

# Teoretická část

## Stanovení červeného obrazu krevního

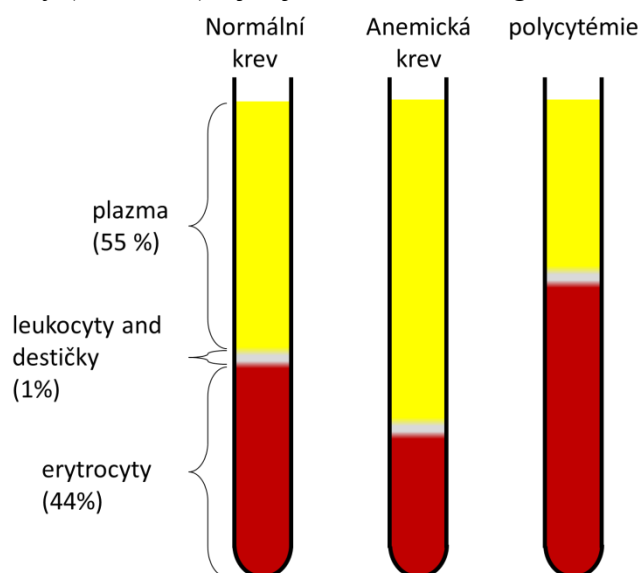
### Krev a její komponenty

Krev je tělesná tekutina tvořená suspenzí krevních elementů v krevní plazmě. Jedná se o vysoce specializovanou tkáň, tvořící 7-8% tělesné hmotnosti. Objem krve se odvíjí od pohlaví jedince, jeho hmotnosti, tělesné konstituce atd. Průměrnému jedinci koluje v těle něco mezi 4-6 litry krve. Krev je uzavřena v kardiovaskulárním systému a poháněna činností srdeční.

Funkce krve jsou rozličné. Krev funguje jako hlavní transportér po těle, přenášející kyslík a živiny do všech tkání a zároveň odplavující zplodiny metabolismu z tkání. Podílí se na udržení homeostázy, termoregulaci, hemostáze, imunitní obraně organismu, a na humorálním řízení a regulaci organismu.

Krevní plazma seskládá především z vody a v ní rozpuštěných organických (proteiny, cukry, lipidy,...) a anorganických látek (sodné, drasličkové, chloridové, vápenaté, hořečnaté a další ionty). Krevní plazmu získáváme centrifugací plné nesrážlivé krve. Nesrážlivou krev připravíme přidáním antikoagulační látky do krve. Účinek antikoagulační látky je zábrana koagulace neboli krevního srážení přerušení koagulační kaskády v některém jejím kroku. Mezi tyto látky řadíme citrát sodný, EDTA a oxalát sodný, které váží vápenaté ionty esenciální v koagulační kaskádě. Tyto látky fungují i *in vitro*, kde se také používají, na rozdíl od heparinu, který účinkuje pouze *in vivo*. Heparin působí stimulací antikoagulačních systémů organismu, především antitrombinu III.

Krev se chová jako newtonovská kapalina, jejíž viskozita je jednak závislá na rychlosti proudění a zároveň na jejím složení. Hematokrit je poměr mezi objemem červených krvinek a plné krve. Jedná se tedy o procentuální vyjádření objemu erytrocytů v jednotce krve. Závisí na počtu a velikosti červených krvinek. Tato hodnota se liší u muže (0,39-0,51) a ženy (0,35-0,46) a je zjišťovaná centrifugací či sedimentací krve.



