

Oběhový systém, stavba cév, srdeční činnost

Doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.

Oběhový systém

- ▶ Rozvádí krevní buňky a látky obsažené v plazmě do všech tkán
- ▶ Jeho součástí: krevní a lymfatický (mízní) cévní systém
- ▶ Celková délka cév u dospělého člověka - 100 000 - 150 000 km
- ▶ Krevní oběhový systém (kardiovaskulární systém) zahrnuje tyto struktury:
 - ▶ **A) srdce**
 - ▶ **B) arterie (tepny)**
 - ▶ **C) kapiláry (vlásečnice)**
 - ▶ **D) vény (žíly)**

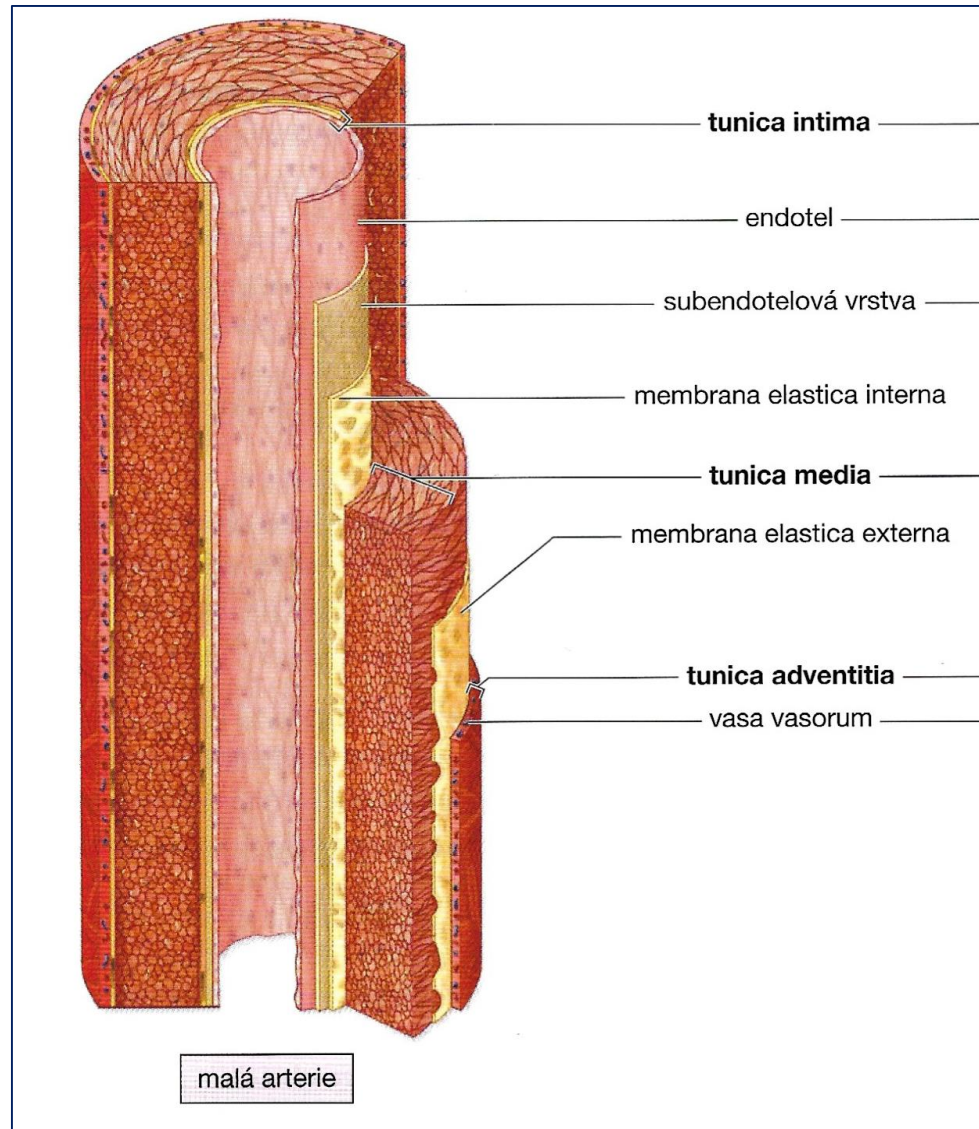
Hlavní vrstvy krevních cév

- ▶ 1. *Tunica intima* - obsahuje endotel, řídké kolagenní vazivo
- ▶ 2. *Tunica media* - obsahuje hladkou svalovinu, kolagenní vazivo, elastické blanky
- ▶ 3. *Tunica adventitia* - obsahuje vazivo, u vén i hladkou svalovinu, malé cévy a nervy

Arterie - tepny

- ▶ Jedná se o sled cév, které vystupují ze srdce, které se ztenčují a větví do jednotlivých orgánů - přívod krve do tkání
- ▶ ROZDĚLENÍ:
- ▶ 1. ARTERIE ELASTICKÉHO TYPU (> 10 mm)
- ▶ - jedná se o **AORTU** (*truncus pulmonalis*) a jejich velké větve
- ▶ Nejnápadnějším znakem elastických arterií je silná *tunica media*, ve které se střídají elastické membrány s vrstvami hladké svaloviny
- ▶ Aorta dospělého člověka má asi 50 elastických membrán (u lidí s hypertenzí je jich daleko více)
- ▶ *Tunica intima* je dobře vyvinutá - obsahuje mnoho hladkých svalových buněk

Stěna arterie



Arterie - tepny

- ▶ Během kontrakce komor (systola) - je silou krev vháněna do arterií, **elastinem** je napínána stěna cévy se roztahuje natolik, kolik jí dovolí **kolagen** v její stěně
- ▶ Ochabnutí komor (diastola) - tlak ve velkých cévách poklesne, elastin se vrátí do původního tvaru



PRUŽNÍKOVÝ EFEKT - pomáhá udržet arteriální tlak

Aortální a pulmonální chlopně zabraňují zpětnému toku krve do srdce -
odpružení směřuje proud krve od srdce

- ▶ Se vzrůstající vzdáleností od srdce **arteriální tlak a rychlost proudění krve -
KLESAJÍ**

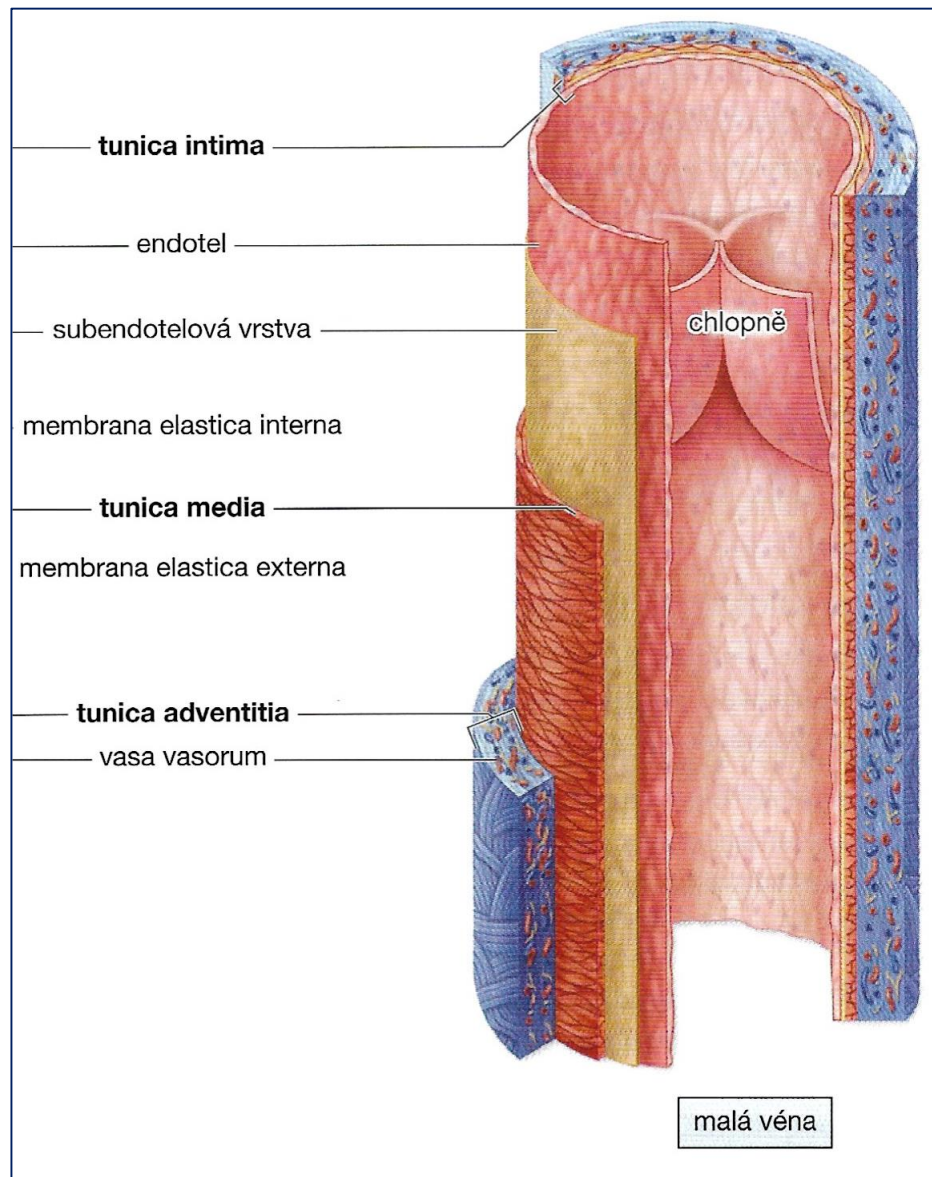
Arterie - tepny

- ▶ 2. ARTERIE SVALOVÉHO TYPU (10 - 1 mm)
- ▶ Rozvádějí krev do orgánů a pomáhají regulovat krevní tlak pomocí kontrakce nebo relaxace hladké svaloviny
- ▶ *Tunica media* může obsahovat až 40 vrstev buněk hladké svaloviny a různý počet vmezeřených elastických blanek

ARTERIOLY

- ▶ Svalové arterie se větví na menší a menší
- ▶ **Nejmenší arterie** - mají pouze **jednu až dvě vrstvy hladkých svalových buněk** - zde dohází k výměně mezi krví a tkáňovou tekutinou - *začátek mikrocirkulačního řečiště*
- ▶ Průsvit arterioly - 0,1 mm
- ▶ Na konci arterioly - fungují hladké svalové buňky - jako svěrače (sfinktery) - zajišťují pravidelný tok krve do kapilár

