

Červené krvinky

Červené krvinky (neboli erytrocyty) jsou **bezjaderné** krevní elementy bikonkávního tvaru. Hlavní součástí erytrocytu je hemoglobin. U zdravého dospělého člověka vznikají v červené kostní dřeni. Odbourávají jsou v retikuloendotelovém systému, zejména ve slezině. Signálem pro odstranění buňky z oběhu je defektní komplex oligosacharidů, který je připojen na proteiny vnější membrány. Životnost erytrocytu v krvi je okolo 120 dní^[1].

Vývoj erytrocytů

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Erytropoesa*.

Erytrocyt stejně jako ostatní krevní elementy pochází z **kmenové buňky**. Kmenová buňka se dále diferencuje do červené progenitorové řady v: proerytoblast → normoblast (bazofilní, polychromní a ortochromní) → retikulocyt → až v zralý erytrocyt. Přeměna retikulocytu na zralý erytrocyt trvá 24–48 hodin^[2]. Během této *maturace* ztrácí buňka své orgány (mitochondrie, ribosomy, cytoplazmatické enzymy).

Fyziologické hodnoty

Červené krvinky patří k nejdůležitějším buňkám organismu zejména pro svou schopnost **přenášet krevní plyny**. Změny v jednotlivých parametrech mohou proto mít vážné následky.

Rozměry erytrocytu

Parametr	Hodnota
Průměr	7,5 μm ^[2]
Tloušťka na obvodu	2,6 μm ^[2]
Tloušťka ve středu	0,8 μm ^[2]
MCV (průměrný objem erytrocytu)	82–102 fl
MCH (průměrná hmotnost Hb v ery)	27–32 pg
MCHC (průměrná koncentrace Hb v ery)	310–360 g Hb/l ery

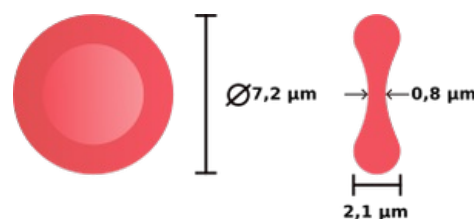



Schéma erytrocytu (rozměry odpovídají zaslému krevnímu nátěru)

 **Hodnoty platí pro krvinky v izotonickém roztoku. Na zaslém krevním nátěru obarveném rutinní technikou se erytrocyty smršťují.**

Hodnoty v krvi

Krevní parametr		Hodnota
Počet erytrocytů	muži	$4,3-5,7 \times 10^{12}/l$
	ženy	$3,8-4,9 \times 10^{12}/l$
Hematokrit	muži	0,39–0,51
	ženy	0,33–0,47
	novorozenec	0,45–0,60 ^[2]

Funkce

1. Přenos dýchacích plynů

Hlavní funkcí erytrocytů je přenos kyslíku z plic do tkání a oxidu uhličitého v opačném směru. Kyslík se váže na centrální atom železa hemoglobinu, CO₂ se váže na hemoglobin nebo je v erytrocytech přeměněn na HCO₃⁻.

2. Pufrovací systém

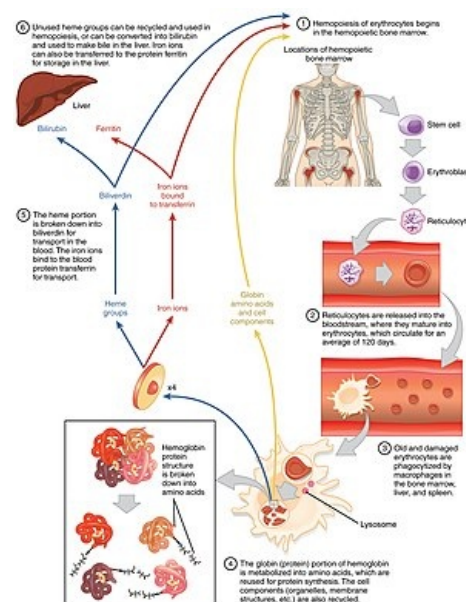
Přítomnost hemoglobinu umožňuje erytrocytům pufrovat vodíkové kationty. Ve tkáních se H⁺ na Hb navazuje, v plicích se naopak z molekuly uvolňuje.

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Hemoglobin jako pufr*.

