



MASARYKOVA UNIVERZITA

# Fyziologie tělních tekutin

MUDr. Kateřina Kapounková



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



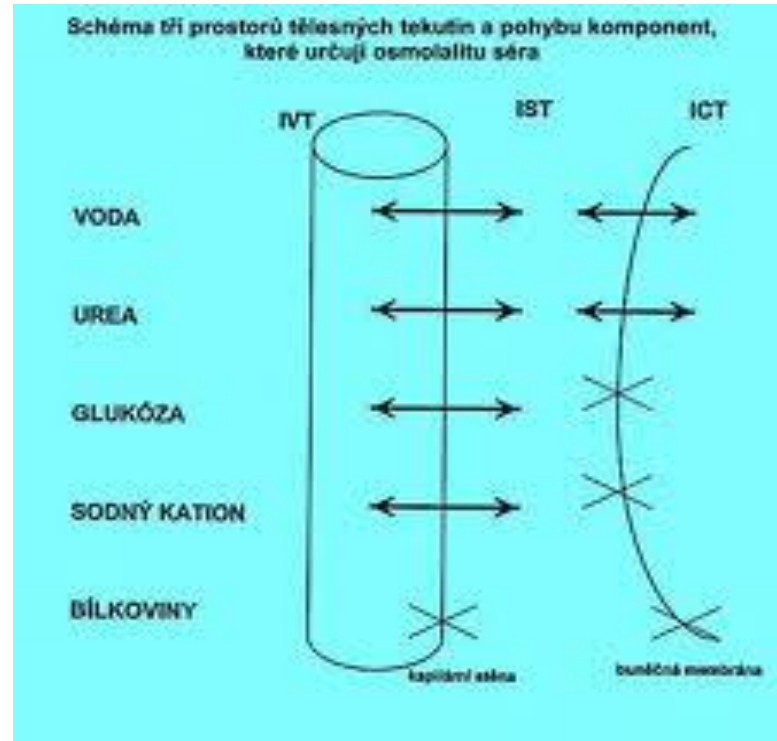
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru  
Regenerace a výživa ve sportu  
(CZ.107/2.2.00/15.0209)



# Tělní tekutiny

- Extracelulární
- Intracelulární



U dospělého člověka voda tvoří až 66% hmotnosti (čím víc tukové tkáně, tím méně vody)  
- novorozenec - až 80 % hmotnosti těla

## Tělesná hmotnost

100%

70 kg



## Celková tělesná voda (CTV)

42 litrů

60% tělesné hmotnosti



### Intracelulární tekutina (ICT)

28 litrů  
40% tělesné hmotnosti

### Extracelulární tekutina (ECT)

14 litrů  
20% tělesné hmotnosti  
Tkáňový mok (10,5 l)  
Plazma (3,5 l)

# Intracelulární tekutina

- ▣ draselné ionty, méně hořčnatých 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** (lymfa) - 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

## Funkce tělních tekutin

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

# KREV

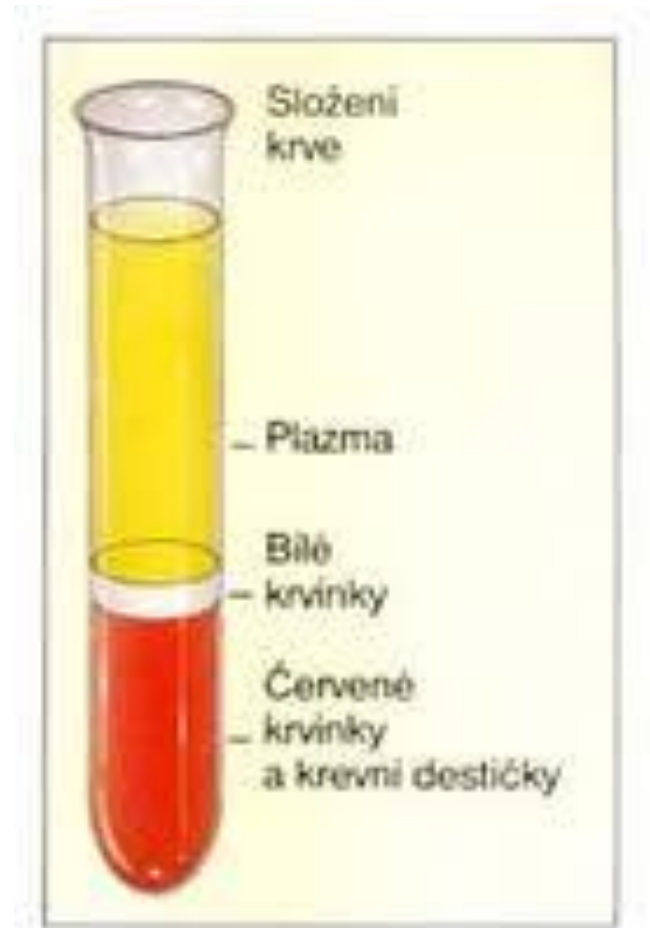
- 4,5-5,5 l
- 8% hmotnosti
- pH krve: 7,4 (7,35-7,45)
- ztráta krve :
  - 500-800 ml → bez následků,  
obnova během několika hodin,  
z tkáňového moku a sleziny
  - >1,5 l krve → ohrožení života
- denně se **obnovuje** asi 50 ml krve, 18 l za rok

## Tvořena

- krevní plazma (55 %)
- krevní částice (45 %):
  - erythrocyty (červené krvinky)
  - leukocyty (bílé krvinky)
  - trombocyty (krevní destičky)

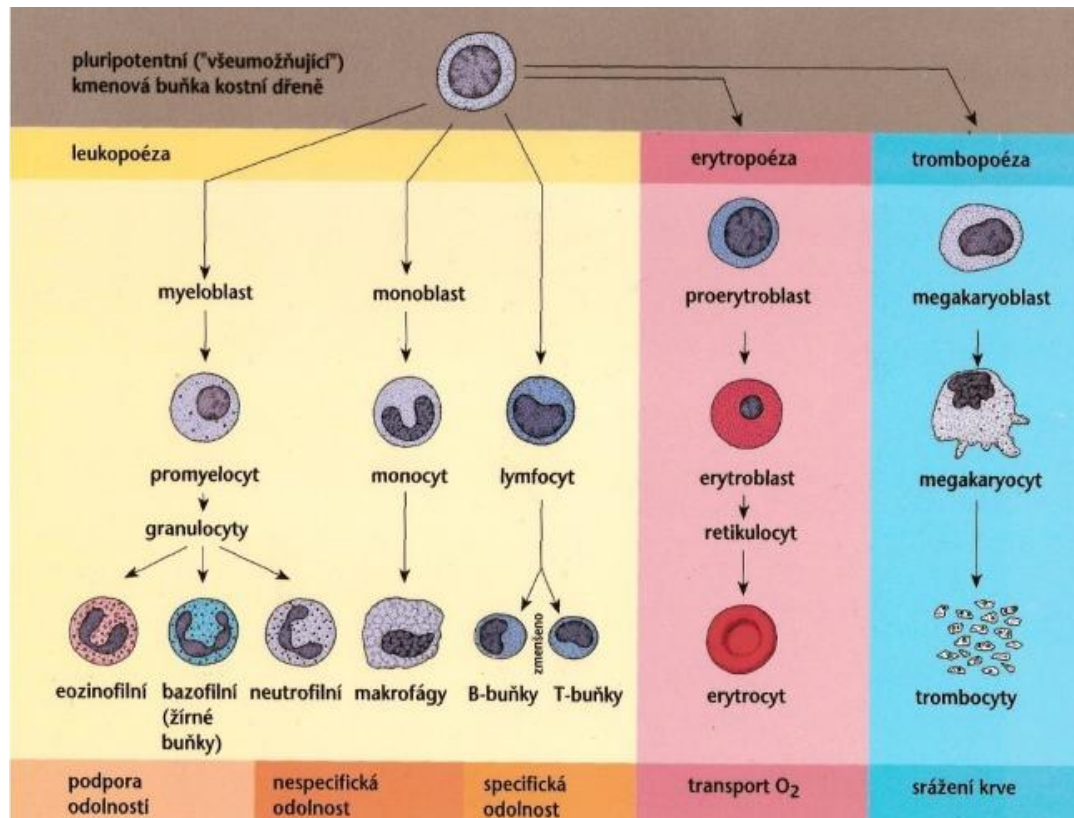
**hematokrit** (poměr mezi objemem krevních elementů a plazmy)

