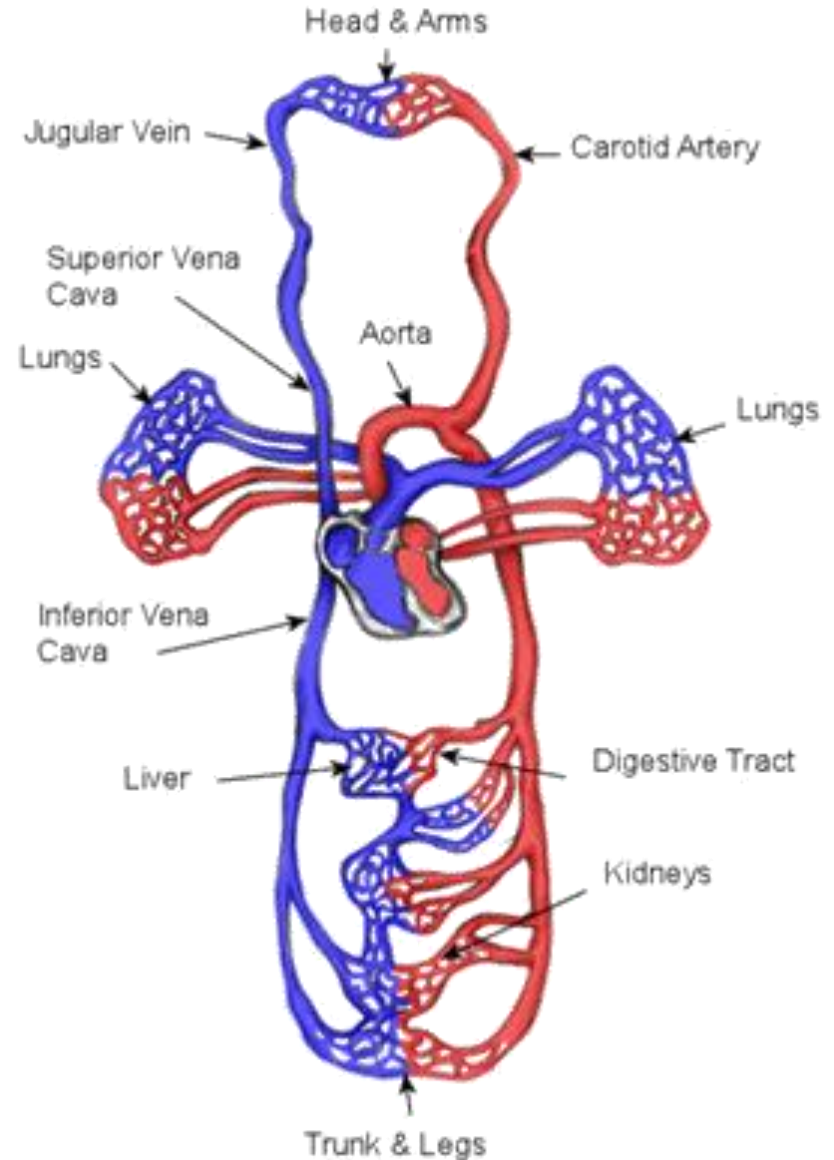


Oběhová soustava

Cévy a krev

- Dvojitá cirkulace -2 okruhy, které jsou sériově zapojené přes srdce
 - Nízkotlaký - plicní okruh
 - Vysokotlaký – tělní okruh
 - Každý má své vlastní čerpadlo (LK a PK)
- V tělním okruhu jsou vytvořeny paralelní okruhy