Stavba stěny vény

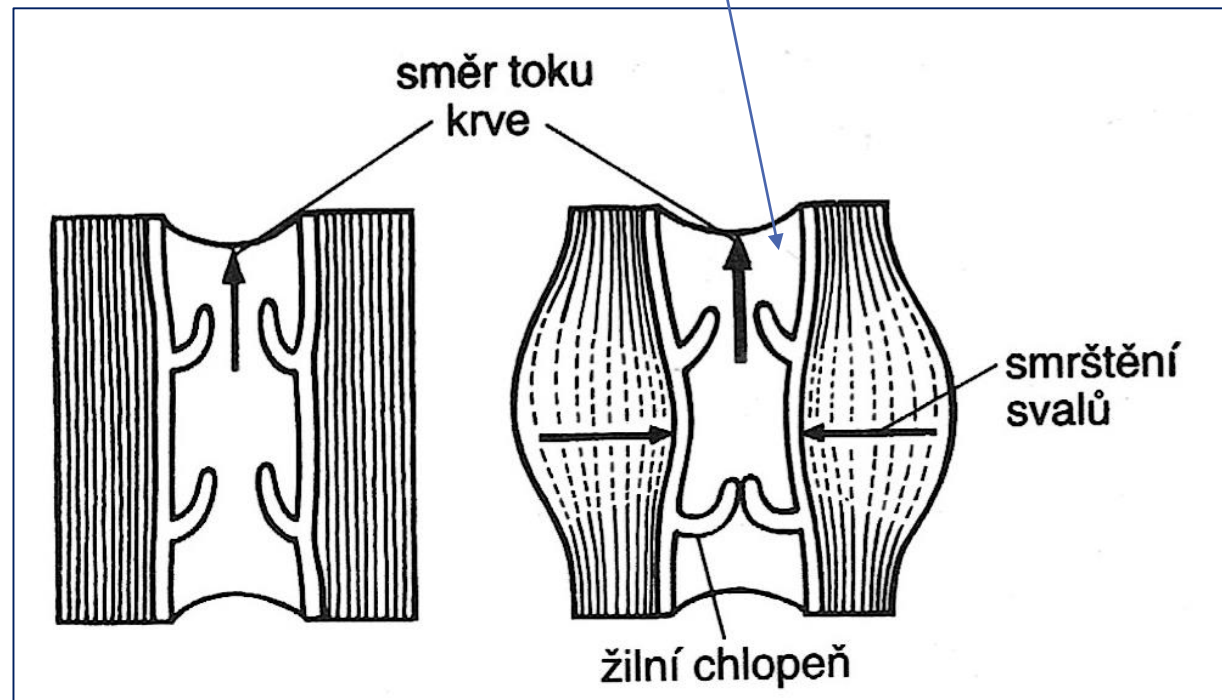


Vény - žíly

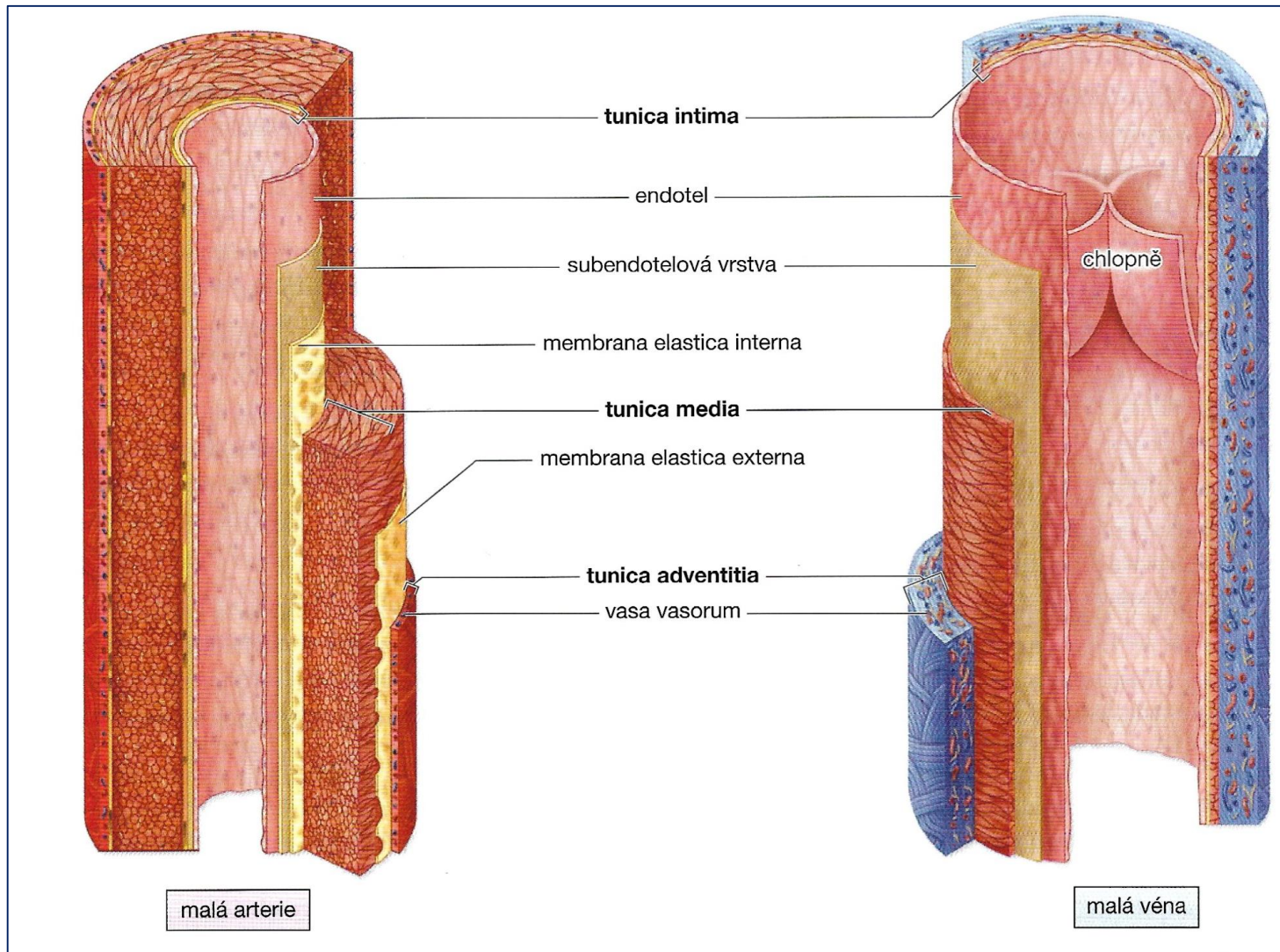
- ▶ Přivádějí krve z mikrocirkulačního řečiště celého těla zpět k srdci
- ▶ Krev vstupující do žil je pod nízkým tlakem a k srdci jí posouvají kontrakce hladké svaloviny v tunica media a zevní tlak kosterní svaloviny a dalších orgánů
- ▶ Většinu vén klasifikujeme jako **MALÉ nebo STŘEDNÍ vény**
- ▶ VELKÉ vény tvoří velké venózní kmeny v blízkosti srdce
- ▶ Mají velmi **dobře vyvinutou tunica intima**, ale slabou *tunica media* s hladkou svalovinou a vazivem

Vény - žíly

- ▶ Důležitým znakem velkých a středních vén - **CHLOPNĚ**
- ▶ Ty jsou tvořeny tenkými párovými záhyby *tuniky intimy*, které směřují do centra (lumina) vény
- ▶ Jsou bohaté na elastická vlákna, o obou stran jsou kryté endotelem
- ▶ Nejpočetnější chlopně - **dolní končetiny** - pomáhají udržovat tok venózní krve k srdci



Porovnání stěny arterie a vény



Kapiláry (vlásečnice)

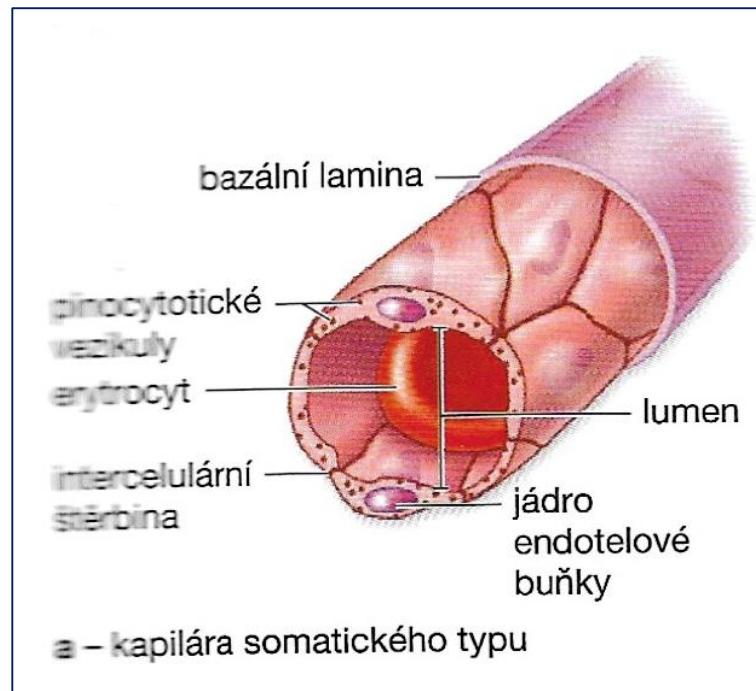
- ▶ Menší cévy
- ▶ Jsou místem výměny O_2 , CO_2 , živin a odpadních produktů mezi krví a tkáněmi
- ▶ Společně s nejmenšími arteriálními a venózními větvemi, které vedou krev **DO** a **Z** orgánů, vytvářejí síť jemných trubic - **MIRKOCIRKULAČNÍ ŘEČIŠTĚ (kapilární řečiště)**

Kapiláry (vlásečnice)

- ▶ Hustota kapilárního řečiště - **závisí na metabolické aktivitě tkáně**
- ▶ Tkáně s vysokou metabolickou aktivitou (játra, ledviny, srdeční a kosterní svalovina, ...) - obsahují hodně kapilár
- ▶ Tkáně s nízkou metabolickou aktivitou (hladká svalovina, husté kolagenní vazivo) - menší množství kapilár

