

# Hematopoeza

Doc. RNDr. Sabina Ševčíková, PhD.  
Babákova myelomová skupina  
Ústav patologické fyziologie LF MU

**M U N I**  
**M E D**

# **I. Hematopoéza**

# Hematopoéza

---

Proces tvorby buněčných komponent krve

---

Dospělý člověk produkuje  $5 \times 10^{11}$  hematopoetických buněk denně

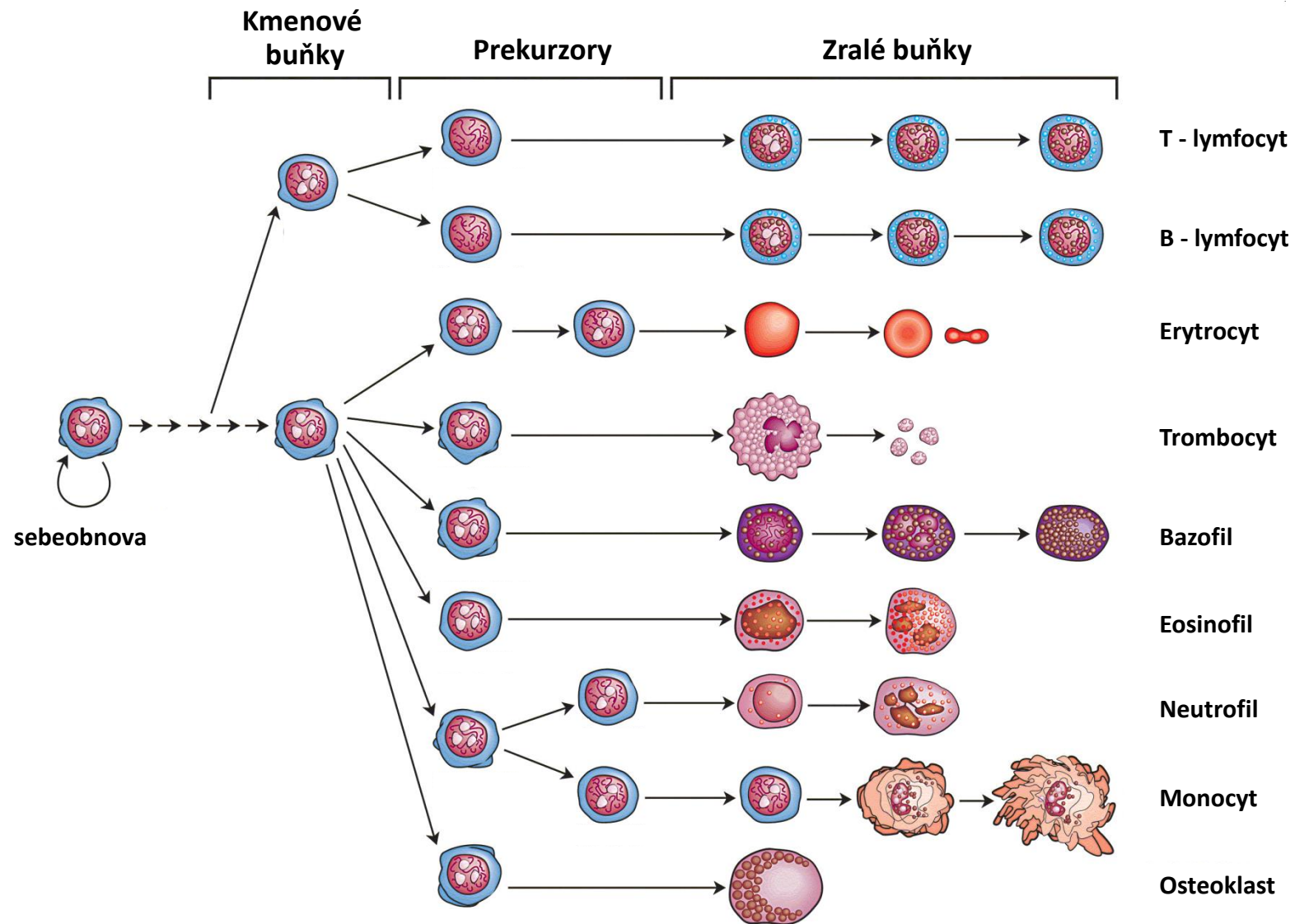
---

Vysoce regulovaný, vysoce responzivní systém

# Produkce a rozklad krve

- **Tvorba krve (krvetvorba)**
  - játra tvoří proteinové složky krve
  - endokrinní žlázy produkují hormony
  - zažívací trakt a ledviny udržují vodní frakci
- **Rozklad krve**
  - slezina – zánik krevních buněk
  - játra – zánik krevních buněk, vychytávání proteinů a AK