Vlevo: Sedimentovaná krev složení

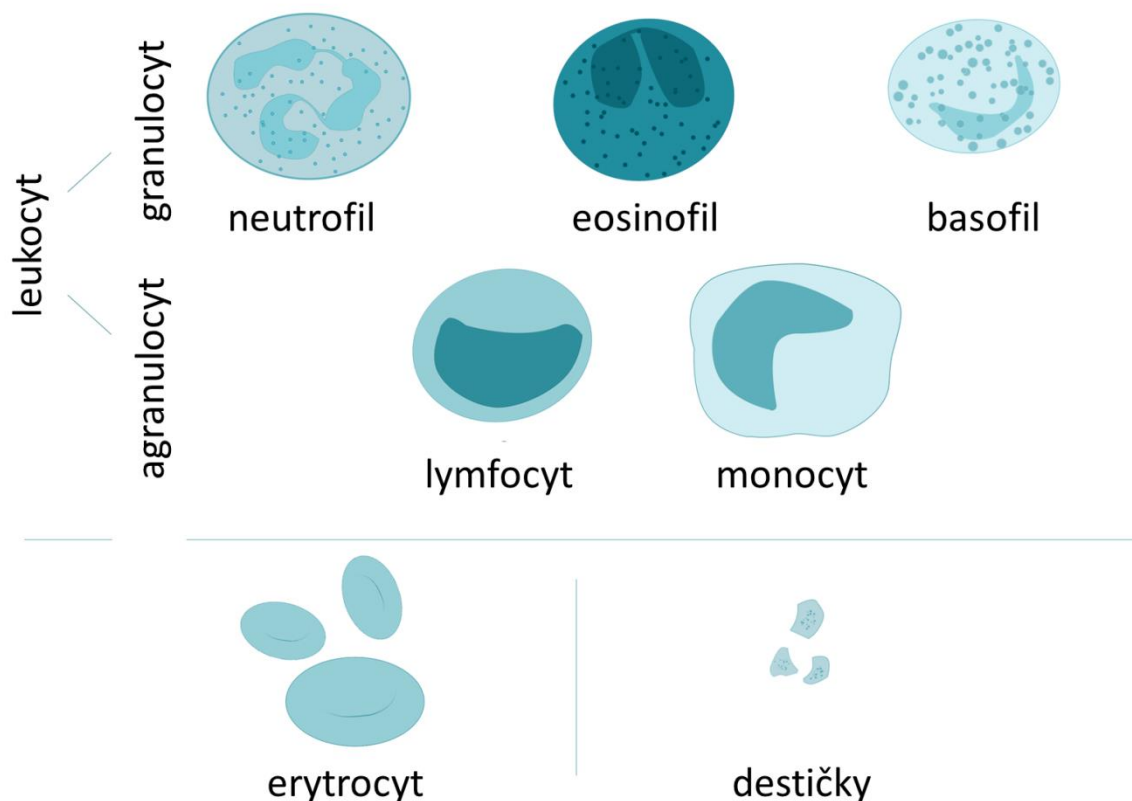
Vpravo: stav hematokritu při onemocnění (buffy coat=bílé krvinky a krevní destičky)

## Leukocyty

Leukocyty neboli bílé krvinky jsou jaderné krevní elementy zajišťující imunitní obranu organismu. Jejich množství v krvi je výrazně nižší v porovnání s erytrocyty, v jednom 1  $\mu\text{l}$  krve se fyziologicky vyskytuje 4-10 tisíc leukocytů. Bílé krvinky dělíme dle přítomnosti granul na granulocyty a agranulocyty. Skupina granulocytů zahrnuje neutrofilní, eozinofilní a bazofilní granulocyty, které jsou buněčnou složkou nespecifické imunity. Mezi agranulocyty se řadí makrofágy a lymfocyty.

## Trombocyty

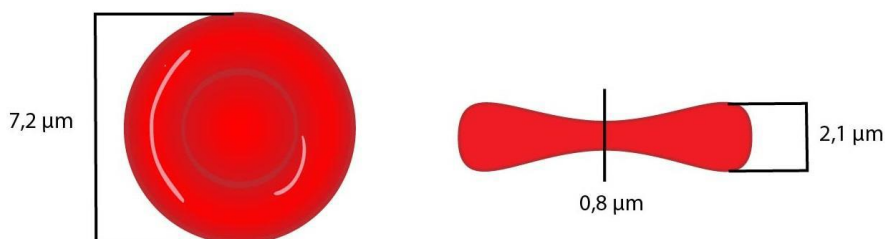
Krevní destičky (trombocyty) jsou bezjaderné diskoidní krevní elementy vyskytující se v 1  $\mu\text{l}$  krve v počtu 150-450 tisíc. Trombocyty mají výsostní postavení v hemostáze, mechanismu bránícímu ztrátám krve při poškození organismu a jsou nezbytné také v průběhu hemokoagulace. V krevním oběhu přežívají pouze 7-10 dní a proto jsou neustále produkovány v kostní dřeni, kde vznikají fragmentací cytoplasmy megakaryocytů.



## Erytrocyty

Erytrocyty neboli červené krvinky jsou bezjaderné krevní elementy vznikající v kostní dřeni. Erytrocyty mají tvar bikonkávního terčíku. Střed terčíku je v mikroskopickém obraze světlejší až bílý, z důvodu výrazně nižší koncentrace hemoglobinu v porovnání s periferií erytrocytu. Průměr erytrocytu označovaného jako normocyt je 7,2  $\mu\text{m}$ . Větší erytrocyty označujeme jako makroerytrocyty, zatímco menší označujeme jako mikroerytrocyty. Přítomnost rozdílně velkých erytrocytů v krvi ve fyziologických koncentracích označujeme jako fyziologickou anizocytózu. Jako fyziologickou poikilocytózu označujeme fyziologickou přítomnost erytrocytů jiného tvaru v krvi. Množství erytrocytů v 1  $\mu\text{l}$  krve u zdravého muže je 4,3-5,3 milionů, zatímco u ženy 3,8-4,8 milionů. Nižší počet erytrocytů nazýváme anemií,

naopak zvýšené množství jako polyglobulie či erytrocytóza.