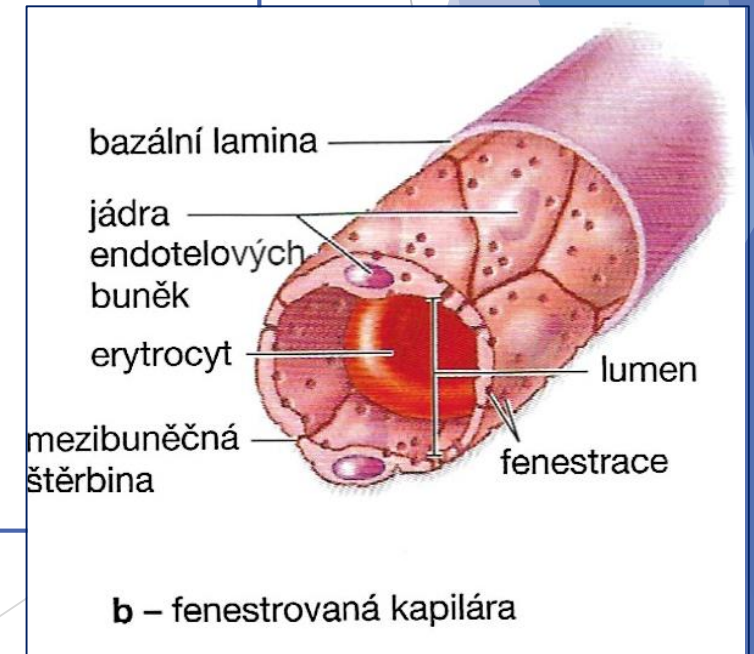
Typy kapilár

- ▶ 1. **KAPILÁRY SE SOUVISLÝM ENDOTELEM (kapilára somatického typu)**
- ▶ - nejběžnější typ, mají těsná spojení utěsňující mezibuněčné štěrby mezi endotelovými buňkami, čímž zajistí minimální únik tekutin
- ▶ - transport molekul: difúze, transcytóza (látka je na jedné straně buňkou pohlcena endocytóza a na druhé straně nezměněna vyloučena exocytóza)



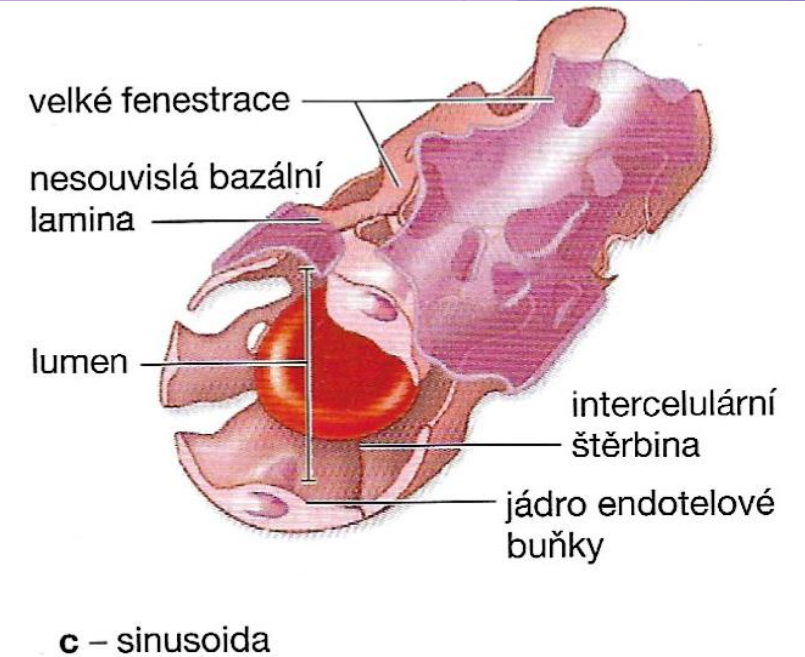
Typy kapilár

- ▶ **2. Fenestrovaná kapilára (kapilára viscerálního typu)**
- ▶ - mají také těsná mezibuněčná spojení
- ▶ - fenestrace přes endotelové buňky umožňují výměnu látek přes endotel ve větším rozsahu
- ▶ - fenestrované kapiláry jsou přítomny v orgánech, ve kterých probíhá významná výměna molekul s krví - endokrinní orgány, stěvní stěna



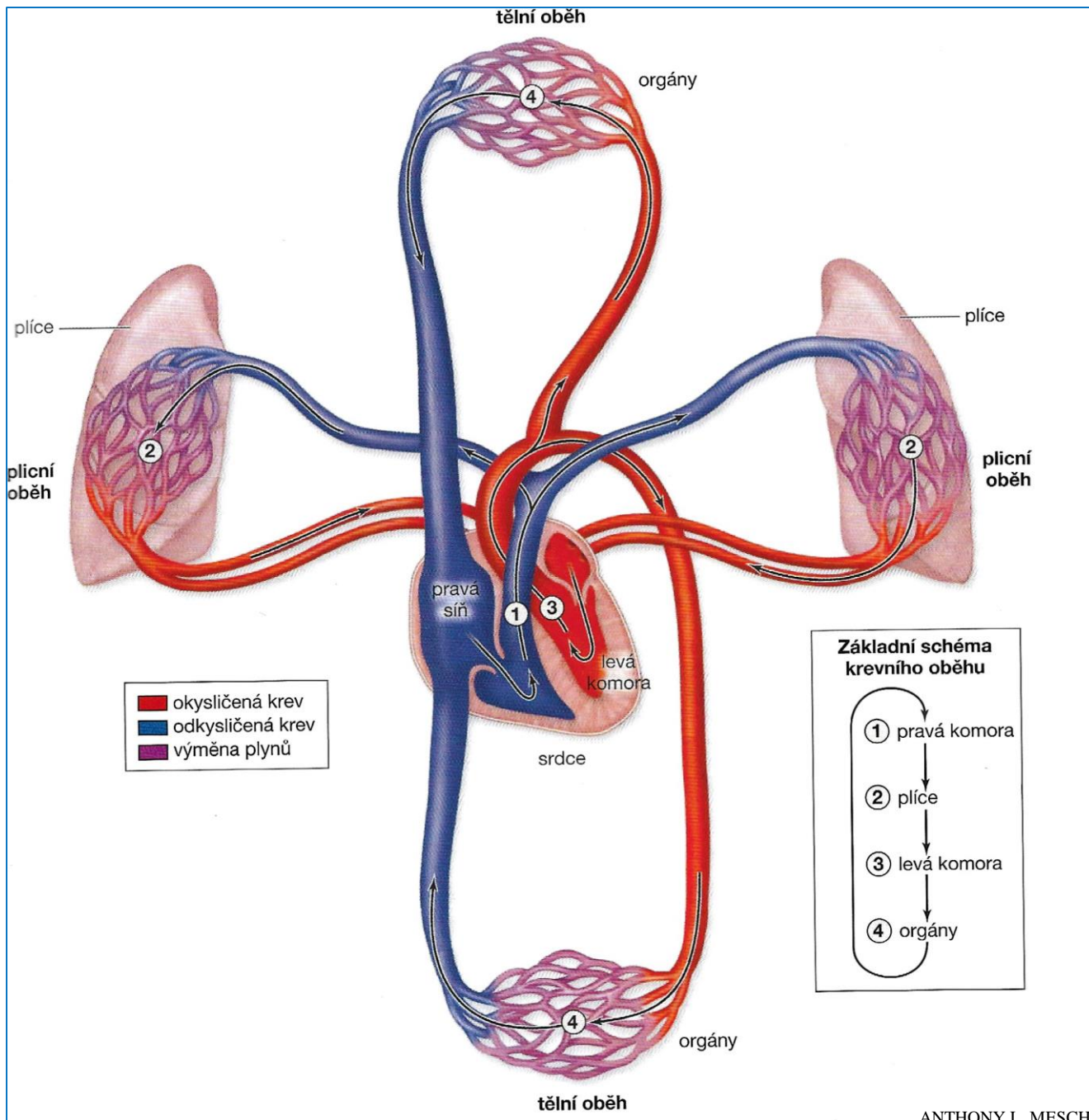
Typy kapilár

- ▶ **3. Sinusoidy**
- ▶ - nesouvislé kapiláry
- ▶ - mají obvykle větší průměr než ostatní typy kapilár
- ▶ - mají otvory mezi endotelovými buňkami
- ▶ - velké fenestrace v buňkách
- ▶ - nesouvislou bazální membránu
- ▶ Nacházejí se v orgánech, kde dochází k výměně makromolekul a buněk mezi krví a tkáněmi (např. kostní dřen, játra, slezina)