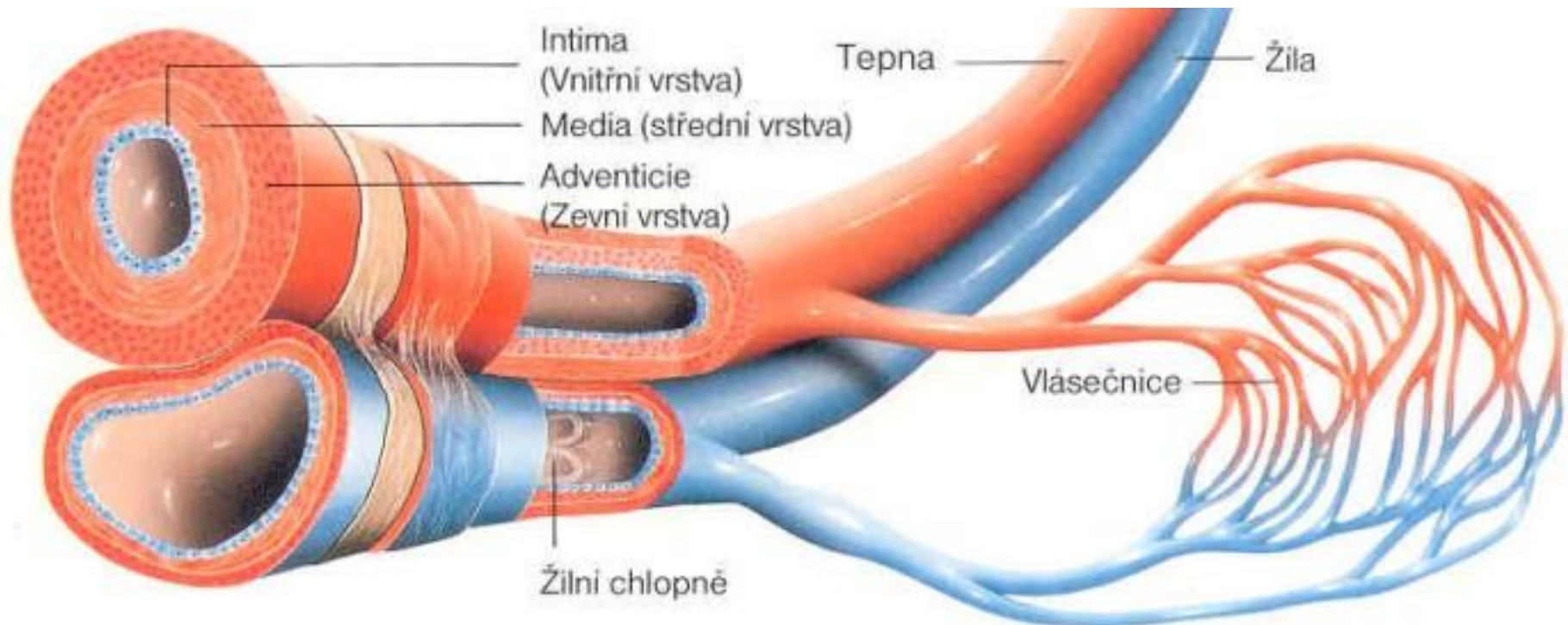


Cévy

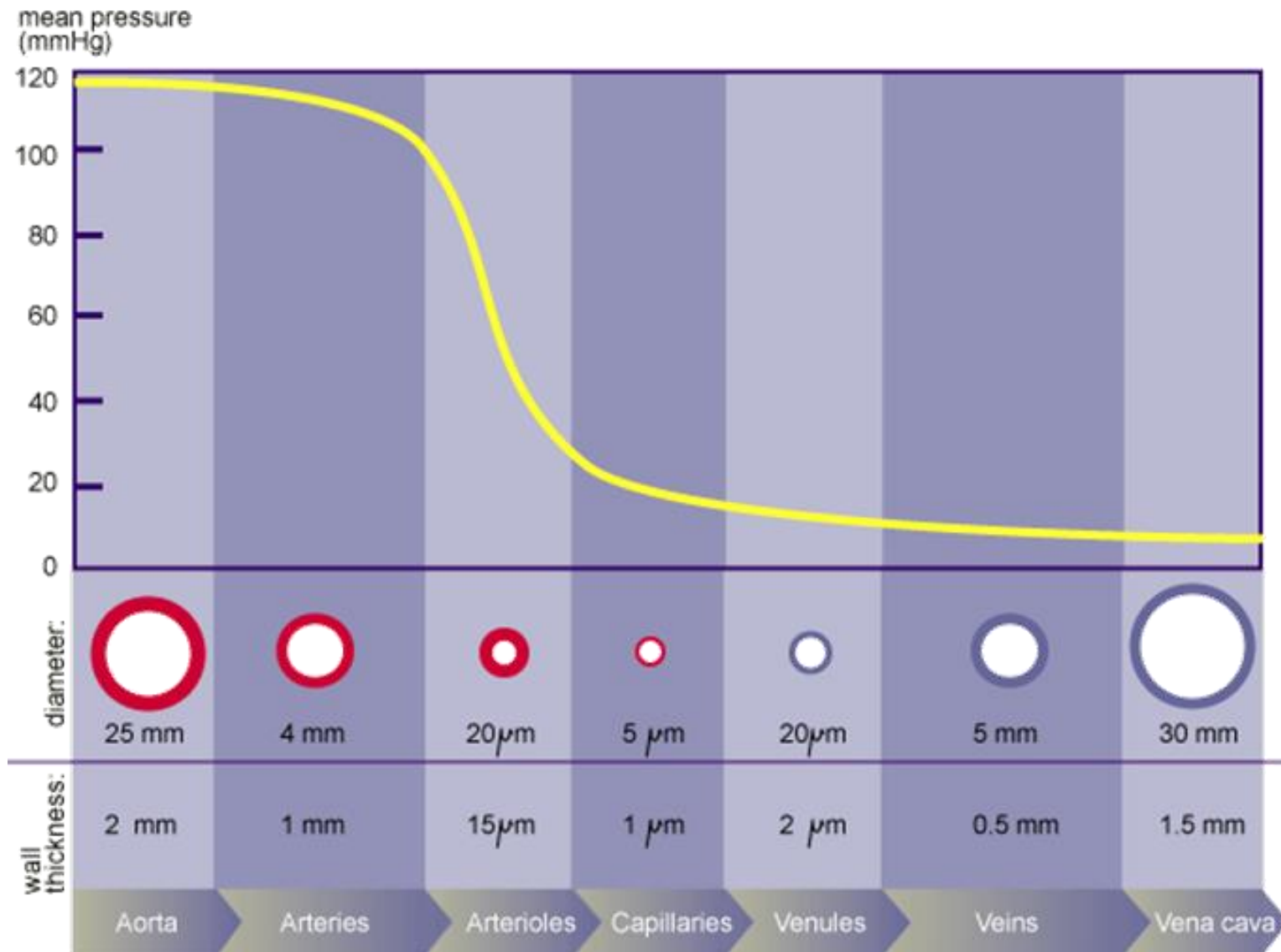
- Krevní

- Artérie
- Arterioly
- Kapiláry
- Venuly
- Vény

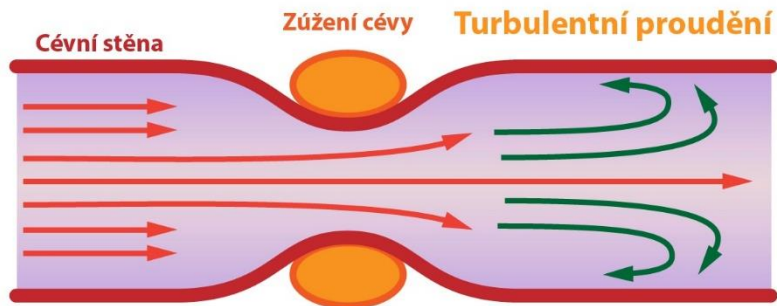
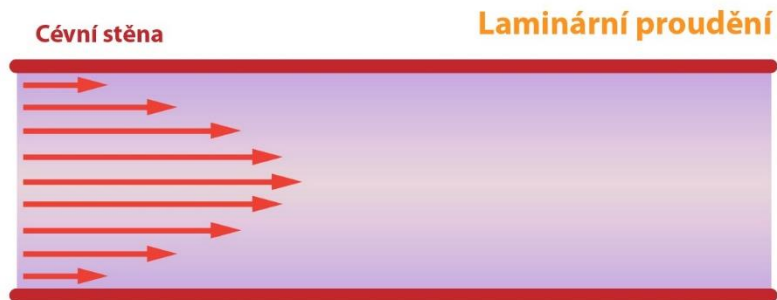
- Mízní cévy



Tok krve v cévách – tlakový gradient – vytváří ho srdce



Proudění krve



- Za fyziologických podmínek je proudění krve laminární
- krev **z LK vystříkne do aorty** – velká rychlost – 100 cm/s – **turbulentní proudění**
- velké tepny – mají velmi pružnou stěnu - funkce pružníku – změna laminární proudění - 30 cm/s
- rychlost toku krve $\uparrow$ min. průtoku $\downarrow$ ploše průřezu
- minutový průtok stejný v celém řečišti (5 l/min); aorta průřez 3-4 cm², průřez kapilárami 2500 cm²

Průtok krve orgány – klidový stav

- Mozek – 15 %
- Trávicí trakt – 30 %
- Ledviny – 25 %
- Kosterní svalstvo – 25 %
- Kůže – 5 %
- požadavky orgánů na dodávku krve jsou proměnlivé – jsou kryté změnami odporu v jednotlivých periferních obězích + změnami v minutovém srdečním výdeji

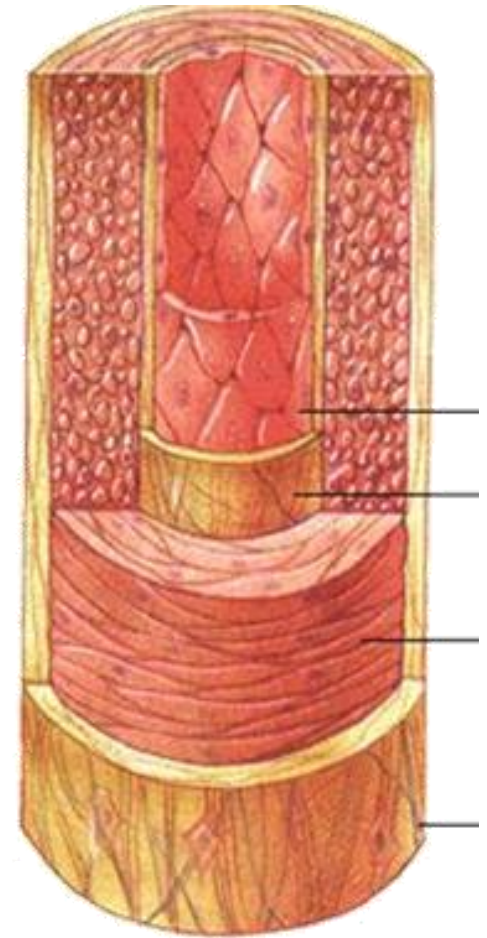
Cévy – rozdělení podle funkce

- **Pružníkové** – velké a střední tepny , velmi elastické stěny (hodně elastinu), převedení vstřiku krve na lineární proudění, rychlý transport do periferie
- **Rezistenční** – menší tepny, tepénky, málo elastinu, ve stěně hl. svalovina, regulují průtok krve k orgánům a tkáním; určují distribuci krve k orgánům
 - Prekapilární sfinktery – konečný úsek rezistenčních cév, rozhodují o velikosti kapilární plochy

- **Kapiláry** - styčná plocha mezi krví a tkání, nejsou schopné kontrakce, průsvit se mění pasivně, podle stavu pre- a postkapilárních rezistenčních cév
- **Arteriovenózní zkratky** – rychlý převod krve z tepenného do žilního řečiště, obcházejí kapiláry; jen v některých tkáních (kůže)
- **Kapacitní cévy** – žíly, jsou hodně roztažné, pojmu velké množství krve; slabá stěna, málo svaloviny
 - Postkapilární rezistenční cévy – venuly

Tepny - stavba

- **Intima** – vrstva endotelových buněk, pod tím subendotelové vazivo
 - na straně styku s krví – silná vrstva glykokalyx (glykoproteiny a proteoglykany), důležité jsou cukerné skupiny, které vytváří selektivní permeabilitu (co může prostoupit stěnou arterie)
- Vnitřní elastická membrána (elastin)
- **Media** – skládá se ze spirálovitě uspořádané hladké svaloviny + mezibuněčné hmoty
- Vnější elastická membrána
- **Adventicie** – ukotvuje cévy do okolí, je tvořena hustým kolagenním vazivem, v něm jsou nervy a cévy (vyživují stěny velkých arterií), kryto epitelem



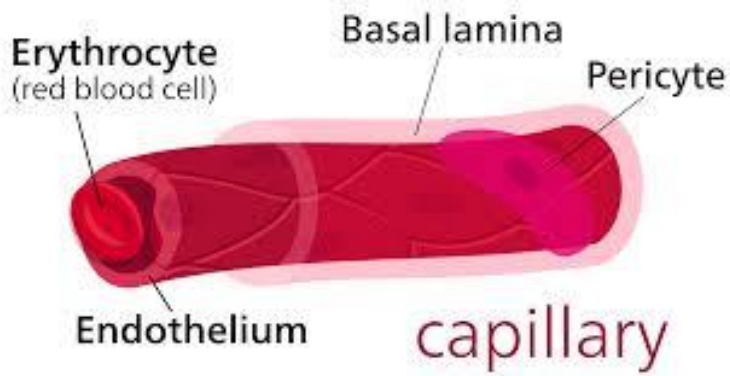
Tepny

- Pevná a pružná stěna
- Tlak krve – klesá od srdce do periferie, dochází k větvení - zvětšuje se plocha řečiště
 - Aorta – 140 mm Hg, ve stěně je i elastická chrupavka
 - A. radialis – 90 mm Hg
- Větší tepny vedou většinou v hloubce
- Blíže k povrchu – měří se tepenný puls
- Při poranění krev stříká

Kolaterály

- Odbočující větve, které sledují zhruba průběh hlavní tepny (jakýsi rezervní oběh)
- Spojením s dalšími kolaterálami nebo s hlavní tepnou vzniká kolaterální řečiště
- Jejich úkolem je udržet krevní zásobení cílové krajiny i při poškození hlavní tepny
- Musí se dát pozor při podvazování tepen v průběhu chirurgické operace

Kapiláry - stavba

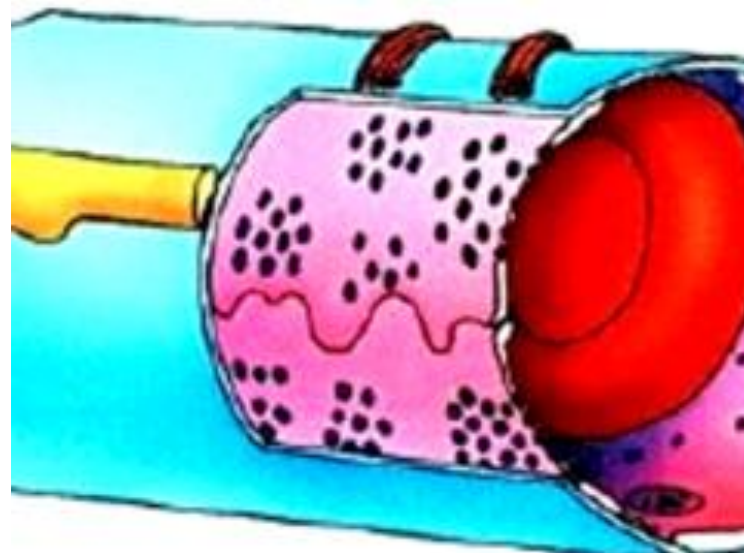


- délka 0,25-1 mm, průměr 5-9 μm , aby prošel erytrocyt
- Jejich stěna je tvořena pouze jedinou vrstvou endotelových buněk a bazální laminou, na které jsou zvenku pericyty (buňky - funkce není zcela jasná, kontrakcí ovlivňují průsvit kapiláry)