## Erytropoéza

U dospělého jedince je proces vzniku erytrocytu zvaný erytropoéza lokalizován v kostní dřeni, na jejímž počátku stojí pluripotentní kmenová buňka, která se pod vlivem erythropoetinu dělí a diferencuje do retikulocyty. Erythropoetin je růstový hormon červené krevní řady produkovaný z 90% ledvinami. Zbytek vytváří játra. Retikulocyt je přímý prekurzor erytrocytů, obsahující v cytoplasmě zbytky organel, zvané substantia reticulofilamentóza. V průběhu vývoje do zralého erytrocytu trávající přibližně 48hodin retikulocyt tyto zbytky organel ztrácí. Z kostní dřene jsou retikulocyty vyplavovány do krve. Jejich fyziologická hladina je 0,5-1,5% červených krvinek. Zvýšení této hladiny nazýváme retikulocytóza, nastávající fyziologicky po větších krevních ztrátách. Životnost fyziologického erytrocytu je okolo 120 dní. Starý, či jinak poškozený erytrocyt je vychytáván v dřeni sleziny, kde je fagocytován makrofágy a rozložen.

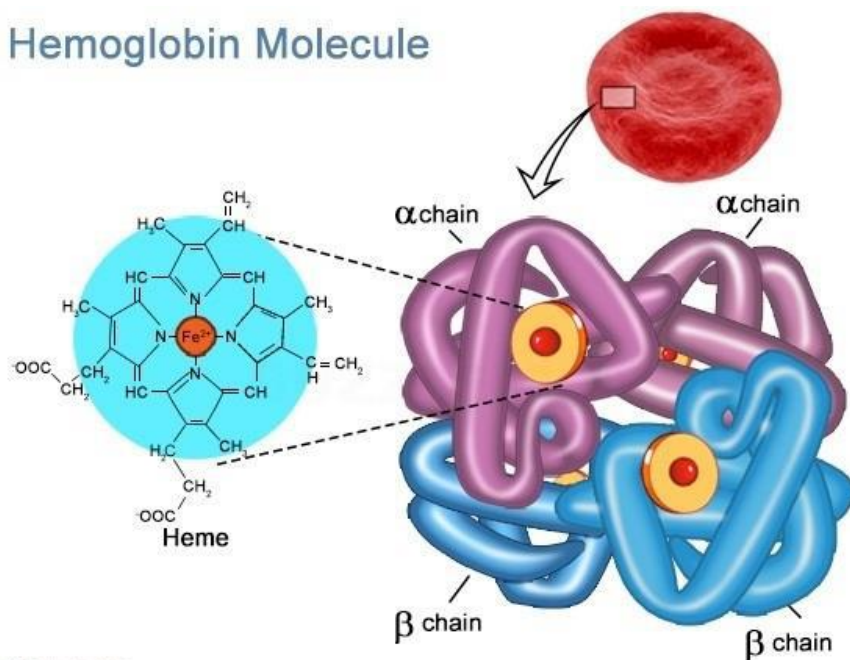
Pro vývoj erytrocytu je esenciální řada látek, bez nichž dochází k vývoji patologických erytrocytů:

1. Aminokyseliny – pro tvorbu globinové části hemoglobinu i porfyrinového kruhu
2. Železo – důležité pro tvorbu hemu, při nedostatku vzniká sideropenická anemie
3. Kyselina listová – esenciální pro syntézu nukleových kyselin, nedostatek vede k perniciózní anemii
4. Vitamín B12 – spolu s kyselinou listovou slouží k syntéze nukleových kyselin a jeho nedostatek způsobuje perniciózní anemii

## Hemoglobin

Hemoglobin je hemoprotein, tvořen čtyřmi molekulami hemu (porfyrinový kruh ve středu s navázaným  $\text{Fe}^{2+}$  kationtem) a čtyřmi molekulami globinu (dvěma alfa řetězci a dvěma beta). Hemoglobin slouží jako esenciální transportní mechanismus pro kyslík, nicméně podíl se i na transportu  $\text{CO}_2$ . Globin vytváří hydrofobní kapsu, chránící železnatý kationt před jeho oxidací na železitý kationt, dále neschopný vázat kyslík. Hemoglobin je vytvářen v erytrocytárních prekurzorech v kostní dřeni z glycinu a sukcinyl-CoA.