- ženy 41 - 59 %
- muži 46 - 54 %



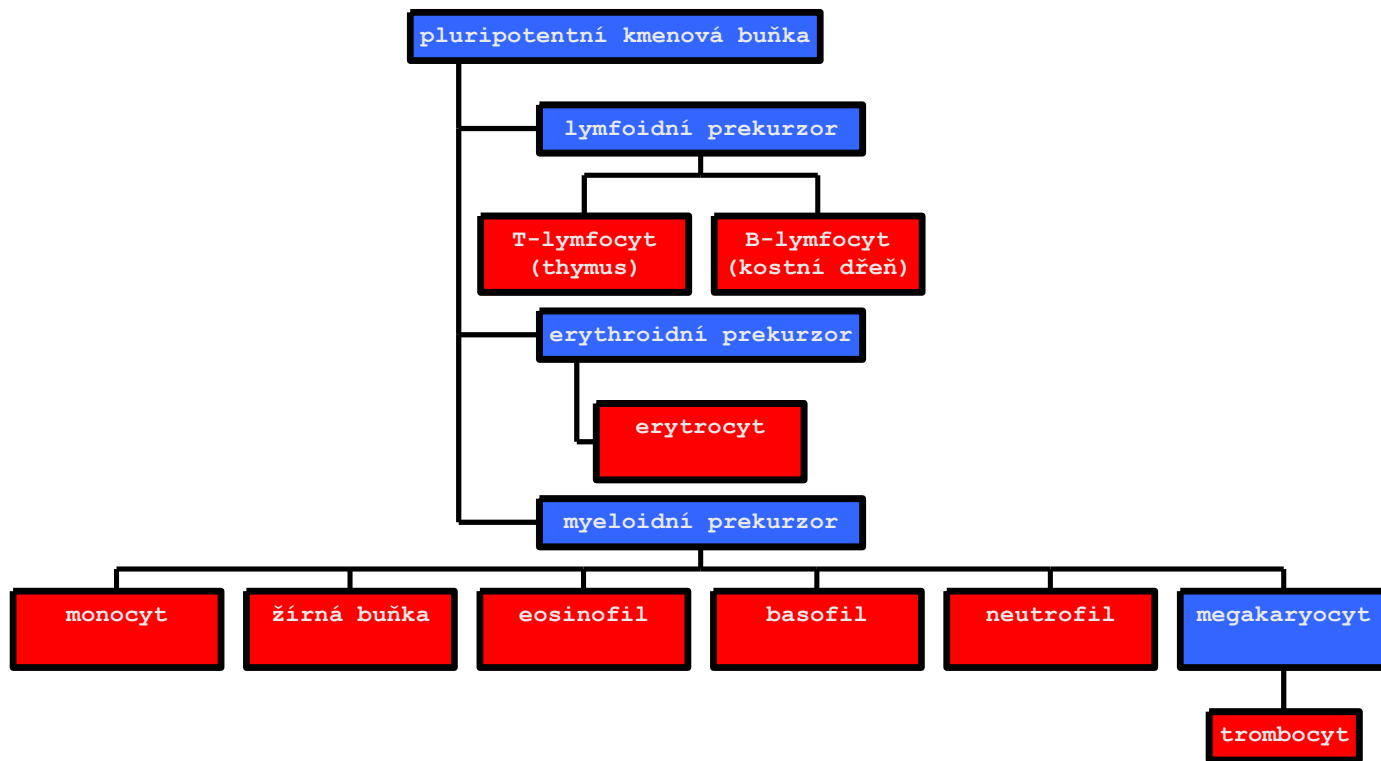
# Základní komponenty

- erytrocyty  $4.2 - 6.0 \times 10^{12}/l$  (4,5 - 5 mil. v  $mm^3$ )
- leukocyty  $3 - 11 \times 10^9/l$  (7 - 8 000 v  $mm^3$ )
- trombocyty  $170 - 360 \times 10^9/l$  (200 - 500 tis. v  $mm^3$ )





# Vývoj krevních elementů

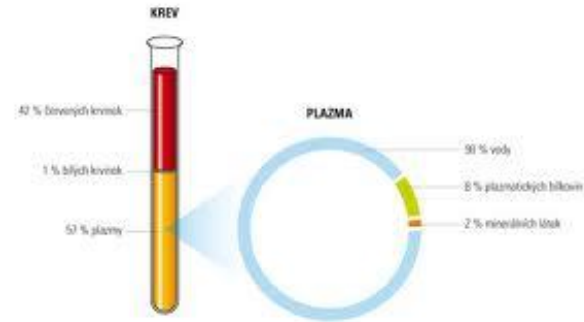


# Funkce krve

1. respirace (transport  $O_2$  a  $CO_2$ )
2. výživa (transport vstřebaných živin)
3. transport odpadních látek metabolismu
4. ABR
5. vodní hospodářství
6. termoregulace
7. imunitní funkce
8. transport hormonů
9. transport dalších látek (stopové prvky, vitamíny, farmaka...)
10. 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**

