



MASARYKOVA UNIVERZITA

# Fyziologie tělních tekutin

MUDr.Kateřina Kapounková, Ph.D.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



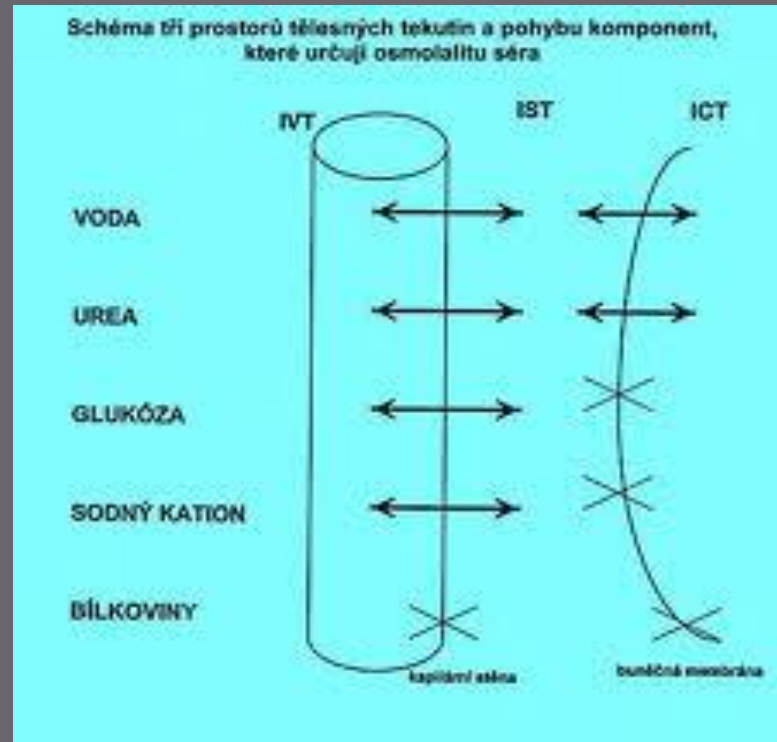
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

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)

# Extracelulární tekutina

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
- regulativní:
  - termoregulační-rozvádění tepla z metabolicky aktivních orgánů do periferie těla
  - nárazníkové systémy

# KREV

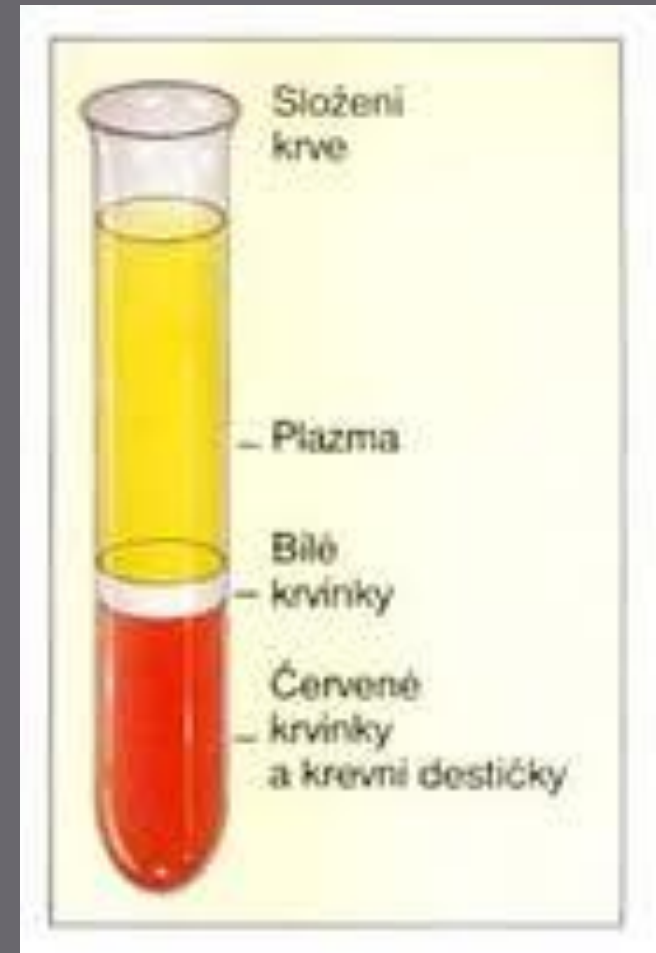
- 4,5-5,5 l ( volémie)
- 6-8% hmotnosti
- pH krve: 7,4 (7,35-7,45)
- ztráta krve :  
500-800 ml → bez následků,  
obnova během několika hodin,  
z tkáňového moku a sleziny
- >1,5 l krve → ohrožení života
- denně se **obnovuje** asi 50 ml krve, 18 l za rok

## Tvořena

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

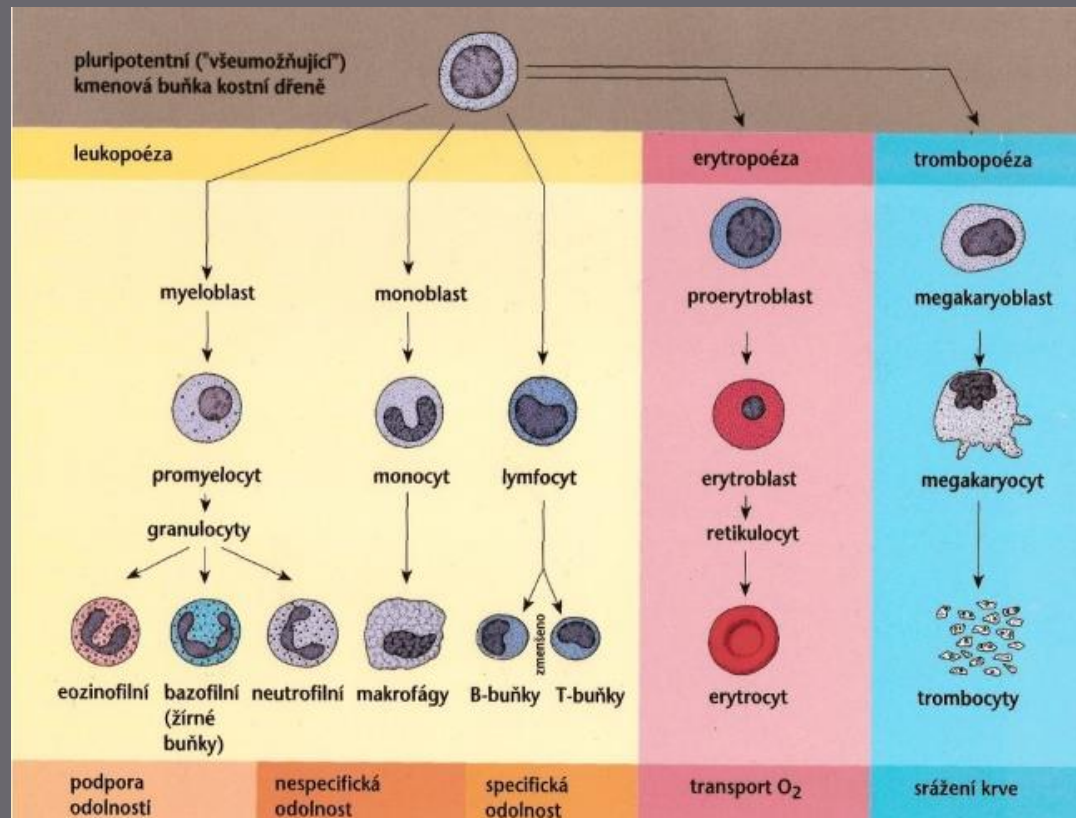
**hematokrit** (poměr mezi objemem krevních elementů a plazmy)