  - ledviny – vychytávání proteinů, regulace množství vody
- **Životnost krvinek**
  - <1 týden (bílé kr.)
  - 2 týdny (kr. destičky)
  - 120 dní (červené kr.)

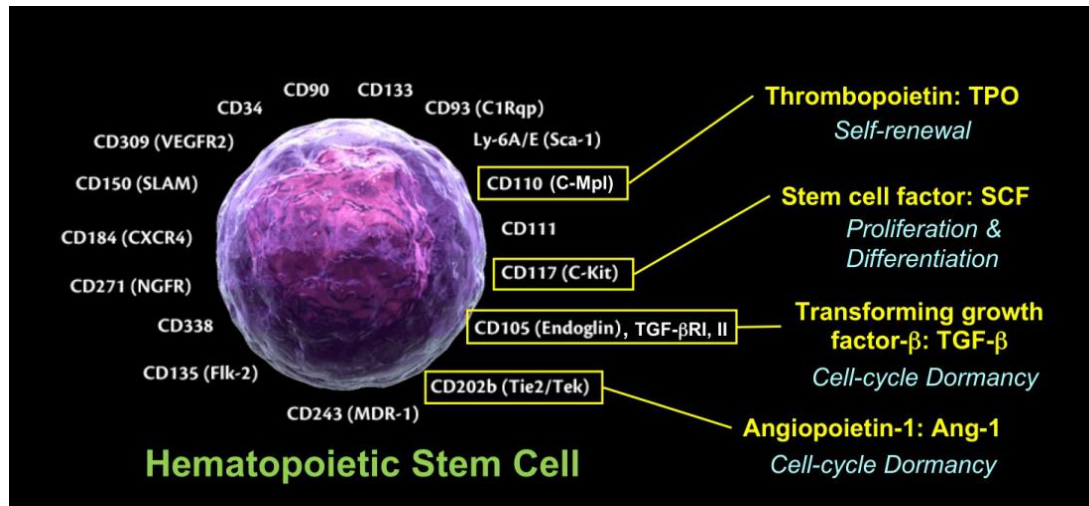
# Hematopoéza



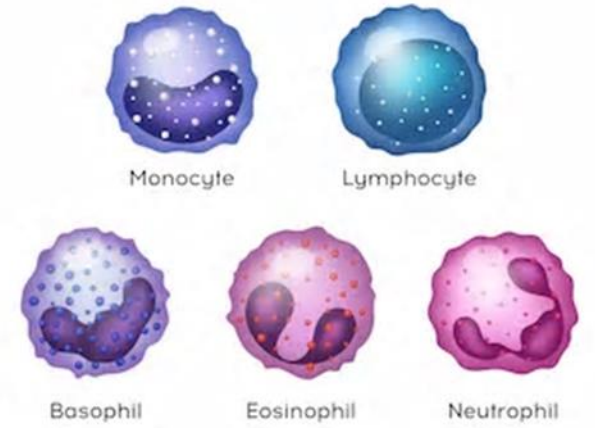
# Hematopoetické kmenové buňky - HSC

- Multipotentní - schopnost generovat celý hematopoetický systém
- Embryogeneze - aorto-gonado-mesonephros, fetální játra
- Dospělí - kostní dřeň
- Vysoce specializované raritní buňky
  - Schopnost sebeobnovy
  - Schopnost diferenciací ve funkční progenitory
- Důležité po transplantaci, infekci, poranění
- Nutná rovnováha mezi diferenciací a sebeobnovou