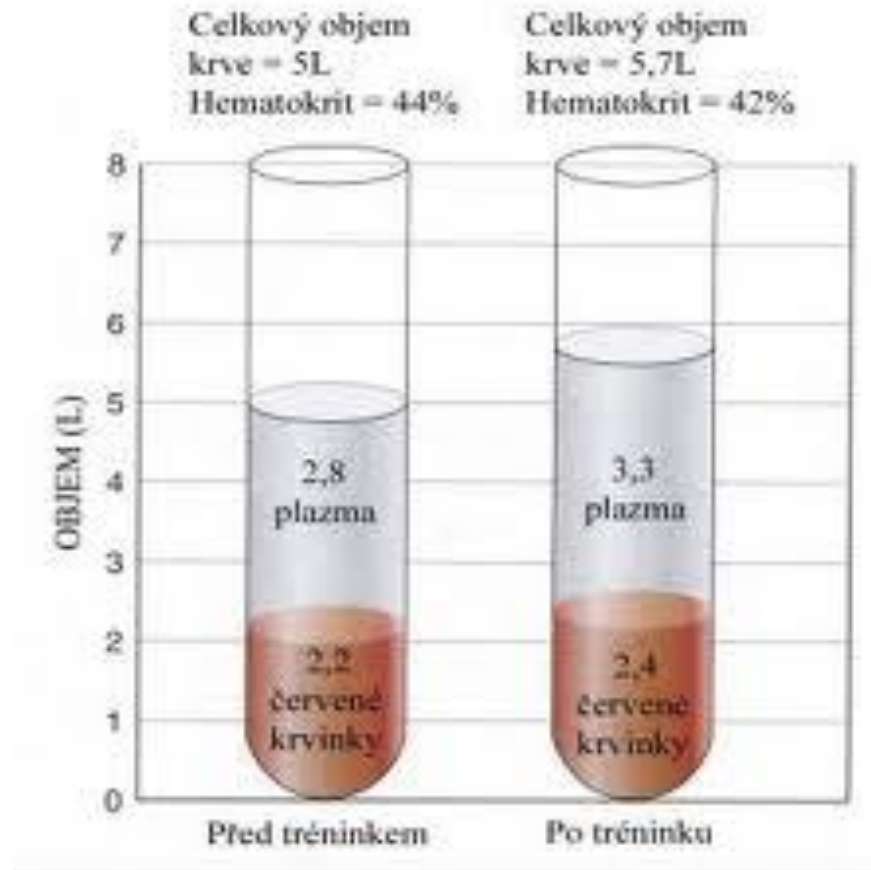
počátek aktivity přesun do činného svalu , pocení

# 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
- 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
- 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 erythropoézy

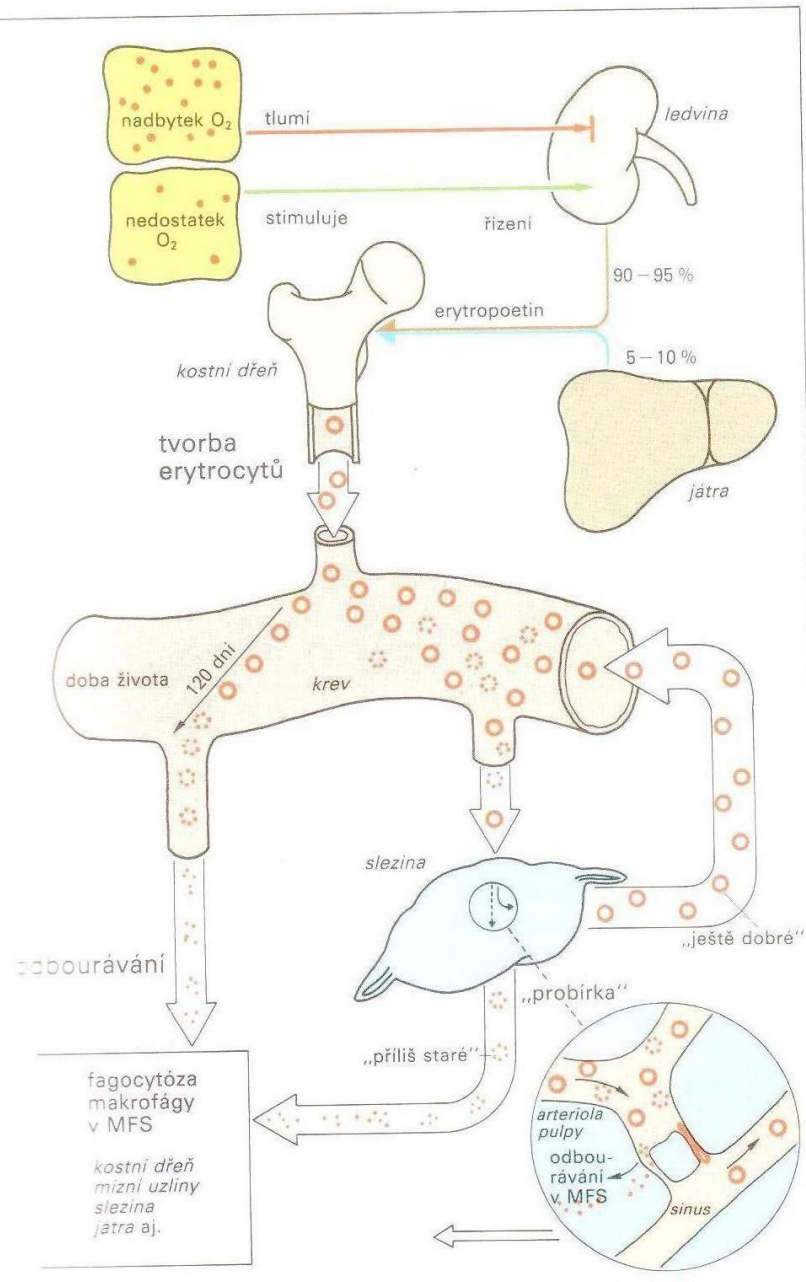
## stimulace

- Erythropoetin  
( doping)
- somatotropní hormon
- thyroxin
- renin-angiotensin
- testosteron

## inhibice

- glukokortikoidy
- estrogeny





4. Tvorba a odbourávání erytrocytů

# Erytropoéza (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



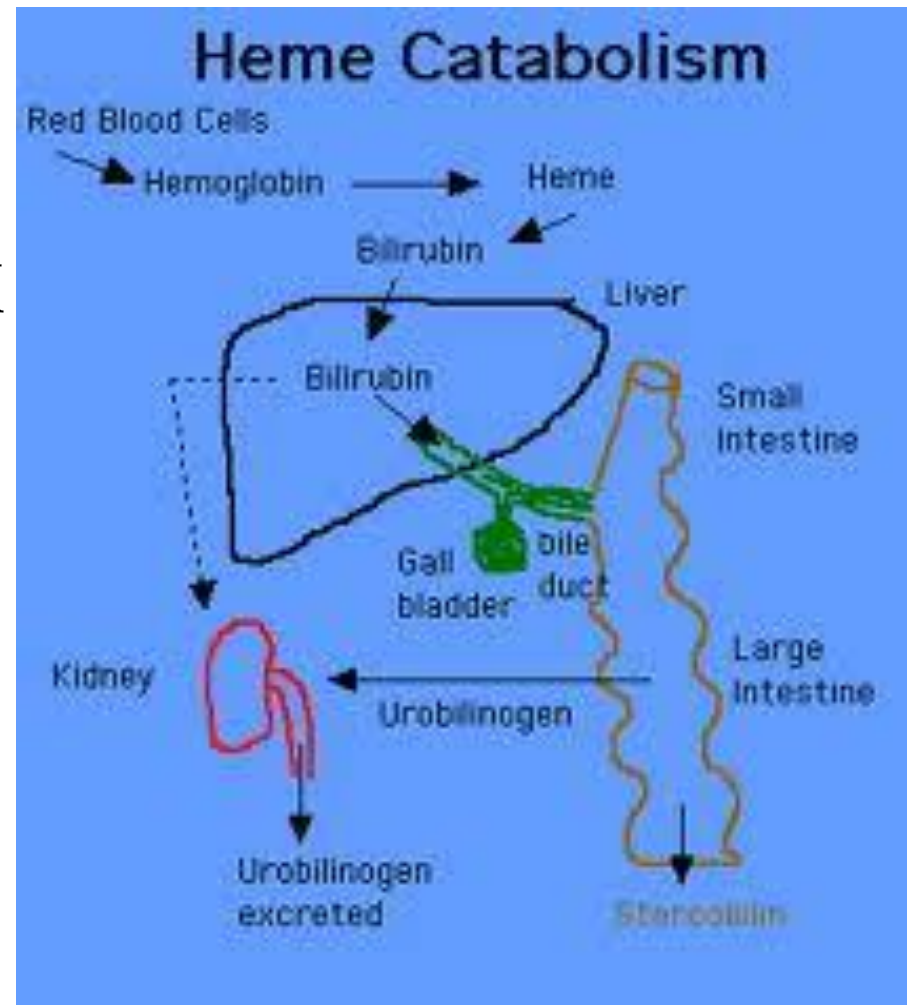
# Hemolýza (rozpad červených krvinek)

