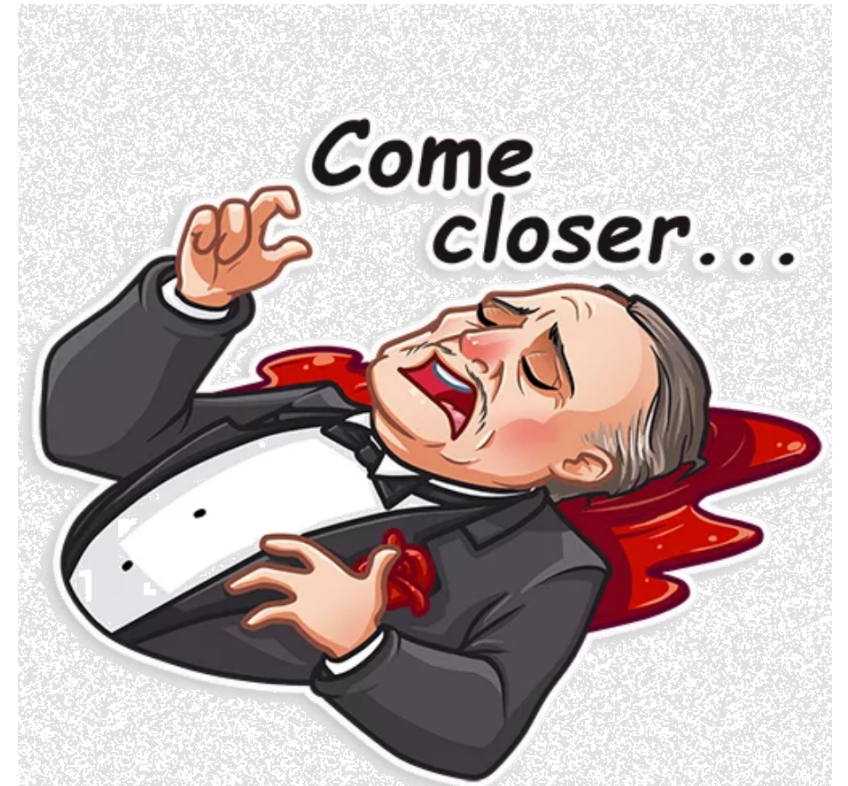


# Krev (složení, funkce).



# Úvod

- Funkce krve a její obecné vlastnosti
  - Krevní plazma - funkce, složení - organické a anorganické součásti (3 příklady číselných hodnot)
  - Bílé krvinky (diferenciální rozpočet, funkce)
  - Krevní destičky (počet, funkce)
  - Červené krvinky (počet, funkce). Hemolýza (druhy, příklady).
  - Hemoglobin a jeho deriváty
  - Suspenzní stabilita erytrocytů (sedimentace)
  - Krvetvorba
  - Krevní skupiny
- 
- Imunitní systém
  - Voda v lidském těle, hospodaření, ztráty, získávání
  - Hemostáza a hemokoagulace, přehled koagulačních faktorů (číselně)

# Funkce krve

- Transportní funkce
- Homeostáza
- Obrana organismu
- Hemostáza
- Termoregulace
- Humorální řízení

# Krevní plazma. Anorganické látky.

- **Na<sup>+</sup>** (137-147 mmol/l): udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- **Cl<sup>-</sup>** (98-106 mmol/l): udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- **K<sup>+</sup>** (3,8-5,1 mmol/l): činnost svalů (hl. myokardu)
- **Ca<sup>2+</sup>** (2,1-2,7mmol/l): nervová dráždivost, stažlivost svalu, srážení krve, propustnost membrán, mineralizace kostí
- **P** (0,65-1,62 mmol/l): regulace pH, mineralizace kostí
- **Mg<sup>2+</sup>** (0,75-1,25 mmol/l): aktivita enzymů, nervová dráždivost
- **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** (25-34 mmol/l): transport CO<sub>2</sub>, udržení pH
- **Fe** (16-25 μmol/l): součást hemoglobinu - transport plynů
- **I** (275-630 nmol/l): tvorba hormonů štítné žlázy

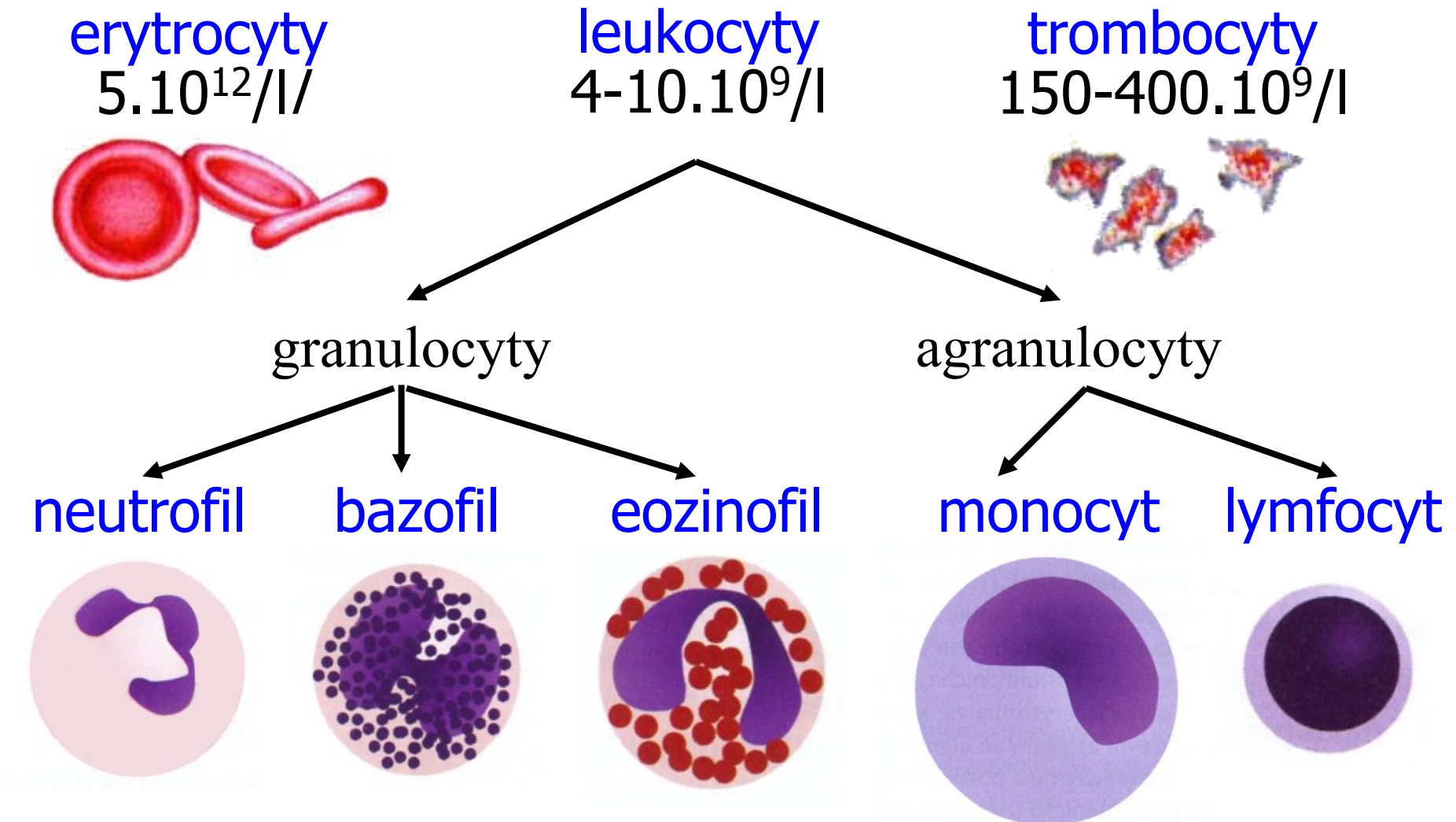
# Krevní plazma. Organické látky

- Plazmatické proteiny 60-80 g/l
  - Albuminy (40-48 g/l): onkotický tlak, transport iontů, mastných kyselin, pigmentů, látek tělu cizích, hormonů
  - Globuliny (18-30 g/l)
    - α-globuliny: transport hormonů, kovů, vitamínů
    - β-globuliny: vazba hemu, vit. B12, železa, transport cholesterolu
    - γ-globuliny: protilátky, specifická imunita
  - Fibrinogen (3 g/l): srážení krve
- Tuky (4-10 g/l)
- Glukóza (4-5,5 mmol/l)
- Dusíkaté látky (0,2-0,4 g/l): močovina, bilirubin, aminokyseliny
- Hormony, vitamíny, enzymy, léky