# Hematopoetické kmenové buňky - HSC



- 1:10 000 buněk v kostní dřeni
- Izolovány na základě exkluze barvičky Hoechst, rezistence k 5-fluorouracilu nebo  $\gamma$  záření
- Flow-cytometrie – nepřítomnost CD markerů diferencovaných buněk, ale přítomnost c-Kit (receptor pro cytokinový růstový faktor)
- Nacházejí se ve specifických nikách v kostní dřeni

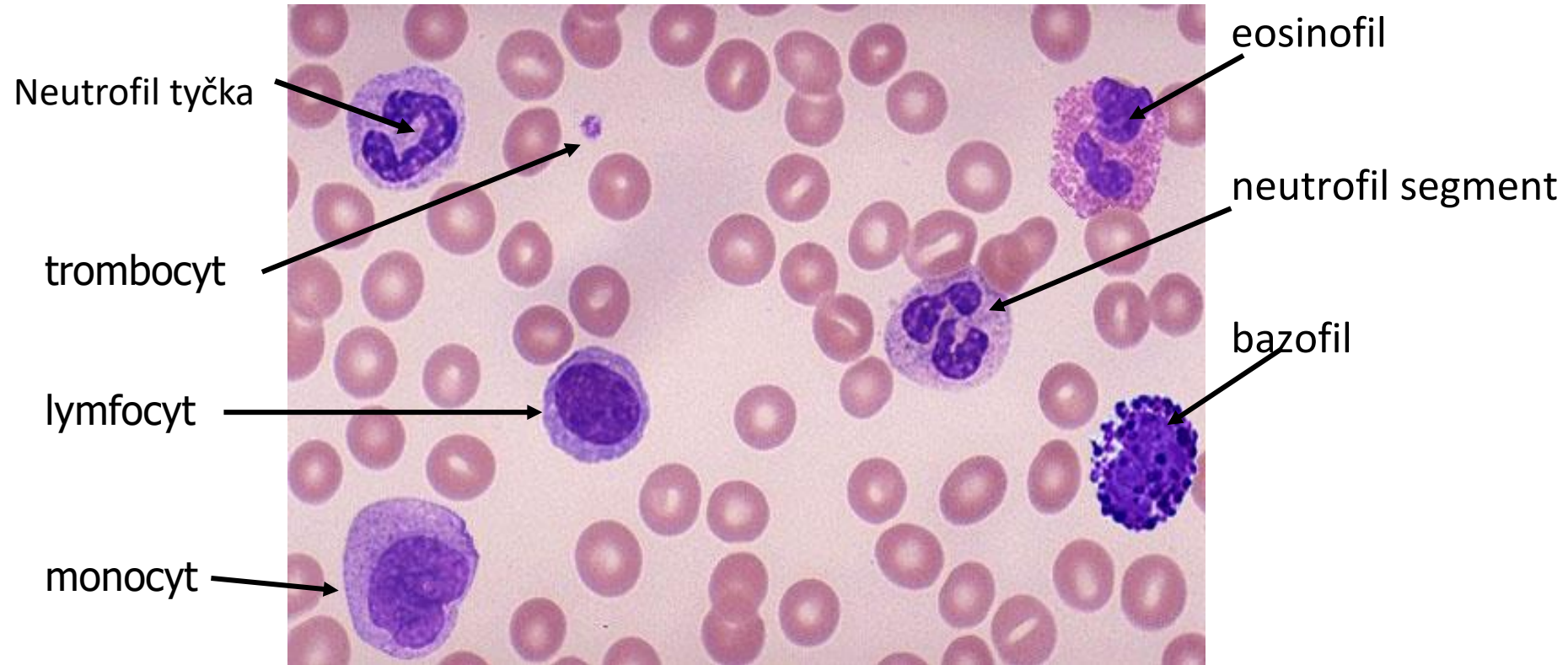


shutterstock.com • 1341259721

## II. Přehled základních krevních elementů

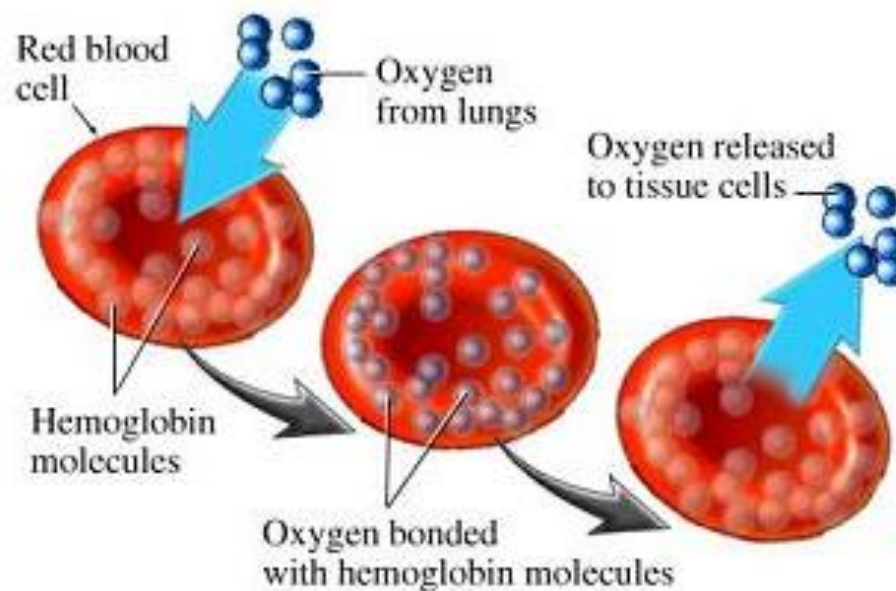


# Krevní nátěr

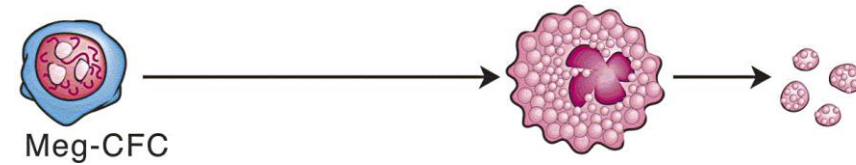


# Erytrocyty

- kulovitý, na průřezu piškotovitý tvar (zvětšení plochy pro výměnu plynů)
- Žádné buněčné jádro ani organely
- **Funkce**
- přenos dýchacích plynů, které jsou uvnitř buňky vázány na hemoglobin
- transport kyslíku z plic k tkáním, oxidu uhličitého z tkání do plic a pryč z těla



# Trombocyty

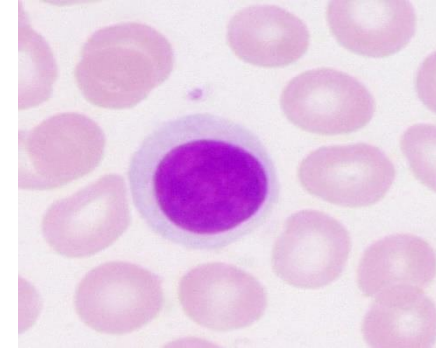


- drobné buňky oválného tvaru s výběžky a panožkami, neobsahují jádro, 4 dny přežívají
- vznikají fragmentací cytoplasmy obrovských buněk megakaryocytů
- **Funkce**
  - trombocyty mají schopnost přilnavosti a shlukování se
  - podílí se na procesu srážení krve (**koagulace**), při každém poranění krevní cévy
  - umožňují tvorbu uzávěru (trombu), který brání větším ztrátám krve