## Hemoglobin Molecule



© Buzzle.com

Deriváty hemoglobinu	Vázaná molekula
<i>Oxyhemoglobin</i>	O <sub>2</sub>
<i>Karbaminohemoglobin</i>	CO <sub>2</sub>
<i>Methemoglobin (Hemoglobin)</i>	Místo Fe <sup>2+</sup> hem obsahuje Fe <sup>3+</sup>
<i>Karboxyhemoglobin</i>	CO

Odbourávání hemoglobinu probíhá v makrofázích fagocytujících poškozené erythrocyty a molekuly hemoglobinu uvolněné do plazmy. Volný hemoglobin se v plasmě váže na haploglobin se kterým je z plazmy vyčytáván makrofágy. Degradace hemoglobinu je zahájena oxidací na verdoglobin. Odštěpením molekuly globinu vzniká zelený bilivergin. Molekula globinu je dále rozložena na volné aminokyseliny. Biliverdin je enzymem biliverdinreduktázou redukován na bilirubin. Bilirubin kvůli své špatné rozpustnosti ve vodě vázán na albumin (označujeme jako volný či nekonjugovaný albumin). Kvůli své lipofilítě není vylučován močí, ale může pronikat nezralou hematoencefalickou bariérou do CNS a způsobit jadrový ikterus u novorozenců. Krví je bilirubin dopraven do jater, kde dochází k jeho dalšímu zpracování v podobě konjugace s kyselinou glukuronovou za vzniku konjugovaného bilirubinu. Po konjugaci je bilirubin vylučován žlučí do stolice. Zvýšení koncentrace bilirubinu nazýváme ikterus projevující se žlutým zbarvením nejprve sklér, později i sliznic a kůže. Typické je také urputné svědění.

U dospělého jedince je proces vzniku erythrocytu zvaný erythropoéza lokalizován v kostní dřeni, na jejímž počátku stojí pluripotentní kmenová buňka, která se pod vlivem erythropoetinu dělí a diferencuje do retikulocyty. Erythropoetin je růstový hormon červené krevní řady produkovaný z 90% ledvinami. Zbytek vytváří játra. Retikulocyt je přímý prekurzor erythrocytů, obsahující v cytoplasmě zbytky organel, zvané substantia reticulofilamentóza. Retikulocyty jsou z kostní dřene vyplavovány do krve. Jejich fyziologická hladina je 0,5-1,5% červených krvinek. Zvýšení této hladiny nazýváme retikulocytóza, nastávající fyziologicky po větších krevních ztrátách. Životnost fyziologického erythrocytu je okolo 120 dní. Starý, či jinak poškozený erythrocyt je vyčytáván v dření sleziny, kde je fagocytován makrofágy a rozložen.

Pohlavní rozdíly ve složení krve jsou podmíněny především pohlavními hormony. Testosteron mimo jiné stimuluje tvorbu erythropoetinu, naopak estrogen jeho tvorbu tlumí. Rozdíly shrnuje tabulka:

**Pohlavní rozdíly**

	Muži	Ženy
<b>Počet erytrocytů</b>	4,3-5,3 x 10 <sup>12</sup> /l	3,8-4,8 x 10 <sup>12</sup> /l
<b>Hemoglobin</b>	140-180 g/l	120-160 g/l
<b>Hematokrit</b>	0,39-0,51	0,35-0,46

**Anemie**

Anemie je stav, kdy v krvi je snížená koncentrace hemoglobinu. Důsledkem anemie je nedostatečný transport kyslíku po těle. Anemie vzniká důsledkem porušením tvorby erytrocytů nebo jejich zánikem či ztrátou. Anemie se projevuje bledostí kůže a sliznic, sníženou fyzickou výdrží, únavou a zadýcháváním se při neodpovídající námaze. Organismus anemii kompenzuje zvýšenou tepovou frekvencí.

**Sideropenická anemie**

Sideropenická anemie je podmíněna nedostatkem železa pro tvorbu hemoglobinu. Hypoxie tkání podmíněná nedostatkem hemoglobinu přenášející kyslík stimuluje produkci erythropoetinu v ledvinách. Erythropoetin vybudí kostní dřeň k produkci velkého množství malých erytrocytů s obsahujících nízkou koncentraci hemoglobinu (mikrocytární hypochromní anemie).

**Perniciózní anemie**

Perniciózní anemie vzniká při nedostatku kyseliny listové (folátu) anebo vitamínu B12. Oba tyto vitamíny jsou důležité pro tvorbu nukleové kyselin, tyminu. Jako první se nedostatek těchto vitamínů projeví jako anemie, protože erytrocyty jsou nejrychleji se množící buňky v těle. Z nedostatku tyminu pro syntézu DNA se v kostní dřeni tvoří velké erytrocyty přeplněné hemoglobinem (makrocytární, hyperchromní anemie).

# Teoretická část

## Určení krevní skupiny sklíčkovou metodou

Cytoplasmatická membrána erytrocytů tvoří bariéru mezi vnitřním prostředím erytrocytu a krví za předpokladu, že erytrocyt fyziologicky koluje v krvi a má značný význam pro komunikaci a interakci se svým okolím. Jako u jiných buněk je tvořena dvojrstvou fosfolipidů uspořádaných hydrofobními konci k sobě a hydrofilními od sebe. Tuto dvojrstvou prostupují proteiny a hydrofilní části fosfolipidů interagují s jinými hydrofobními látkami jako například cholesterolem. Do vnějšího prostředí z buněčné membrány ční různé antigeny, podle nichž určujeme různé krevní skupiny jako AB0, Th, MNs, Kell, Levis atd. Krevní skupiny jsou kodominantně dědičné a v průběhu celého života jsou neměnné. Znalost krevních skupin je především kvůli krevním transfuzím, kde podání špatné krevní skupiny může vést až k úmrtí.

