

## Fyziologie tělních tekutin

- Extracelulární
- Intracelulární

U dospělého člověka voda tvoří až 66% hmotnosti ( čím víc tukové tkáně, tím míň vody)

- novorozenec - až 80 % hmotnosti těla

### Intracelulární tekutina

- ▣ draselné ionty, méně hořečnatých a fosforečnanových

### Extracelulární tekutina

- hlavně sodné a chloridové ionty, méně vápenaté, hydrogenuhličitanové, živiny, plyny

### dělí se na

- ▣ krev (6-9 %) - tekutina proudící v cévách
  - ▣ mízu (lymfu) - tekutina proudící v cévách
  - ▣ tkáňový mok (14 %) - životní prostředí všech tkáňových buněk; není specializovanou tekutinou (jako krev)
- krev a tkáňový mok jsou od sebe odděleny stěnami cév( umožňuje prostupnost vody )
  - v obsahu solí jsou na tom stejně
  - liší se obsahem bílkovin (tkáňový mok neobsahuje větší molekuly bílkovin - nepropouští je stěna vlásečnic )
  - každá změna je rychle upravena => stálost vnitřního prostředí (*homeostáza*) => správná činnost buněk

### Funkce tělních tekutin

- transportní: přenos živin, plynů, hormonů, odvádění metabolitů,
- obránná: zajištění imunity, krevní srážlivosti
- termoregulační: rozvádění tepla z metabolicky aktivních orgánů do periferie těla

## KREV

- **4,5-5,5 l**
  - **8% hmotnosti**
  - **pH krve:** 7,4 (7,35-7,45)
  - **ztráta krve :**  
500-800 ml → bez následků,  
obnova během několika hodin,  
z tkáňového moku a sleziny  
>1,5 l krve → ohrožení života
  - denně se **obnovuje** asi 50 ml krve, 18 l za rok
- Tvořena
- krevní plazma (55 %)
  - krevní částice (45 %):
    - erythrocyty (červené krvinky)
    - leukocyty (bílé krvinky)
    - trombocyty (krevní destičky)
- hematokrit (poměr mezi objemem erythrocytů a plazmy)
- ženy 41 : 59 %
  - muži 46 : 54 %

### Základní komponenty

- ▣ erythrocyty  $4.2 - 6.0 \times 10^{12}/l$
- ▣ leukocyty  $3 - 11 \times 10^9/l$
- ▣ trombocyty  $170 - 360 \times 10^9/l$

### Funkce krve

- respirace (transport  $O_2$  a  $CO_2$ )
- výživa (transport vstřebaných živin)
- transport odpadních látek metabolismu
- ABR
- vodní hospodářství
- termoregulace
- imunitní funkce
- transport hormonů
- transport dalších látek (stopové prvky, vitamíny, farmaka...)
- hemokoagulace

## Krevní plazma

- nažloutlá :
  - 91 % voda
  - 8 % organické látky
  - 1 % anorganické látky

organické látky: bílkoviny (albuminy, globuliny, fibrinogen, hormony), cukry (glukóza), tuky (cholesterol)  
anorganické látky: ionty Na, Ca, K, HCO, Cl, P

sodík 135-150 mmol/l, draslík 3.8-5.5 mmol/l, vápník 2.0-2.75 mmol/l, hořčík 0.66-0.94 mmol/l

- **proteiny** 70-80 g/l ( albuminy, globuliny, fibrinogen)
- **sacharidy - glukóza** 3.3-6.1 mmol/l
- **lipidy** 4 – 9 g/l ( triacylglyceroly, cholesterol, fosfolipidy, volné mastné kyseliny)
- **močovina** 2-7.5 mmol/l

sedimentace (rychlost klesání krevních částic)

- závisí na bílkovinách krevní plazmy (rozmnožení globulinů a fibrinogen zrychluje sedimentaci)
- dále závisí na obsahu tuků v plazmě, na pH
- ženy 4-7 mm/hod., muži 1-3 mm/hod.