# Leukocyty

- souhrnný termín označující krevní buňky, které mají ve srovnání s červenými krvinkami **světlejší barvu** a obsahují **jádro**
- pohyblivé buňky se schopností adheze, diapedézy a fagocytózy
- jsou součástí imunitního systému, podílejí se na obranných reakcích organismu,
- zmnožují se při infekcích a zánětech

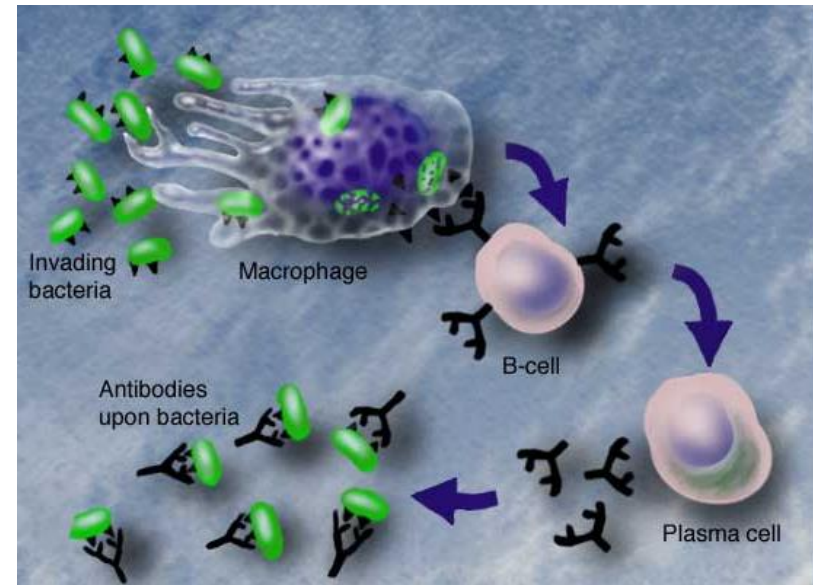
# Lymfocyty



- kulaté jednojaderné buňky s malým množstvím cytoplasmy
- 2 základní skupiny lymfocytů lišící se svojí funkcí
  - T – lymfocyty (přímá likvidace)
  - B – lymfocyty (produkce protilátek)
- **Funkce**
  - zajišťují **specifickou** imunitu organismu (antigen specifické receptory)
  - pouze menší část lymfocytů je obsažena v cirkulující krvi, většina je v kostní dřeni, ve slezině, lymfatických uzlinách a míze
  - po rozeznání cizí částice spustí obrannou reakci organismu vedoucí k odstranění patogena

# B-lymfocyty

- vznikají a dozrávají v kostní dřeni pak do lymfatických uzlin, sleziny a střeva
- **funkce** - tvorba **protilátek** (imunoglobuliny - Ig)
- po rozpoznání antigenu (cizí částice) - přeměna na **plazmatické buňky (produkce protilátek)**
- Ty se pak dostávají do krve, dýchacích cest, střeva, slz, mateřského mléka



# B-lymfocyty – produkce protilátek

- Rozeznat a zneškodnit cizí objekty v organismu.
- Dokáží reagovat prakticky s jakýmkoliv antigenem
- Specifické rozeznání antigenů funguje na principu „zámku a klíče“
- Jakmile protilátka zareaguje na specifický antigen, spustí se řetěz reakcí - eliminaci daného patogena.
- **Funkce** protilátek: opsonizace (vede k fagocytóze), neutralizace, tvorba komplexů
- Jednotlivé protilátky se od sebe liší schopností vázat se na různé typy antigenů, ale i rozdílnou chemickou strukturou.
- IgG, IgA, IgM, IgE a IgD.