### AB0 systém

Systém AB0 je podmíněn antigeny vyskytující se nejen na povrchu erytrocytů – antigeny A a B. Jedná se o glykoproteiny lišící se terminální molekulou sacharidové části, také zvané aglutinogeny. Dle nich rozlišujeme 4 krevní skupiny:

- A – na povrchu erytrocytu je pouze aglutinogen A
- B – na povrchu erytrocytu je pouze aglutinogen B
- AB – na povrchu erytrocytu je aglutinogen A i B
- 0 – na povrchu erytrocytu není aglutinogen A ani B, vyskytuje zde pouze struktura H, která je vlastně aglutinogen bez terminálního monosacharidu

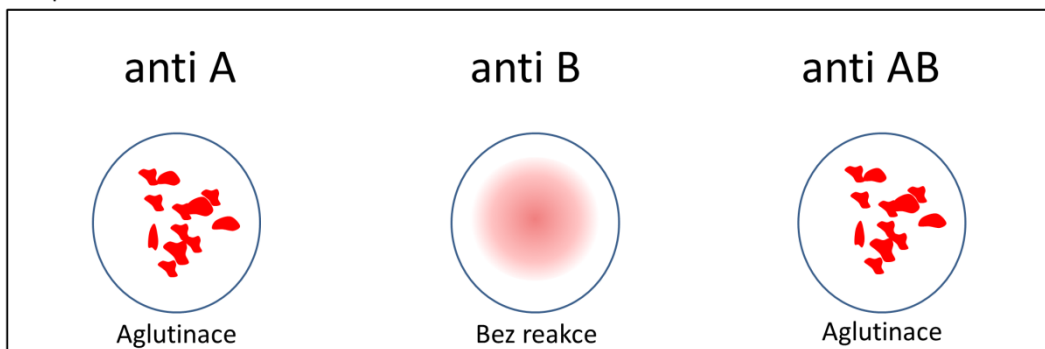
Proti těmto antigenům kolují v krvi protilátky třídy IgM (anti- A a anti-B), zvané aglutininy. Tvorba těchto protilátek je zahájena příjmem potravy a probíhá po celý život.

- Skupina A – tvoří pouze aglutininy anti-B
- Skupina B – tvoří pouze aglutininy anti-A
- Skupina AB – netvoří žádné aglutininy
- Skupina 0 – tvoří aglutininy anti-A i anti-B

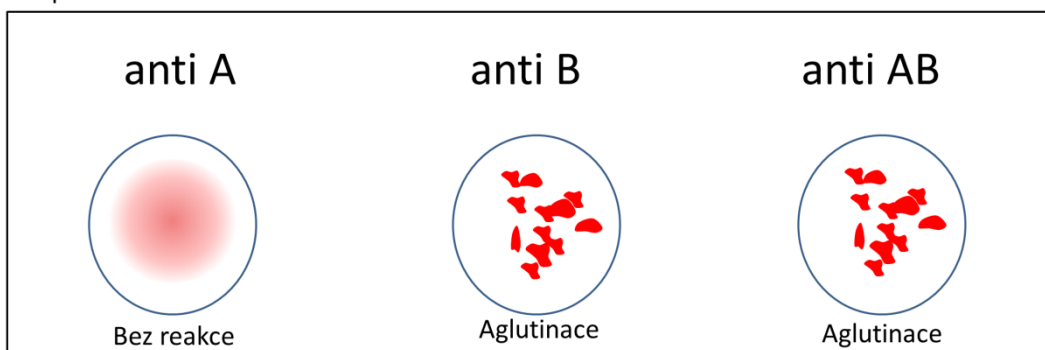
Při setkání aglutinogenů se shodnými aglutininy dochází k aglutinaci, neboli shlukování a následné destrukci erytrocytu komplementovým systémem.