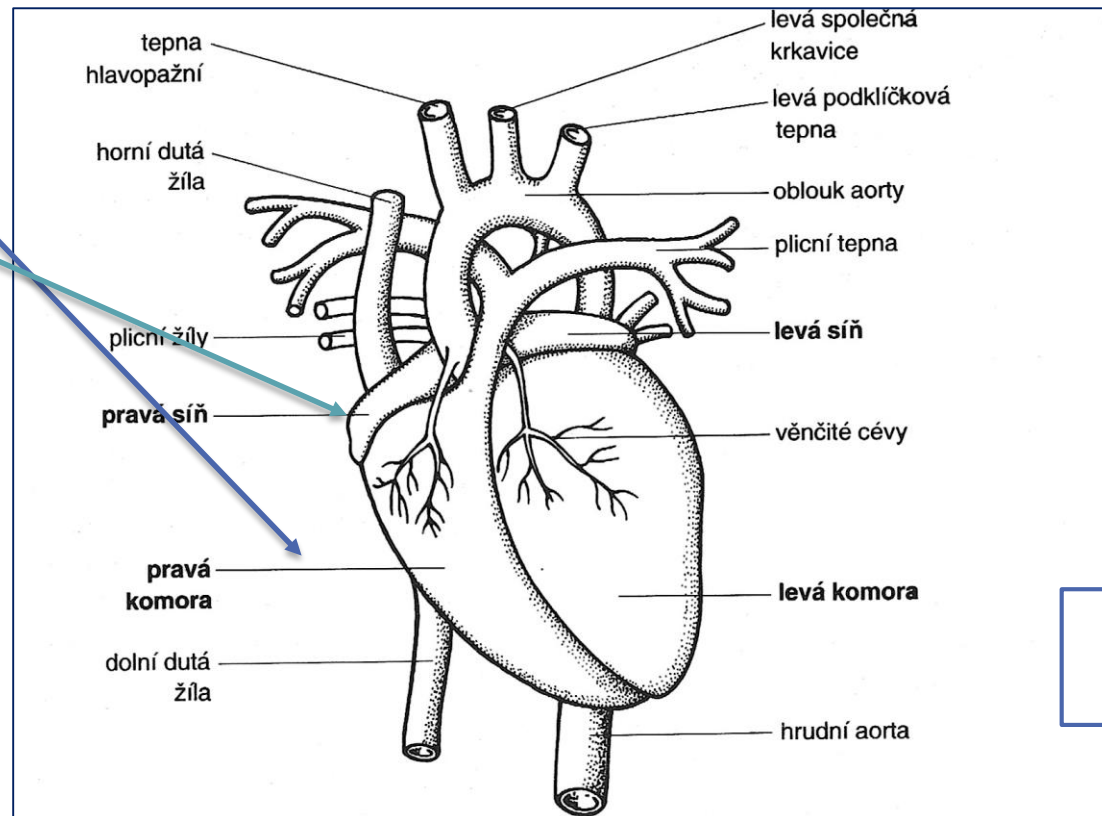
Základní schéma oběhu krve

- ▶ Existují **dva oběhové okruhy**
- ▶ Oba **začínají a končí v srdci**
- ▶ Krev s malým obsahem kyslíku je čerpána z **pravé poloviny srdce** do **společného začátku plicních tepen** a pravou a levou plicní tepnou se **dostává do pravé a levé plíce**
- ▶ Po obohacení kyslíkem v plicích se vrací zpět **do levé poloviny srdce - PLICNÍ OBĚH (malý oběh)**
- ▶ V druhém okruhu je **okysličená krev** čerpána **z levé poloviny srdce** do všech tkání těla a zpět **jako odkysličená do pravé poloviny srdce - VELKÝ TĚLNÍ OBĚH**



SRDCE

- ▶ Srdeční svalovina - ve stěně všech čtyř dutin - rytmické stahování - pumpován krve do oběhového systému
- ▶ **Pravá a levá KOMORA** - vhánějí krev do plicního oběhu
- ▶ **Pravá a levá SÍŇ** - dostává krev z tělního oběhu

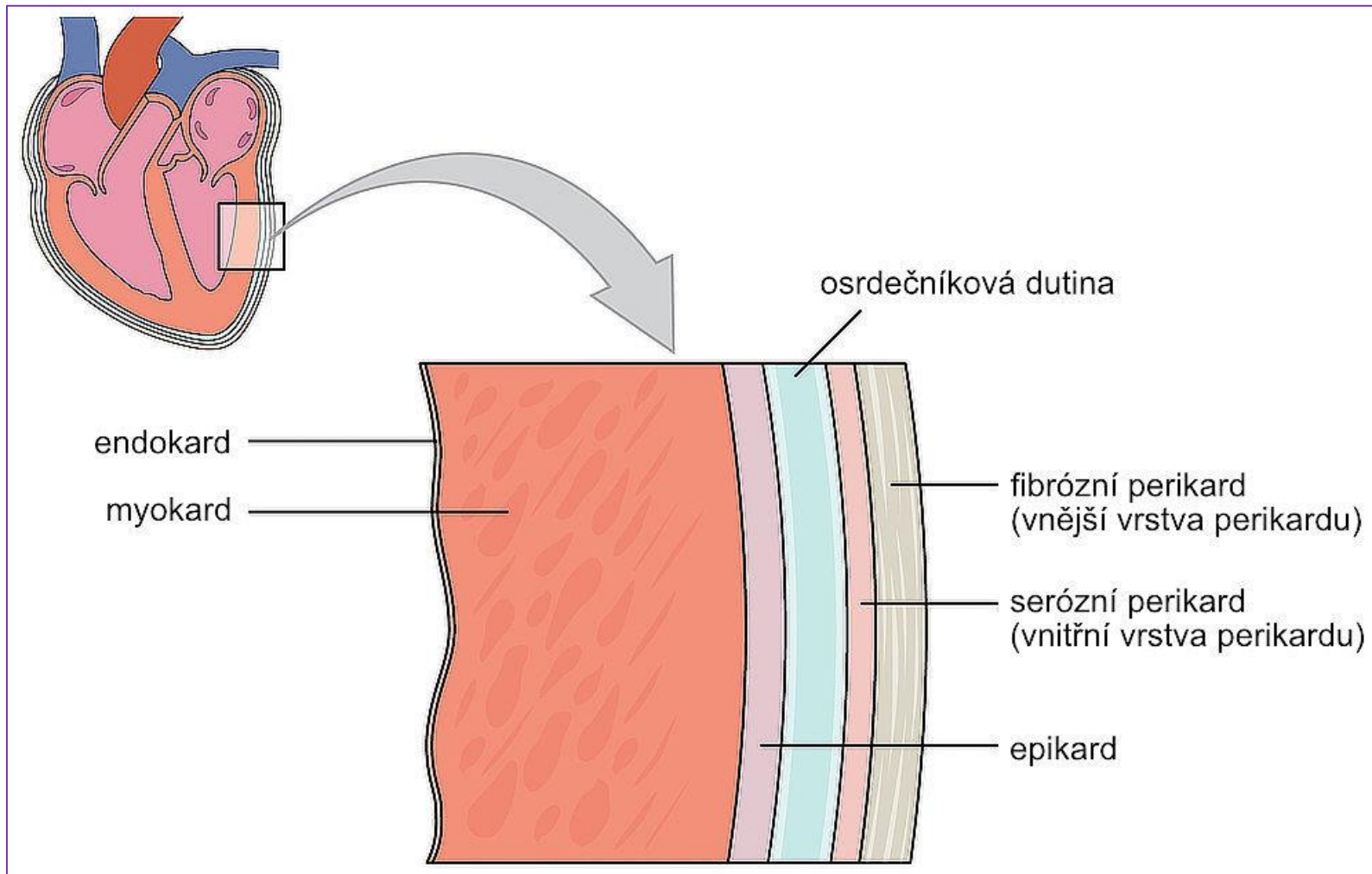


APEX - srdeční hrot

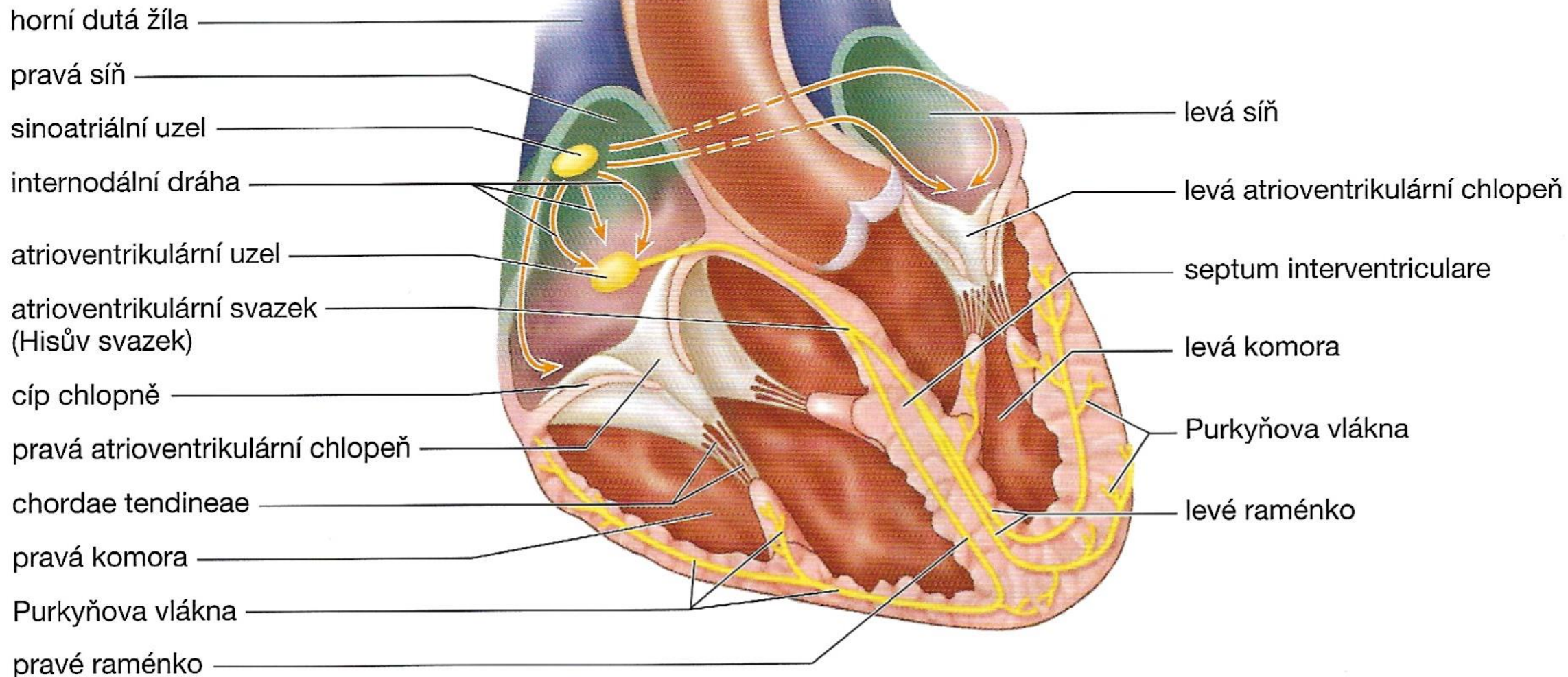
Stavba SDRCE

- ▶ Anatomicky se srdce nachází za hrudní kostí mezi plícemi v pouzdře z vazivové tkáně, tzv. **perikardu**
- ▶ Na něm lze rozlišit vnější vrstvu (fibrózní perikard) a vnitřní vrstvu (serózní perikard).
- ▶ Další vrstva, **epikard**, již leží přímo na srdci.
- ▶ Mezi perikardem a epikardem je tzv. **osrdečnicková dutina** - mezera vyplněná tekutinou, což umožňuje pohyb srdce uvnitř perikardu s minimálním třením
- ▶ Pod epikardem se nalézají koronární tepny uložené v ochranné vrstvě tuku.
- ▶ Následuje tkáň srdečního svalu (**myokard**) a nejvnitřnější vrstva srdce, tzv. **endokard**

