.

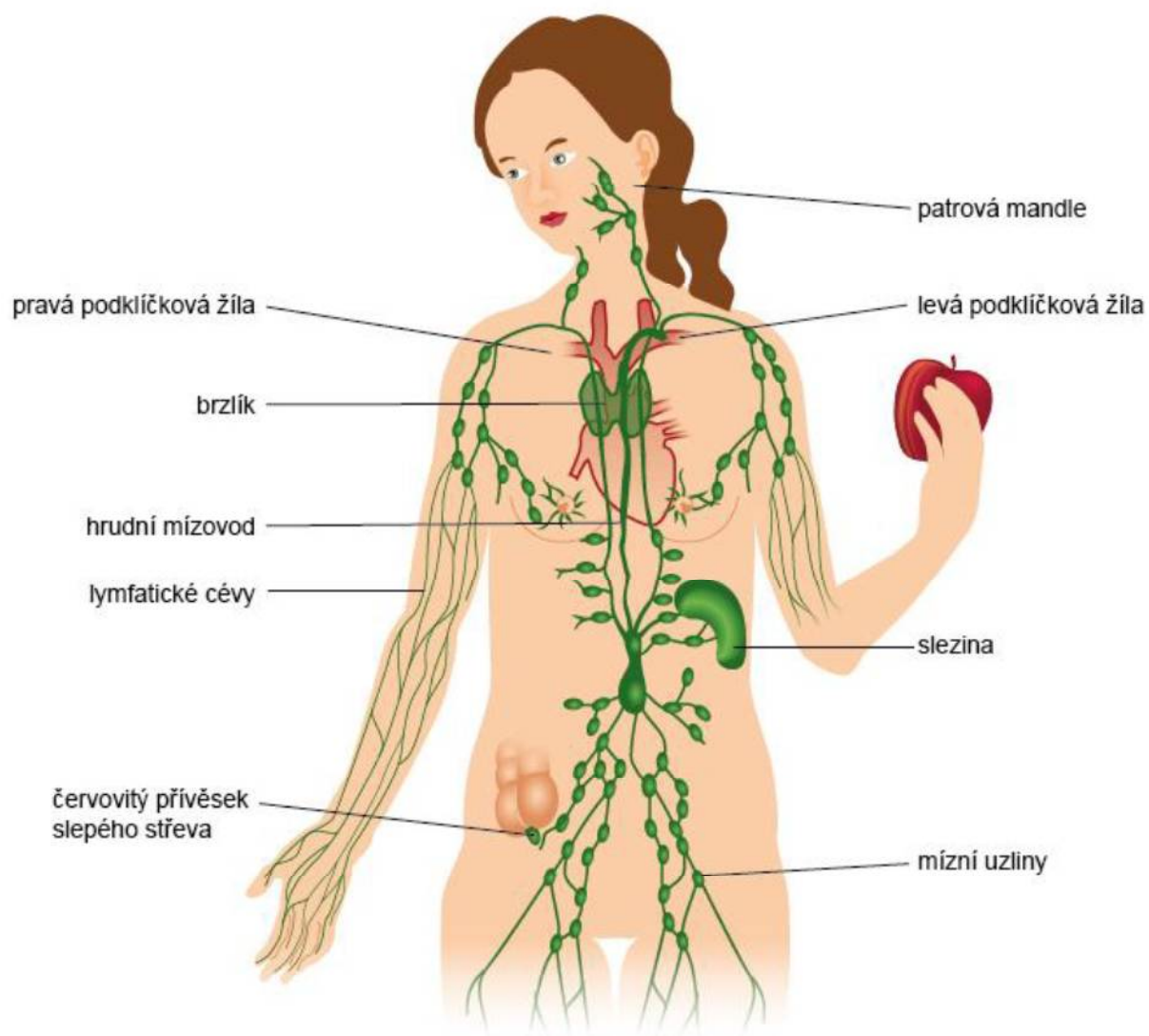
Lymfatické cévy a uzliny

- Na začátku lymfatického systému, v periferních tkáních, jsou nejdrobnější mízní cévy.
- Drobnější cévy se spojují ve větší cévy. Tyto cévy vytvářejí síť a v jejich průběhu jsou umístěny mízní uzliny. Orgány končetin, břišní a hrudní dutiny, krku i hlavy mají své příslušné spádové síť a uzliny.
- Z nich je lymfa odváděna do dvou velkých koncových kmenů, které ústí do velkých žil (podklíčkové žíly).

Lymfatický systém

Lymfatický systém je tvořen lymfoidními orgány, obsahujícími hojně lymfocyty: Brzlík (thymus), kostní dřeň (medulla ossium), lymfatické uzliny (lymphonodi), slezina (lien), lymfoidní tkáň sliznic (např. hltanu) a mandle (tonzila; patrová a jazyková), červovitý výběžek slepého střeva (appendix).

V tomto systému dochází k množení, diferenciaci a zrání lymfocytů a k imunitním procesům.



Obr. 49 Lymfatický systém.

Důležité

- Voda tvoří většinu hmoty těla. Jsou v ní rozpuštěny různé organické a anorganické látky.
- Tekutý obsah buněk je prostředím, ve kterém jsou uloženy a fungují buněčné organely.
- Tekutiny v mimobuněčném prostoru (krev, lymfa, moč atd.) jsou prostředím pro důležité látky i buňky (kyslík, bílkoviny, protilátky, hormony, ionty, erytrocyty, leukocyty atd.).
- Voda a látky tekutin mají tendenci se pasivně přesunovat (i přes membrány) tak, aby byla všude stejná koncentrace látek (z místa větší koncentrace do místa s menší koncentrací).
- Krev je přenašečem kyslíku a oxidu uhličitého a dalších látek po celém těle.
- Lymfa absorbuje hůře rozpustné látky z periferních tkání, protéká mízními cévami a vtéká do krevního řečiště. Je součástí imunitního systému.
- Tekutiny pasivně a okamžitě přizpůsobují svůj tvar a velikost a lze je lehce rozdělit a pohybovat jimi. Srdce pumpuje krev do celého těla.