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



# Odbourávání Hb

- ▣ hladina v krvi 120-180 g/l
- ▣ **globin** se rozpadá na AK
- ▣ **hem** – bilirubin (žluč)
- ▣ bilirubin – urobilinogen

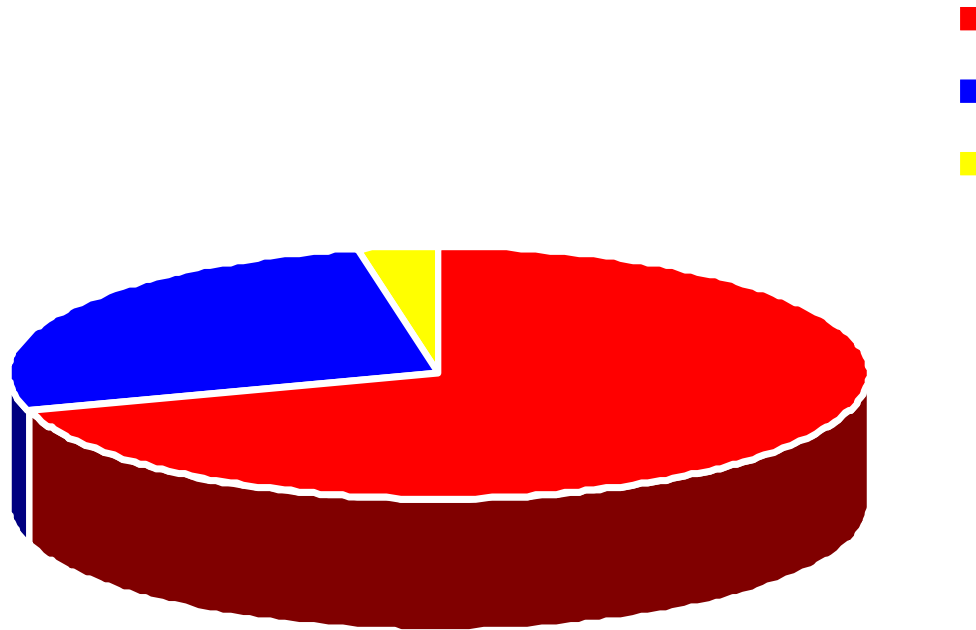


# Metabolismus železa

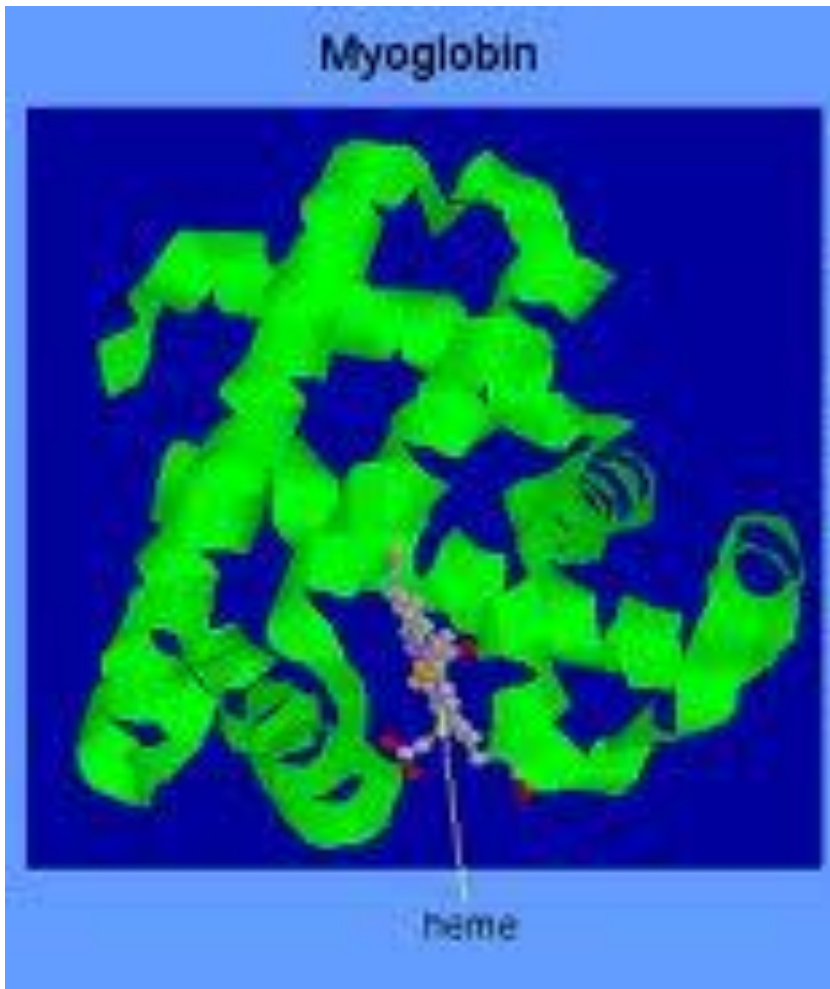
- v potravě  $\text{Fe}^{3+}$ , ale snáze se vstřebává  $\text{Fe}^{2+}$ 
  - žaludeční šťáva a vitamín C pomáhají redukci Fe, (proto po resekci žaludku vzniká anémie)
- vstřebávání v **horní části tenkého střeva**
- hladina  $\text{Fe}^{2+}$  v séru 10-35  $\mu\text{mol/l}$
- **apoferritin** (váže Fe v buňkách)  
**transferin** (přenáší Fe plazmou)  
**hemosiderin** (zásobní forma)



# Distribuce železa

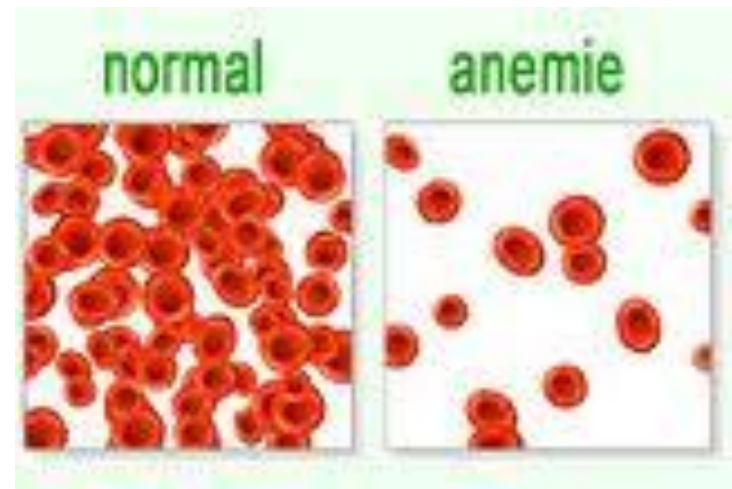


# Myoglobin



- protein obsahující jeden globin a hemovou skupinu (v některých svalech a v myokardu - funkce hemoglobinu )
  - kyslík se uvolňuje jen při **velmi nízkých**  $pO_2$  (dlouhotrvající kontrakce)
  - přebírá kyslík **od Hb z krve**