# Viskozita krve

- Viskozita neboli vazkost je veličina, která charakterizuje vnitřní tření tekutiny a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi
- **Fibrinogen** (Interakce s Ery, s LDL; hyperfibrinogenémie)
- **Hematokrit** (přímé a nepřímé interakce mezi Ery a mezi Ery a fibrinogenem)
- **Průměr cévy**
- **Rychlost proudění krve**
- **Teplota** (za fyziologických podmínek zanedbatelný parametr)

# Formované krevní elementy





# Formované krevní elementy

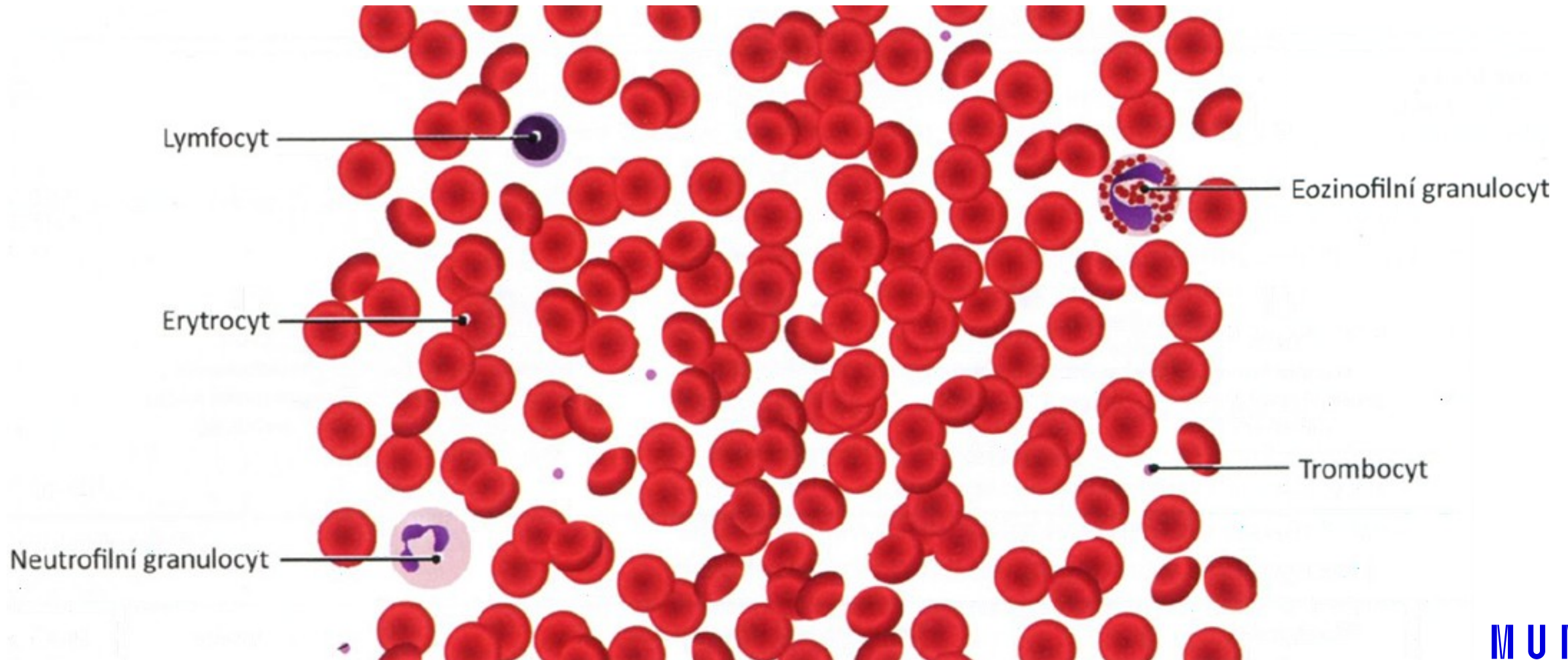
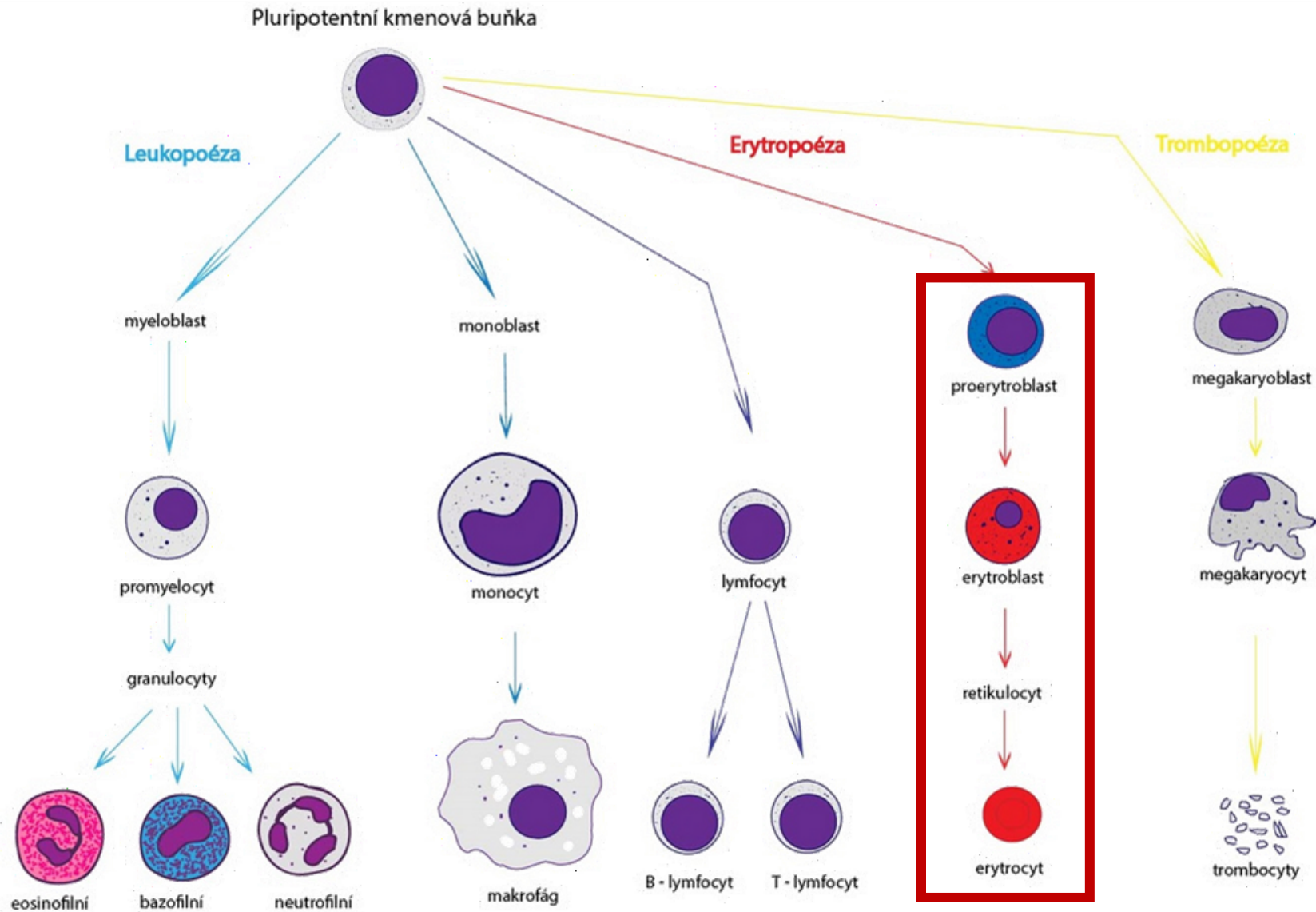