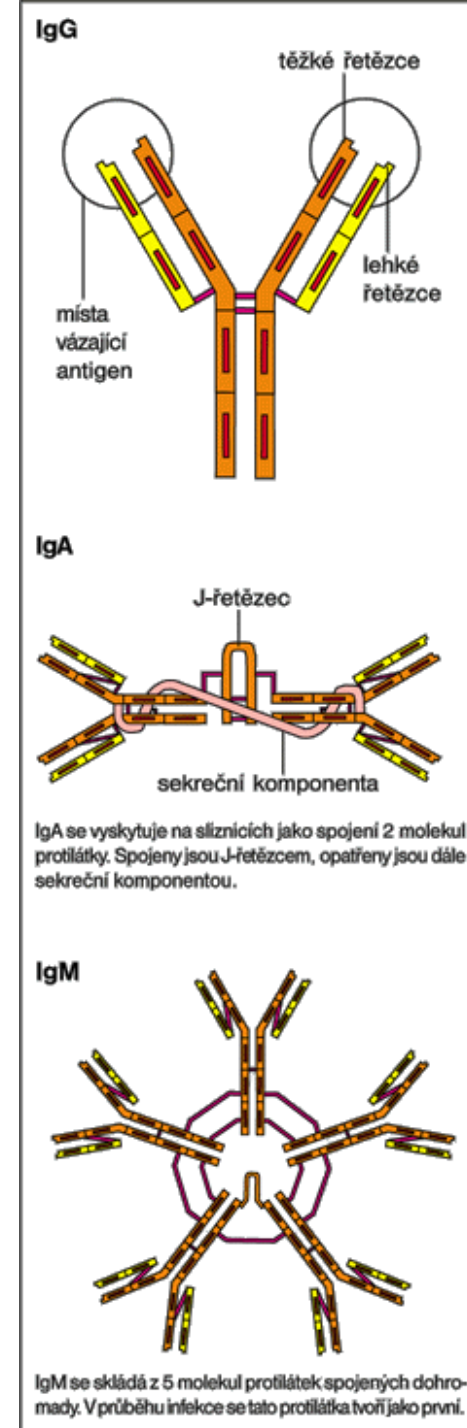
Protilátky třídy **IgG** jsou schopné pronikat do tkání a jako jediné během těhotenství prostupují placentou do těla plodu. Nejdůležitější protilátky.

Protilátky třídy **IgA** vznikají hlavně ve sliznicích (střeva a dýchacích cest) a zabraňují průniku mikroorganismů do těla.

Protilátky třídy **IgM** se tvoří jako první během infekce. Zajišťují tak ochranu organismu během prvních dní, než se vytvoří ostatní typy protilátek.