3. Udržování viskozity krve

4. Ochrana před volnými radikály

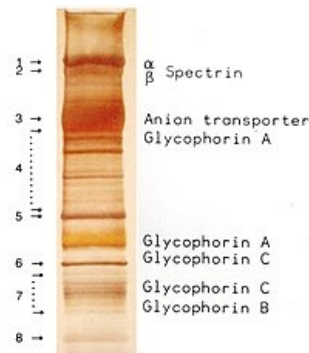
Antioxidační systémy *vychytávají a neutralizují* ROS a RNS



Životní cyklus erytrocytu

Morfologie erytrocytů

U zralého erytrocytu **nenacházíme jádro ani většinu organel**, proto není schopen proteosyntézy. Buňka má **typický bikonkávní (piškotovitý) tvar**, který se v krevním nátěru projeví jako projasnění uprostřed. Hlavní výhodou tohoto tvaru je **zvětšení difúzní plochy pro výměnu plynů** (až o 30% oproti kulovému tvaru^[3]). Povrch buňky tvoří pevná elastická membrána (plazmalema) propustná pro vodu a elektrolyty. Membrána je deformovatelná, proto mohou krvinky snadno procházet kapilárním řečištěm. Erytrocyty jsou tvořeny ze 40 % lipidy, 10 % sacharidy, 50 % proteiny^[4]. Zhruba polovina proteinů lipidové dvojvrstvy je představována integrálními transmembránovými proteiny. Transmembránové proteiny společně s fibrilárními proteiny uvnitř buňky **tvoří pevnou oporu** pro tvar erytrocytu. Fibrilární proteiny tvoří síť pod membránou. Periferní proteiny pak tvoří zejména *glykokalyx*, který je základem existence krevních skupin. Některé proteiny (aktin, tropomyozin a další aktin vázající proteiny) tvoří *spojovací komplex* mezi vlákny spektrinu. Propojení mezi několika spojovacími komplexy má schopnost **kontrakce**, což usnadňuje průchod erytrocytu kapilárou.



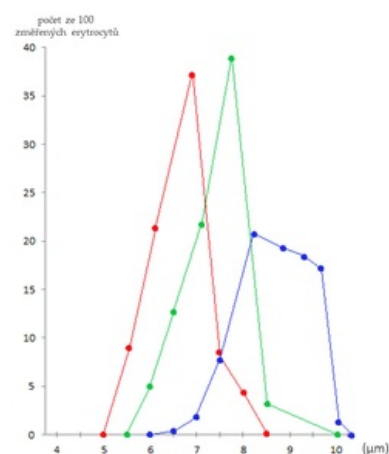
Elektroforéza membránových proteinů erytrocytu

Membránové proteiny

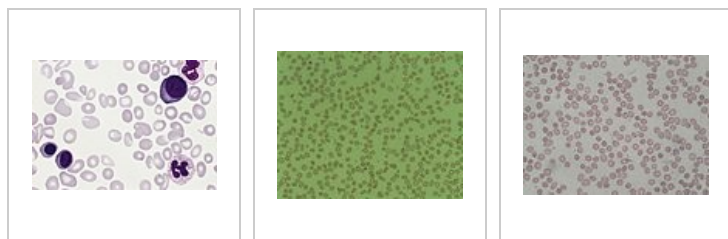
Protein	Doplňující informace
spektrin	hlavní cytoskeletální protein, tvoří tetramery, má vysokou molekulovou hmotnost, má 4 vazebná místa → pro ankyrin, aktin, proužek 4.1 a samotný spektrin (autoasociace)
ankyrin	ukotvení spektrinu k cytoplazmatické membráně (na integrální membránové proteiny)
kapnoforin (proužek 3)	aniontový kanál – přesun chloridových iontů z cytoplazmy do okolí a naopak (Hamburgerův shift)
aktin	řetězec F-vláknitého aktinu – má vazebná místa pro spektrin a proužek 4.1
proužek 4.1	tvoří tzv. ternární komplex = aktin + spektrin, ukotvuje k membráně (váže se na glykoforiny A, C)
glykoforiny A,B,C,D	určují příslušnost jedince k MN systému, zajímavost: glykoforin A – má vazebná místa pro původce malárie

Pojmy vázané na změny parametrů erytrocytů

Parametr	Pojem	Význam	Příčina
Počet	Erytopenie (erythrocytopenie, oligocytemie)	snížení počtu ery	anemie
	Polycytemie	zvýšení počtu erytrocytů	např. při adaptaci na vyšší nadmořské výšky
Velikost	Mikrocyty	ery < 7 μm	např. při nedostatku železa
	Makrocyty	ery > 9 μm	např. při nedostatku vit. B12, B6 a kyseliny listové
	Anizocytóza	nestejná velikost buněk	
Tvar	Drepanocyty	srpkovitý tvar ery	hemoglobinopatie
	Sférocyty	kulovitý tvar	Hereditární sférocytóza
	Echinocyty	trnité výběžky	
	Poikilocytóza	nepravidelný tvar ery	
Obsah Hb	Hypochromie	snížený obsah Hb	
	Anizochromie	nestejný obsah Hb	