Schéma krevního nátěru



# Hematopoéza



# Erythropoéza

## Ontogeneze

- 3. týden: žloutkový vak
- 6. týden: játra (tvorba v žloutkovém vaku zaniká)
- 12. týden: slezina
- 20. týden: kostní dřeň
- 32. týden: přesmyk z embryonálního hemoglobinu na HbF
- novorozenec: krvetvorba pouze v kostech, přesmyk HbF na dospělý hemoglobin HbA
- dospělý člověk: krvetvorba v hrudní kosti, obratlích, žebrech, v klíční kosti, v pánevních kostech, v plochých lebečních kostech, v proximálních epifýzách některých dlouhých kostí

# Erythropoéza

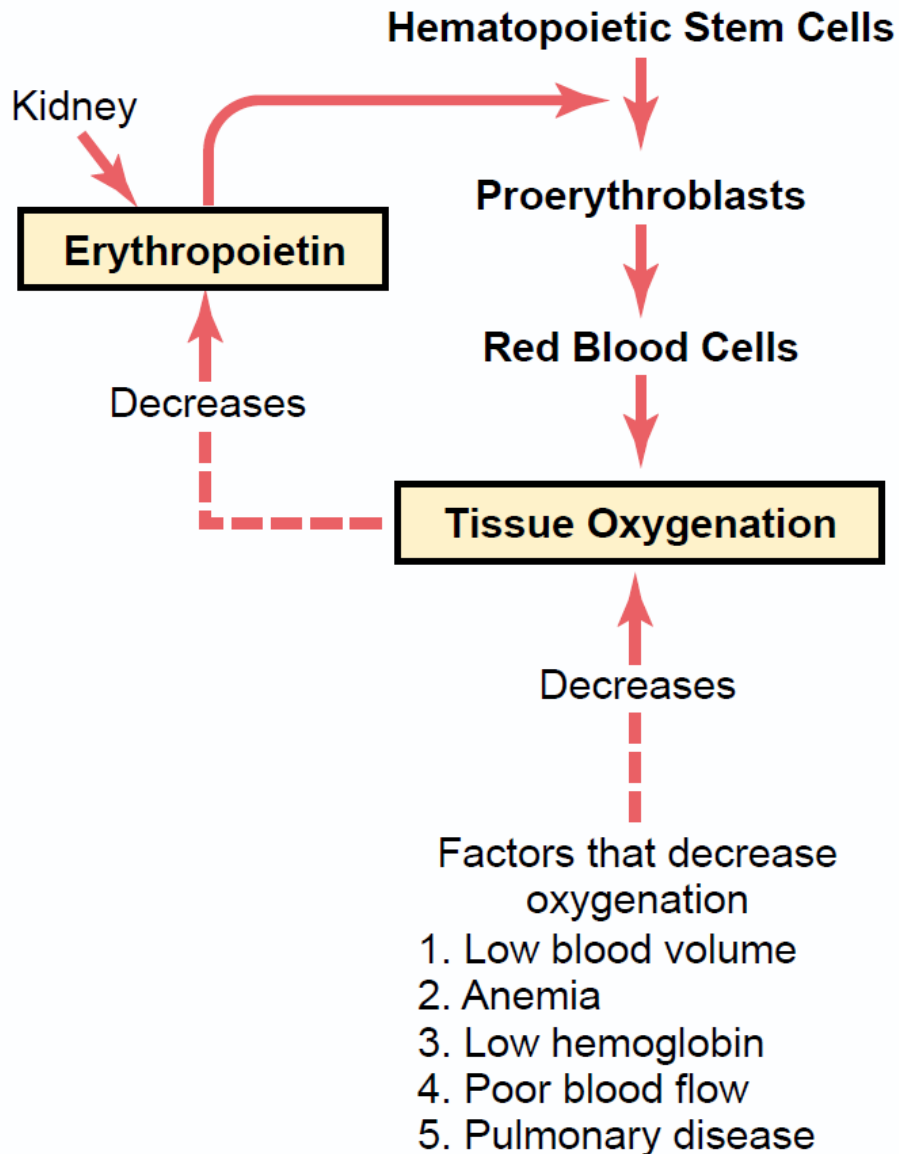
## **látky potřebné pro tvorbu erytrocytů**

- aminokyseliny: bílkovinná část hemoglobinu
- železo: vazba kyslíku na hemoglobin a myoglobin
- vitamín B12: důležitý pro syntézu DNA
- kyselina listová: důležitý pro syntézu DNA

# Erythropoéza

- Regulace
- Erythropoetin - tvorba v ledvinách
- působí na citlivé determinované progenitorové buňky v kostní dřeni
- stimuluje syntézu nukleových kyselin
- aktivuje geny potřebné k syntéze hemoglobinu
- zvyšuje příjem Fe

# Erythropoéza



- androgeny ↑ erythropoézu
- hormony štítné žlázy ↑ erythropoézu
- růstový hormon ↑ erythropoézu
- hormony kůry nadledvin ↑ erythropoézu
- prostaglandin E ↑ produkci erythropoetinu v ledvinách

# Zánik červených krvinek

- Slezina: fagocytóza starých a poškozených erytrocytů

**Hemoglobin** → globin + hem

**Globin** → aminokyseliny

**Hem** → CO<sub>2</sub> + Fe + biliverdin

**Biliverdin** → *bilirubin* (žlučové barvivo):  
konjugovaný bilirubin (v játrech)  
urobiliny a sterkobiliny (ve stolici)

**Fe:** syntéza dalšího hemoglobinu

# Červená krvinka (erytrocyt)

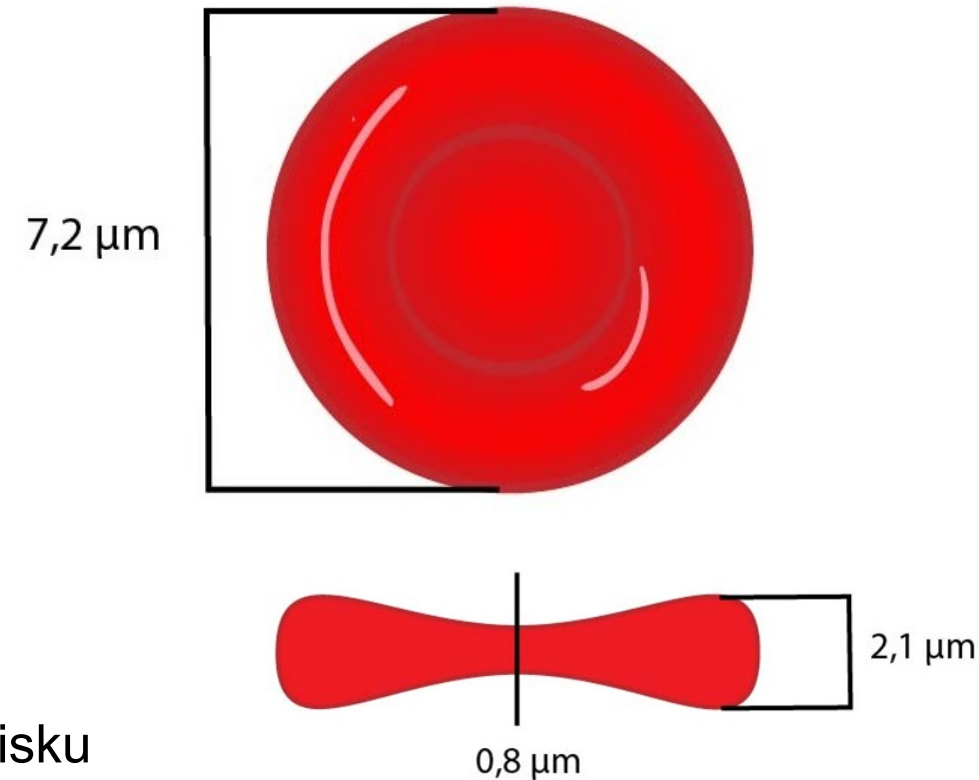
□ Bezjaderná buňka, hlavní část formované složky krve

□ Tvar:

- bikonkávní disk - tvar zvětšuje povrch asi o 30%
- tvar zajišťuje protein spektrin
- plasticita tvaru důležitá pro vstup úzkými kapilárami

□ Velikost:

- Normocyt: 7,2  $\mu\text{m}$
- Mikrocyt (-oza):  $\leq 7 \mu\text{m}$
- Makrocyt (-oza):  $\geq 9 \mu\text{m}$
- Megalocyt:  $\geq 20 \mu\text{m}$
- Tloušťka cca 2,5  $\mu\text{m}$  na periferii a cca 1  $\mu\text{m}$  ve středu disku
- \*Anisocytóza