Myokard (tunica media) je srdeční svalovina



STAVBA SRDCE



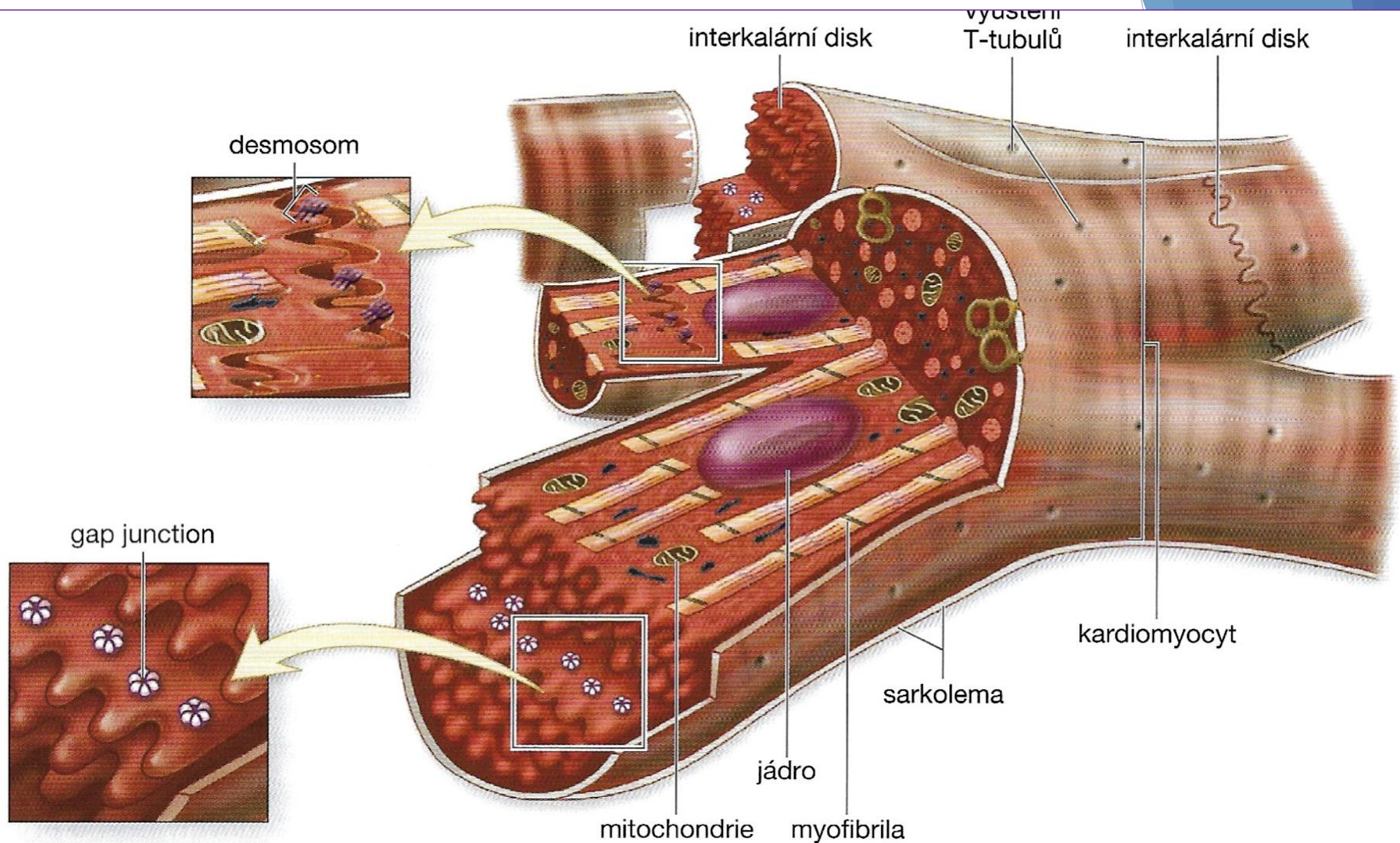
Převodní systém srdeční

- ▶ Srdce - vlastní automatizaci, rytmicitu
- ▶ Podněty ke svalovým stahům vznikají přímo v srdci - v centru automacie při ústí horní duté žíly
- ▶ Primární centrum - **SINOATRIÁLNÍ UZEL**
- ▶ Z něj jsou signály rozváděny po srdci
- ▶ Dalším uzlem je **ARTIOVENTRIKULÁRNÍ UZEL**
- ▶ **HISŮV MŮSTEK**
- ▶ Levé a pravé raménko - **PURKYŇOVA VLÁKNA**

Srdeční svalovina

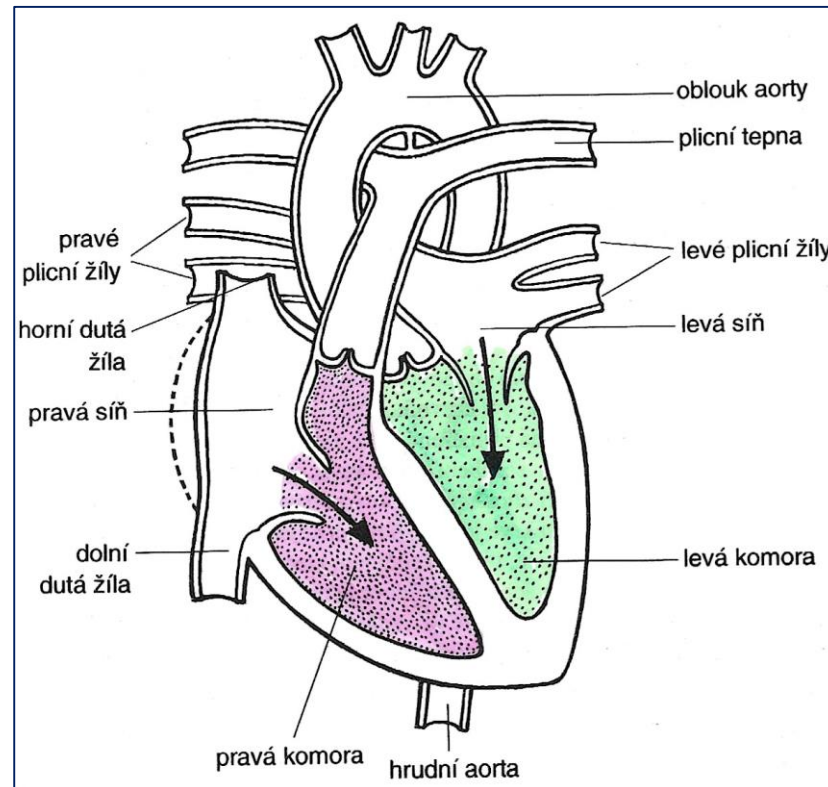
- ▶ Základní buněčná jednotka - **KARDIOMYOCYT**
- ▶ Kardiomyocyt má obvykle **jedno jádro umístěné centrálně**, vykazuje žíhání srovnatelné s kosterní svalovinou
- ▶ Jedinečnou vlastností srdeční svaloviny - **přítomnost příčných linií v místech**, kde se kardiomyocyty spojují
- ▶ Tato místa - **INTERKALÁRNÍ DISKY** - představují rozhraní mezi přilehlými buňkami a skládají se z několika typů mezibuněčných spojení
- ▶ Struktura a funkce kontraktálního aparátu kardiomyocytů - stejná, jako v kosterní svalovině

a



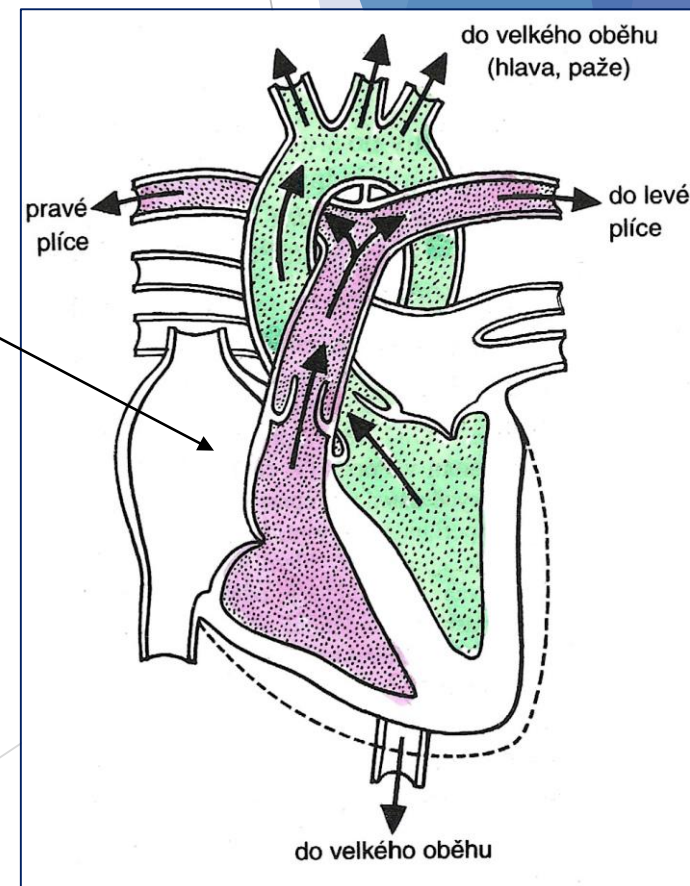
Srdeční stah

- ▶ Začíná vznikem podráždění v centru automatizace v sinoatriálním uzlu
- ▶ Krátce na to dojde ke stahu SÍNÍ - SYSTOLA SÍNÍ - a doplnění komor krví



Srdeční stah

- ▶ Následuje krátká přestávka - během ní se přenáší **podráždění z PRAVÉ SÍŇE do KOMOR** - smrští se stěny komor - krev je vytlačena do **ARTERIÍ - OBDOBÍ DIASTOLY**
- ▶ Komorové stahy se uvolní - přestávka - oddíly srdce jsou ve stavu RELAXACE a plní se krví, která přitéká z dolní a horní duté žíly
- ▶ Systola trvá 0,3 s, diastola 0,5 s při tepu 75tepů/min



SRDEČNÍ CHLOPNĚ

- ▶ Proud krve je při srdeční stahu usměrňován činností CHLOPNÍ
- ▶ Mezi síněmi a komorami - **CÍPATÉ (SÍŇOKOMOROVÉ) CHLOPNĚ**
- ▶ Brání zpětnému toku krve z komor do síní
- ▶ Jsou opatřeny vazivovými vlákny - **ŠLAŠINKAMI**, které udržují chlopně v normální poloze
- ▶ Na začátku aorty a plicnice (plicní tepny) - chlopně **POLOMĚSÍČITÉ** - brání zpětnému toku krve z aorty a plicní tepny do srdce