- ženy 41 - 59 %
- muži 46 - 54 %

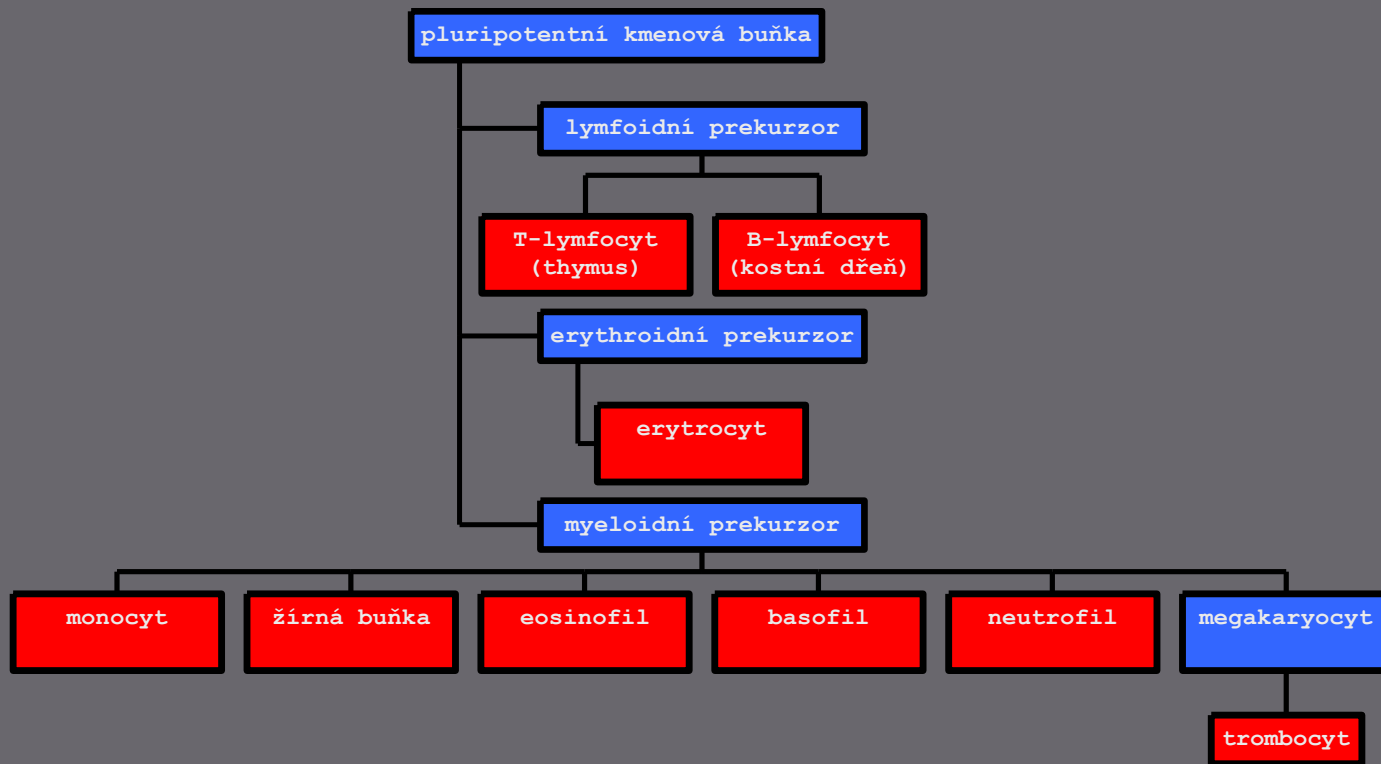


# Základní komponenty

- erytrocyty - 4,5 - 5 mil. v mm<sup>3</sup>
- leukocyty 7 - 8 000 v mm<sup>3</sup>
- trombocyty 200 - 500 tis. v mm<sup>3</sup>



# Vývoj krevních elementů



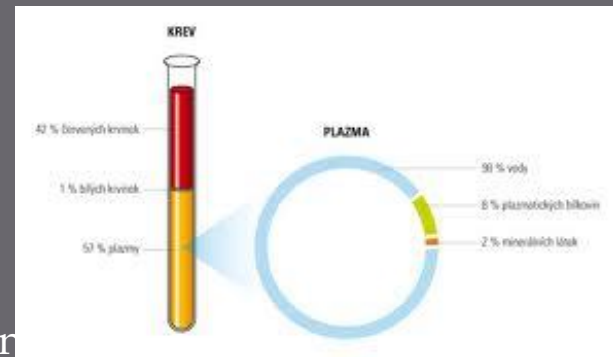


# Funkce krve

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), 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
- ▣ **močovina :** 2-7.5 mmol/l
- ▣ **laktát :** v klidu 0,5 – 1,5 mmol/l
- ▣ **celkový cholesterol** 3.4 – 5,0 mmol/l
- ▣ **triacylglyceroly** 0,7-1,7 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 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

# 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. ( nadměrné zatížení – návrat i několik dnů )

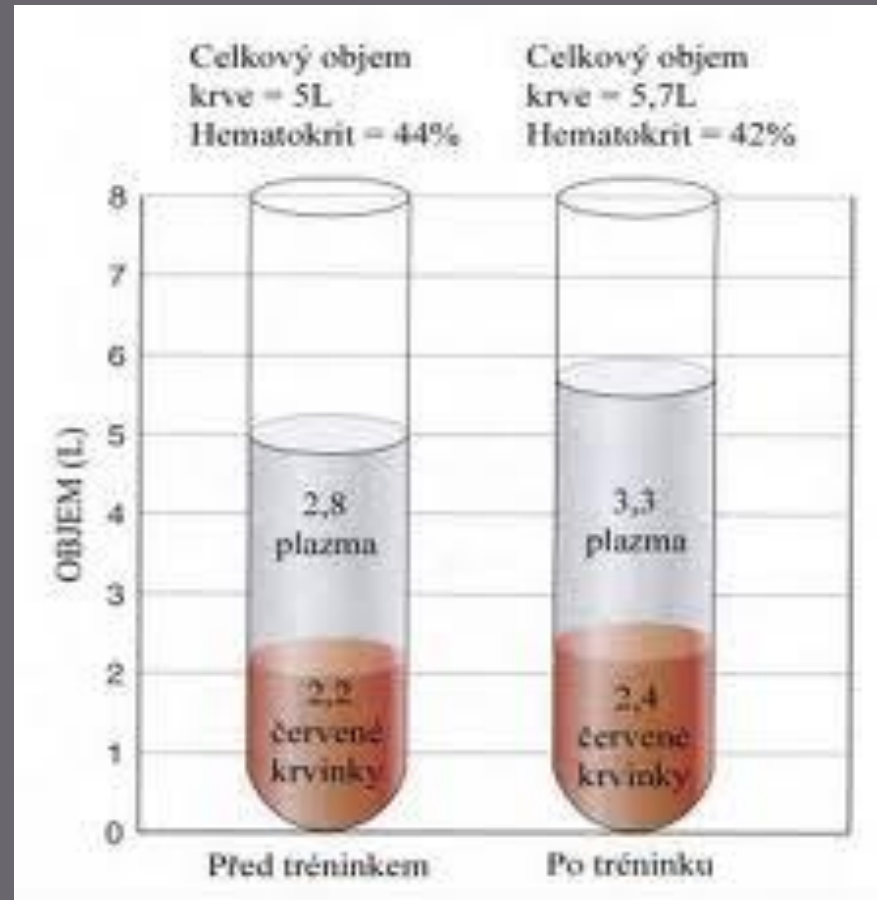
# Adaptace na zatížení

- Delší dobu trvající vytrvalostní aerobní trénink vede ke **zvětšení množství krve** :