# Červená krvinka (erytrocyt)

- Fyziologické rozmezí erytrocytů:
  - ♂:  $4,3-5,3 * 10^{12} / l$
  - ♀:  $3,8-4,8 * 10^{12} / l$
  - Novorozenec:  $4,4-7 * 10^{12} / l$
- Stanovení počtu červených krvinek
- Automatické metody
  - Impedanční
  - Fotooptická
- Klasická metoda
  - Bürkerova komůrka + Hayemův roztok



# Funkce Ery

- Přenos dýchacích plynů
- Pufrovací systém
- Udržování viskozity krve
- Vazodilatace

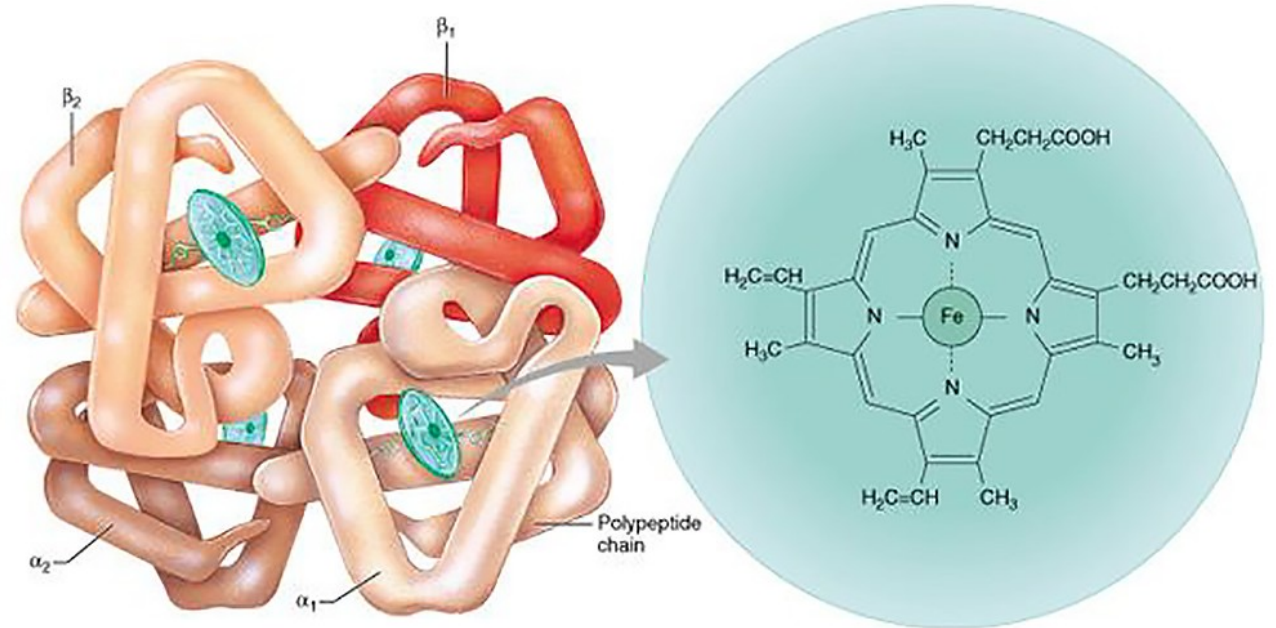
# Hemoglobin (Hb)

□ Embryo:  $\epsilon_4$  nebo  $\alpha_2\epsilon_2$

□ Plod: Hb $\underline{F}$   $\alpha_2\gamma_2$

□ Dospělý: Hb $\underline{A}$   $\alpha_2\beta_2$

Hb $\underline{A}_2$   $\alpha_2\delta_2$



□ Oxyhemoglobin: vazba  $\text{O}_2$  na  $\text{Fe}^{2+}$  v hemu

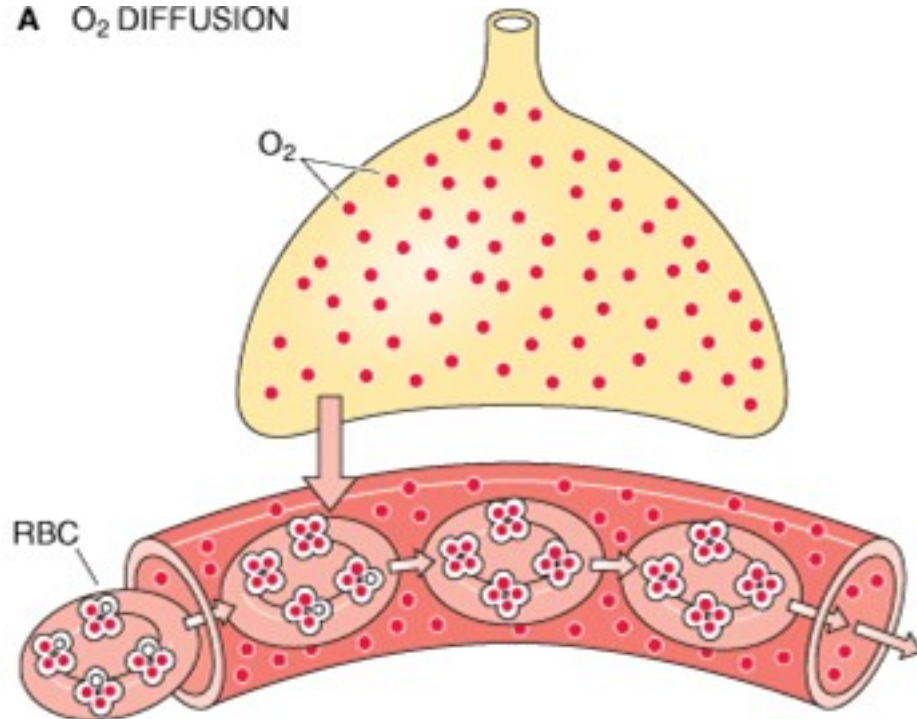
□ Karbaminohemoglobin: vazba  $\text{CO}_2$  na  $\text{NH}_2$  konce bílkoviny

□ Karboxyhemoglobin: vazba  $\text{CO}$  na  $\text{Fe}^{2+}$  v hemu

□ Methemoglobin: hem s  $\text{Fe}^{3+}$  - nemůže vázat  $\text{O}_2$

# Přenos dýchacích plynů

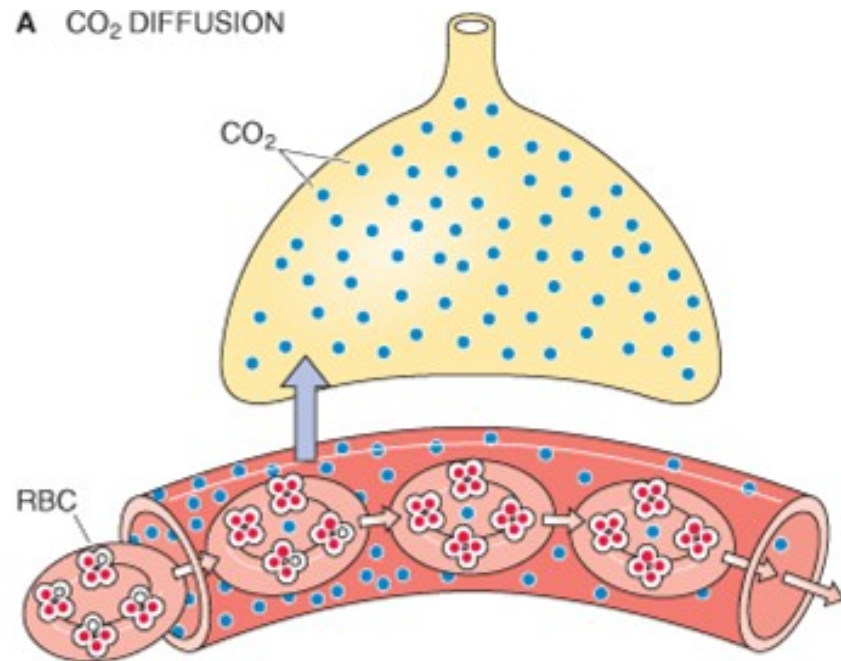
A O<sub>2</sub> DIFFUSION



O<sub>2</sub> je přenášen krví:

- Fyzikálně rozpuštěný (1%)
- V chemické vazbě s Hb (99%)