CHLOPNĚ

Cípaté chlopně:

- ▶ Dvojcípá chlopeň - chlopeň mezi levou síní a levou komorou
- ▶ Má dva cípy - brání návratu krve z levé komory do levé síně
- ▶ Trojčípá chlopeň - chlopeň mezi pravou síní a pravou komorou
- ▶ Má tři cípy a brání návratu krve z pravé komory do pravé síně

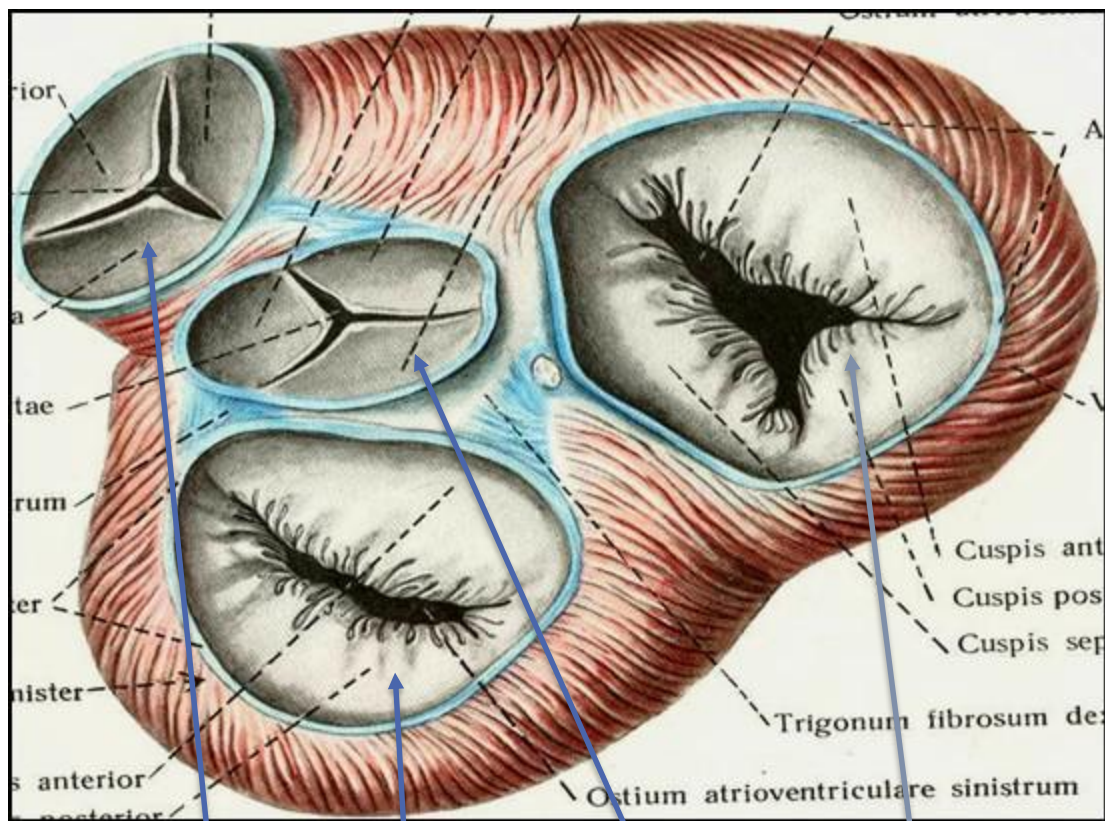
Poloměsíčité chlopně:

Aortální chlopeň - na rozhraní levé komory a aorty

- ▶ Tvoří ji tři cípy, které mají poloměsíčitý tvar - zabraňuje návratu krve z velkého oběhu zpět do srdce

Chlopeň plicnice - na rozhraní pravé komory a plicnice

- ▶ Podobná stavba jako chlopeň aortální
- ▶ Funkce - je zábrana zpětného toku krve z malého oběhu do srdce

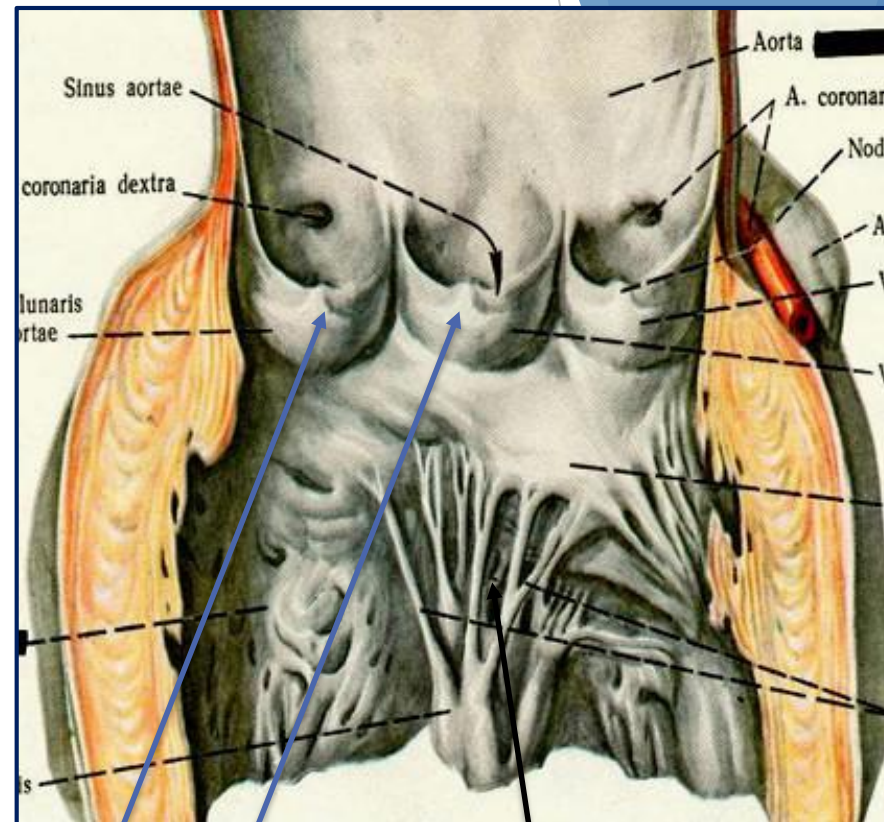


Plicnice

Aorta

Dvojcípá chlopeň

Trojcípá chlopeň



Aortální a plicní chlopeň - trojcípé
chlopně - tvar „klokaních kapsiček“

Šlašinky



SRDEČNÍ CYKLUS

- ▶ Celý děj od naplnění síní a komor a vypuzení krve ze srdce
- ▶ Opakuje se s frekvencí cca 70 cyklů/min. - nazývá se **TEP (PULS)**
- ▶ Sledovat hmatem - předloktí - palcová strana nebo karotida
- ▶ Maximální fyzický výkon - 180 - 200 tepů/min.
- ▶ Délka 70 let - přečerpá cca 170 miliónů litrů krve

KORONÁRNÍ CÉVY

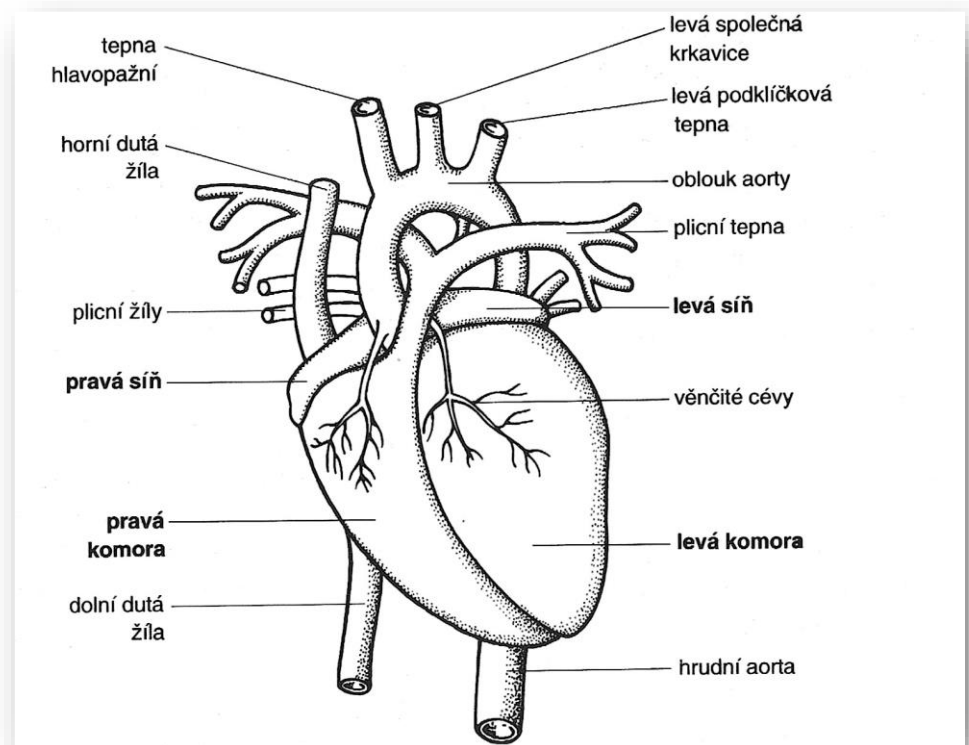
- ▶ Srdeční sval - nemůže pracovat bez kyslíku
- ▶ K zabezpečení nepřetržitého přívodu kyslíku - zvláštní krevní zásobení - POMOCÍ VĚŇČITÝCH (KORONÁRNÍCH) CÉV - KOLEM SRDCE VYTVÁŘEJÍ „VĚNEC“ - KORONU
- ▶ Věňčité tepny vycházejí z aorty těsně v blízkosti aorty - dodávají do srdce v klidu 225 ml krve/min. - při námaze až 2 litry krve/min.