- nejprve ↑ objem plazmy
- po 2 až 3 týdnech ↑ erytrocyty a hemoglobin

Zvýšení objemu plazmy je však výraznější ( to se projeví **snížením hematokritu a snížením viskozity krve** (cirkulace)

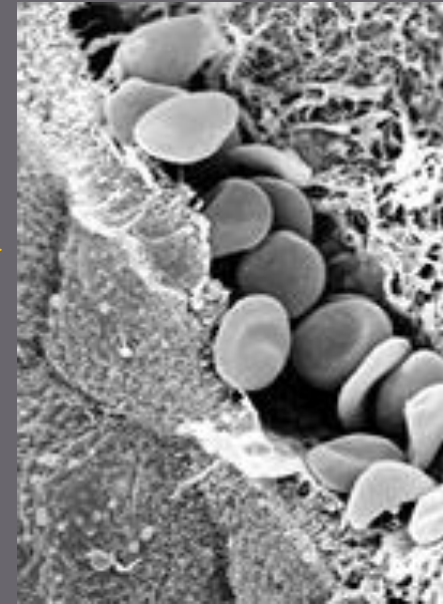
- Za adaptační změnu považujeme i zvýšení množství červených krvinek, při pobytu ve vysokohorském prostředí ( 2300 m 4 týdny, po 8 týdů)
- Zvyšování počtu erytrocytů zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic



**překročení hodnot hemoglobinu nad 18,5 g/dl muži a 16,5g/dl ženy = zákaz startu na 14 dní**

# Erytrocyty

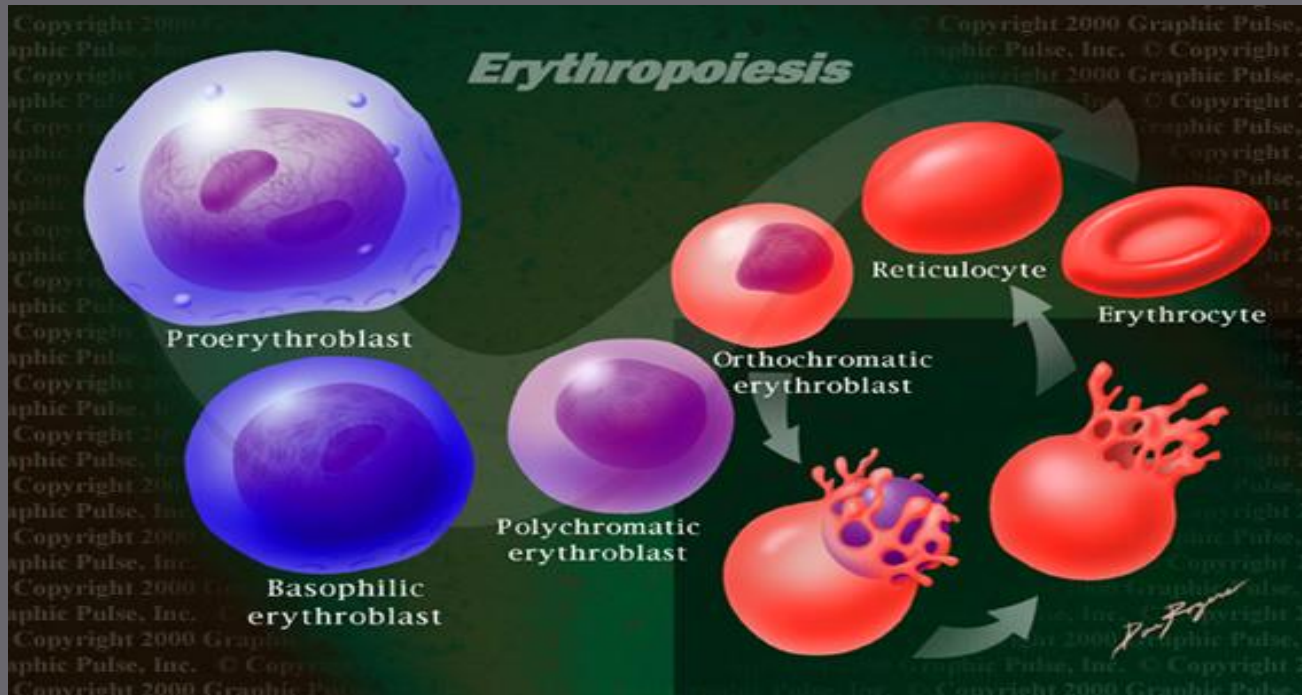
- **nejčetnější buňka** lidského těla
- bezjaderné, v plazmě obs. 33% roztok **hemoglobinu** (a tvoří 95% sušiny)
- **membrány**: membr. skelet umožňuje deformaci, na vněj. povrchu jsou aglutinogeny (GP a GL) - **antigenní vlastnosti erytrocytů**
- žijí cca **4 měsíce**
- povrch všech erytrocytů je 2000× větší než povrch těla
- za svůj život urazí asi 1000 km
- **rozpad** ve slezině a v játrech (pohlcovány buňkami retikuloendotelové soustavy)
- z hemové skupiny se tvoří **bilirubin** (žlučové barvivo)



# Erytropoéza (tvorba červených krvinek)

z pluripotentní kmenové buňky, dále pak pokračuje přes **několik stádií červené vývojové řady** (proerythroblast, bazofilní erythroblast, polychromatofilní erythroblast, ortochromatický erythroblast, retikulocyt)

- ▣ **cíl:** malé tělíčko s vysokým obsahem hemoglobinu, co největší povrch (zmizí jádro a další buněčné organely, změna tvaru)



# Erytropoéza- pro tvorbu nutný:

**Fe ( tvorba hemu):** 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 (váže Fe v buňkách)

**transferin** ( přenáší Fe plazmou)

hemosiderin (zásobní forma)

nevyužitě Fe se váže na bílkovinu **ferritin**, ukládá se do zásoby ve tkáních  
( Fe je samo o sobě toxické)