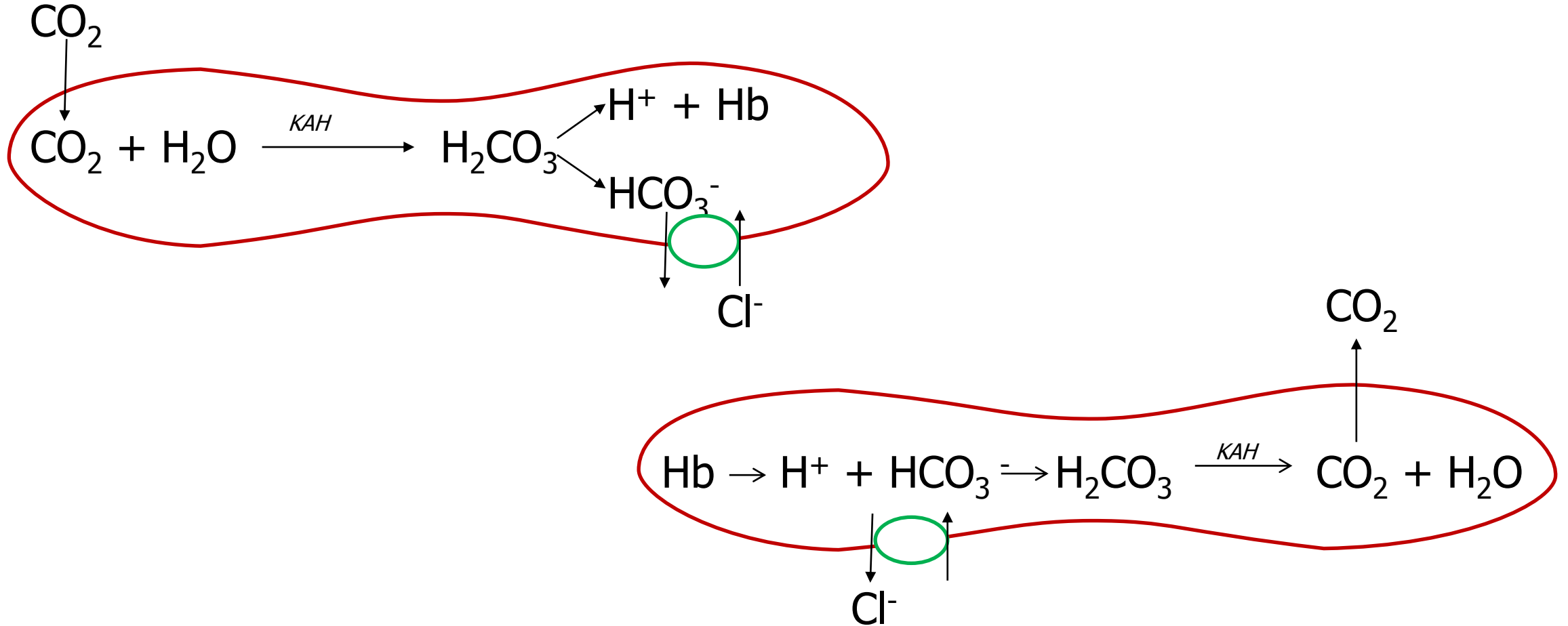
# Přenos dýchacích plynů



CO<sub>2</sub> je přenášen krví:

- Fyzikálně rozpuštěný (5%)
- Ve formě bikarbonátových aniontů (85%)
- V chemické vazbě s Hb a plazmatickými proteiny (10%)