- Souvislý endotel – souvislá vrstva buněk, ve svalech, vazivu, nervové tkáni – hematoencefalická bariéra)
- Fenestrováný – 50 – 100 nm, v endotelu malá okénka krytá membránou, prostupuje voda a malé molekuly, ne bílkoviny – místa s rychlou látkovou výměnou - ledviny, střevo
- Nespojité – sinusoidy, není bazální lamina, fenestrace bez membrány, prostupné pro všechny látky v plasmě; v játrech



Souvislá kapilára



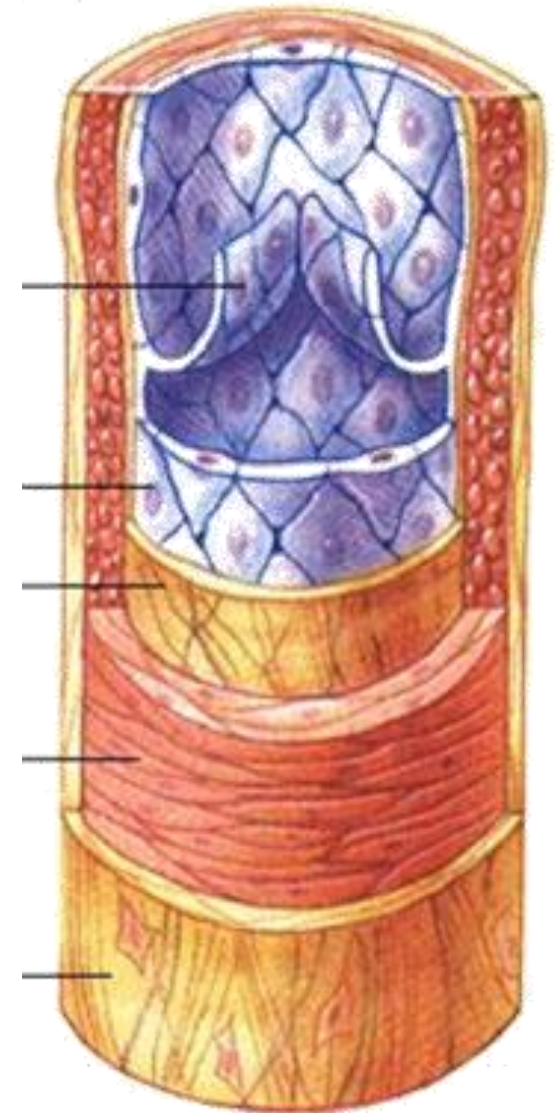
Fenestrovaná kapilára



Nesouvislá kapilára

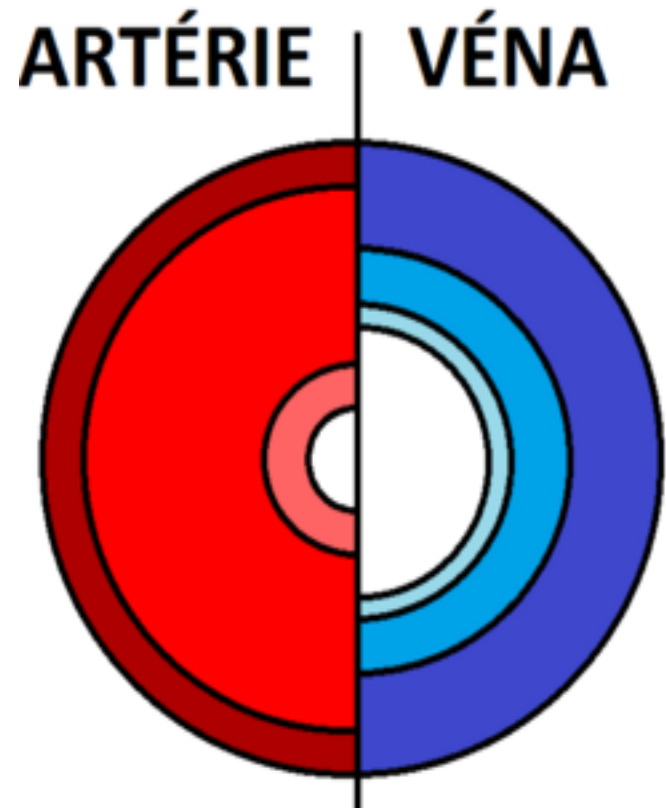
Žíly - stavba

- Slabší stěna než arterie, větší průsvit
- Intima – endotel, jsou tam **vytvořeny chlopně**, zejména na dolních končetinách
- Media – málo svalových buněk, elastická a kolagenní vlákna
- Adventicie – nejsilnější vrstva, obsahuje i **longitudinální svalovinu** (silná)
- Krev protéká pod malým tlakem 5-20 mm Hg - z rány vytéká

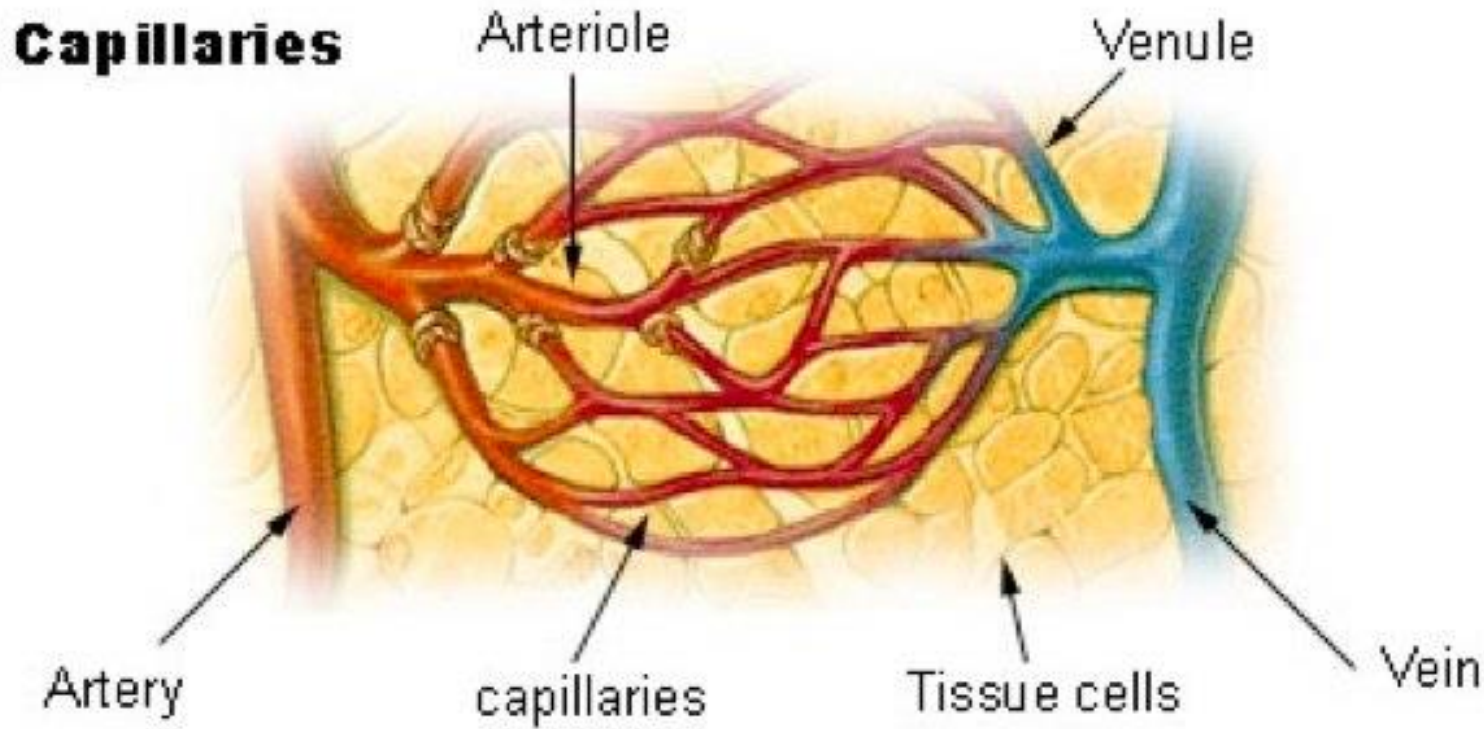


Žíly

- Povrchové – vedou v podkožním vazivu
- Hluboké – provázejí tepny, často jsou 2 žíly a jedna tepna, pomáhá návratu krve do srdce
- Komunikace povrchových a hlubokých žil
- Adventicie žil často spojená s adventicií provázející tepny – mají společný vazivový obal + nervy – vznikne **společný nervově cévní svazek**