**vit. B6 – pyridoxin** ( tvorba hemu)

**vit. B2 - riboflavin** (normální fce a přežití ERY)

**vit. B12 – cyanokobalamin**

**RŮSTOVÉ FAKTORY** ( cytokininy, SCF, interferony, EPO)

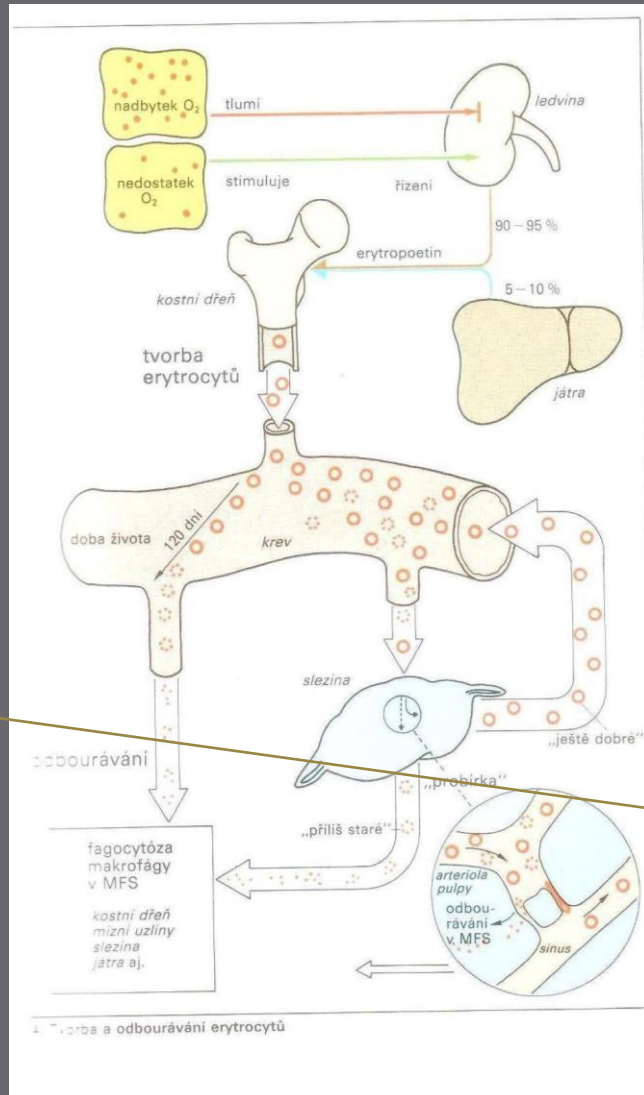
**kyselina listová** ( syntéza DNA)



# Hormonální regulace erytropoézy

## stimulace

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



## inhibice

- glukokortikoidy
- estrogeny

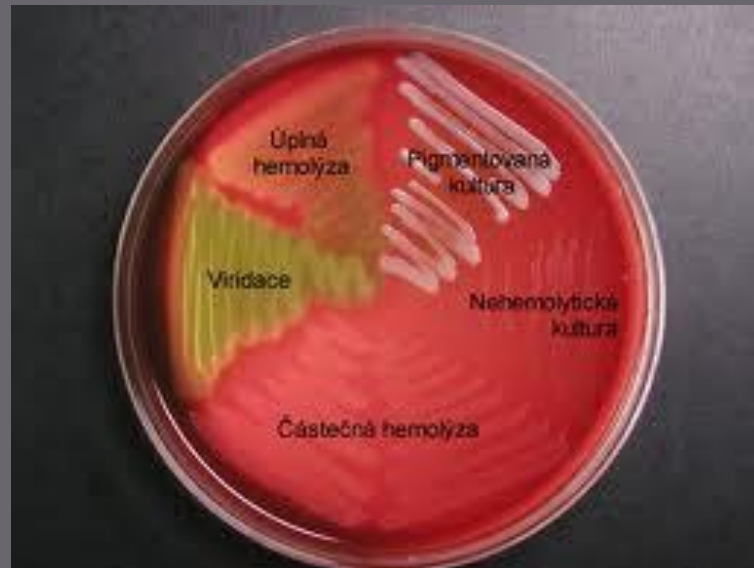
rozdílný počet ERY u mužů a žen

# Další FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ERYTROPOEZU (EPO)

- ▣ A) ZVÝŠENÁ TVORBA:
  - výšková hypoxie
  - ztráta krve
  - anémie
  - otrava CO
  - kobalt
  - adenosin
  
- ▣ B) SNÍŽENÁ TVORBA:
  - větší transfúze
  - pobyt ve vysokém atmosférickém tlaku

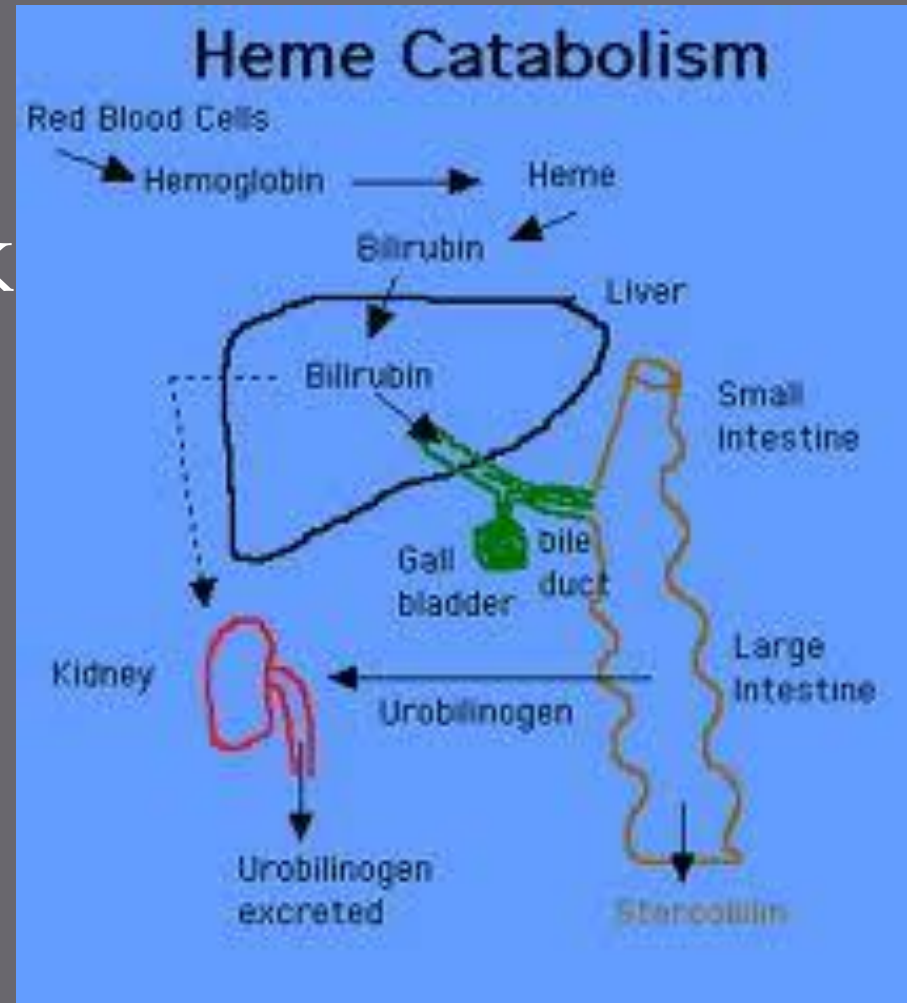
# Hemolýza (rozpad červených krvinek)