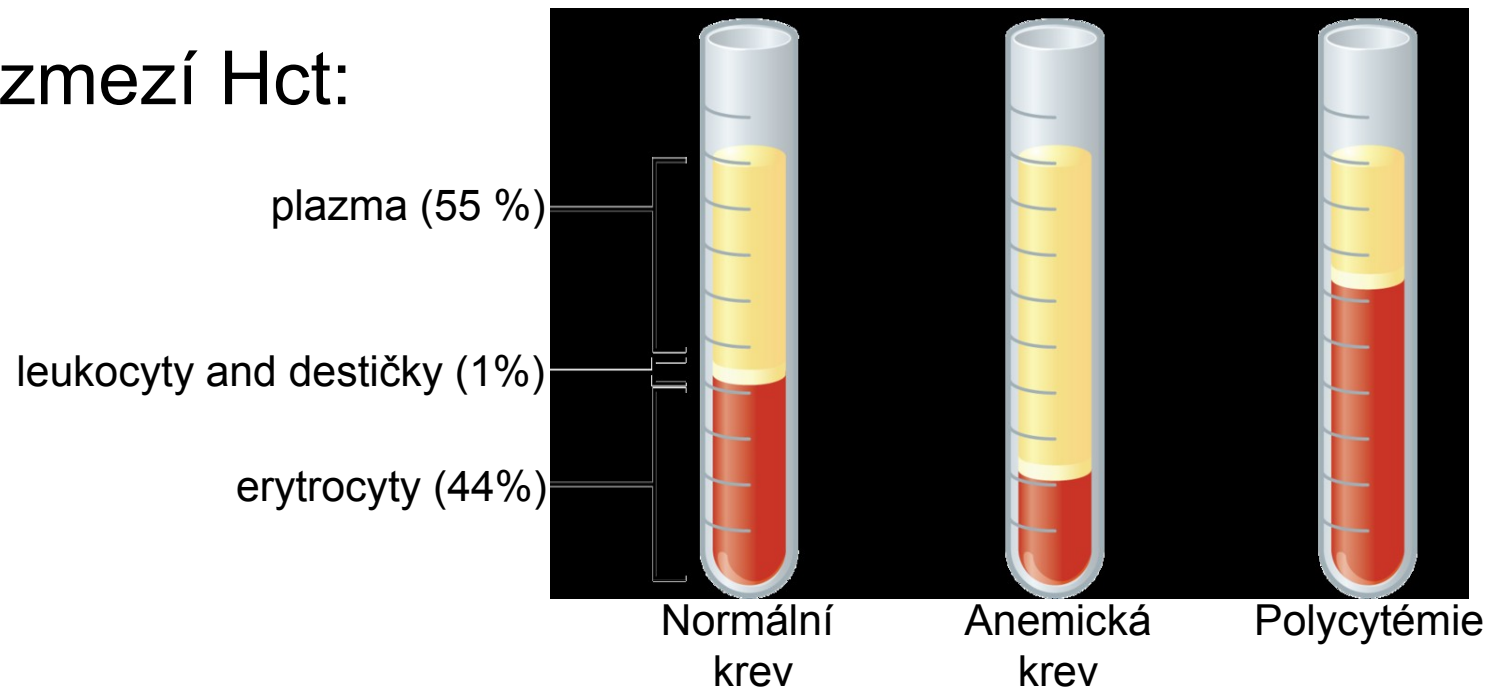
# Přenos dýchacích plynů



Hamburgerův efekt

# Hematokrit (Hct)

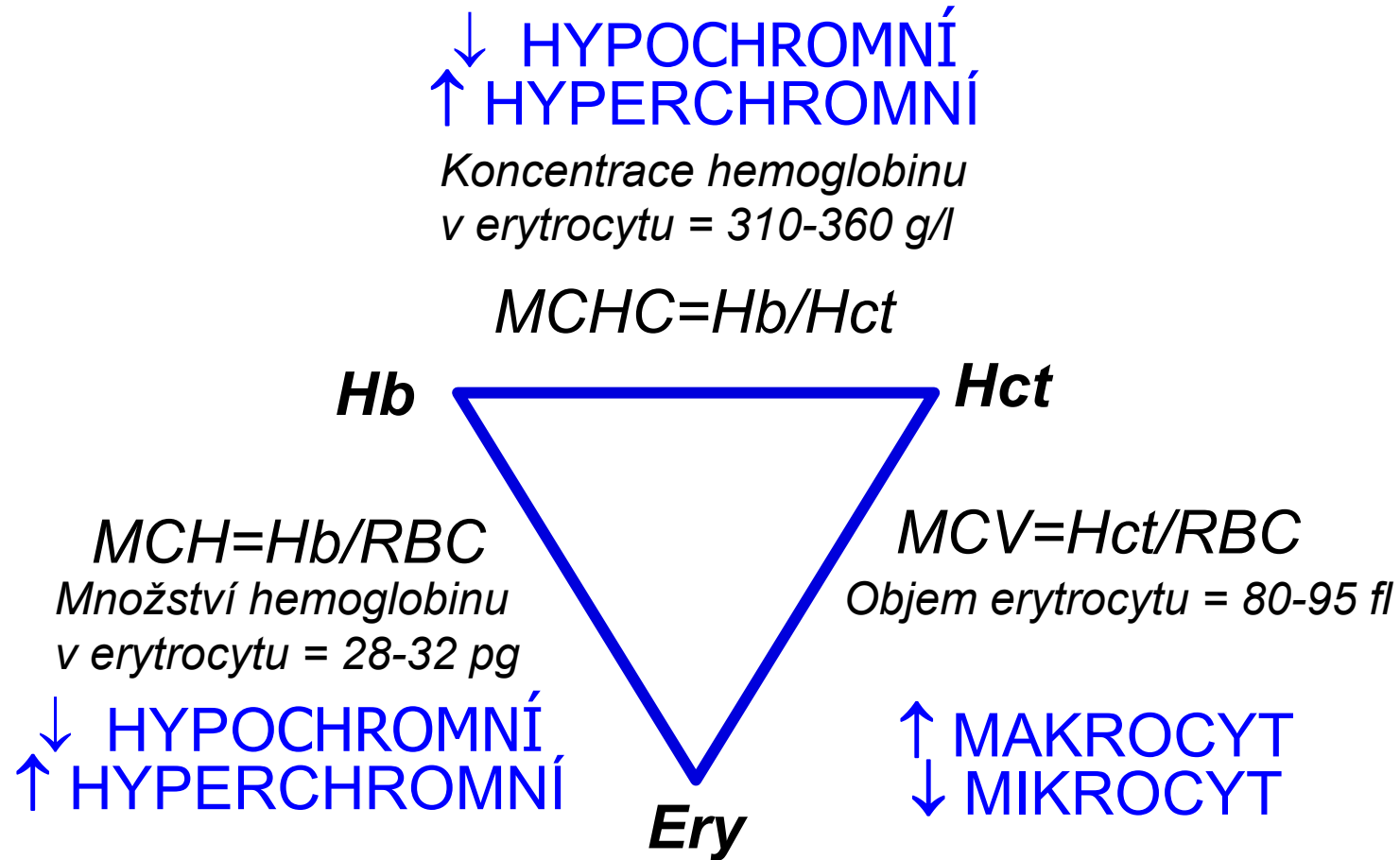
- Vyjadřuje procentuální zastoupení objemu erytrocytů v plné krvi
- Zjišťujeme po centrifugaci nesrážlivé krve\*
- Fyziologické rozmezí Hct:
  - ♂: 42-52%
  - ♀: 37-47%



\*centrifugací srážlivé krve po odstranění krevního koagula získáme krevní sérum (od plazmy se liší chyběním koagulačních faktorů)

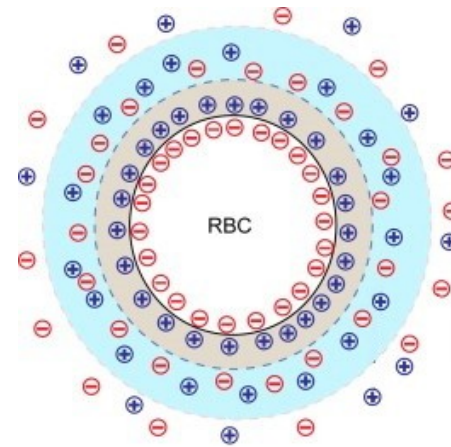


# Vypočítané hodnoty červené složky



# Sedimentace erytrocytů

- Rychlost poklesu krvinek v nesrážlivé krvi
- Helmholtzova elektrická dvojvrstva
- Sedimentační rychlost je nepřímo úměrná suspenzní stabilitě krve
- Fyziologické hodnoty
  - ♂: 2-8 mm/h
  - ♀: 7-12 mm/h
  - Novorozenci: 2 mm/h
  - Kojenci: 4-8 mm/h



# Sedimentace erytrocytů

## ☐ Metody vyšetření sedimentační rychlosti:

### ☐ dle Fahraeus-Westergrena(FW, přímá metoda):

kapilára postavená kolmo  
odečítá se po 1 hodině

### ☐ dle Wintroba(šikmá sedimentace):

kapilára sešikmená pod úhlem 45°  
odečítá se po 15 minutách



## ☐ Faktory, ovlivňující sedimentaci:

☐ Množství Ery

☐ Rozměr Ery

☐ Přítomnost bílkovin

☐ pH

☐ Tuky, cholesterol

Vliv na rychlost sedimentace	↑ hodnota	↓ hodnota
Erytrocyty		
Počet ery	zpomaluje	zrychluje
Velikost ery	zrychluje	zpomaluje
Plazma		
Albumin	zpomaluje	zrychluje
Imunoglobuliny	zrychluje	zpomaluje
Fibrinogen	zrychluje	zpomaluje
Tuk	zrychluje	zpomaluje

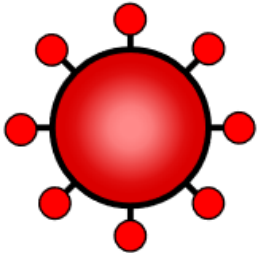
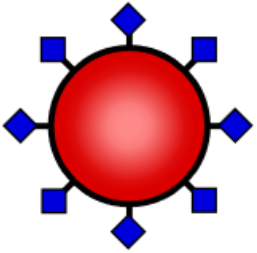
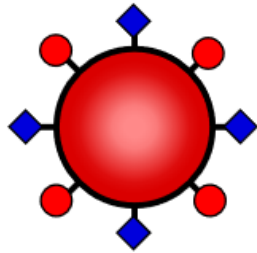
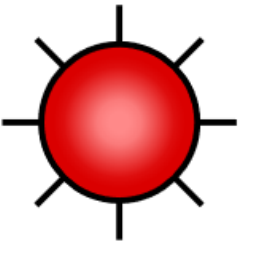








# Hemolýza

- Rozpad červených krvinek
- Fyzikální
  - Mechanické poškození membrány, třepání, ultrazvuk, extrémní změny teplot, UV záření
- Osmotická
  - Ery v hypotonickém roztoku nasává vodu a praská
- Chemická
  - Chemická reakce lipidů v membráně s chemickou látkou –silné kyseliny a zásady, tuková rozpouštědla, povrchově aktivní látky (detergenty)
- Toxická
  - Bakteriální toxiny, jedy (rostlinné, hadí, hmyzí, pavoučí,...), paraziti (Plasmodium spp. -malárie)
- Imunologická
  - Transfuze nekompatibilní krve -imunitní systém hemolyzuje erythrocyty (komplementem)



# System AB0

- Antigen na povrchu erytrocytu (aglutinogen): A, B
- Protilátka v krvi (aglutinin): anti-A, anti-B (IgM)

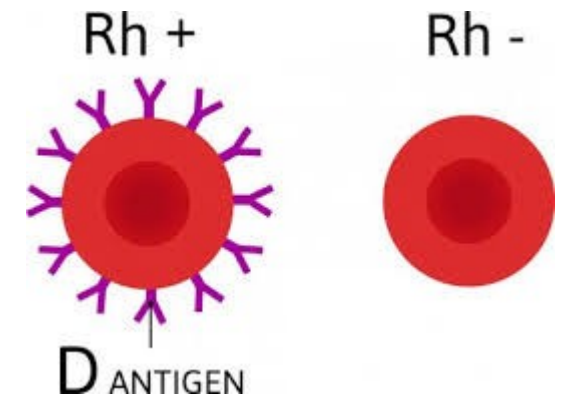
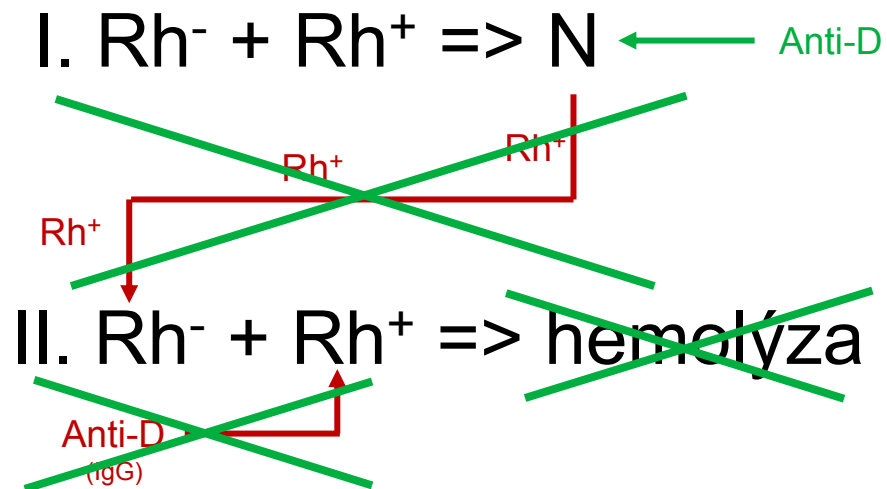
Krevní skupiny	Skupina A	Skupina B	Skupina AB	Skupina 0
Zastoupení v ČR	41%	18%	9%	32%
Erytrocyty				
Antigeny na erytrocytech	A 	B 	A a B  	žádné
Protilátky v krvi	anti-B 	anti-A 	žádné	anti-A a anti-B  