## Reakce na zátěž- krevní elementy

- ▣ V důsledku hormonálních podnětů na začátku zátěže zvýšení počtu erytrocytů (vyplavení z kostní dřeně)
- ▣ Při déletrvající zátěži ( ztráta tekutin) - - relativní zvýšení počtu erytrocytů(maratónci průběhu závodu zvyšují hodnoty hematokritu na 50 – 55 %)
- ▣ leukocyty při tělesné zátěži stoupají (leukocytóza) -se zvyšující se intenzitou zátěže, ale vytrvalostní spíš leukopenie
- ▣ trombocyty beze změny

Po přerušení zátěže se změny počtu krevních elementů vrací v krátkém časovém intervalu k výchozím hodnotám. Při nadměrném fyzickém, psychickém i emočním zatížení, při intenzivním tréninku i významné soutěži však byly přechodně (na několik hodin i dnů)

### **Reakce na zátěž –krevní plazma**

- ▣ Cukry : poměrně stabilní hodnota  
glykemie : 3,3 – 5,5 mmol/l

maximální a submaximální intenzita : pozátěžová hyperglykemie ( až 10 mmol/l)  
střední intenzita : hypoglykemie

- ▣ Laktát :

V klidu : 0,5 – 1,5 mmol/l

Po zatížení : až 16 mmol/l

- ▣ Tuky

Maximální intenzita : klesají

Nízká intenzita : stoupají

- ▣ Bílkoviny

zmnožení

- ▣ Voda

počátek aktivity přesun do činného svalu , pocení

### **Adaptace na zatížení**

- ▣ Delší dobu trvající vytrvalostní aerobní trénink vede ke zvětšení množství krve ( nejprve se zvyšuje objem plazmy, po 2 až 3 týdnech i počet červených krvinek a celkové množství hemoglobinu

Zvýšení objemu plazmy je však výraznější ( to se projeví snížením hematokritu a snížením viskozity krve s následným příznivým ovlivněním krevního oběhu (cirkulace).

- ▣ Za adaptační změnu považujeme i zvýšení množství červených krvinek, při pobytu ve vysokohorském prostředí ( 2300 m 4 týdny, po 8 týdů)
- ▣ Zvyšování počtu erytrocytů zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic

### **Erytrocyty**

- nejčetnější buňka lidského těla (3 800 000 žena, 5 300 000 muž)
- bezjaderné, 95 % sušiny je hemoglobin
- žijí cca 4 měsíce
- povrch všech erytrocytů je 2000× větší než povrch těla
- v 1 erytrocytu je 265 miliónů molekul hemoglobinu
- denně vznikne asi 200 miliard erytrocytů
- za svůj život urazí asi 1000 km
- rozpadají se ve slezině a v játrech, pohlčovány buňkami retikuloendotelové soustavy
- z hemové skupiny se tvoří bilirubin (žlučové barvivo)

Hormonální regulace erytropoézy  
stimulace

- Erytropoetin  
( doping)

- somatotropní hormon
- thyroxin
- renin-angiotensin
- testosteron

### Erythropoéza (tvorba červených krvinek)

- v červené kostní dřeni ( plod – játra a slezina)
- pro tvorbu nutný: Fe, B12, kyselina listová
- Fe z rozpadlých erytrocytů, doplnění potravou
- nevyužité Fe se váže na bílkovinu feritin, ukládá se do zásoby ve tkáních
- hormon erythropoetin (vylučuje se v ledvinách)
- denní potřeba železa: muži 12 mg, ženy 14-18 mg

### Hemolýza (rozpad červených krvinek)

- rozrušování povrchu erytrocytů, vystupování Hb
- způsobeno:
  - hypotonickým prostředím,
  - fyzikálními vlivy (teplota, silné třesení),
  - chemickými látkami (tuková rozpouštědla),
  - jedy (bakterií, hadů, pavouků)

### Metabolismus železa

- v potravě  $Fe^{3+}$ , ale snáze se vstřebává  $Fe^{2+}$

žaludeční šťáva a vitamín C pomáhají redukci Fe, proto po resekci žaludku vzniká anémie