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

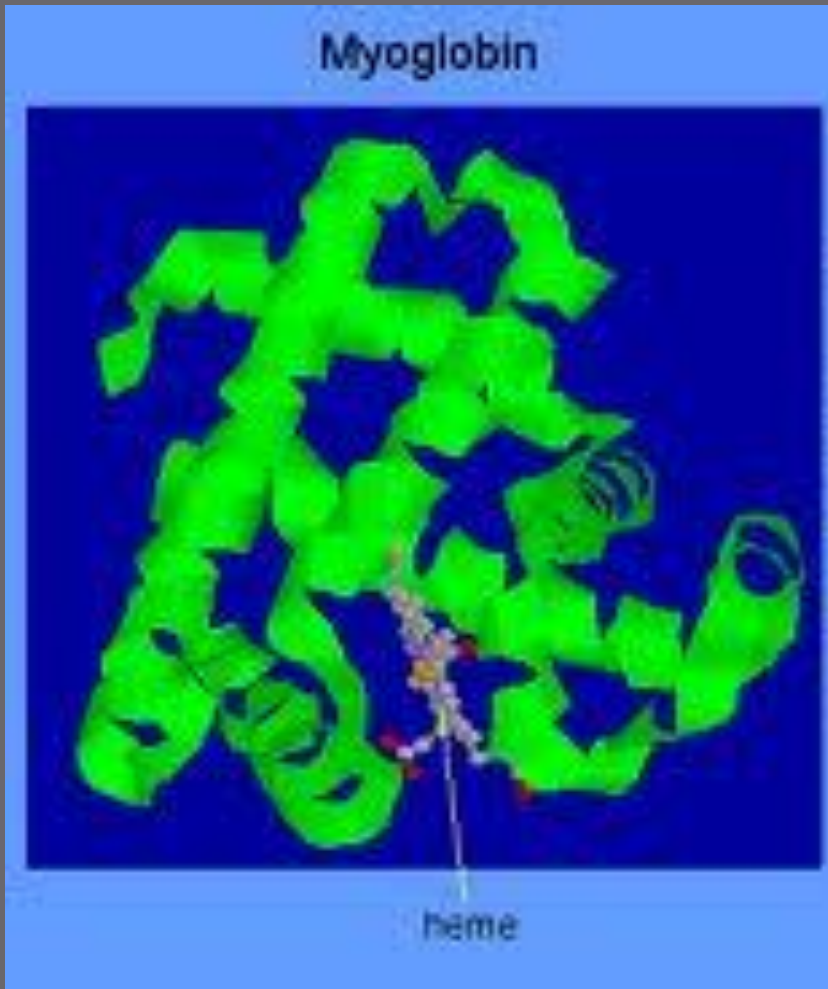


# Odbourávání Hb

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

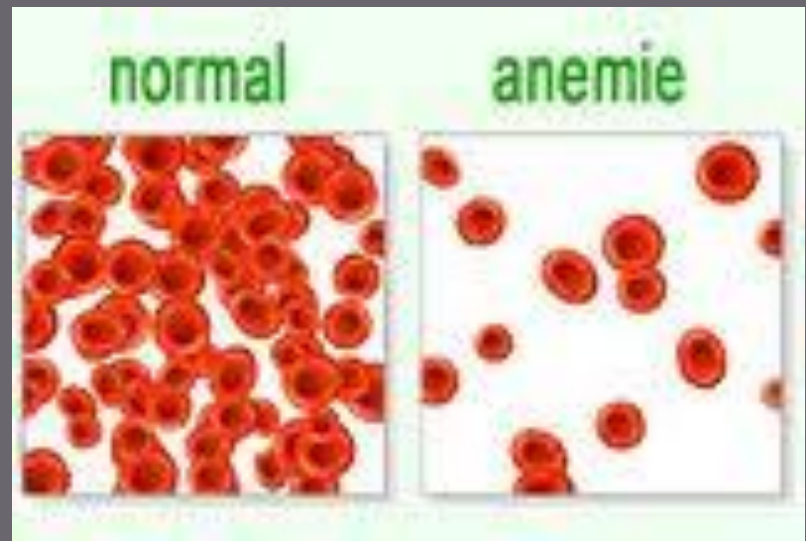


# Myoglobin



- ▣ 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**

# Anemie



- ▣ pokles hladiny **Hb**  
**a počtu erytrocytů**

- ▣ Podstatně častější : pouze symptom než primární porucha erythropoézy

Dělení :

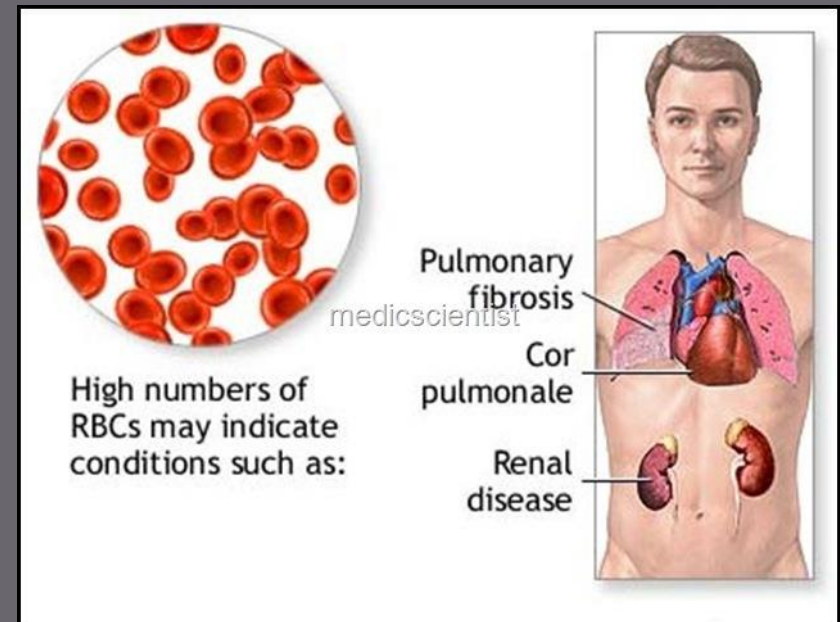
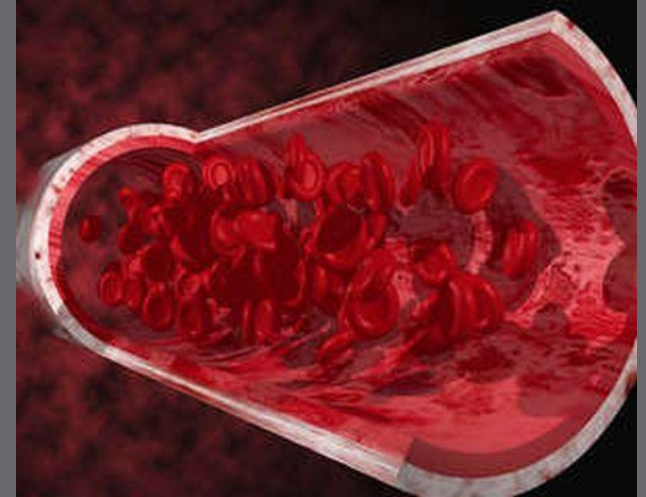
**Následek ztrát** : krvácení ( poranění, vřed)