# System AB0

		0 (-, anti AB)	A (A, anti B)	B (B, anti A)	AB (AB,-)
ERY	0 (-)	V	V	V	V
	A (A)	-	V	-	V
	B (B)	-	-	V	V
	AB (AB)	-	-	-	V
Plazma	0(anti AB)	V	-	-	-
	A(anti B)	V	V	-	-
	B(anti A)	V	-	V	-
	AB(-)	V	V	V	V

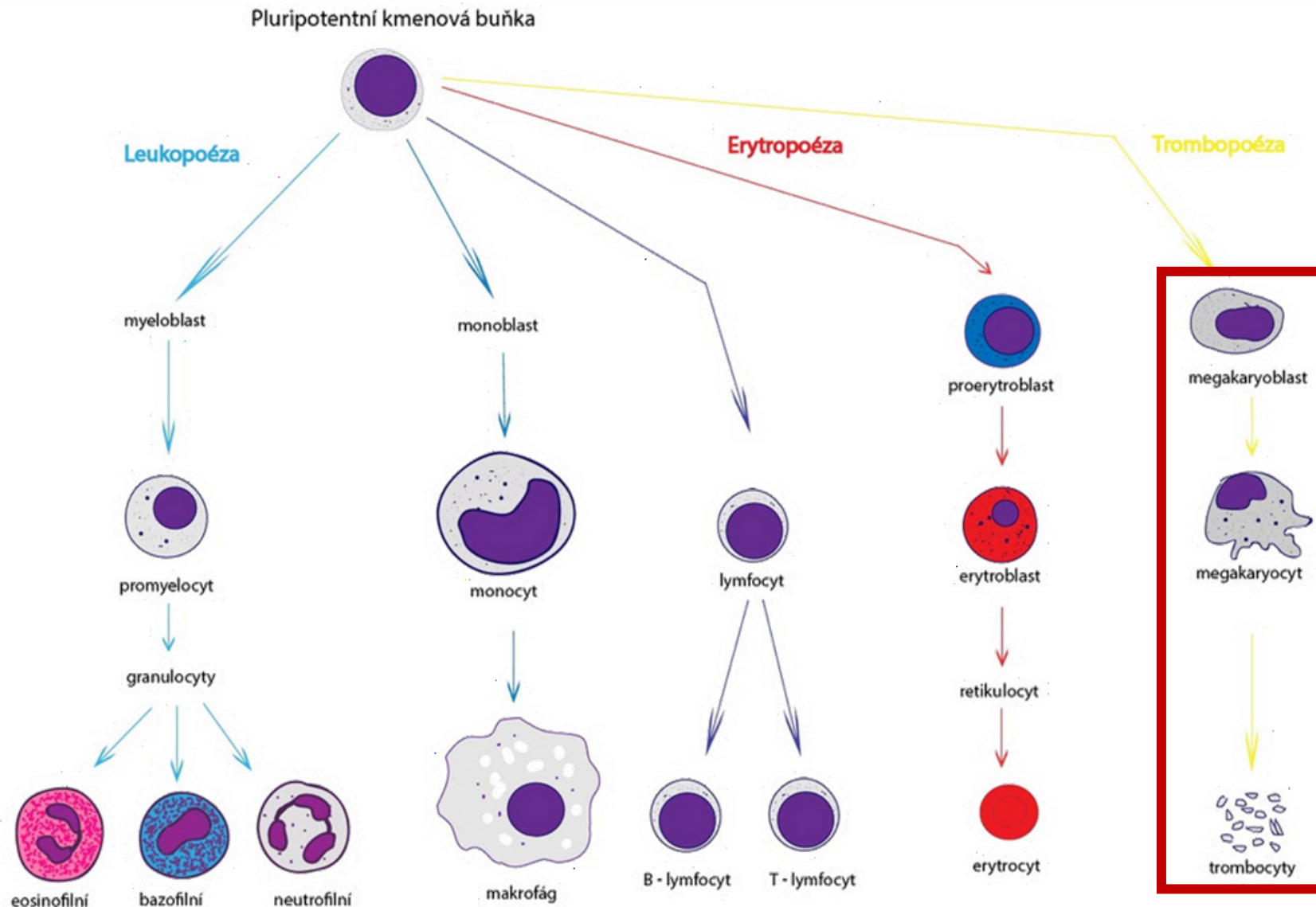
# System Rh

- Antigeny D, d (také C, c, E, e, které jsou slabší) - přítomné jen na erythrocytech → Rh<sup>+</sup> (83%)
- u Rh<sup>-</sup> krve vznikají protilátky (anti-D, IgG) až po imunizaci





# Hematopoéza



# Krevní destičky (trombocyty)

- Bezjaderné, bezbarvé, granulované, nejmenší formované elementy

krevní

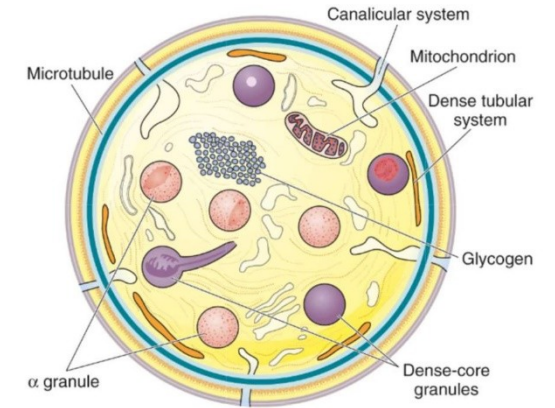
- Tvar:

- hladké, okrouhlé disky
- tvar udržován cytoskeletem
- membrána: obsahuje receptory pro přilnutí na vhodné povrchy
- cytoplasma: obsahuje aktin, myosin, glykogen, lysozomy a
- granula: *denzní granula* (neproteinové substance –serotonin, ADP, adenonukleotidy) a *αgranula* (proteinový obsah: faktory srážení, destičkový růstový faktor)