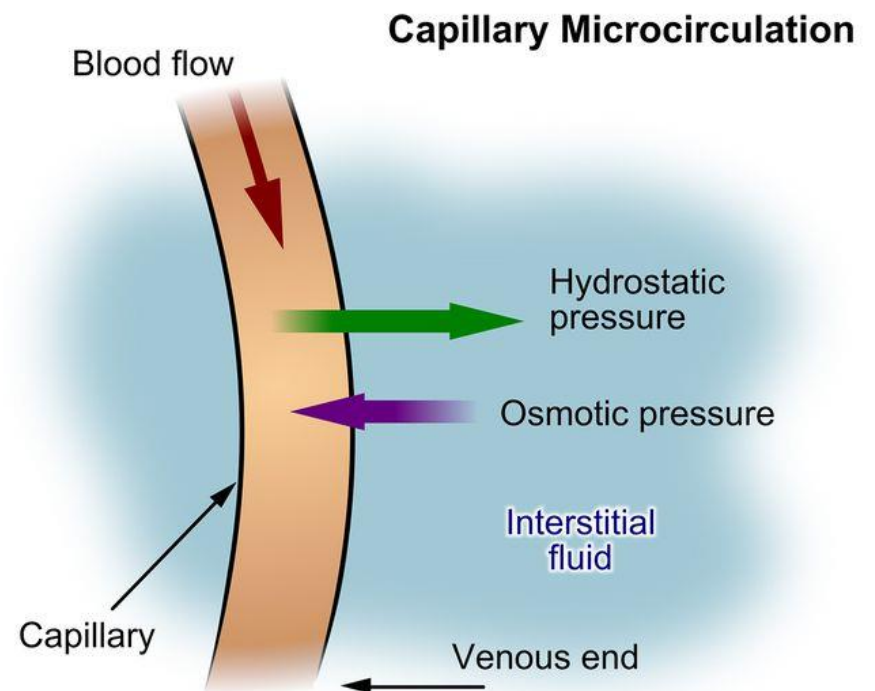
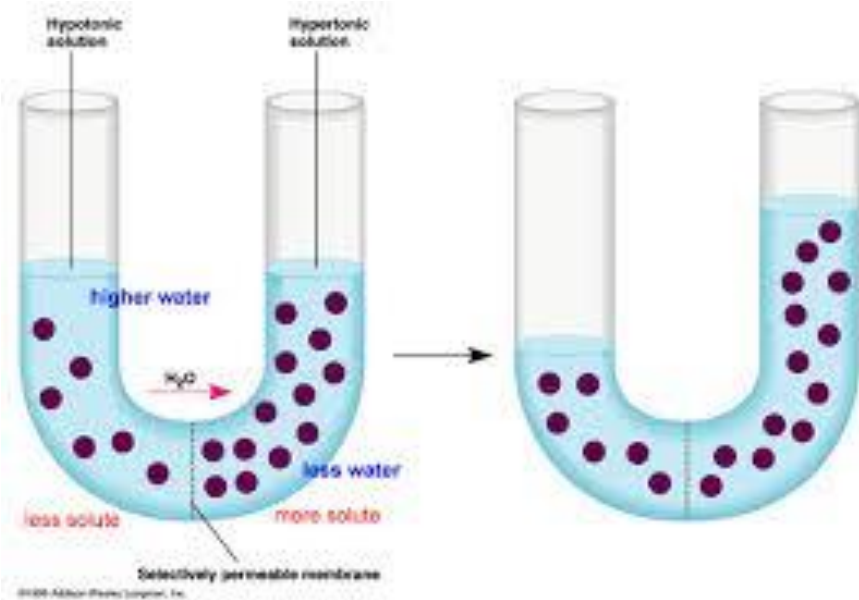
Mikrocirkulace



- Úsek oběhu od arteriol k venulám – jeden funkční celek
- Prekapilární sfinktery – řídí průtok krve daným místem podle potřeb organismu

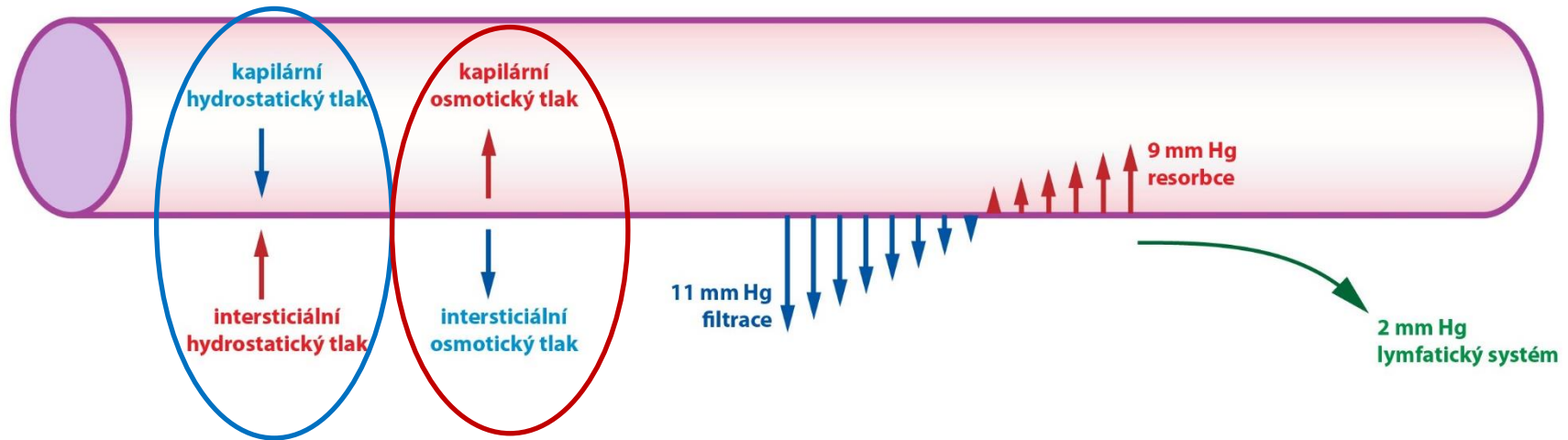
- **funkční část krevního oběhu**
- výměna látek, plynů a tekutin mezi krví a tkáněmi
- velikostí povrchu kapilár (500-1000 m²) a tenkostí jejich stěn
- látky procházejí přes kapiláru:
 - mezi endoteliálními buňkami;
 - póry
 - pomocí vezikul
 - difuzí
 - filtrací

- tkáňovou mikrocirkulaci umožňuje tlak krve a průtok krve kapilárou je řízen saturací krve kyslíkem (ovládá napětí prekapilárních sfinkterů).
- krev neprotéká nikdy současně všemi kapilárami – 25-35%
- hustota kapilár v orgánech je různá a závisí na činnosti orgánů a intenzitě látkové přeměny
- ve všech tkáních těla s výjimkou pokožky, rohovky a chrupavek



- rychlost krevního proudu se zpomaluje (0,5 mm/s), krev kapilárou protéká 1-2 s.
- Rychlost filtrace je v jednotlivých úsecích kapiláry různá
- $V = K * (P_k - P_i + \Pi_i - \Pi_k)$

tlaky na kapiláře



Kapilární hydrostat. tlak – intersticiální hydrostat. tlak = **hydrostatický tlakový gradient**

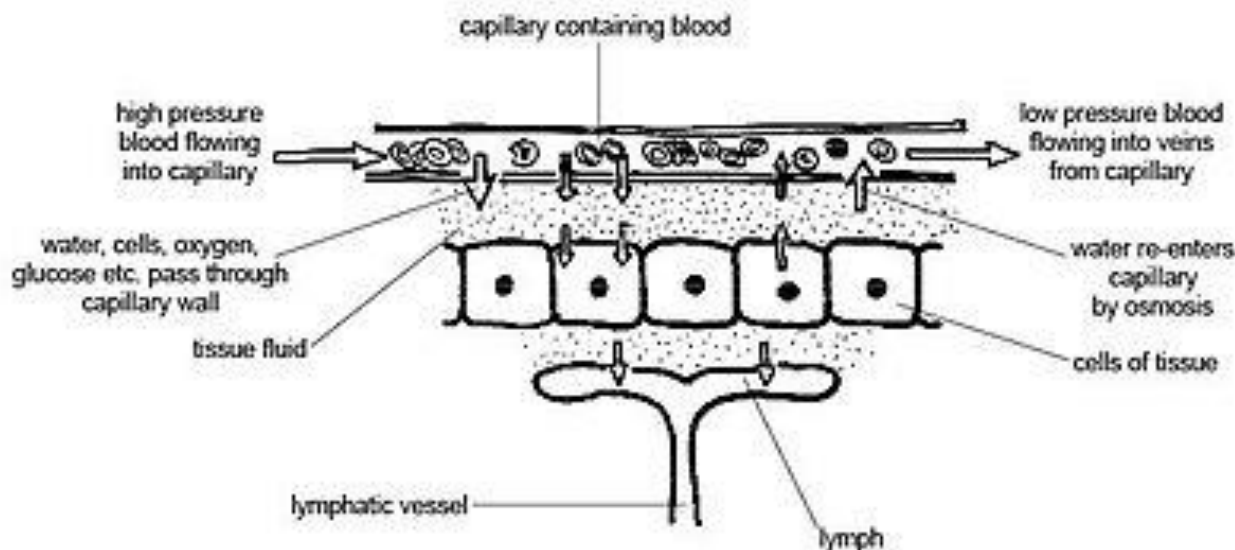
Kapilární osmotický tlak – intersticiální osmotický tlak = **osmotický tlakový gradient**

- **arteriální konec kapiláry** – krevní tlak 30-35 mm Hg, filtrace do tkání

filtrací vzniká **tkáňový mok** (intersticiální tekutina), cca 20 l/den

- **venózní konec kapiláry** - 15-20 mm Hg, resorpce intersticiální tekutiny zpět do krve, cca 18 l/den (navíc je zde vyšší permeabilita stěny!)