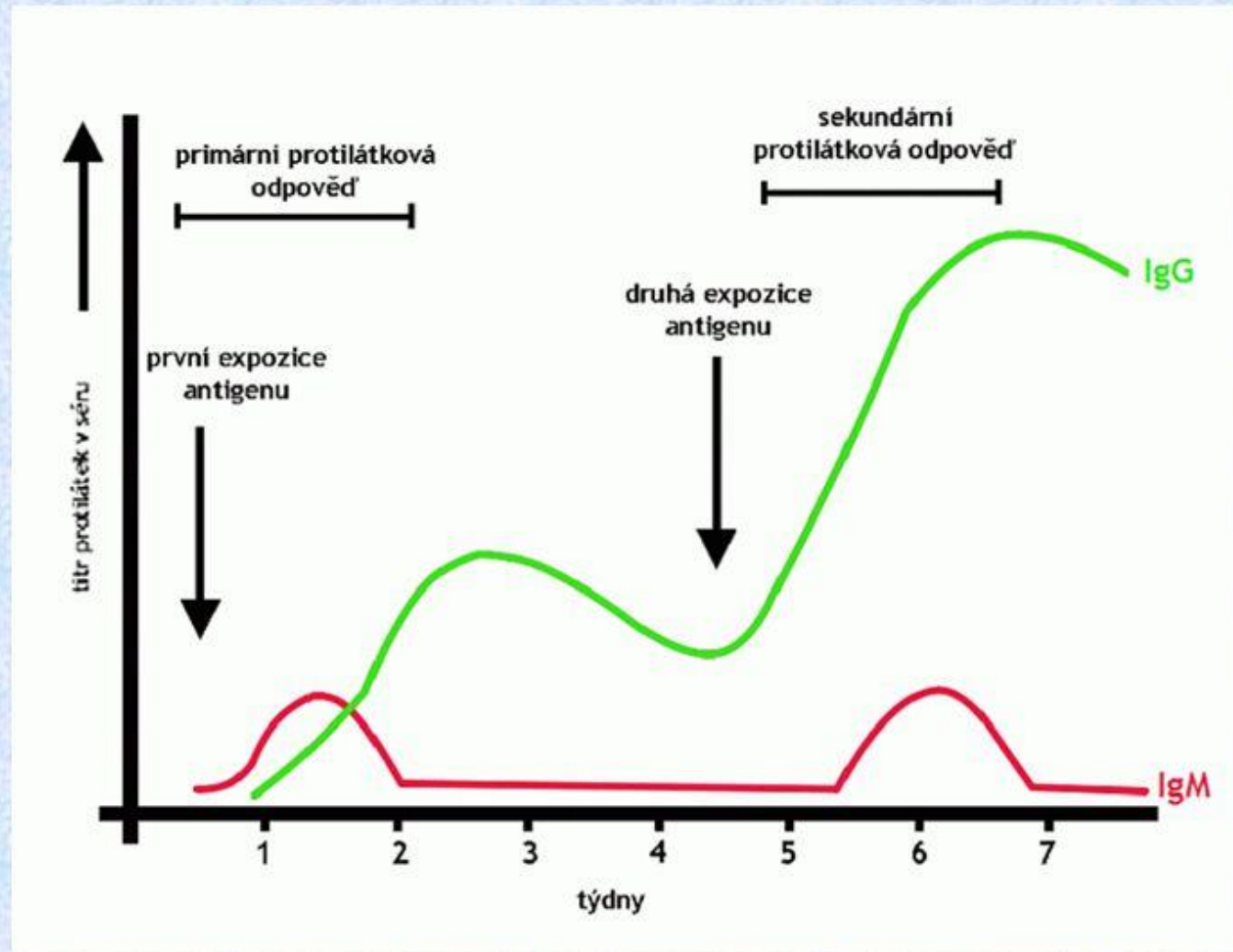
Protilátky třídy **IgE** se účastní hlavně při obraně proti cizorodým parazitům a účastní se alergických reakcí.

Protilátky třídy **IgD** jsou málo zastoupené, vyvolávají uvolnění histaminu

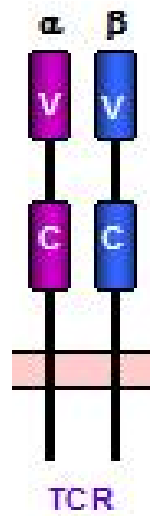
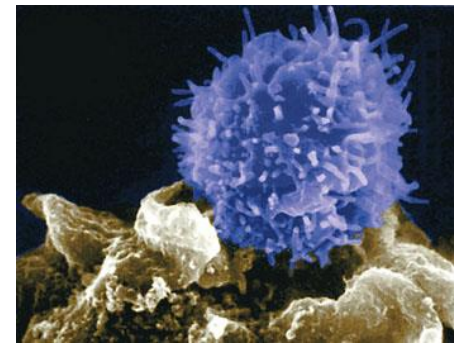