- vstřebávání v horní části tenkého střeva
- hladina  $Fe^{2+}$  v séru 10-35  $\mu\text{mol/l}$
- **apoferritin** (sliznice), **transferin** (2  $Fe^{3+}$ ; plazma; b<sub>1</sub>-globulin), **feritin** (4500  $Fe^{3+}$ ; slezina, játra, dřeň; *sérový feritin*), **hemosiderin** (agregáty feritinu)

### Anémie

- pokles hladiny Hb a počtu erytrocytů
- poruchy erythropoézy: aplastická a., renální a. (erythropoetin)
- poruchy syntézy DNA: **megaloblastová a.** (nedostatek vitamínu B<sub>12</sub>)
- poruchy syntézy Hb: b-thalasemie, a-thalasemie, **srpkovitá anémie**
- nedostatek Fe: krvácení (GIT)

- ▣ hemolytické anémie: hadí jed

## Polycytémie

- ▣ primární x sekundární
- ▣ 7-8 mil. ery, HK 70%
- ▣ polycythaemia vera: vzácná, kůže modročervená, překrvení spojivek

## Leukocyty

- průsvitné buňky s jádrem
- 4 000-10 000/mm<sup>3</sup>, při nemoci počet stoupá
- nejvíce odpoledne, nejméně ráno
- délka života - hodiny, dny, týdny, roky

Dělí se na:

granulocyty: barvitelná zrníčka v cytoplasmě, členité jádro, většinou schopné fagocytózy, obsahují enzymy  
agranulocyty: bez zrníček, nečleněné jádro

- ▣ granulocyty
  - neutrofilní : schopnost měnit svůj tvar, prostupovat cévní stěnou (diapedéza), zmnožené při zánětech
  - eosinofilní : zmnožené při parazitárních onemocněních
  - bazofilní : aktivace imunokompetentních buněk, produkují protisrážlivé a vasodilatační látky
- ▣ agranulocyty – lymfocyty
  - B-lymfocyty: tvorba protilátek (humorální imunita), rozpoznání antigenu na základě struktury makromolekul, proliferace (namnožení buněk), paměťové buňky
  - T-lymfocyty: buněčná imunita, diferenciací (několik typů), regulace imunitní odpovědi B-lymfocytů
- ▣ agranulocyty – monocyty (3–8 %)
  - makrofágy, největší fagocyty
    - v některých tkáních (slezina, játra, lymf. uzliny, vazivo, místa hrozící infekce)
    - poškození tvorby - jedy

## Imunita

☐ je schopnost organismu rozpoznávat cizorodé makromolekulární látky, bránit jejich vniknutí do organismu

☐ zajišťovat likvidaci cizorodých látek v organismu

Rozlišujeme imunitu:

- látkovou (humorální)
- buněčnou

☐ Imunita se v organismu uskutečňuje **imunitní reakcí**

☐ Cizorodé makromolekuly (bílkoviny, nukleové kyseliny, polysacharidy) se nazývají **antigeny**.

☐ Proti antigenům organismus vytváří specifické proteiny nazývané **protilátky**

☐ **Imunitní reakce je specifická vazba mezi antigenem a protilátkou a je podstatou imunitní reakce**

☐ Imunita látková - specifická

☐ zásadní funkci **lymfocyty**

Rozeznáváme

### • B lymfocyty

☐ pocházejí z kostní dřeně, mohou se měnit na plasmatické buňky

☐ produkující protilátky

### • T lymfocyty

☐ jsou závislé na thymu, pomáhají při tvorbě protilátek a fagocytární funkce

☐ vykonávají imunitu buněnou.

Látková imunita spočívá v tvorbě specifických protilátek – imunoglobuliny

Imunoglobuliny :

IgG, IgM, IgA, IgE a IgD.