## Přehled reakcí sklíčkové metody pro všechny krevní skupiny:

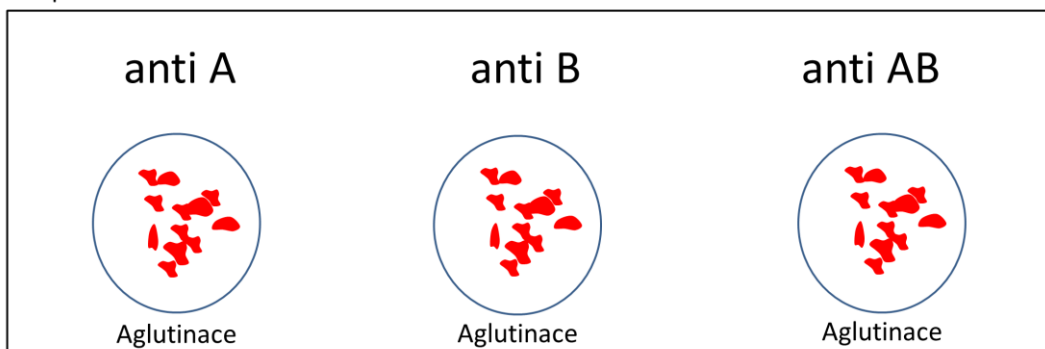
skupina A



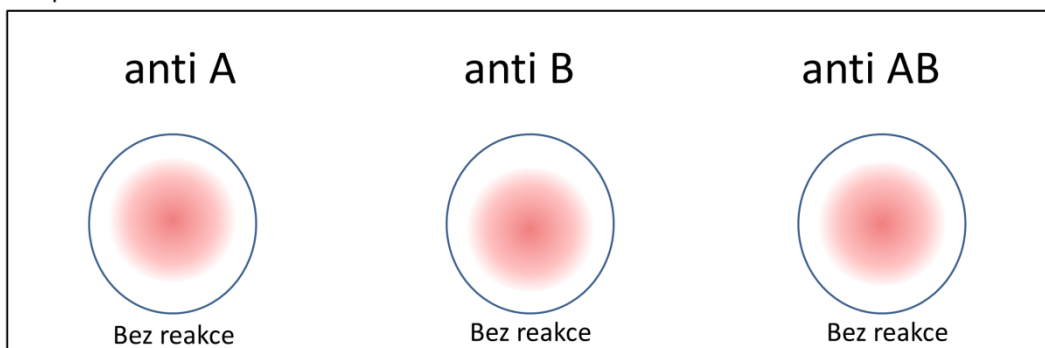
skupina B



skupina AB



skupina 0



## Vysvětlení sklíčkové metody

Skličková metoda bude vysvětlena na krevní skupině A. V modrém vzorku dochází po smíchání krve nesoucí aglutinogeny A se sérem obsahujícím aglutininy anti-A k jejich reakci. Následně dochází k zesíťování komplexů erytrocyt protilátka zvanému aglutinace neboli shlukování. V žlutém vzorku k reakci nedochází, protože aglutinin anti-B nemá na erytrocytu párový aglutinogen B. V posledním šedém vzorku dochází opět k aglutinaci v přítomnosti aglutininů A a B, přičemž reagují pouze aglutininy A.

## Dědičnost AB0 systému

Krevní skupiny AB0 systému jsou kódovány alelami A, B a i, kde alela i je recesivní vůči alelám A a B. Alely A a B jsou kodominantní.

- Fenotyp – krevní skupina A – alely AA nebo Ai
- Fenotyp – krevní skupina B – alely BB nebo Bi
- Fenotyp – krevní skupina AB – alely AB
- Fenotyp – krevní skupina 0 – alely ii

## Rh faktor

Rh faktor představuje další významnou krevní skupinu, podmíněnou antigeny C,c,D,d,E,e. Rh faktor je určen dle přítomnosti, či nepřítomnosti antigenu D. Rh pozitivní jedinec je nositelem antigenu D na svých erytrocytech a naopak. Antigen D je předáván dalším generacím dominantně, což znamená, že Rh negativní jedinec zdědil od obou svých rodičů recesivní alelu. Protilátky proti antigenu D, neboli anti-D protilátky jsou na rozdíl od aglutininů AB0 systému třídy IgG a tvoří se až po prvním kontaktu imunitního systému Rh negativního pacienta s Rh pozitivní krví zvané imunizace. Jako jiné IgG protilátky i protilátky proti Rh faktoru procházejí přes placentární bariéru díky přítomnosti IgG receptoru.

### **Hemolytická nemoc novorozenců (hemolytická anemie)**

Je onemocnění nastávající u Rh negativních matek imunizovaných proti Rh faktoru, tedy v jejich krvi kolují protilátky proti Rh faktoru čekající Rh pozitivní dítě. K imunizaci matky může dojít v průběhu předchozích těhotenství, kdy při porodu často dochází k smíšení krve matky a dítěte anebo při předchozím podání špatné krevní konzervy matce. Následně vytvořené protilátky pronikají placentární bariérou a destrukují červené krvinky dítěte. Jako prevence se proto podává anti-D imunoglobulin po porodu Rh pozitivního dítěte Rh negativní matce.



# Teoretická část

## Sedimentace červených krvinek

### Krevní plazma

Krevní plazma je jantarově zbarvený roztok organických a anorganických látek tvořící tekutou složku krve. Představuje přibližně 5% tělesné hmotnosti, tedy asi 3,5l u 70kg muže. Krevní plazmu získáme po přidání antikoagulační látky a centrifugaci plné krve. Pokud by do plné krve před centrifugací nebyl přidán antikoagulant, získali bychom krevní sérum. Krevní plazma se tedy od krevního séra liší přítomností proteinů koagulační kaskády.