# Anémie

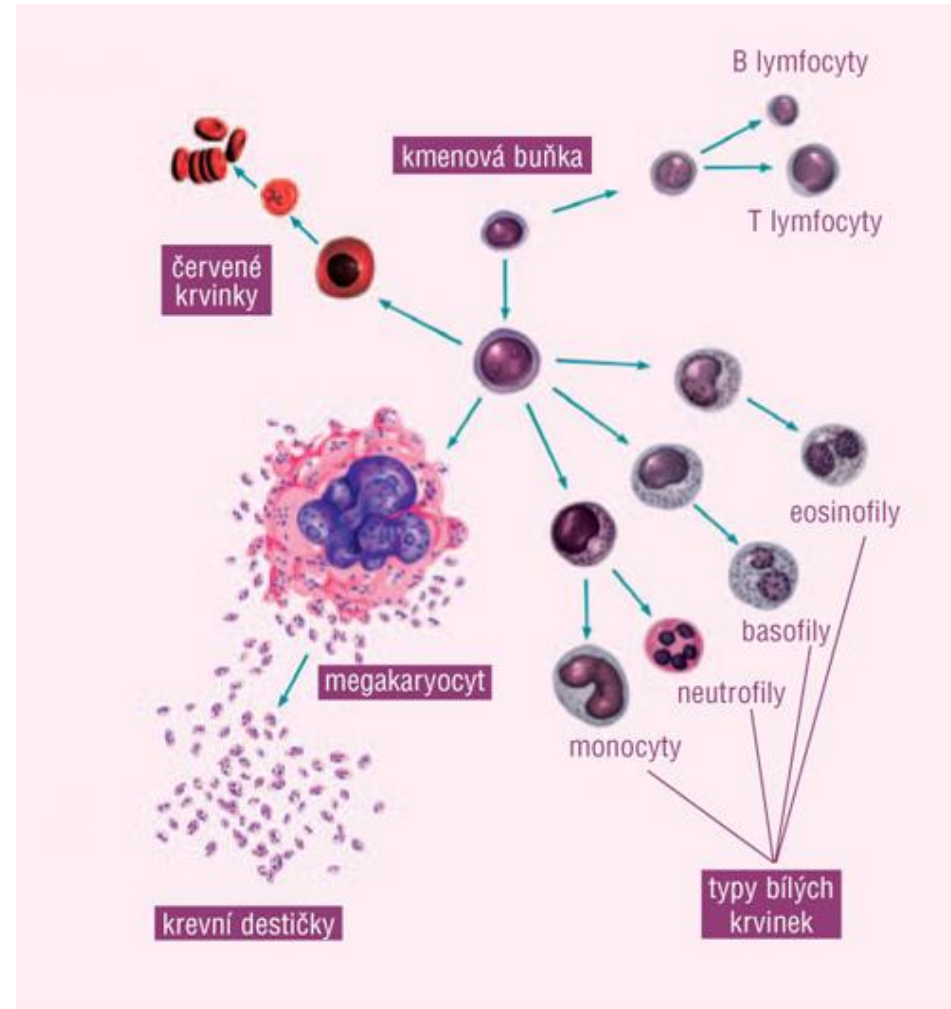


- ❑ pokles hladiny **Hb** a **počtu erytrocytů**
- ❑ poruchy **erythropoézy**: aplastická a., renální a. (erythropoetin)
- ❑ poruchy **syntézy DNA**: **megaloblastová a.** (nedostatek vitamínu B<sub>12</sub>)
- ❑ poruchy **syntézy Hb**: thalasemie, **srpkovitá anémie**
- ❑ nedostatek **Fe**: krvácení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



# Polycytémie

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



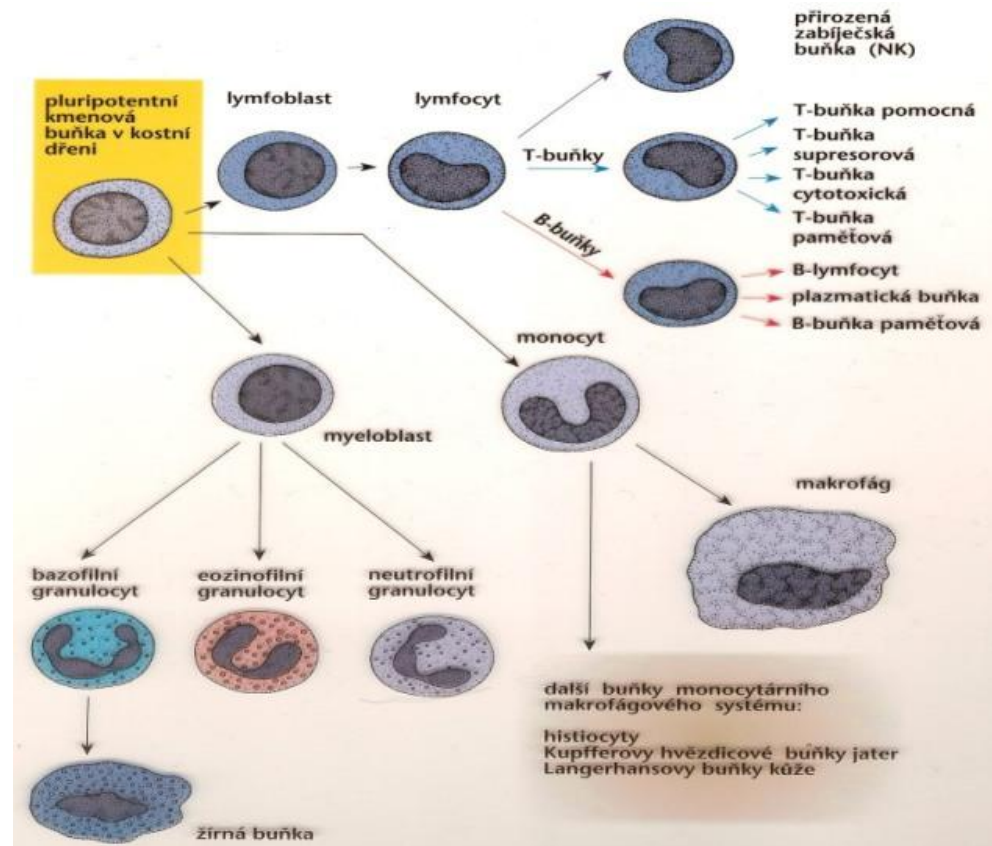
# Leukocyty

- 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, diferenciace (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