**Zvýšený rozpad** : hemolytická ( jedy, HIV, cirhóza)

**Nedostatečná produkce zralých erytrocytů** :  
nedostatek Fe ( sideropenická), kys.listová, B12,  
vit C

# Polycytémie

- ▣ 7-8 mil. ery, HK 70%
- ▣ zvyšuje viskozitu krve – **trombotizace cév** (mozkové, koronární)
- ▣ **polycythemia vera** (nižší hladina EPA- rozdíl proti dopingů)
- ▣ **projevy**: cefalea, vertigo, pruritus, trombotické příhody, splenomegalie



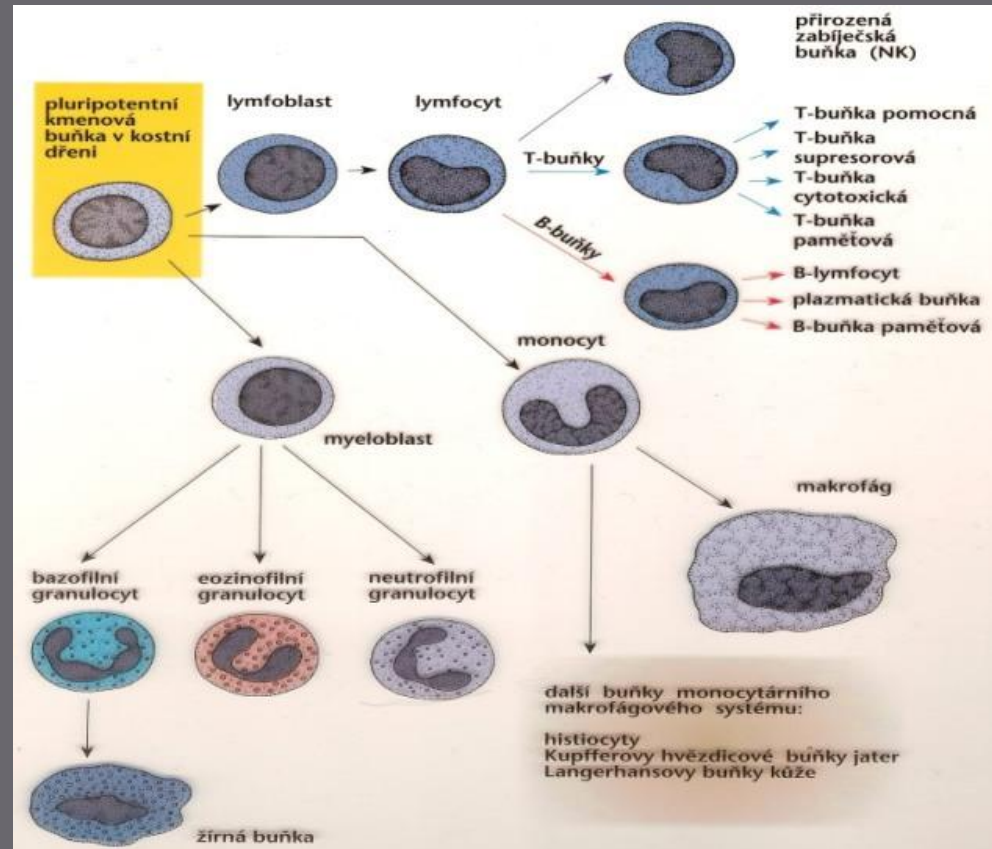
# Leukocyty

- 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

**agranulocyty**: bez zrníček, nečleněné jádro





## Granulocyty

- **neutrofilní** : schopnost fagocytózy, **zmnožené při bakteriálních infekcích**
- **eosinofilní** : schopnost fagocytózy, zmnožené při parazitárních onemocněních a plísňích

## Agranulocyty – lymfocyty

- **B-lymfocyty**: pátrají po cizorodých molekulách ( antigenech) - tvorba protilátek (**humorální imunita**)- plazmatické bb. ( proliferace protilátek) - paměťové buňky
- **T-lymfocyty**: zaměřeny přímo na cizorodé buňky (**buněčná imunita**) – mění se na cytotoxické bb, které narušují membránu cílových bb

## agranulocyty – monocyty

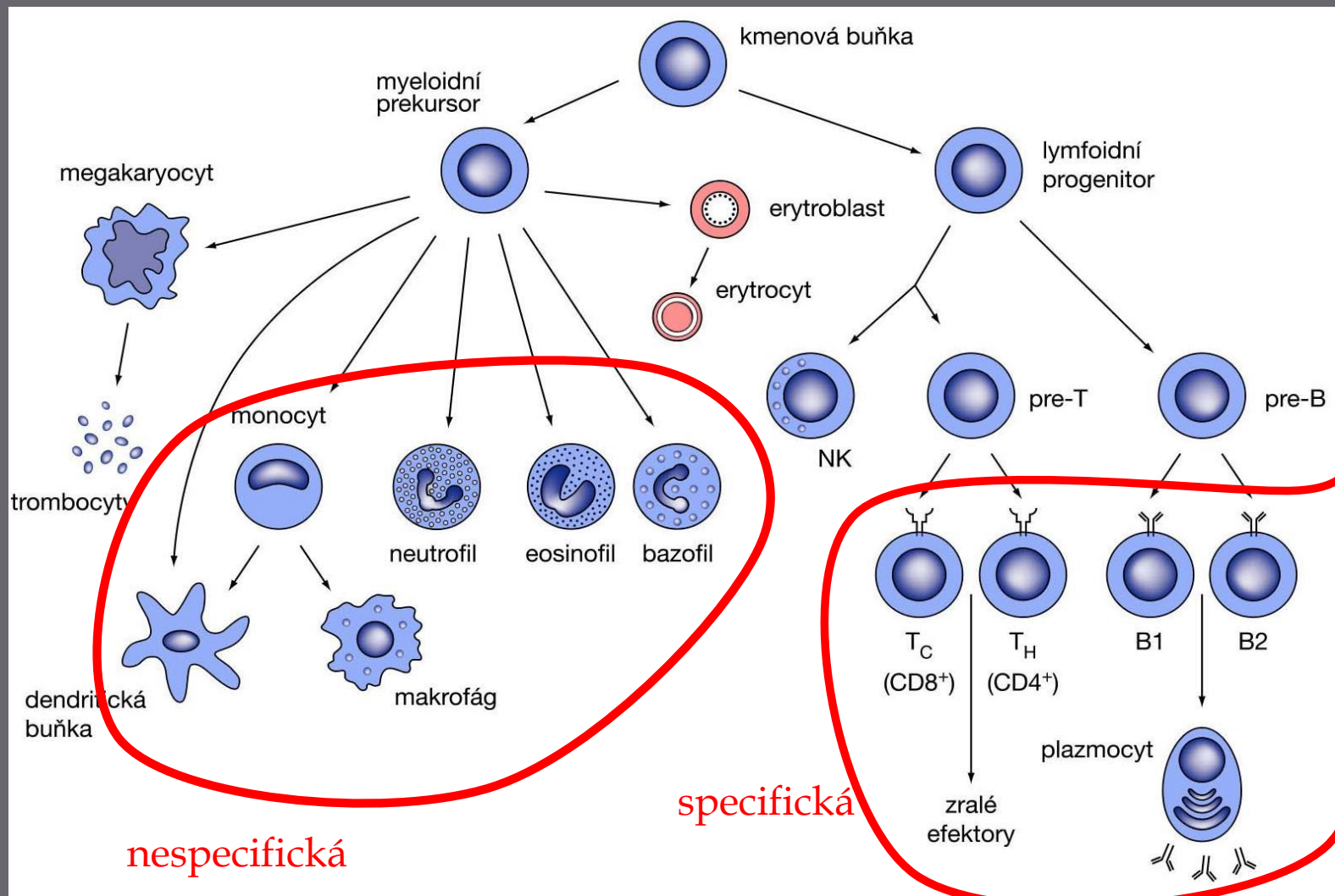
- schopnost fagocytózy , mohou se ve tkáních měnit na makrofágy ( mnohonásobně větší)
- v některých tkáních (slezina, játra, lymf. uzliny, vazivo, místa hrozící infekce)