Priceova-Jonesova křivka
Červená = Hemolytická anémie (mikrocyty)
Zelená = norma
Modrá = Perniciózní anémie (makrocyty)



Polycythaemia vera

Mikrocytóza

Hereditární sférocytóza

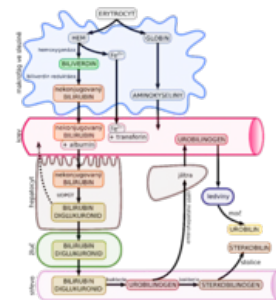
Priceova-Jonesova křivka

V krvi se normálně vyskytují krvinky menší a větší než je norma, což označujeme jako **fyziologickou anizocytózu**. Priceova-Jonesova křivka je **grafickým znázorněním rozložení velikostí erytrocytů**. Při různých patologických stavech dochází k posunům křivky.

Metabolismus erytrocytů

 Podrobnější informace naleznete na stránce [Metabolismus erytrocytů](#).

Výhradní zdrojem energie pro erytrocyty je **glukóza**, která je do buňky transportována přes **GLUT-1 transportér**. Uvnitř buňky je zpracovávána enzymy v cytoplasmě. Samotná produkce erytrocytů je ovlivňována hormonem erythropoetinem, který je produkován v ledvinách a játrech. (Obr.)



Metabolismus hemu.

Membrána erytrocytů

Membrána erytrocytů je složena z deseti hlavních proteinů, které můžeme rozdělit na dvě skupiny:

1. **integrální** – glykoforiny, proteiny vyměňující anionty - př.: Kapnoforin (band 3, Cl^- kanál)
2. **periferní** – spektrin, ankyrin, aktin

Glykoforiny jsou glykoproteiny, které mají N-konec vyčnívající nad povrch erytrocytu. Proteiny vyměňující anionty vytvářejí v membráně kanál pro zprostředkování výměny iontů Cl^- a HCO_3^- . Spektriny, ankyrin a ostatní periferní bílkoviny odpovídají za udržování tvaru erytrocytu.

Soubor:Membrána erytrocytů.png
Membrána erytrocytů,
<https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/k>

Odkazy

Související články

- Krev
- Krevní obraz
- Hemokoagulace
- Vyšetření krevní srážlivosti
- Vyšetření krvácivosti
- Krvetvorba (histologie)
- Chorobné stavy ze zvýšeného počtu erytrocytů
- Anémie
- Transport CO_2 krví
- Transport kyslíku krví
- Erytropoeza

Použitá literatura

- TROJAN, Stanislav, et al. *Lékařská fyziologie*. 4., přeprac. a uprav. vydání. Praha : Grada, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5.
- PECKA, Miroslav. *Přehled laboratorní hematologie. Díl I, Krvetvorba, Červená krevní řada*. 1. vydání. Praha : Galén, 1995. 144 s. ISBN 8085824280.
- JUNQUIERA, L. Carlos, José CARNEIRO a Robert O KELLEY, et al. *Základy histologie*. 1. vydání. Jinočany : H & H, 1997. 502 s. ISBN 80-85787-37-7.
- KITTNAR, Otomar a Agamemnon DESPOPOULOS, et al. *Lékařská fyziologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2011. 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4.

Reference

1. KITTNAR, Otomar a ET AL.. *Lékařská fyziologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2011. 790 s. s. 140. ISBN 978-80-247-3068-4.
2. JUNQUIERA, L. Carlos, José CARNEIRO a Robert O. KELLEY. *Základy histologie*. 1. vydání. Jinočany : H&H, 1999. 502 s. s. 221. ISBN 80-85787-37-7.
3. TROJAN, Stanislav a ET AL.. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha : Grada, 2003. 772 s. s. 121. ISBN 80-247-0512-5.
4. KONRÁDOVÁ, Václava, Jiří UHLÍK a Luděk VAJNER. *Funkční histologie*. 2. vydání. Jinočany : H & H, 2000. 291 s. s. 100–103. ISBN 80-86022-80-3.