- jsou obsaženy v krevní plasmě

### B lymfocyty

☐ Na membráně vázané protilátky – receptor pro rozpoznání specifického antigenu

☐ Po navázání B buňka je stimulována k dělení a tvorbě téže protilátky

☐ při prvním setkání s antigenem organismus odpovídá **primární imunitní odpovědí**

☐ **Za několik dní jsou prokazatelné protilátky**

- při druhém setkání s antigenem je již v organismu zásoba **paměťových buněk a sekundární odpověď je intenzivnější.**

### T-lymfocyty

- Buněná imunita je zprostředkována **T lymfocyty**
- Thymus (brzlík) prodělává v průběhu života velké změny, maximum dosahuje mezi 2-3 rokem, po pubertě involuje.
- Imunita buněčná
- Významným mechanismem buněčné imunity je **fagocytóza**
- Imunita je rozhodující pro přijetí neb o odmítnutí transplantátu
- Pro potlačení imunity se používají **imunosupresiva**
- Nepřiměřené intenzivní imunitní reakce - **alergie**
- Podněty vyvolávající alergii se nazývají **alergeny**
- působí-li vlastní bílkoviny jako antigeny dochází k **autoimunitní reakci**
- netvoří protilátky

### Rozdělení imunity

- **Imunita vrozená**
- **Imunita získaná**
  - **Imunita přirozená**
  - **Imunita umělá**
    - aktivní**
    - pasivní**
  - **Imunita specifická**
    - zprostředkovaná B a T lymfocyty
  - **Imunita nespecifická**
    - kůže, sliny, žaludeční šťáva, fagocyty, horečka

### poruchy imunity

- AIDS– syndrom získaného selhání imunity (vyvoláno retrovirem HIV)
- autoimunitní choroby : vytváření protilátek proti vlastní tkáni
- Alergie : uplatňují se postupně imunoglobuliny IgE, bazofilní granulocyty a z nich uvolněné mediátory (histamin, serotonin, tromboxany, prostaglandiny)
  - působí otoky, křeče hladkých svalů (astma), rýmu, oběhové a dýchací potíže
  - (cévy – otoky, hlenové žlázy – rýma, nervová zakončení – svědění)
- anafylaktické typy (sekundy až minuty) – pylly
- oddálené typy (dny) - plísně, bakterie



## **Trombocyty**

- útržky buněk kostní dřeně
- 250 000-400 000/mm<sup>3</sup>
- zástava krvácení: shlukování a rozpad trombocytů v místě poranění + serotonin (zúžení cévy)
- shlukování a rozpad – zátka
- obsahují hemokoagulační látky

## **Srážení krve- hemokoagulace**

Trombocyty :

Adheze na kolagen

Agregace ( shlukování)

Metamorfóza na kulovitá

Sekrece : serotonin ( vazokonstrikce )

Vnitřní a zevní systém

aktivují plazmatický faktor X

působí na protrombin → trombin

působí na fibrinogen → fibrin

→ vytváří se krevní koláč ( definitivní trombus), na okrajích sérum (= plazma bez fibrinogenu)

- ztráta krve: náhlá do 1,5 litru, pomalá do 2,5 litru
- protrombin se tvoří v játrech – nutný vitamin K ( střeva)
- srážení krve se zpomaluje chladem

## **Krvácivé poruchy**

- ▣ poruchy hemokoagulace (**koagulopatie**) nebo fibrinolýzy
  - hematomy, kloubní krvácení

- ▣ **poruchy činnosti trombocytů**
  - petechie

- ▣ **defekty cév**
  - petechie

## **Koagulační testy**

- ▣ **Quick:** vnější část kaskády
  - tkáňový tromboplastin, Ca<sup>2+</sup>
  - INR 0.8-1.2, 70-125 %

- warfarin
- **APTT:** vnitřní část kaskády
  - parciální tromboplastin, aktivátor kaolin,  $\text{Ca}^{2+}$
  - 25-42 s
  - heparin, hemofilie A

### **Krevní skupiny**

- aglutinogeny v membránách erytrocytů (A, B, AB, 0)
- aglutininy gamaglobuliny v plazmě (anti A, anti B)

Rh systém v membráně erytrocytů antigen (+, -)

- aglutinogeny se objevují v krvinkách již v 6. týdnu života embrya, aglutininy 10. den po porodu
- krevní transfuze nahrazuje tekutinu i krvinky a důležité látky
- krevní konzerva – krev se mísí s konzervačním roztokem, obsahuje protisrážlivé činidlo a glukózu, skladuje se při 2-4 °C na 21 dnů
- autotransfuze

u nás: A-42 %, B-18 %, 0-32 %, AB-8 %