- přebytečná tekutina - odtažena lymfatickými c.
začínají slepě v tkáni lymfatický oběh



Venuly

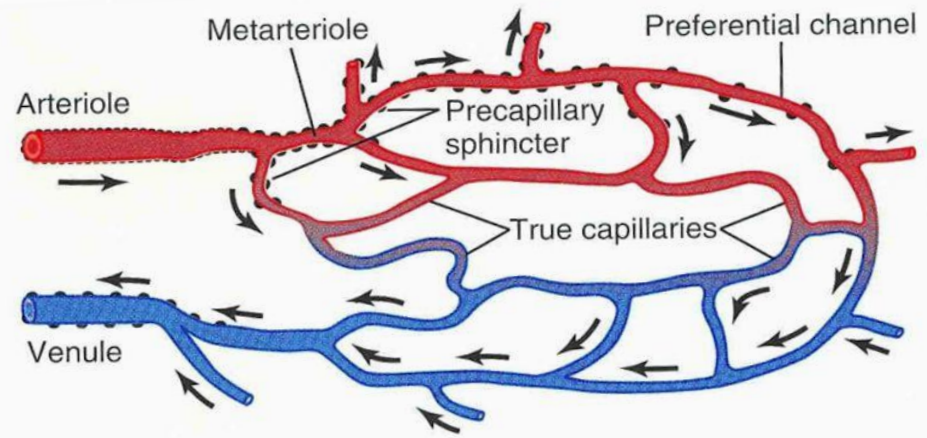


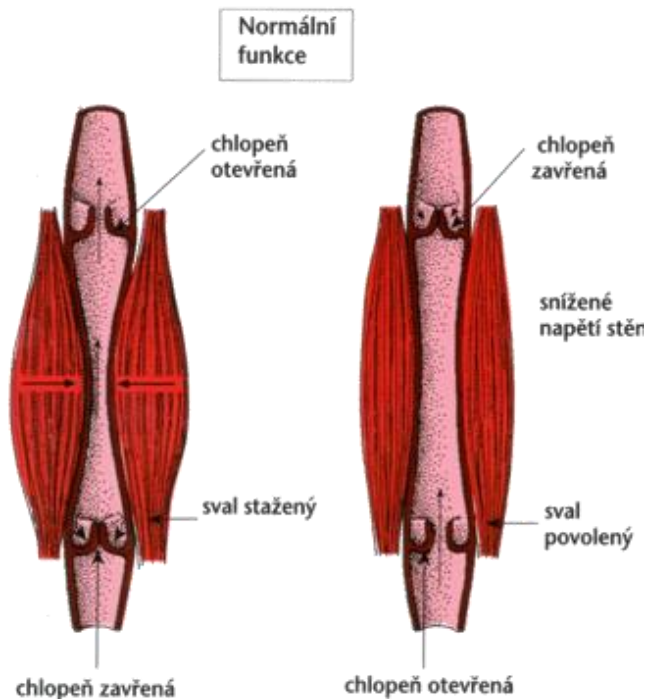
Figure 16-1

Structure of the mesenteric capillary bed. (Redrawn from Zweifach BW: Factors Regulating Blood Pressure. New York: Josiah Macy, Jr., Foundation, 1950.)

- navazují na kapiláry - začátek žilního systému
- podobná stavba jako kapiláry
- větší propustnost pro vodu a látky než kapiláry
- do mezibuněčných prostor mohou prostupovat leukocyty – diapedéza (viz imunitní systém)

Žilní návrat

- Krev v žilách - malý tlak, malá rychlost
- gravitace - působí negativní silou



- **Sací síla srdce** – nasávací účinek diastoly – podporuje žilní návrat
- Pomocné mechanismy:
 1. **Dýchání** – nádech – klesá nitrohruční tlak – podporuje průtok krve v horní a dolní duté žíle
 2. **Žilní pumpa** – spirálovitě uspořádaná svalová vlákna – jejich stahy
 3. **Svalová pumpa** – stlačování žil kosterními svaly
 4. **Uspořádání cévního svazku** – to je zejména u končetin – kolem jedné arterie jsou dvě žíly - tlak pulsní vlny z paralelně běžící tepny
 5. **Žilní chlopně**, které zabraňují zpětnému toku krve

Rozložení krve v krevním oběhu

- Dospělý muž 5,4 l krve
- Dospělá žena 4,5 l krve
- 84% je v systémovém oběhu
- 9% je v plicním oběhu
- 7% je v srdci

V každém okamžiku je:

75 % veškeré krve v žilách (proto jsou to kapacitní cévy)

14 % v tepnách

6 % v kapilárách

Řízení krevního oběhu

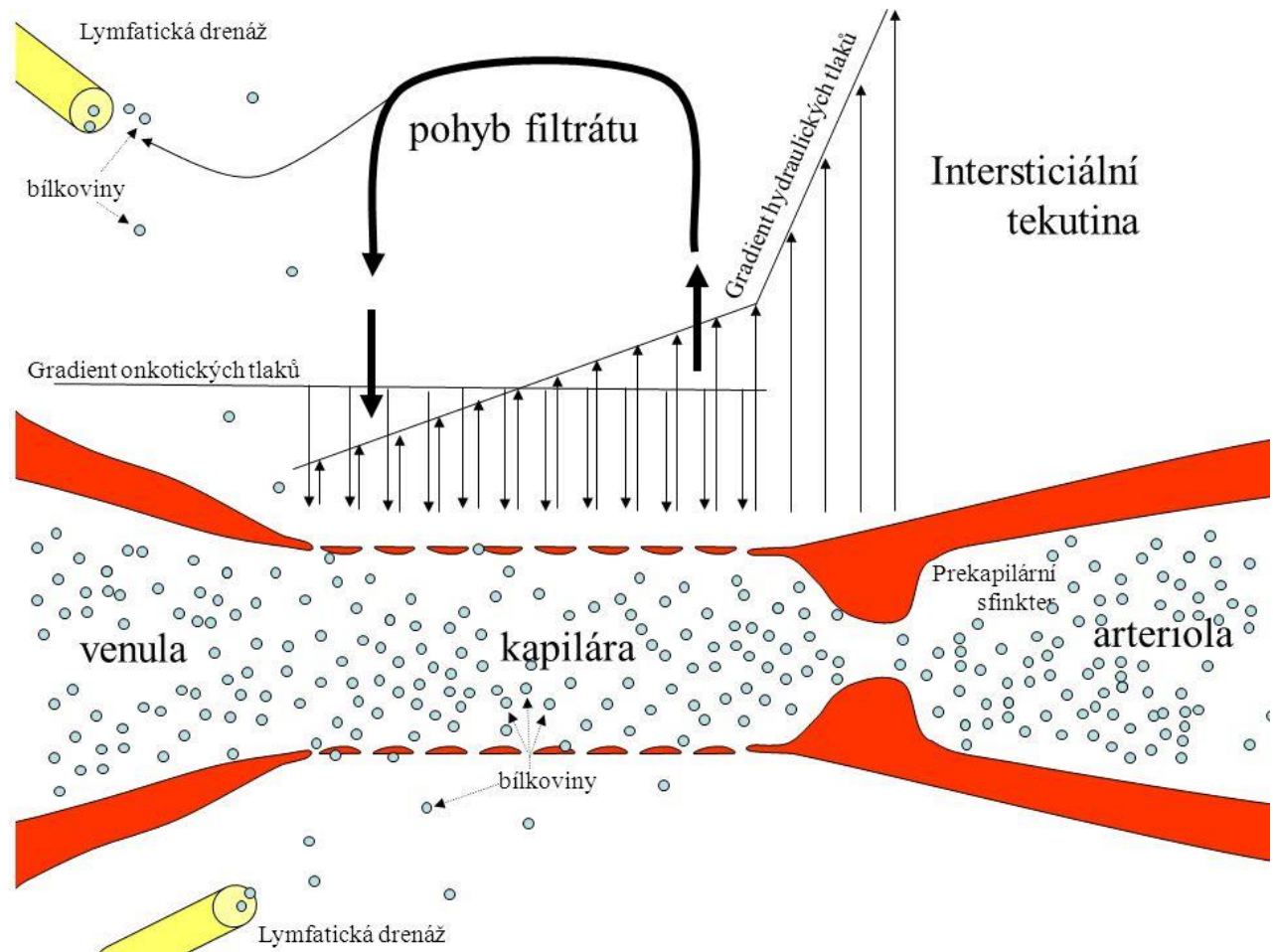
- Krevní oběh musí uspokojit značně rozdílné místní potřeby (vždy se podílí mozek a srdce)
- Zajištění celkové funkce oběhového ústrojí
- Autoregulace oběhu prostřednictvím vasoaktivity – vazokonstrikce (zmenšení průsvitu cévy), vazodilatace (zvětšení průsvitu cévy)

- Regulace nervová
 - ovlivňují sympatikus a parasympatikus
- Regulace hormonální
 - adrenalin + noradrenalin - produkuje dřeň nadledvinek
- Řízení krevního tlaku ledvinami
 - při nízkém průtoku – přes hormony renin – angiotenzin dojde k vazokonstrikci a zvýšení krevního tlaku
- Pomalé – dlouhodobé
 - působí prostřednictvím řízení celkového objemu krve = mechanismy regulace vodního hospodářství

Mízní cévy

- Tvoří samostatnou soustavu
- Odvádí vysokomolekulární látky a tekutinu z tkáňového moku do krevních žil
- Mízní kapiláry – mízní kolektory (obsahují chlopně); 2 hlavní kmeny – levý, pravý – do žilního řečiště
- Mízní uzliny – fungují jako fagocytární filtry, rozpoznání infekce buňkami imunitního systému
- Podílejí se na odvodu zplodin látkové výměny do krev
- Adsorpce tuků z tenkého střeva do lymfy – lymfatickou cestou do krve a do jater
- Denně cca 20 l tkáňového moku – 90% zpět cévami, 2-4 l mízy

Lymfatické cévy vznikají slepě v intersticiu tkání, tvoří tedy jednosměrný systém a ne okruh. Míza – lymfa je tekutina podobná tkáňovému moku; je čirá, bezbarvá a přecházejí do ní bílkoviny, tuky, hormony, vitaminy rozpustné v tucích a minerální látky