Organická složka plazmy je tvořena plasmatickými proteiny, glukózou, hormony, vitamíny, enzymy, atd. Plasmatické proteiny dále dělíme na albuminovou, globulinovou a fibrinogenovou frakci. Fyziologická koncentrace plasmatických proteinů je 65 – 85 g/l, z čehož albumin představující majoritní část se v plazmě vyskytuje fyziologicky v koncentraci 25 – 51 g/l. Za fyziologických podmínek tvoří stěny kapilár neprostupnou bariéru pro bílkoviny rozpuštěné v plazmě, a proto na nich proteiny vytvářejí osmotický tlak okolo 25 mm Hg. Proteiny dále slouží jako nárazníkový systém k udržení stálého pH plazmy v rozmezí 7,36 – 7,44, rychlého zdroje aminokyselin, imunitních reakcí, koagulace, transportu ve vodě nerozpustných látek, jako jsou mastné kyseliny, steroidní hormony, bilirubin, kovy, ionty, léky atd.

Anorganická složka krevní plazmy je tvořena ionty v ní rozpuštěnými. Nejdůležitější plasmatické ionty i s fyziologickými koncentracemi jsou uvedeny v tabulce.

Sérový iont	Koncentrace
Sodík	135 – 145 mmol/l
Draslík	3,7 – 5,1 mmol/l
Chlorid	96 – 108 mmol/l
Vápník	2 – 2,6 mmol/l
Vápník ionizovaný	1,16 – 1,32 mmol/l
Anorganické fosfáty	0,65 – 1,61 mmol/l
Hořčík	0,78 – 1,03 mmol/l

Jejich celkové koncentraci v plazmě se blíží fyziologický roztok (0,9% roztok NaCl).

### Sedimentace (FW)

Sedimentace ery (dle Fahraeus-Westergrena) je nespecifická laboratorní metoda, která pokud je mimo fyziologické normy značí, že se něco v těle děje. Sedimentace je proces usazování nerozpustných částic v suspenzi. Její obrácenou hodnotou suspenzní stabilita (1/sedimentace). Princip metody je založen na měření rychlosti poklesu ery v nesrážlivé krvi. Na povrchu ery se nachází záporný náboj sialových kyselin glykoforinu, který je vázán na spektrin. Ery se svými zápornými náboji odpuzují a tak brání sedimentaci.

#### Faktory ovlivňující sedimentaci:

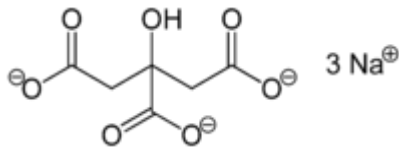
- Velikost ery – větší rychleji sedimentují
- Množství ery – více záporných nábojů, větší suspenzní stabilita

- Plazmatické bílkoviny
  - Albumin – má záporný náboj, vede k větší suspenzní stabilitě
  - Fibrinogen – kladný i záporný náboj → nižší suspenzní stabilita
  - Imunoglobuliny – stejně jako fibrinogen

Faktory narušující odpuzování zápornými náboji způsobují penízkovatění – tvorbu rouleaux (velký objem s malým povrchem) → rychlejší sedimentace

### Měříme v nesrážlivé krvi, kterou získáme přidáním:

- Citrát sodný – vyváže  $\text{Ca}^{2+}$



- EDTA - kyselinu ethylendiamintetraoctovou – také chelatační antikoagulans
- Oxalát sodný
- Heparin – aktivace antitrombinu III

### Fyziologické hodnoty sedimentace erytrocytů:

- Muži – 2-8mm/hod.
- Ženy – 7-12mm/hod.
- Novorozenci – 2mm/hod.
- Kojenci – 4-8mm/hod.

### → rozdíl mezi pohlavími je dán dvěma faktory:

testosteron zvyšuje tvorbu erythropoetinu v ledvinách → více ery → nižší sedimentace  
 ženy mají v krvi více fibrinogenu → vyšší sedimentace

### Patologie:

- Zvýšené hodnoty sedimentace:
  - Těhotenství - zvýšené množství fibrinogenu
  - Makrocytémie – snížený poměr povrch/objem krvinky
  - Infekce – zvýšené hladiny imunoglobulinů
  - Nádory – myelom
  - Záněty – zvýšené hladiny imunoglobulinů
  - Nekrózy tkání (infarkt, trauma) – zvýšené množství bílkovin v krvi
  - Relativní/ absolutní ztráty albuminu (nefrotický syndrom, únik albuminu močí)
  - Pooperační stavy
- Nižší hodnoty
  - Nepravidelný tvar ery – sferocytóza, srpkovitá anémie
  - Polycytemia vera – vyšší hematokrit
  - Leukocytóza – vyšší počet bílých krvinek
  - Dysproteinemie – hypofibrinogenemie, hypogamaglobulinemie
  - Dehydratace