- ▶ Zúžení těchto cév - nedostatečné zásobení krví -

SRDEČNÍ ISCHEMIE

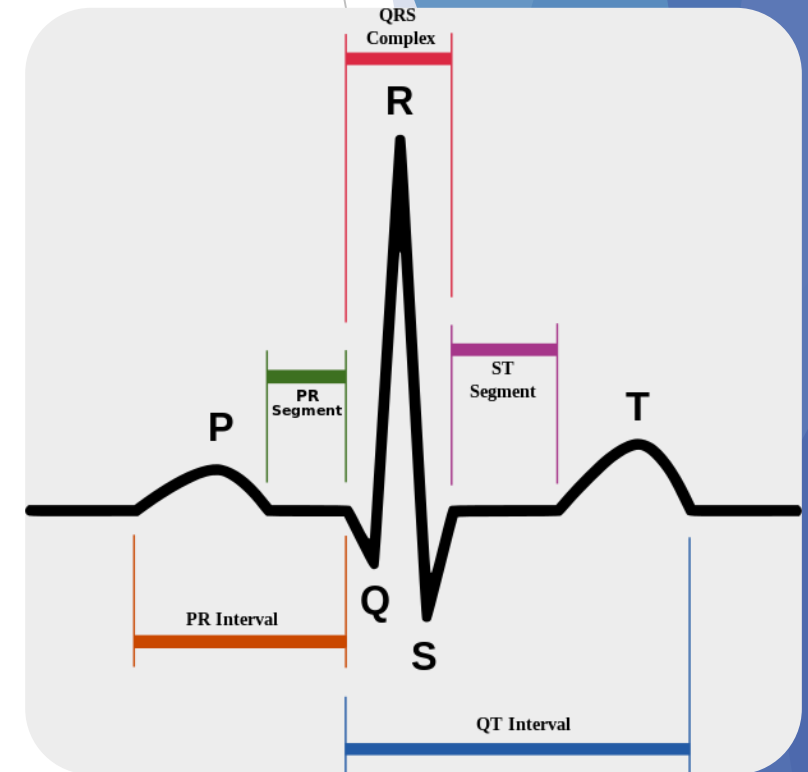
- ▶ Pokud dojde k ucpání cévy (např. aterosklerotickými pláty) - nedostatečné zásobení - buňky odumírají-

INFARKT MYOKARDU



VYŠETŘOVANÉ HODNOTY

- ▶ Tep (pulz) krve
- ▶ Krevní tlak
- ▶ EKG - elektrokardiogram - elektrická aktivita srdce









KREV

- ▶ Tělní tekutina, svým složením připomíná vazivo
- ▶ Je složena z krevních buněk (erytrocyty, leukocyty, trombocyty) a plasmy
- ▶ Dospělý člověk má průměrně 5 litrů krve
- ▶ Tekutina, která vzniká po sražení krve - krevní sérum
- ▶ Odebranou nesrážlivou krev (připravenou přidáním heparinu nebo citrátu) lze centrifugací rozdělit na několik vrstev
- ▶ Sedimentované erytrocyty u dospělých lidí zaujímají cca 44% objemu krve - toto je označováno jako HEMATOKRIT
- ▶ Průsvitný slámově zbarvený supernatant v horní části zkumavky - PLASMA
- ▶ Tenká šedobílá vrstva (buffy coat) mezi krevní plasmou a erytrocyty - *zaujímá 1% objemu*

Plazma (55 % objemu krve)		
voda 92 %	proteiny 7 %	ostatní rozpuštěné látky 1 %
	albumin 58 % globuliny 37 % fibrinogen 4 % regulační proteiny < 1 %	elektrolyty živiny dýchací plyny odpadní produkty

Erythrocyty (44 % objemu krve)
erythrocyty 4,2–6,2 miliónů/ μ l




Buffy coat, opalescentní vrstva (< 1 % celkové krve)	
destičky 150 000 až 400 000/ μ l	leukocyty 4 500 až 11 000/ μ l
	 neutrofilý 50–70 %
	 lymfocyty 20–40 %
	 monocyty 2–8 %
	 eosinofily 1–4 %
	 bazofily 0,5–1 %

FUNKCE KRVE

- ▶ Umožňuje transport kyslíku a oxidu uhličitého, metabolitů, hormonů a dalších látek k buňkám po celém těle
- ▶ Většina kyslíku je vázána na hemoglobin erytrocytů a jeho koncentrace je mnohem vyšší v arteriální (tepenné) než ve venózní (žilní) krvi
- ▶ Živiny jsou roznášeny z místa své syntézy nebo resorpce ve střevě k cílovým buňkám
- ▶ Odpadní produkty metabolismu buněk jsou z krve odstraňovány exkrečními orgány
- ▶ Krev transportuje hormony
- ▶ Podílí se na distribuci tepla, regulaci tělesné teploty a udržování acidobazické rovnováhy

KREVNÍ PLASMA - SLOŽENÍ, FUNKCE

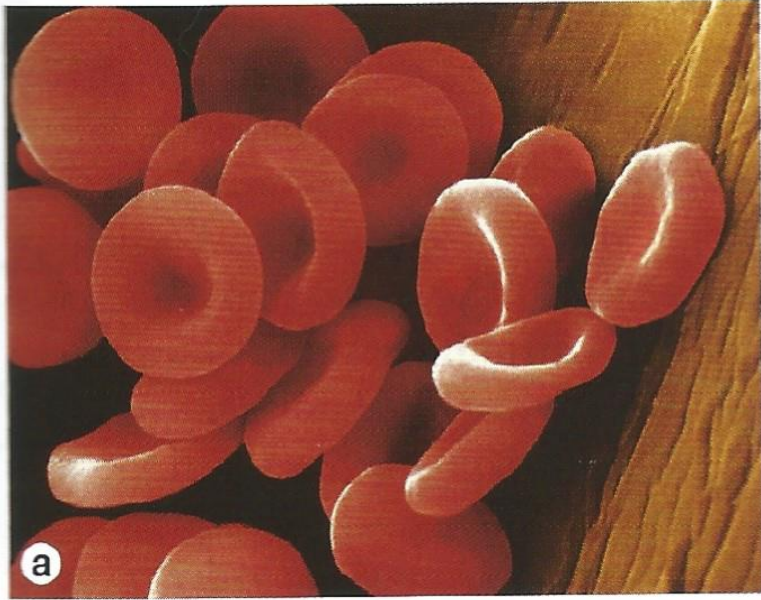
- ▶ Vodný roztok o pH =7,4
- ▶ Složení plasmy je ukazatelem složení extracelulární tkáňové tekutiny
- ▶ Hlavní plasmatické proteiny:
- ▶ **A) albumin** - nejvíce zastoupený protein, vyvábí ho játra, slouží primárně k udržení osmotického tlaku krve
- ▶ **B) globuliny (α a β globuliny)** - produkují je játra a některé další buňky, zahrnují mimo jiné transferin a ostatní transportní faktory, fibronektin, protrombin a další koagulační faktory, lipoproteiny a ostatní proteiny
- ▶ **C) Imunoglobuliny (protilátky nebo γ -globuliny)** -ty jsou produktem plasmatických buněk a různých místech organismu

KREVNÍ PLASMA - SLOŽENÍ, FUNKCE

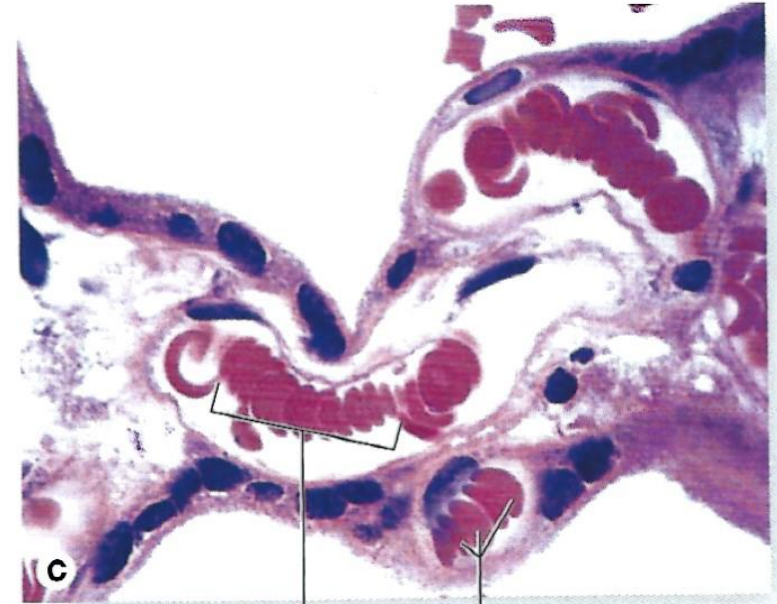
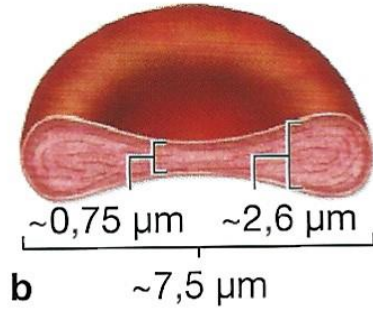
- ▶ **D) Fibrinogen** - největší plasmatický protein, je vytvářen játry, během srážení krve polymeruje v nerozpustný síťovitý fibrin, který zabraňuje krevní ztrátě při poranění malých cév
- ▶ **E) Protein komplementu** - tvoří významný obranný systém při zánětu a likvidaci mikroorganismů

ERYTROCITY (červené krvinky)

- ▶ Bezjaderné struktury vyplněné hemoglobinem, který přenáší kyslík
- ▶ Jsou to jediné buňky, jejichž funkce nevyžaduje, aby opustily krevní řečiště
- ▶ Životnost erytrocytů je zhruba 120 dní
- ▶ Jsou to bikonkávní disky o průměru 7,5 μm
- ▶ Bikonkávní tvar zajišťuje velký poměr povrchu vůči objemu a usnadňuje tak výměnu plynů
- ▶ Běžný počet erytrocytů v krvi je 3,9 - 5,5 milionů/ μl u žen,
4,1 - 6,0 milionů/ μl u mužů



Průřez erytrocytem



penízkovatění erytrocyty

a – Dobarvený snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu ukazuje normální erytrocyty bikonkávního tvaru. Zvětšení 1800x. **b** – Schéma erytrocytu s rozměry. Bikonkávní tvar zajišťuje buňce velký poměr povrchu vztaheného k objemu buňky a umožňuje umístění hemoglobinu v malé vzdálenosti od buněčného povrchu. Obě tyto skutečnosti zajišťují maximálně efektivní