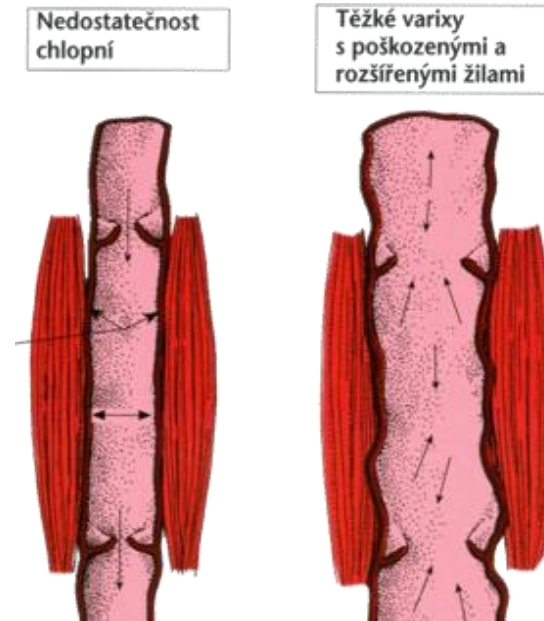
Lymfedém

- Lymfedém (otok způsobený lymfatickým systémem) vzniká nerovnováhou mezi kapacitou lymf. systému a objemem lymfy
- Lymfatické cévy mají pružnou stěnu, snadné rozšíření
- Primární- vrozený
- Sekundární –vzniká z jiných příčin (obstrukce v cestě, odstranění uzlin, špatný odtok lymfy
- Léčba – fyzikální metody - lymfodrenáž





Křečové žíly - varixy



- Rozšířené povrchové žíly dolních končetin
- Vytváří se zejména v oblasti chlopní
- Civilizační choroba
- Roli hraje rodinná zátěž, věk, druh práce, nadváha
- Většinou chirurgická léčba

Cévní náhrady

- Biologické cévní náhrady
 - Používají se k rekonstrukci slabších cév (nízkým průtok) nebo při zvýšeném nebezpečí infekce. Použití je omezeno dosažitelností, rozměry – délkou a průsvitem a jejich biologickou kvalitou. Platí “Lepší dobrá protéza než špatná žíla”.
 - Tepenné či žilní autotransplantáty
 - Tepenné či žilní alotransplantáty; multiorgánové odběry pro transplantaci

Umělé cévní náhrady

- Používají se, pokud je potřeba nahradit část cévy v těle pacienta, ne pro revaskularizaci myokardu, omezená délka
- Biologická snášenlivost
- Materiály: různé polymerní materiály
 - Teflon – PTFE – lité mikroporézní protézy
 - Polyethylentereftalát PET – dacron – tkané a pletené
 - Polyuretan – Lycra - omezeně
- Úprava vrapování – snazší ohýbání, ↓ riziko zaškrcení, ↑ r. trombotizace

PTFE protézy



- Lité
- Hladké stěny
- Méně trombogenní
- Riziko zaškrcení, v ohybu nutno vyztužit
- Průměr menší než 10 mm
- Mikroporézní stěna neumožňuje žádnou výraznou organizaci, nepokrývají se fibrinem
- I v kombinaci s vlastní cévou

PET protězy

- Náhrada velkých cév, aorty
- Vlákniťá modifikace PET
- Pletené – více porózní, předsrážení v krvi pacienta
- Tkané - třepení
- impregnace kolagenem, želatinou či albuminem; antibiotiky
- Nevrapované a vrapované



Umělé cévní náhrady

- Volba vhodné náhrady
- Pevnost, pružnost
 - Pevnost - převyšují i extrémní fyziologické nároky
 - Pružnost – podstatně horší, cca 1/3
- Musí mít dostatečnou životnost, životní perspektiva jedince
- Komplikace – ucpání; infekce; aneurysma; vzdálená embolizace; eroze sahající k přiléhajícím strukturám



Nanovlákenné cévní náhrady

- Dvouvrstvá maloprůměrová náhrada
 - biodegradabilní polyestery – nanovláknna imitují ECM
 - Podpora osídlení správnými buněčnými typy
 - Remodelace tkáně
- Elektrostatické zvlákňování na válci
 - Vhodné mechanické vlastnosti
 - Různé průměry
 - Tloušťka stěny – doba zvlákňování



Krev

- Suspenze buněčných elementů (červených, bílých krvinek a destiček) v krevní plazmě
- Plazma je vodný roztok bílkovin, elektrolytů a malých organických molekul – odebírá se z nesražené krve
- Sérum má obdobné složení jako plazma, ale chybí tam proteiny hemokoagulační kaskády - odebírá se ze sražené krve
- Má stálé složení; její pH 7,4 (7,35 -7,45)
- za 1 min 70 % krve se vymění s intersticiální tekutinou (tekutina která vyplňuje mezibuněčný prostor a různé štěrby v tkáních, tvoří 15% naší hmotnosti)

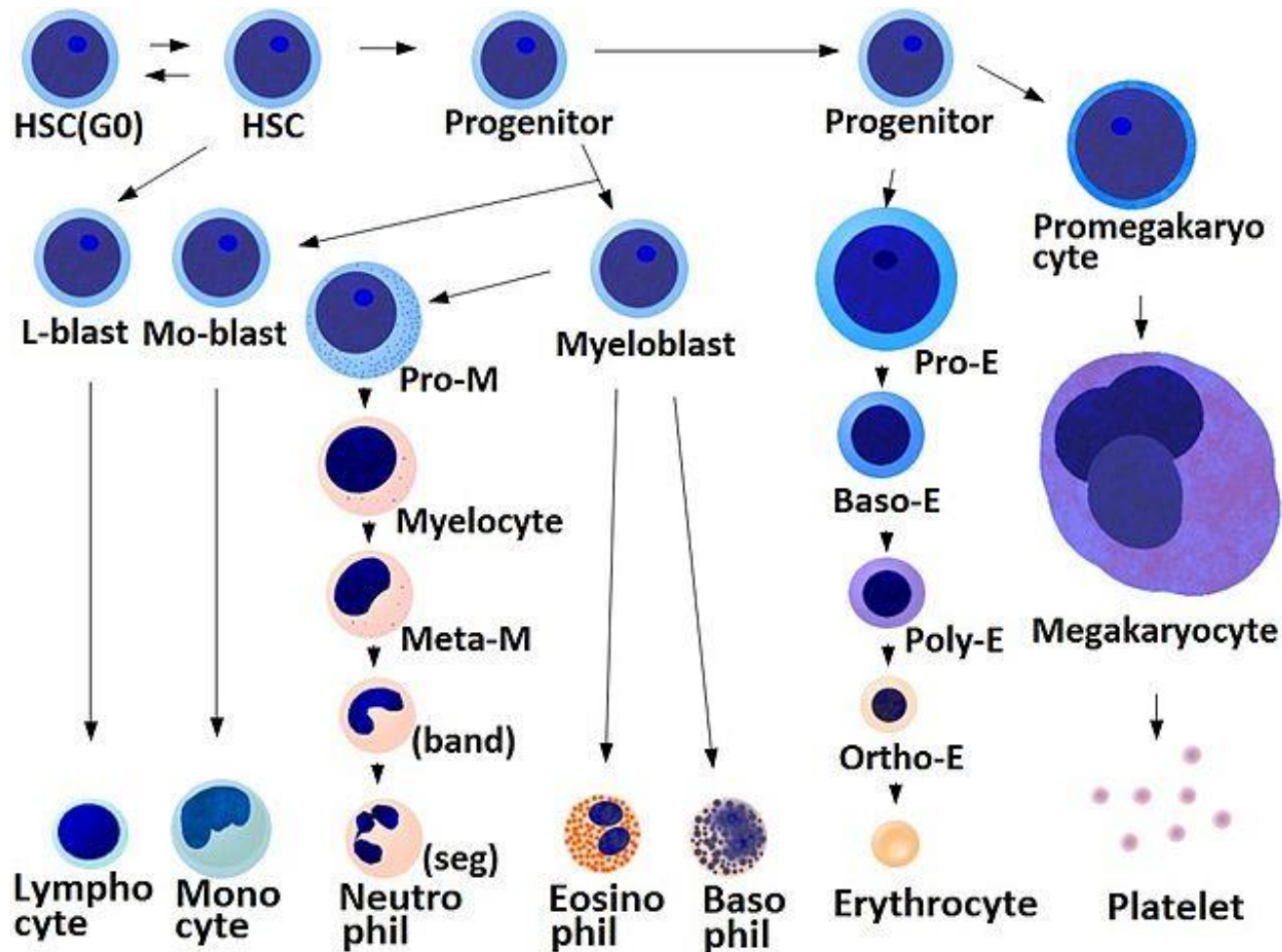
Krevní plazma

- Anorganické látky – ionty Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- a prvky P, F, J, Cu
- Bílkoviny 60-80 g/l
 - Albuminy – největší množství, udržují onkotický tlak
 - Fibrinogeny – srážení krve
 - Globuliny:
 - α, β mají především transportní funkce
 - γ – patří sem zejména imunoglobuliny – protilátky tvořené buňkami imunitního systému
 - Ostatní proteiny jsou syntetizovány v játrech