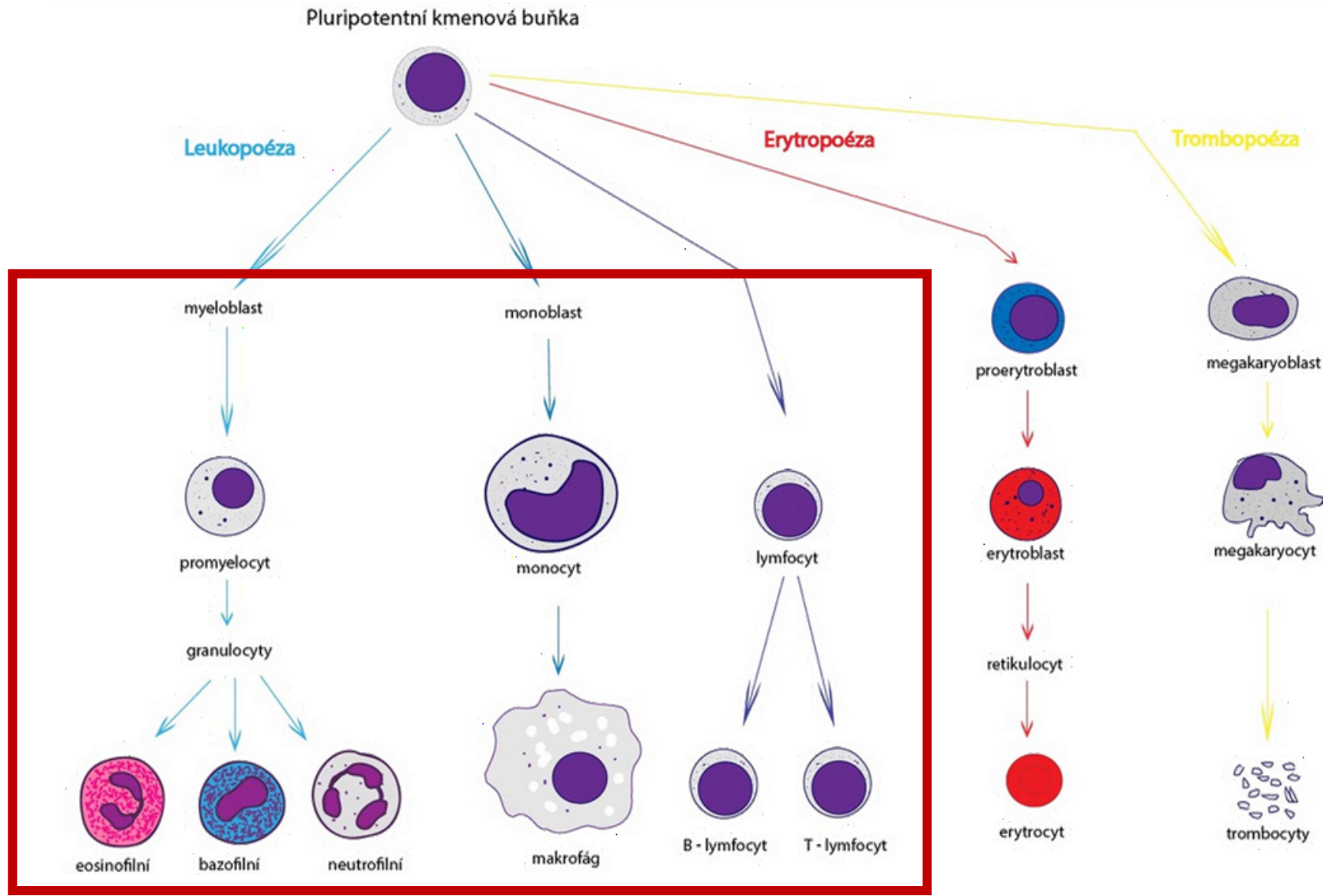
- Velikost: 2 –4 μm průměr, 0,5 –1 μm tloušťka

- Počet: 200 000 –500 000 v ml, z toho třetina ve slezině a dvě třetiny v cirkulaci

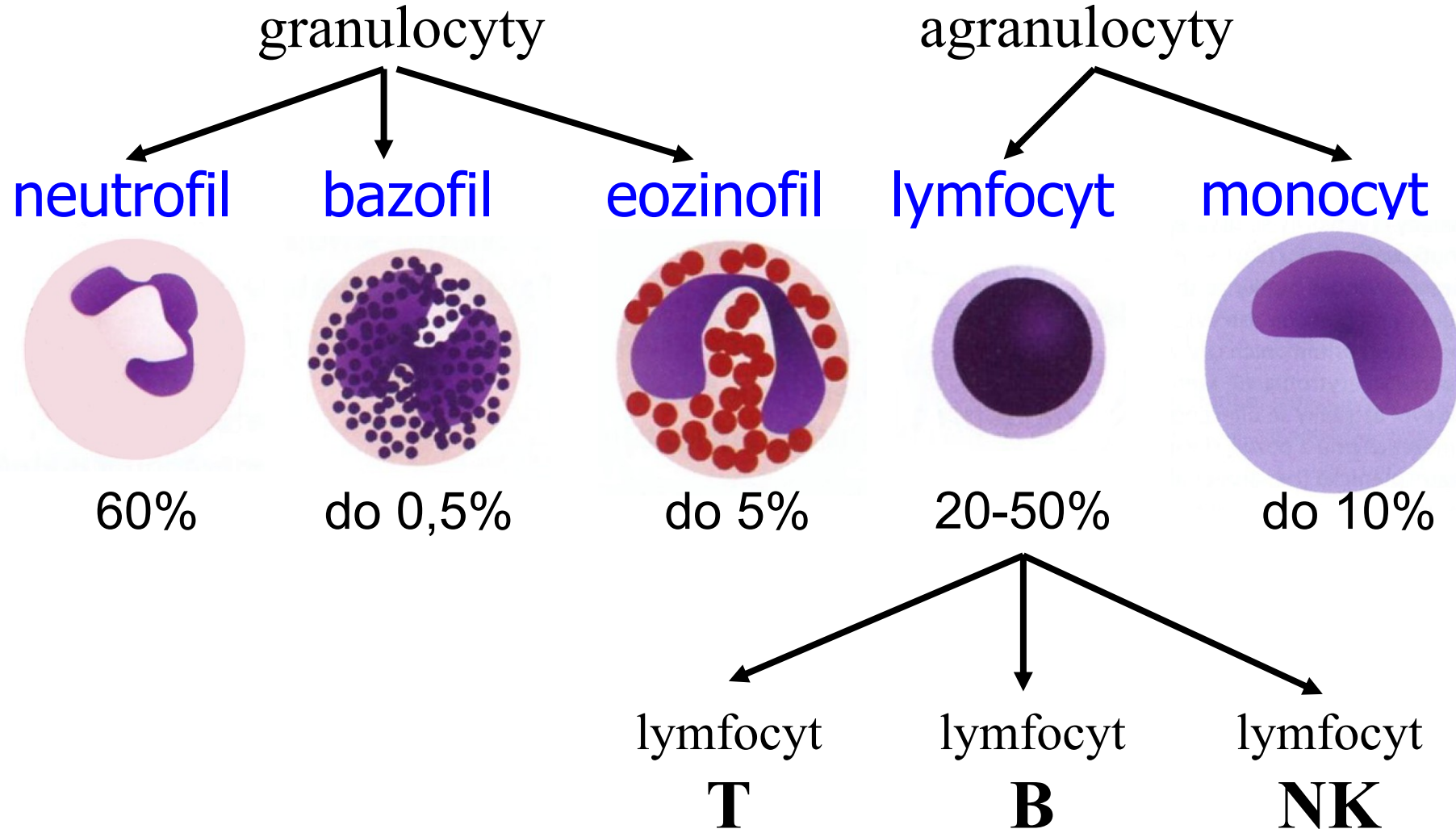
- Produkce vazokonstrikčních látek (serotonin, thromboxan A)



# Hematopoéza



# Bílé krvinky (leukocyty)



# Granulocyty

## □ Neutrofilní granulocyty

- Tvoří 60–70 % leukocytů periferní krve
- Obrana proti extracelulárním bakteriím
- Hlavní funkcí neutrofilů je fagocytóza
- Odumřelé neutrofilny vytvářejí hnis

## □ Eozinofilní granulocyty

- Tvoří 1–5 % leukocytů periferní krve
- Hrají důležitou roli při alergických reakcích (fagocytují komplex alergen-protilátka) a při ochraně proti parazitárním onemocněním (ze svých granul vypouštějí látky, které poškozují parazity)

## □ Bazofilní granulocyty (bazofily)

- Tvoří 0,5 % leukocytů periferní krve
- Mají granula v cytoplazmě, která obsahují heparin a histamin
- Uplatňují se při vzniku alergické reakce a dále se podílejí na likvidaci parazitárních onemocnění

# Agranulocyty

## □ **Lymfocyt:**

- Tvoří 20–50 % z celkového počtu všech bílých krvinek

### □ **B-lymfocyty:**

  - Základní buňky protilátkové imunity

  - Vznikají v kostní dřeni, kde i dozrávají

  - Konečným diferenciačním stadiem jsou plazmatické buňky produkující protilátky proti bílkovinným a glykoproteinovým antigenům a toxinům

### □ **T-lymfocyt:**

  - Jsou podstatou specifické (získané) buněčné imunity

  - Vznikají v kostní dřeni a migrují do brzlíku, ve kterém dozrávají

  - Vylučují do krve cytokiny

  - Nesou CD3, CD8 nebo CD4 znaky

### □ **Natural killers, NK:**

  - Hlavní část cytotoxické buněčné imunity.

  - Jsou schopni ničit i bez předchozího setkání s antigenem (to se uplatňuje u novorozenců)

  - Nenesou CD-3 znak



# To be continued...