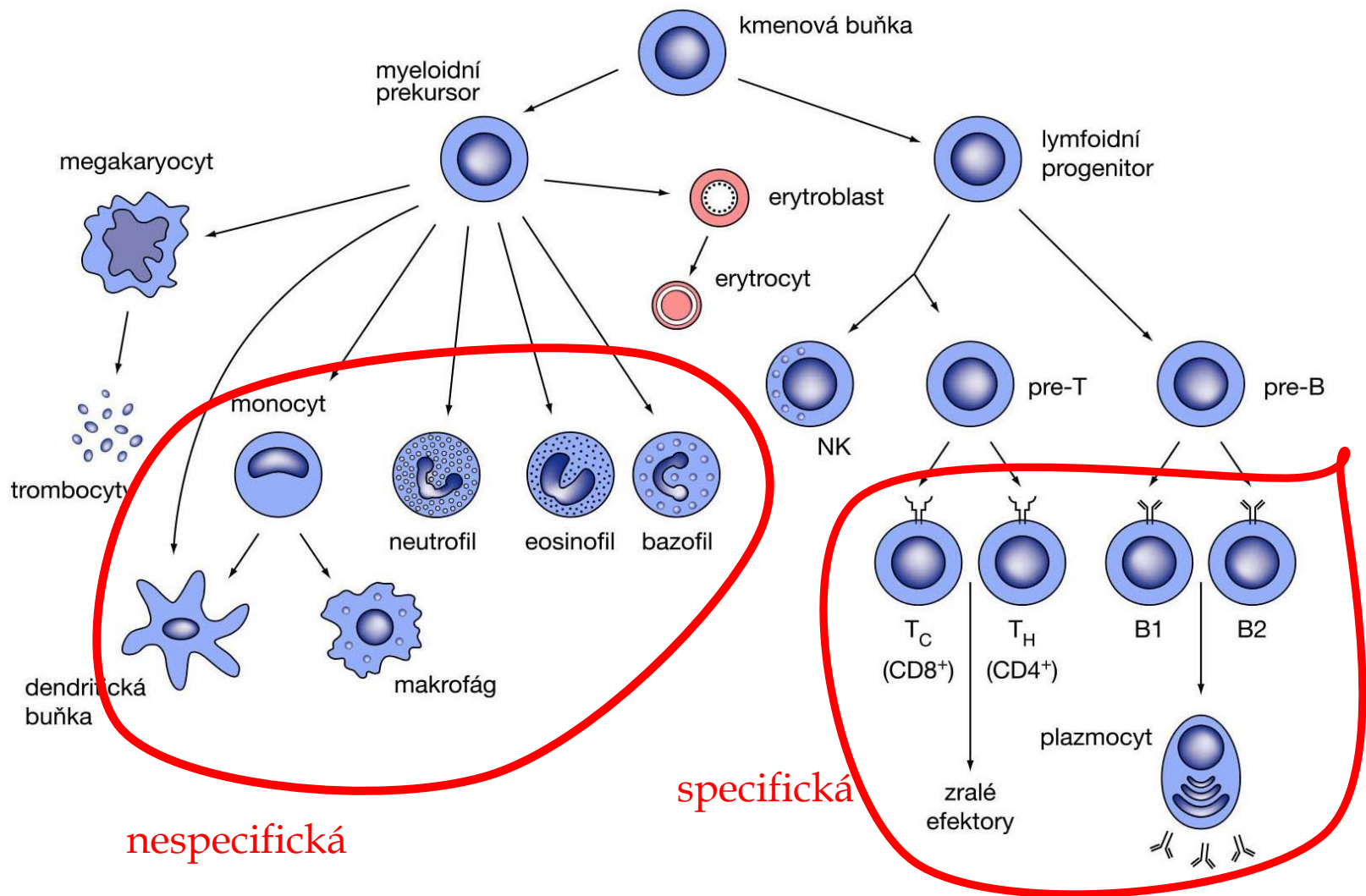
# Imunita

- ▣ je schopnost organismu rozpoznávat cizorodé makromolekulární látky, bránit jejich vniknutí do organismu
- ▣ zajišťovat likvidaci cizorodých látek v organismu

Rozlišujeme imunitu:

1. **látkovou (humorální)**
2. **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** = specifická vazba mezi antigenem a protilátkou



# 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.

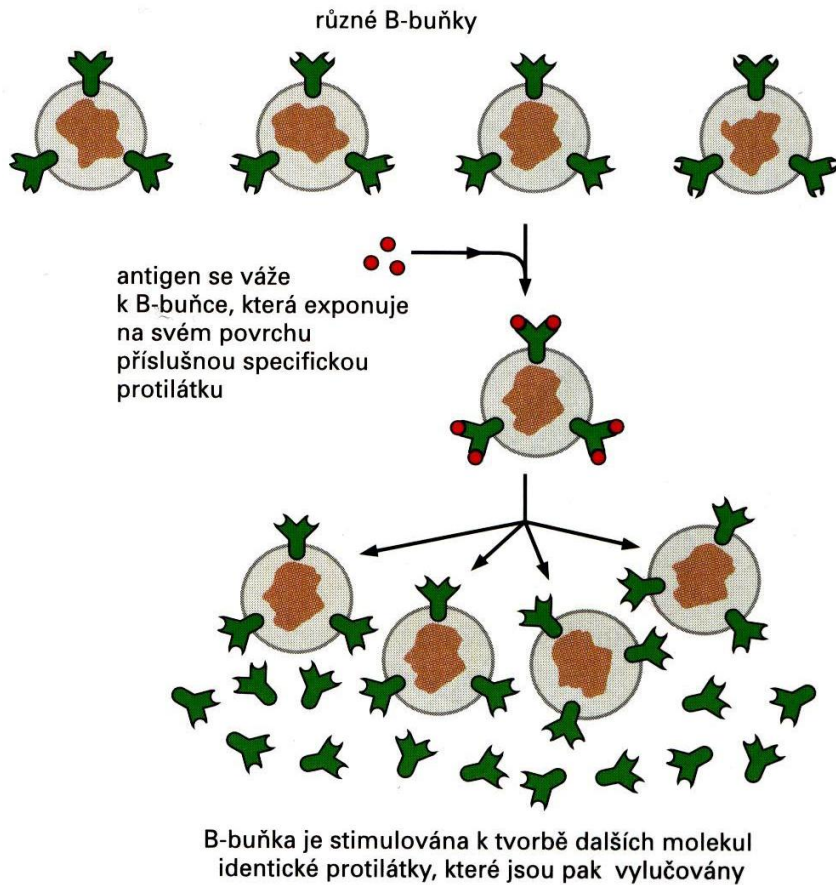
Látková imunita spočívá v tvorbě **specifických protilátek** – **imunoglobuliny**

Imunoglobuliny :

IgG, IgM, IgA, IgE a IgD.