Funkce krevní plazmy

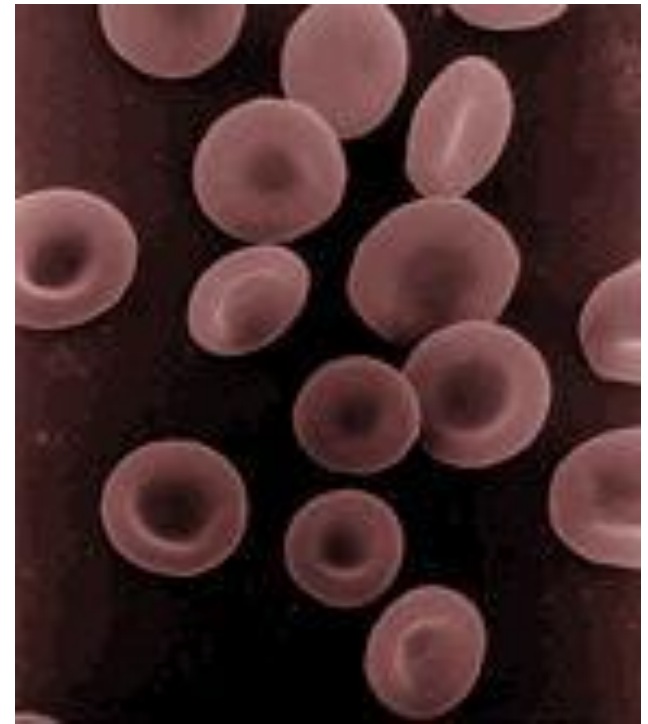
- Udržuje stabilní objem krve
- Udržuje stabilní pH
- Nutriční význam – transport proteinů a živin po těle
- Udržuje suspenzní stabilitu krve – velmi důležité, aby nedocházelo ke shlukování krevních elementů, zejména destiček a červených krvinek
- Podílí se významně na obraně organismu proti infekci

Schéma diferenciace jednotlivých typů krevních buněk z hematopoetické kmenové buňky (HSC) v kostní dřeni. Z progenitorových buněk vznikají přímo populace lymfocytů a monocytů, neutrofilů, eosinofilů a basofilů se diferencují z myeloblastu (toto jsou buňky bílé krevní řady). Diferenční kaskádou z progenitoru vznikají erythrocyty. Poslední větví je vznik megakaryotů, ze kterých se odlamují trombocyty (krevní destičky).



Erytrocyty (červené krvinky)

- Jediné buňky v těle, které nemají jádro ani další organely
- Mají diskovitý tvar (zvětšení difúzní plochy pro výměnu plynů), průměr 7-8 μm
- Jejich počet je $4 - 5,5 \times 10^{12}$ b/l, u mužů více než u žen
- Uzpůsobeny pro přenos kyslíku, až 40% buňky tvoří hemoglobin
- Značně pružné a deformovatelné
- Životnost 110 – 120 dní, pak zanikají ve slezině

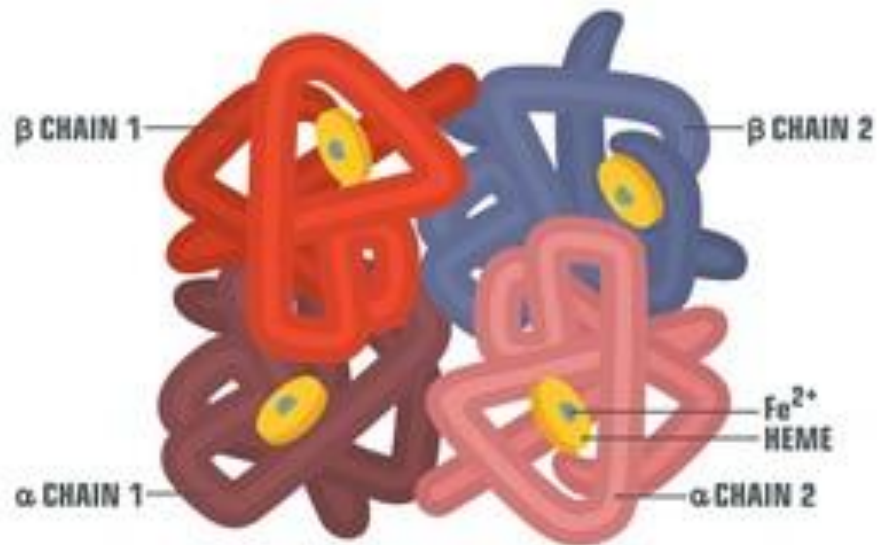


Erytrocyty mají schopnost tvořit agregáty - penízkovatění
Zvýšená tvorba agregátů je při různých zánětlivých onemocněních – měření krevní sedimentace

Hemoglobin

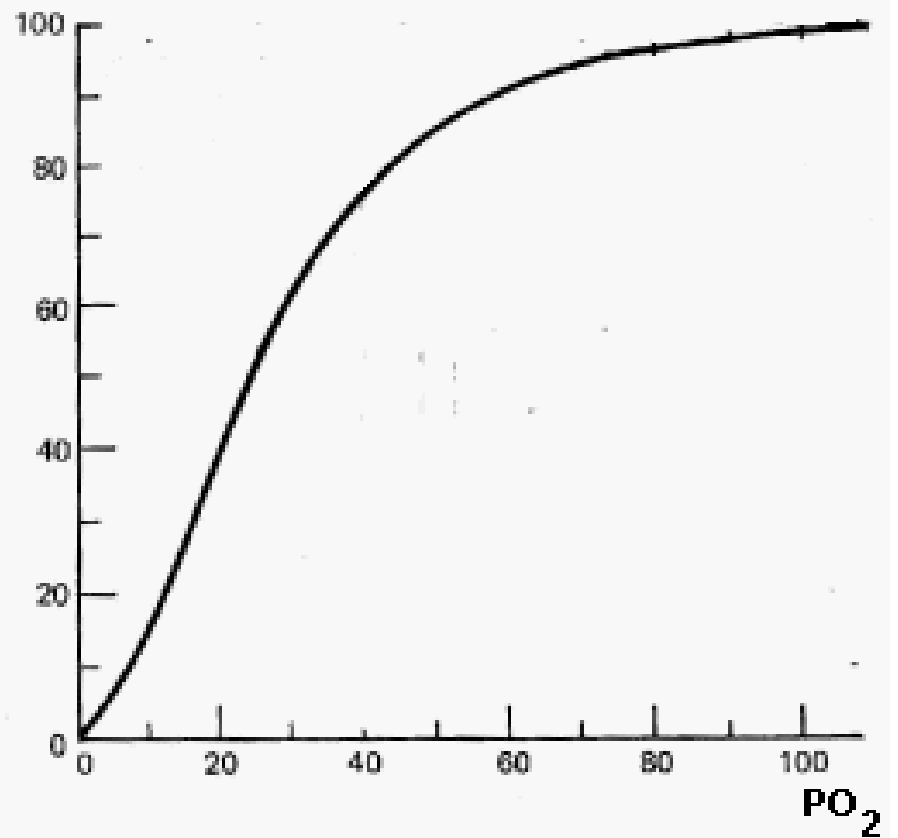
- Reverzibilně váže kyslík, červená barva
- Skládá se ze 4 bílkovinných podjednotek (globinů) + 4 hemů
- Hem je tvořen protoporfyrinen s centrálním atomem Fe^{2+}
- 1 molekula hemoglobinu je schopná vázat 4 mol. O_2 ; dochází k interakci hem-hem, po navázání 1. molekuly O_2 je vazba dalších molekul snazší
- Při vazbě molekuly kyslíku nedochází ke změně mocenství Fe^{2+}
- Karbonylhemoglobin vznikne navázáním CO, vazba 250-300x silnější než vazba než O_2 , otrava – inhalace kyslíku
- Methemoglobin – obsahuje Fe^{3+} (oxidace dusitany, léky), hnědá barva, není schopen vázat O_2 , reverzibilní děj, organismus má redukční systémy