# Imunita

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

Rozlišujeme imunitu:

- ▣ **Nespecifickou**-řada mechanismů: kožní a slizniční bariéra, sliny, žaludeční šťáva, zánětlivá reakce, fagocyty, makrofágy, horečka
- ▣ **Specifickou**- nastupuje o něco pomaleji, podílí se B i T lymfocyty
  1. **látkovou (humorální)- B lymfocyty**
  2. **buněčnou – T lymfocyty**



# Imunita látková

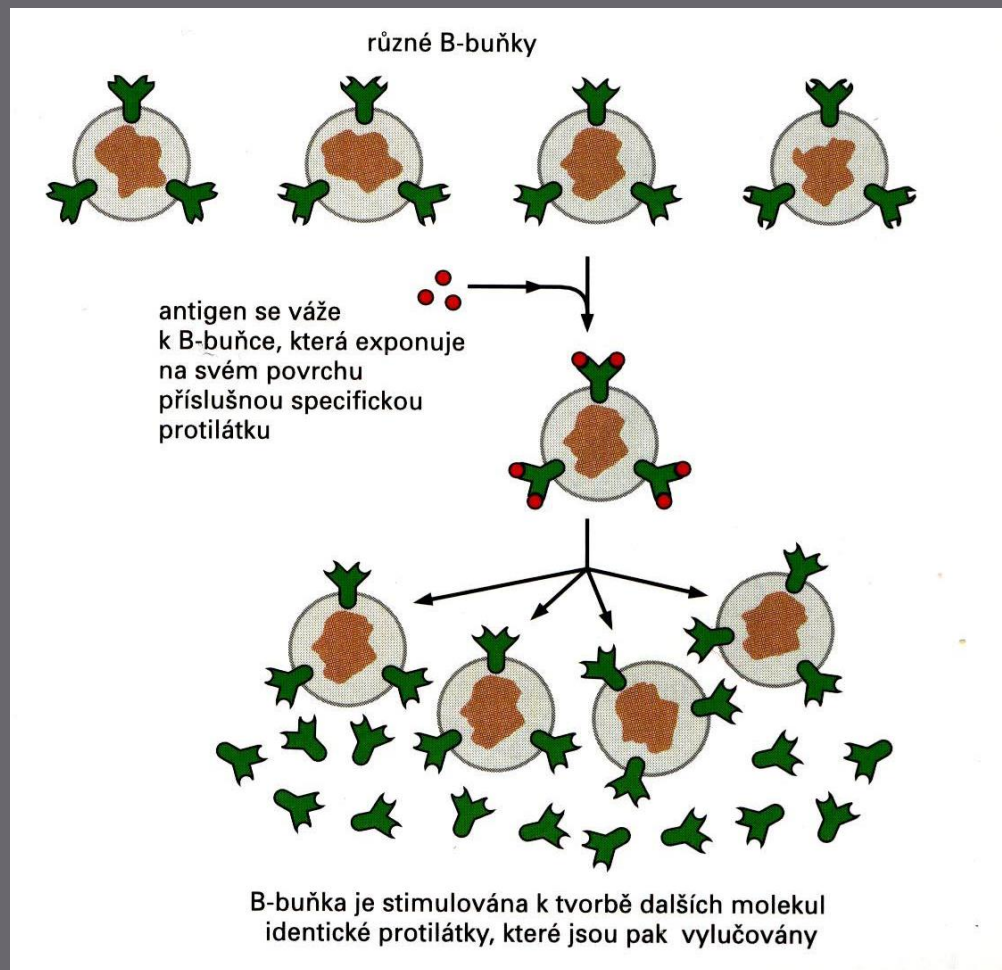
- ▣ zásadní funkci - **B lymfocyty**
- ▣ pocházejí z kostní dřeně, mohou se měnit na **plasmatické buňky**
- ▣ produkující protilátky (imunoglobuliny)

## Imunoglobuliny :

IgG, IgM, IgA, IgE a IgD.

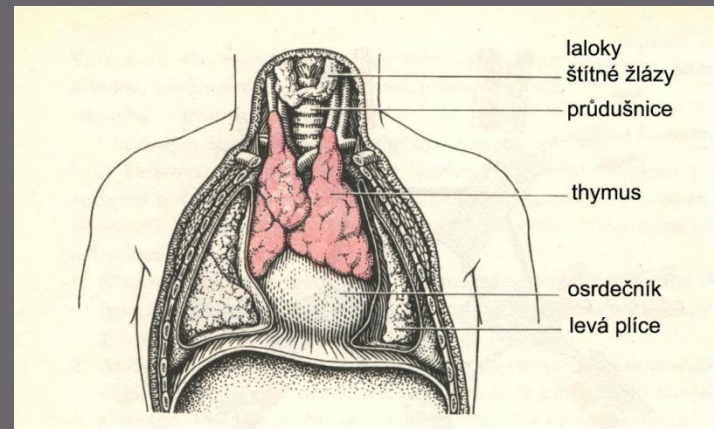
- jsou obsaženy v krevní plasmě

- ▣ prvním setkání s antigenem = **primární imunitní odpověď**
- ▣ **Protilátky v plazmě za několik dní**
- ▣ druhé setkání s antigenem - v organismu zásoba **paměťových buněk** (sekundární odpověď - intenzivnější)