- jsou obsaženy v krevní plasmě

# B lymfocyty

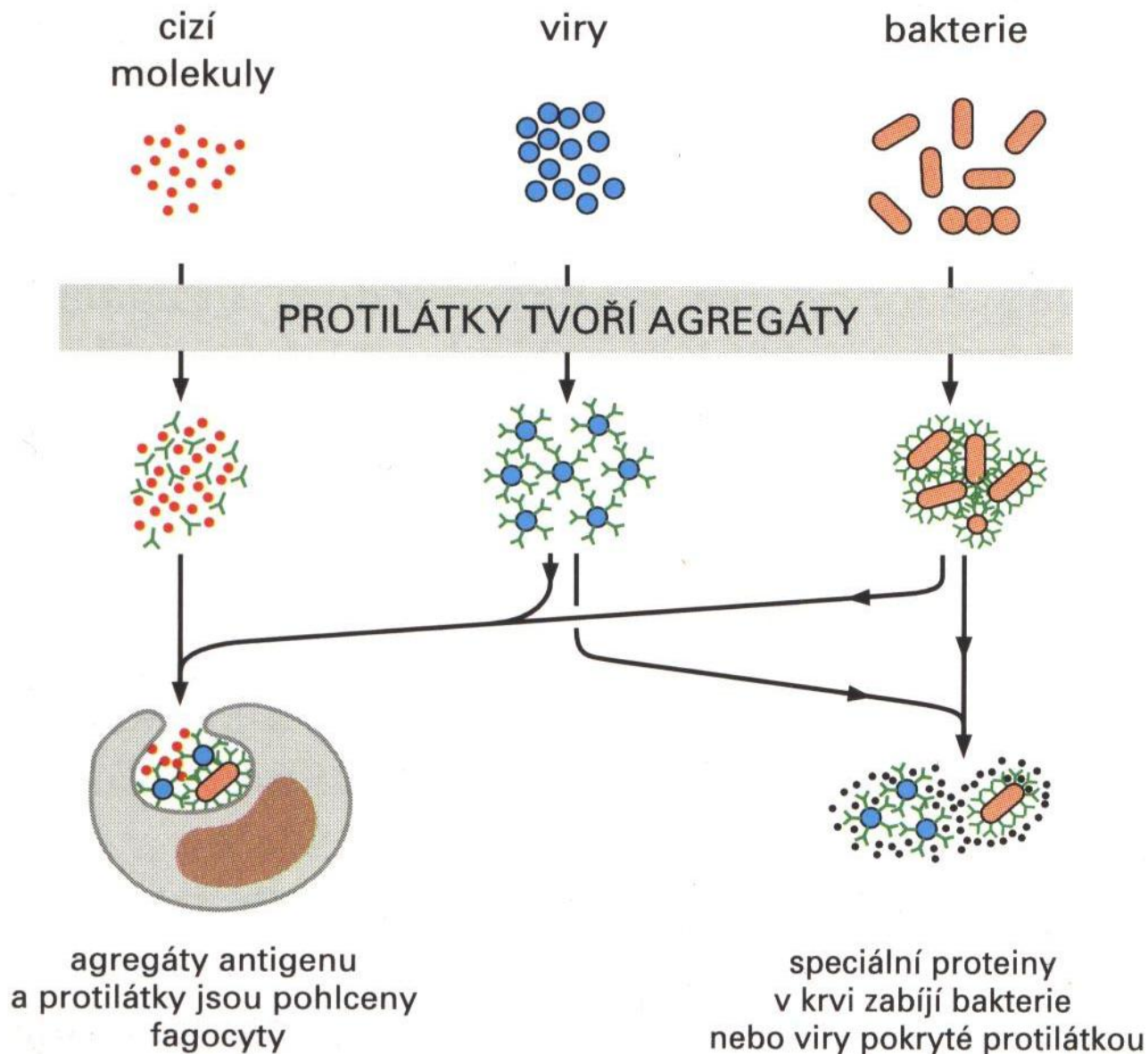


- Na membráně vázané protilátky – receptor pro rozpoznání specifického antigenu
- Po navázání B buňka je stimulována k dělení a tvorbě téže protilátky