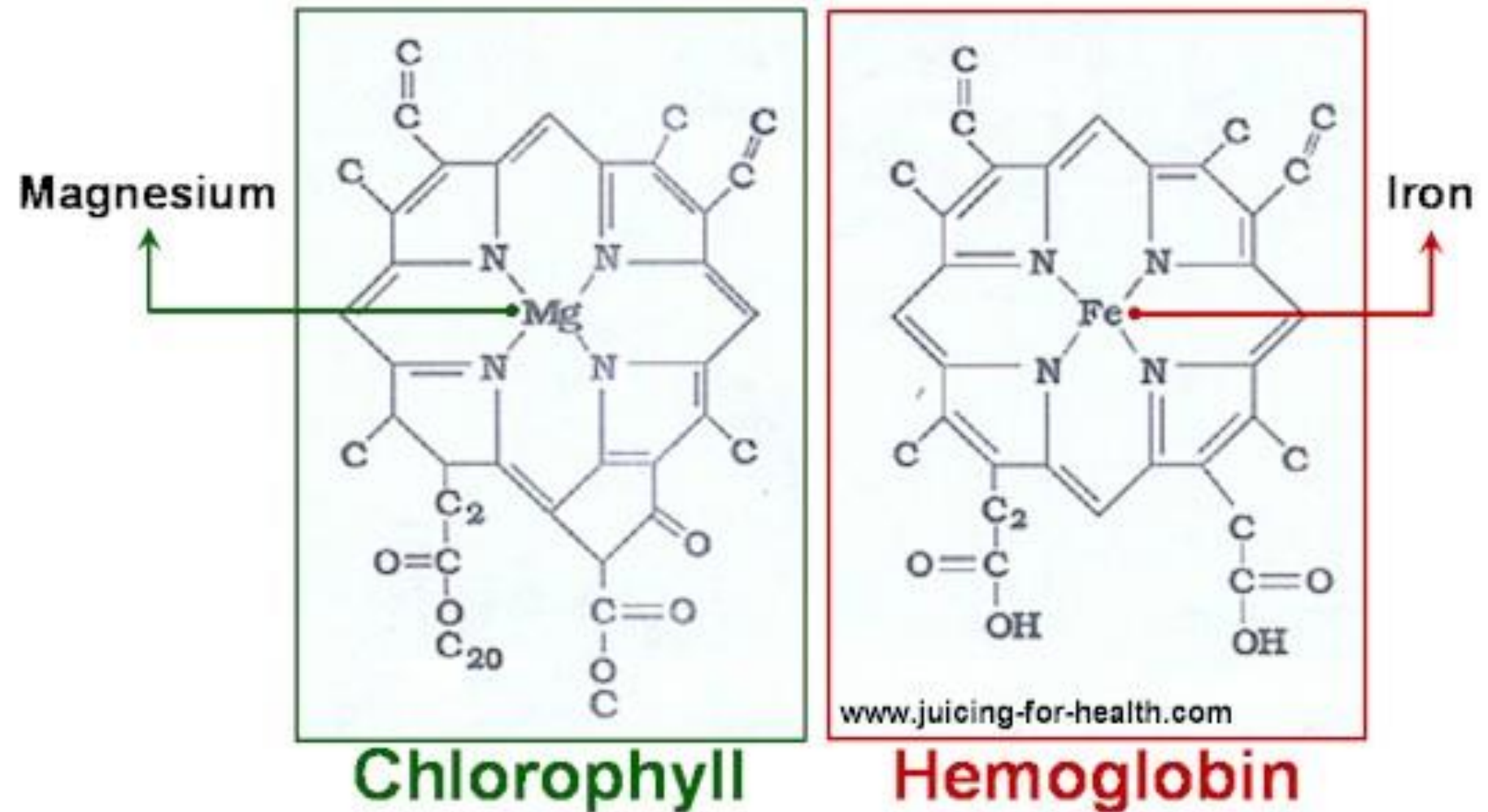
HEMOGLOBIN MOLECULE



shutterstock.com · 1471027067

Saturation (%)

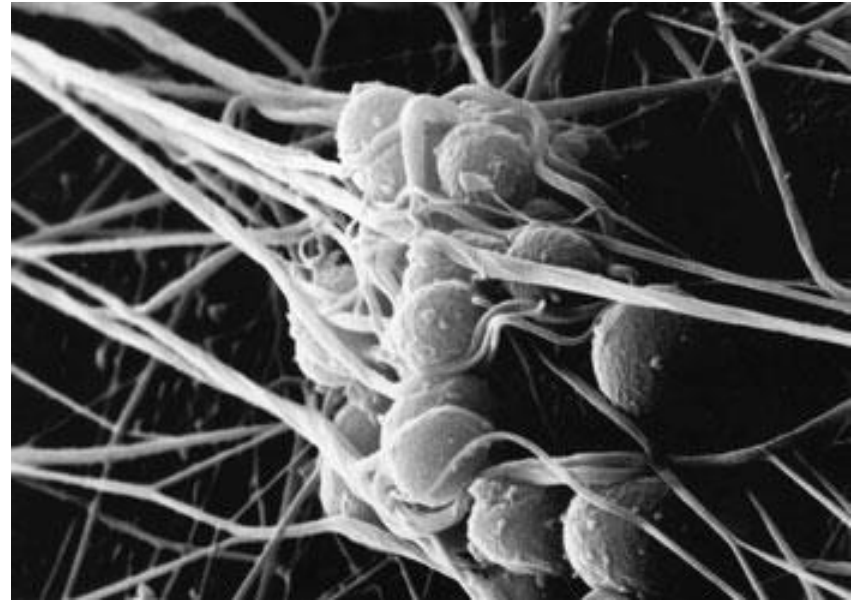




Mezi molekulou chlorofylu (zelené barvivo rostlin) a hemoglobinu je velká podobnost; u chlorofylu je centrálním atomem Mg^{2+}

Trombocyty

- Zásadní úloha při zástavě krvácení
- Nejmenší formované elementy (bezjaderné) krve, 2-4 μm
- Vznikají z megakaryocytů, jsou to buněčné úlomky (fragmenty cytoplazmy)
- $150-300 \times 10^9/\text{l}$
- 2/3 jsou v cirkulaci, 1/3 je ve slezině; při poranění vyplavení adrenalinu – rychlá mobilizace
- Krátká životnost 9-12 dní



Hemostáza:

- Adheze destiček na poraněnou cévu na kolagen pod endotelem
- Agregace – destičky se spojují pomocí fibrinogenu
- Konstrikce – změna tvaru destiček a uvolnění účinných látek
- Tvorba trombu
- Produkci různých růstových faktorů podporují hojení

Srážení krve

1. Reakce cév v místě poranění – dochází k vazokonstrikci a minimalizaci krevních ztrát
2. Činnost krevních destiček – vazba na stěně cévy + uvolňování látek
 - Kolagen, von Willebrandův faktor
3. Srážení krve – fibrinogen se mění na fibrin, který tvoří síť, zachycení bílých a červených krvinek, vzniká definitivní trombus
4. Celý sled potřebných dějů – koagulační kaskáda
5. Řízení hemokoagulace – jsou i protisrážlivé mechanismy, které brání nefyziologickému vzniku trombu
 - Dostatečné proudění krve
 - Neporušený cévní endotel
 - Humorální inhibice koagulačních faktorů (antitrombin, heparin, protein C)

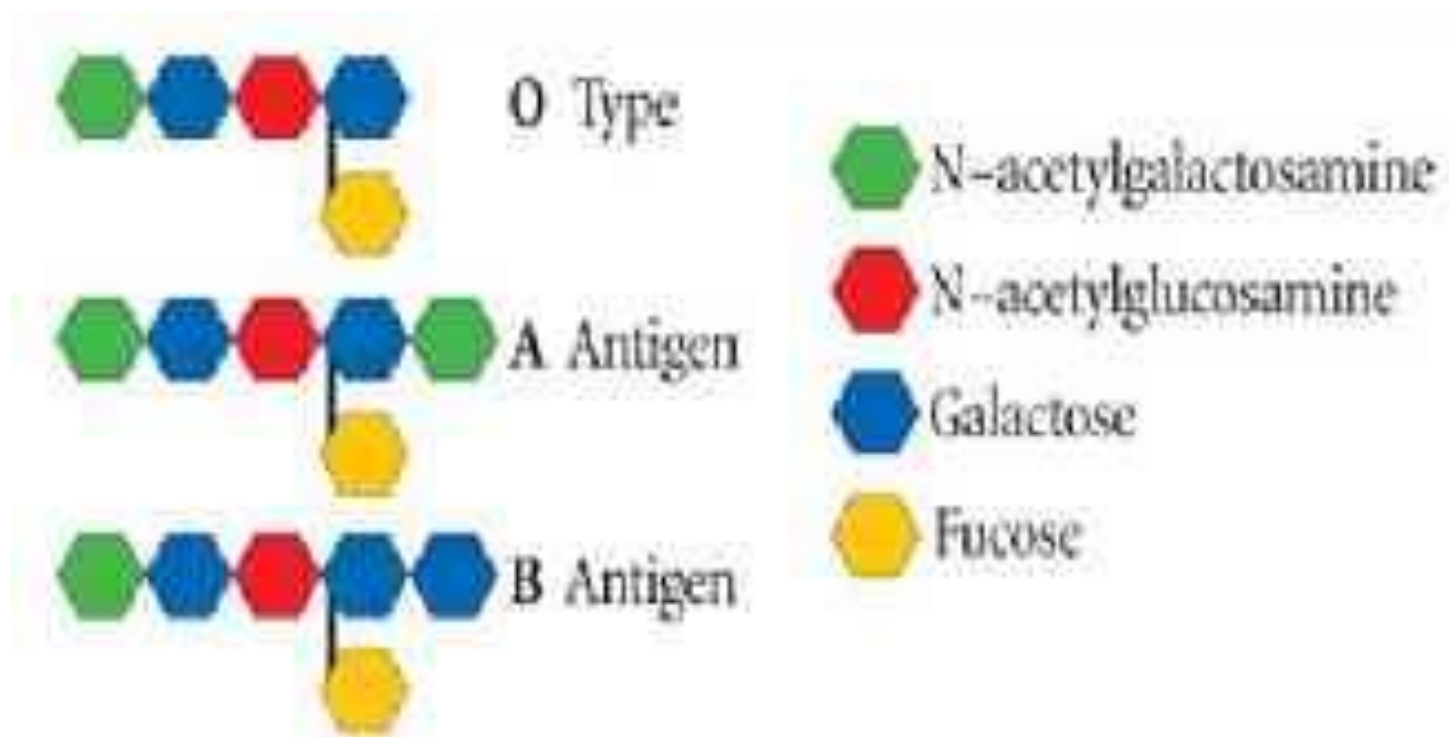
Krevní skupiny

	SKUPINA A	SKUPINA B	SKUPINA AB	SKUPINA 0
erytrocyty				
protilátky	 Anti-B	 Anti-A	žádné	 Anti-A Anti-B
antigeny	 A antigen	 B antigen	 A a B antigeny	žádné

- Krevní skupinu určuje antigen na membráně erytrocytů. Tím je glykoprotein a určující je jeho cukerná sekvence.
- Krevní skupiny - systém A, B, 0 a Rh faktor
- Antigenní systém Rh – je velmi komplexní, tvoří jej mnoho antigenů, nejdůležitější je antigen D – v případě přítomnosti je Rh+

Zastoupení jednotlivých krevních skupin v Evropě:

O – 40 %; A – 40 %; B – 10 %; AB – méně než 10 %;



Obrázek č. 1

Antigenní určení systému AB0. Antigeny AB0 se liší jen jedním sacharidem na konci antigenu. Na obrázku je pouze uhlovodanová část antigenu.

Leukocyty (bílé krvinky)

- Monocyty
- Granulocyty
- Lymfocyty
- Do 10×10^9 /l
- Krevní obraz – diferenciál – stanovení jednotlivých typů leukocytů