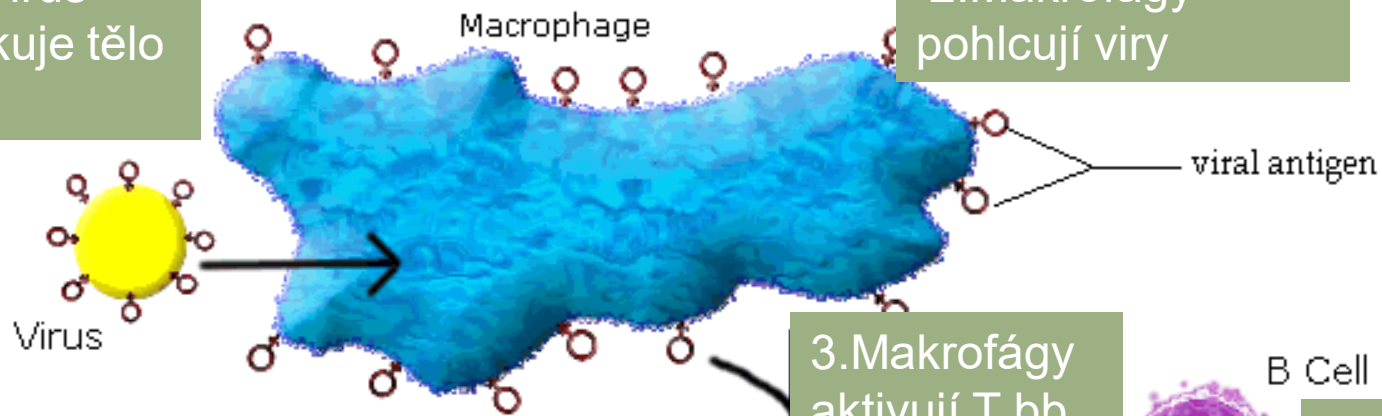
# Imunita buněčná

- ▣ mechanismem - **fagocytóza**
  - ▣ je rozhodující pro přijetí transplantátu
  - ▣ pro potlačení imunity se používají **imunosupresiva**
  - ▣ nepřiměřené imunitní reakce - **alergie**
  - ▣ působí-li vlastní bílkoviny jako antigeny dochází k **autoimunitní reakci**
  - ▣ **netvoří protilátky**
- 
- ▣ **T lymfocyty**
  - ▣ Thymus (brzlík)
    - maximum dosahuje mezi 2-3 rokem, po pubertě involuje.



1. Virus infikuje tělo

2. Makrofágy pohlcují viry



3. Makrofágy aktivují T bb.

5. B bb. se mění na plazmatické

Cytotoxic T Cell

Helper T Cell

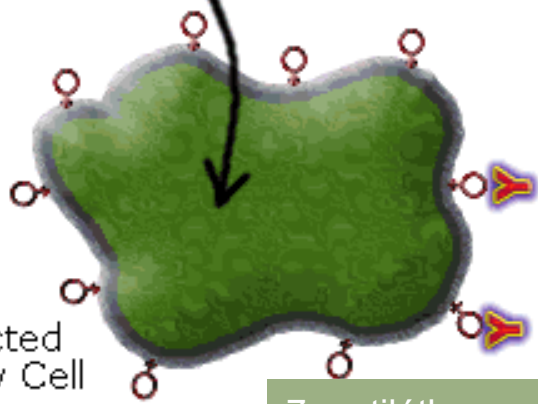
B Cell

Plasma Cell

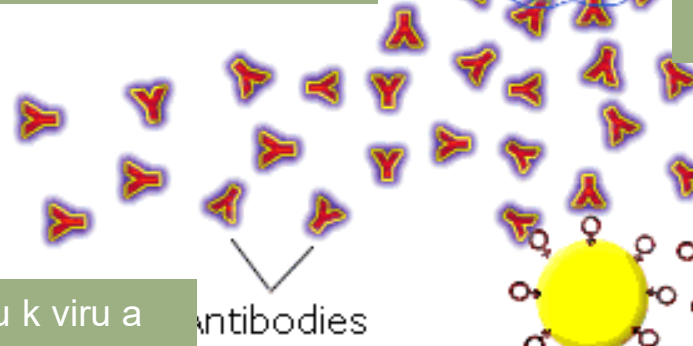
8. Cytotoxické T bb ničí infikované tělní buňky

4. T bb. se mění na cytotoxické a aktivují B bb.

6. Plazmatické bb. vytváří protilátky



7. protilátky se vážou k viru a infikované tělní buňky dostanou signál pro zničení



Virus

# 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

# Srážení krve- hemokoagulace

**Trombocyty** - útržky bb. ( kostní dřeň)

Adheze na kolagen

Agregace ( shlukování)

Metamorfóza na kulovitá tělíska

Sekrece : **serotonin** ( vazokonstrikce)

**Vnitřní a zevní systém**

aktivují **plazmatický faktor X**

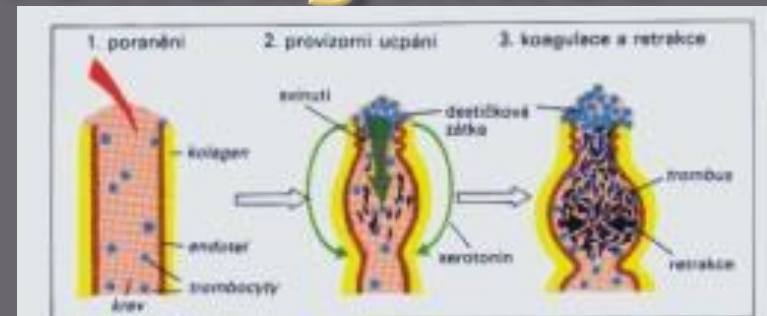
působí na protrombin → trombin

působí na fibrinogen → fibrin

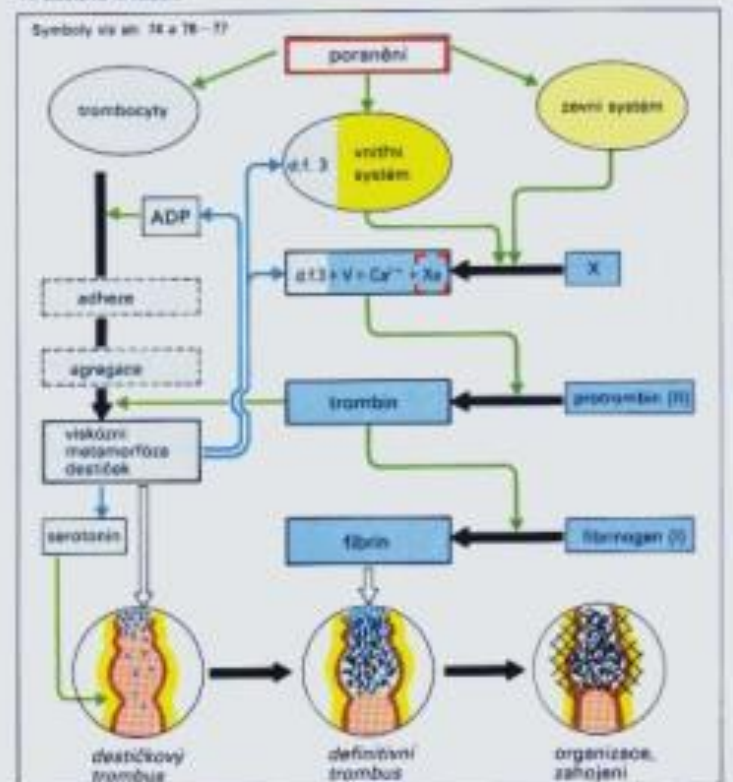
→ vytváří se **krevní koláč ( definitivní trombus)**, na okrajích sérum (= plazma bez fibrinogenu)

- 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

Skupina	Aglutinogen (membrána ERY)	Aglutinin ( plazma)
0	----	anti-A, anti-B
A	A	anti-B
B	B	anti-A
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 %

# Rh systém

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