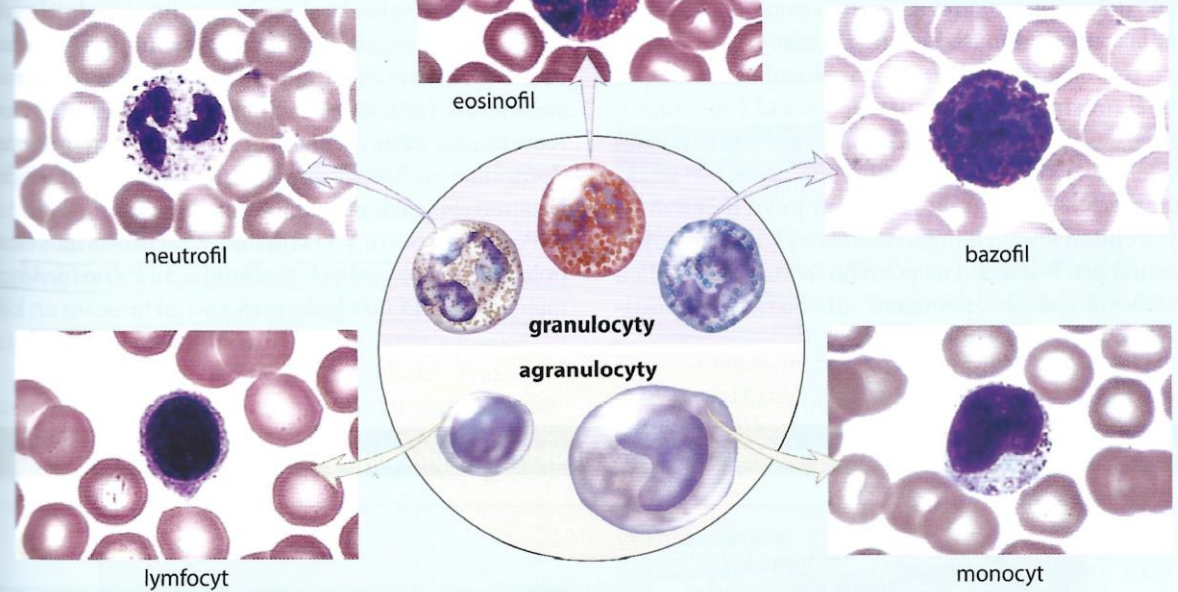
transport O_2 . Erytrocyty jsou také dosti pružné a mohou se snadno ohýbat při průchodu malými kapilárami. **c** – V malých cévách se erytrocyty mohou často shlukovat (penízkovatění, *rouleaux*). Standardní rozměr erytrocytů dovoluje odhadnout, že céva má průměr cca 15 μm . Zvětšení 250x; HE.

LEUKOCYTY (bílé krvinky)

- ▶ Opouštějí krevní řečiště a vstupují do tkání, kde vykonávají svou funkci v obraně organismu
- ▶ Podle typu cytoplasmatických granul se dělí do dvou skupin:
 - ▶ A) granulocyty
 - ▶ B) agranulocyty
- ▶ Pokud se nacházejí v krevní plasmě, mají leukocyty kulovitý tvar
- ▶ Po opuštění krevních cév a vniknutí do tkání vykonávají améboidní pohyb

GRANULOCYTY

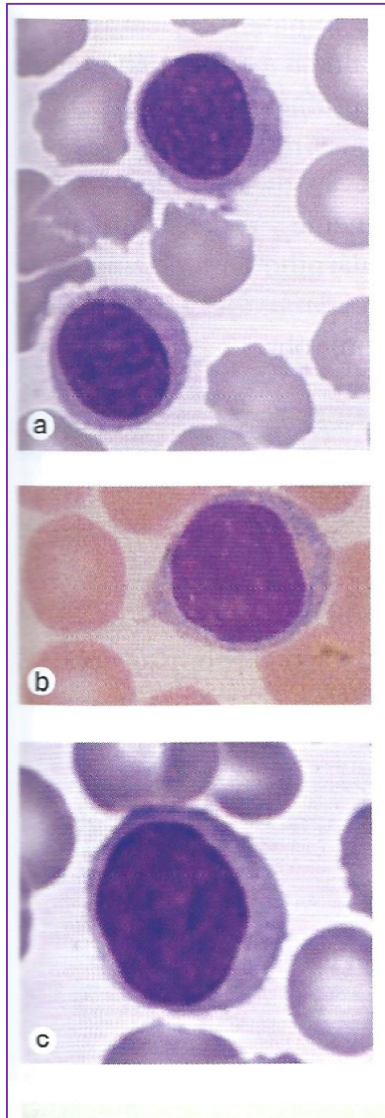
- ▶ Ve své cytoplasmě obsahují dva hlavní typy cytoplasmatických granul - **lysozomy (azurofilní granula)** a **specifická granula** - které se podle svého obsahu barví neutrálními, zásaditými nebo kyselými barvivy a plní specifické funkce
- ▶ Podle barvitelnosti granul je dělíme na:
 - ▶ 1. neutrofilní granulocyty
 - ▶ 2. eosinofilní granulocyty
 - ▶ 3. bazofilní granulocyty



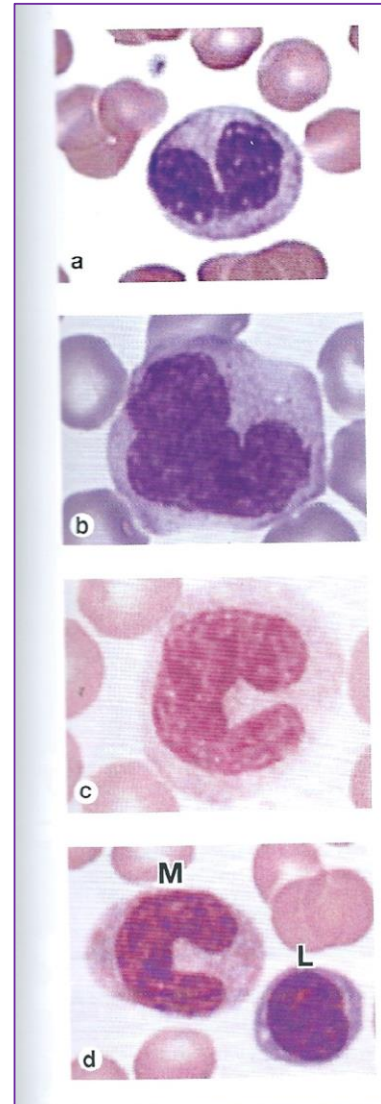
Typ	Jádro	Specifická granula*	Diferenciální rozpočet (%)**	Životnost	Hlavní funkce
Granulocyty					
Neutrofil	3–5 segmentů	jemně růžová	50–70	1–4 dny	usmrcení a fagocytóza bakterií
Eosinofil	dvoulaločné (2 segmenty)	červená, tmavě růžová	1–4	1–2 týdny	usmrcení červů a jiných parazitů; ovlivnění místní zánětlivé reakce
Bazofil	dvoulaločné (2 segmenty) nebo ve tvaru písmene S	tmavě modrofialová	0,5–1	několik měsíců	ovlivnění místní zánětlivé reakce, uvolnění histaminu během alergické reakce
Agranulocyty					
Lymfocyty	spíše kulaté	žádná	20–40	hodiny až mnoho let	výkonné a regulační buňky získané imunity
Monocyty	vpáčené nebo ve tvaru C	žádná	2–8	hodiny až roky	prekurzory makrofágů a dalších buněk mononukleárního fagocytárního systému

AGRANULOCYTY

- ▶ Neobsahují specifická granula, ale obsahují azurofilní granula (lysozomy)
- ▶ Jádro je kulaté nebo má zářezy, **NENÍ SEGMENTOVANÉ**
- ▶ Patří sem:
- ▶ [1. lymfocyty](#)
- ▶ [2. monocyty](#)
- ▶ Všechny leukocyty jsou klíčovými buňkami při obraně organismu proti pronikajícím mikroorganismům a při obnově poškozených tkání
- ▶ Počet leukocytů v krvi kolísá v závislosti na věku, zdravotním stavu a fyziologických podmínkách
- ▶ Zdraví jedinci mají 4 500 až 11 000 leukocytů na 1 μ l krve



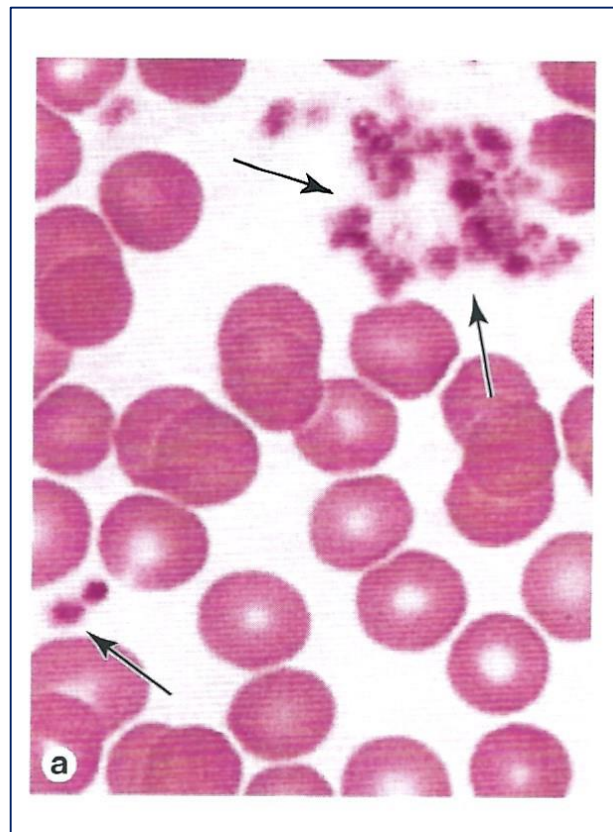
Lymfocyty



Monocyty

Krevní destičky (trombocyty)

- ▶ Vznikají jako malé buněčné oštěpky (2 - 4 μm) z **MEGAKARYOCYTŮ** kostní dřeně
- ▶ Jedná se o bezjaderné fragmenty
- ▶ Mají marginální svazek aktinových filament, α granula, δ granula a otevřený **kanalikulární systém váčků**, který je napojen na záhyby plazmatické membrány, které mohou ulehčit vychytávání plazmatických faktorů destičkami
- ▶ Jejich rychlá degranulace v kontaktu s kolagenem spouští proces krevního srážení



Krevní destičky