## Dynamika tvorby protilátek při primární a sekundární odpovědi



# T lymfocyty



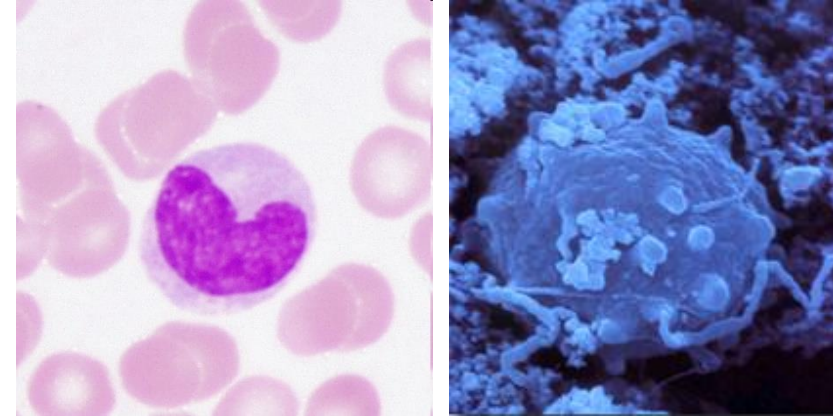
- v kostní dřeni, do **brzlíku** (pokud brzlík chybí, chybí i zralé T lymfocyty)
- zralé T lymfocyty putují do lymfatických orgánů, hlavně lymfatických uzlin, sleziny, kostní dřeně a krve.
- Pomocí TCR receptorů **specificky vážou antigeny**.
- T- lymfocyty nemají schopnost tvořit protilátky
- **likvidují** buňky napadené mikroorganismy
- **regulují** funkci ostatních imunitních buněk

# Rozdělení T lymfocytů

- **Cytotoxické** (Tc - cytotoxic)
  - T - lymfocyty přímo **zabíjejí** nežádoucí buňky (viry mají schopnost přežít, a množit se uvnitř buněk lidského těla. Infikované buňky musejí být zlikvidovány, aby se infekce dále nešířila.
- **Pomocné** (Th - helper)
  - T lymfocyty, které **podporují** funkce ostatních buněk imunitního systému (Tc, B - lymfocyty, makrofágy)

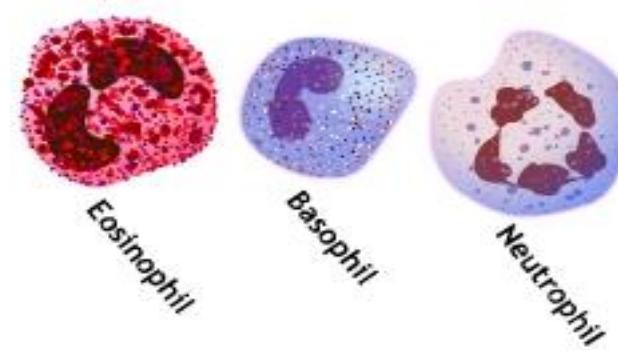
T – lymfocyty jsou **cílovými buňkami viru HIV**

# Monocyty



- Velké buňky s kulatým nebo ledvinovitým jádrem
- tvořeny v kostní dřeni, vyplavovány do krevního oběhu, kde kolují cca 8 hodin.
- Poté do tkání - změna na makrofágy.
  
- **Funkce**
- monocyty a makrofágy jsou součástí imunitního systému.
- Základní funkcí makrofágu je fagocytóza bakterií, cizorodých látek či mrtvých buněk

# Granulocyty



- obsahují **členité** (polymorfní) **jádro** tvořené 2 - 5 segmenty
- v cytoplazmě obsahují **cytotoxická granula**
- **neutrofilní** – růžovo-fialová granula
- **eozinofilní** – oranžová až červená granula
- **bazofilní** – tmavomodrá granula
  
- **Funkce**
- granulocyty jsou součástí **nespecifické** imunity
- podílejí se na likvidaci bakterií a parazitů