- 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.**

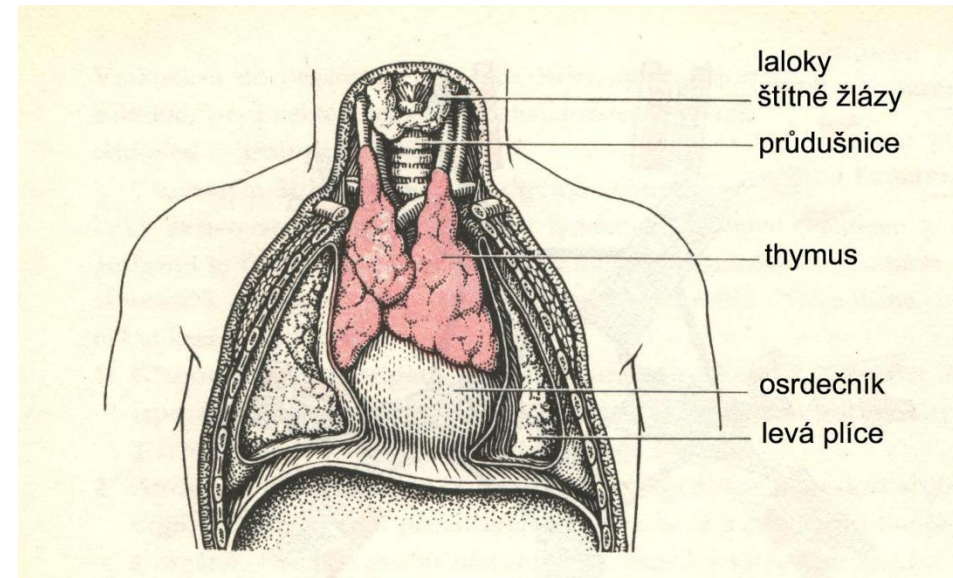


# PROTILÁTKY NÁS CHRÁNÍ PROTI INFEKCI



# 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.

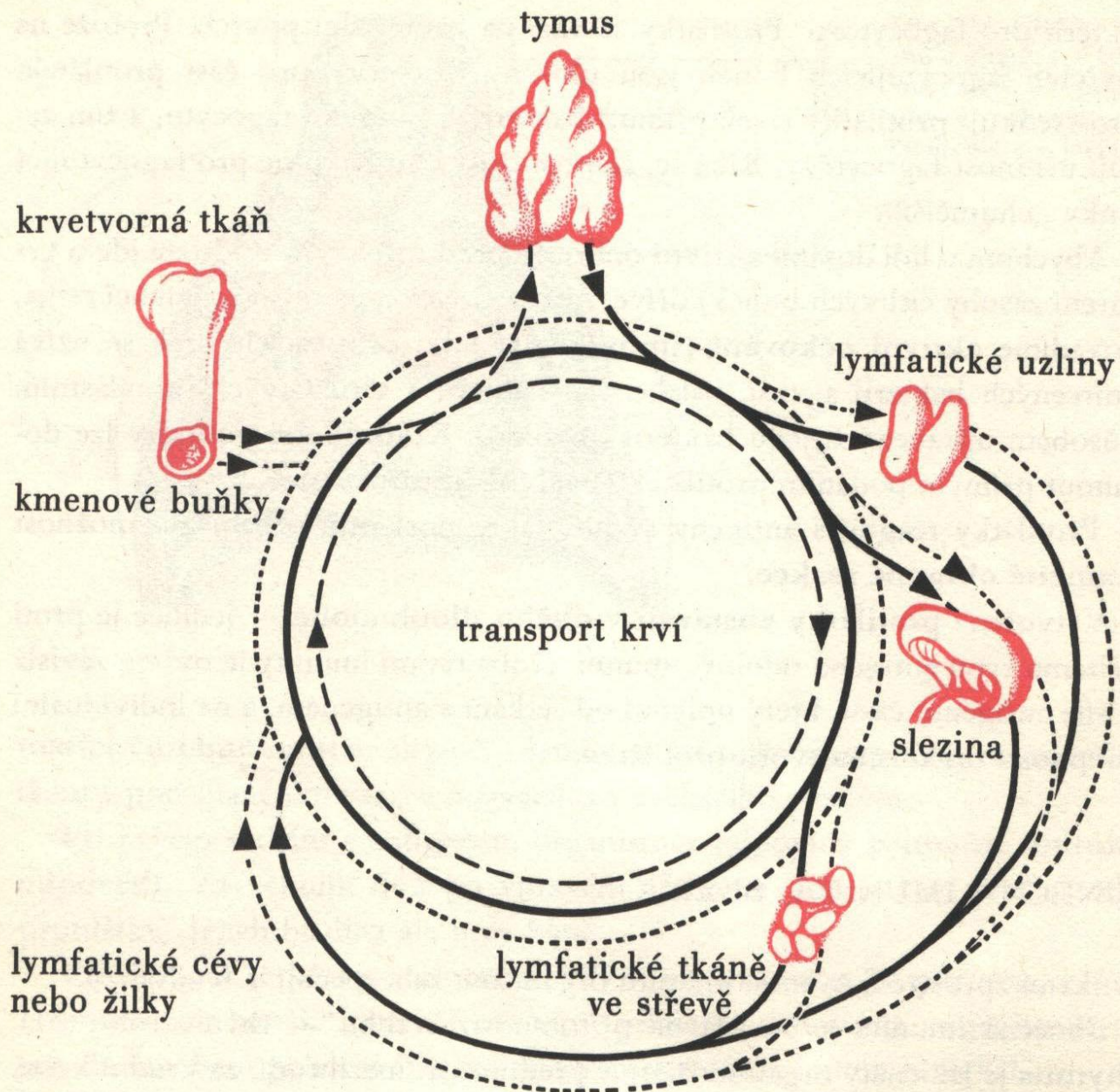


# Imunita buněčná

- ▣ 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**
- ▣ tvoří 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

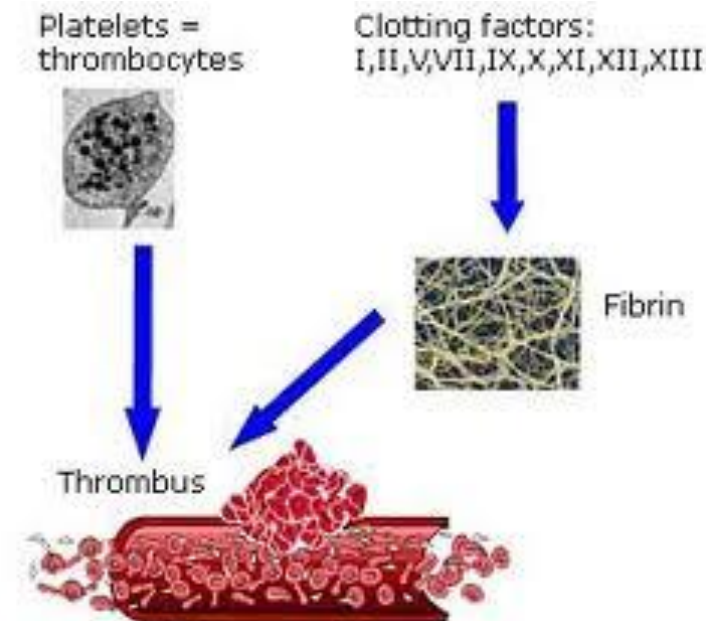


# Poruchy imunity

- ▣ 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)** – pyly
    - **oddálené typy (dny)** - plísně, bakterie

# Trombocyty

- útržky buněk kostní dřeně
- 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

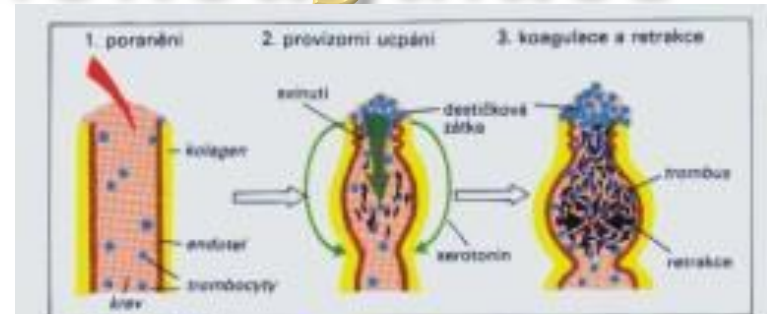
působí na fibrinogen → fibrin

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

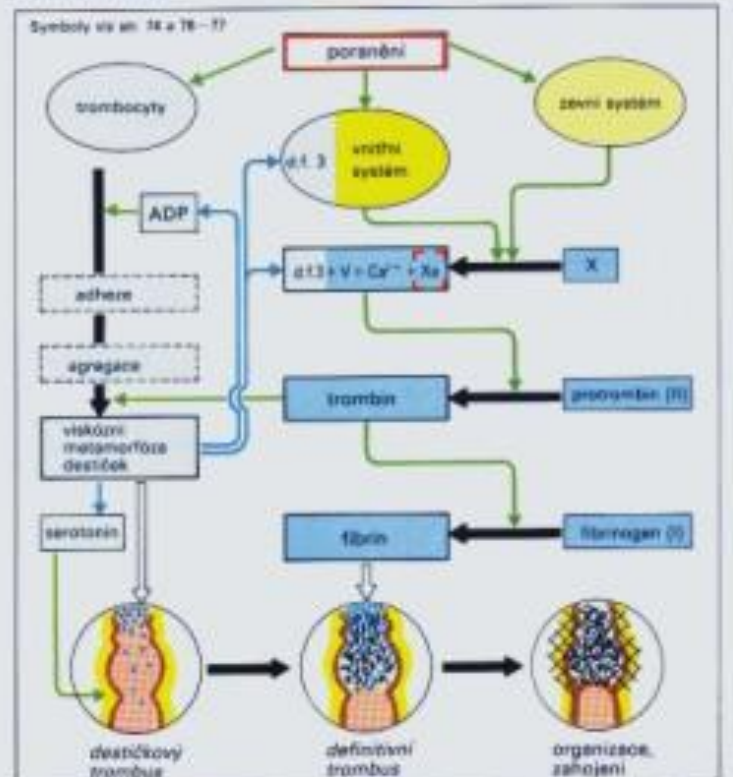
- ztráta krve: náhlá do 1,5 litru, pomalá do 2,5 litru

- protrombin se tvoří v játrech - nutný vitamin K ( střeva)

- srážení krve se zpomaluje chladem



A. Zástava krvácení



B. Přehled dějů při hemostáze



# 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,  $\text{Ca}^{2+}$
  - 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

# Přehled

Genotyp	Skupina	Aglutinogen	Aglutinin
00	0	----	anti-A, anti-B
0A, AA	A	A	anti-B
0B, BB	B	B	anti-A
AB	AB	A, B	----

# Výskyt

- ▣ geografické i časové rozdíly
- ▣ **nejvíc A**: oblasti u Atlantického oceánu, Eskymáci (60%)
- ▣ **nejvíc B**: jihovýchodní Asie, Indie (40%)
- ▣ **nejvíc 0**: američtí Indiáni (100%)

u nás: A-42 %, B-18 %, 0-32 %, AB-8 %

- ▣ univerzální dárce, univerzální příjemce, autotransfúze

# Rh systém

- 85% bělochů Rh+, 99% Asiatů Rh+
- klinický význam:
  - transfúze Rh inkompatibilní krve
  - těhotenství: **matka Rh negativní** a **plod Rh pozitivní**  
(fetální erytroblastóza, jádrový ikterus)