# Teoretická část

## Stanovení osmotické rezistence červených krvinek

### Cytoplasmatická membrána erytrocytů

Cytoplasmatická membrána erytrocytů vytváří nejen bariéru mezi vnějším a intracelulárním prostředím erytrocytu, ale má i řadu dalších funkcí a vlastností. Mezi její důležité vlastnosti patří deformabilita, flexibilita a odolnost podmíněné cytoskeletálními proteiny. Tyto vlastnosti jsou nezbytné pro erytrocyt pronikající kapilárou o skoro polovičním průměru, než je průměr erytrocytu. Centrální roli má protein spektrin. Spektrin vytváří vláknité heterogenní tetramery tvořené alfa a beta spektrinem. Ty interagují s aktinovými filamenty a dohromady vytvářejí intracytoplasmatický cytoskelet připojený k vnitřní vrstvě cytoplasmatické membrány proteinem 4.1 a ankyrinem. S rostoucím stářím erytrocytu se vytrácí jeho odolnost, deformabilita i flexibilita a erytrocyt ve slezině zaniká.

### Osmotická rezistence

Rezistence erytrocytů vůči mechanickým, chemickým a osmotickým změnám není u všech stejná. Záleží na stáří erytrocytu, jeho tvaru (např. sférický), enzymové výbavě (např. deficit 6-P-dehydrogenázy), etc. Osmotická rezistence je specifická metoda užívající se v diferenciální diagnostice hemolytických anémií.

- **Minimální osmotická rezistence** – udává koncentraci hypotonického roztoku NaCl, při které dochází k hemolýze prvních erytrocytů – nad sedimentem pozorujeme růžové zakalení, zanikají nejméně odolné erytrocytů – 0,4-0,44%
- **Maximální osmotická rezistence** - udává koncentraci hypotonického roztoku NaCl, při které ještě nedochází k úplné hemolýze erytrocytů – poslední zkumavka obsahující sedimentované erytrocytů, ty nejvíce odolné – 0,3-0,33%
- **Osmotická rezistentní šíře** – rozdíl min. a max. osmotické rezistence – 10-14%

Difuze	proudění částic po koncentračním gradientu
Osmóza	proudění rozpouštědla přes semipermeabilní membránu po osmotickém gradientu
Osmotický tlak	tlak potřebný k zastavení osmózy
Osmolarita	udává koncentraci osmoticky aktivních částic na 1l roztoku
Osmolalita	udává koncentraci osmoticky aktivních částic na 1kg rozpouštědla = 2 [Na <sup>+</sup> ]+[glc]+[urea] = 275-295mmol/kg H <sub>2</sub> O séra
Tonicita	udává osmolalitu roztoku ve vztahu k buňce

## Patologie:

- Vyšší hodnoty minimální osmotické rezistence
  - Vrozené hemolytické anemie
- Nižší hodnoty maximální osmotické rezistence
  - Polycytemia vera
  - Thalasemia
  - Srpková anemie
  - Nedostatek  $\text{Fe}^{2+}$
  - Status post splenectomii

## Hemolýza

Hemolýza představuje narušení membrány erythrocytu vedoucí k jeho rozpadu a uvolnění hemoglobinu do cytoplazmy.

### Podle příčin vzniku hemolýza rozdělujeme hemolýzu

- **Osmotická** – krvinka nasává vodu, zvětšuje se, až dojde k jejímu prasknutí
- **Chemická** – porušení membrány způsobí chemická látka: zásada, kyselina nebo například detergenty (narušují funkci fosfolipidů) či látky rozpouštějící tuky
- **Fyzikální** – krvinka je poškozena světlem (UV), teplem, mrazem, ultrazvukem, třepáním (proto se krev promíchává jemně)
- **Biologická** – hemolýzu způsobí bakteriální toxiny, paraziti (malárie) nebo jedy (hmyzí, pavoučí, hadí, rostlinné)
- **Imunologická** – krvinka je napadena imunitním systémem. Tato hemolýza nastává při transfuzi nekompatibilní krve. Dárcovská krvinka je napadena protilátkami imunitního systému příjemce, je spuštěna kaskáda komplementu, na jejímž konci je rozrušení membrány krvinky a její hemolýza. Imunologická hemolýza je následkem aglutinace.

## Izotonická hemolýza

K izotonické hemolýze erythrocytů dochází ve dvou specifických případech:

- Izotonický roztok glukózy – buňky glukózu požívají a izotonický roztok se postupně stává hypotonický
- Izotonický roztok močoviny – močovina volně prostupuje přes semipermeabilní membránu do buňky po svém koncentračním gradientu a okolní roztok se stává hypotonický – nerespektuje polopropustnost biomembrány