

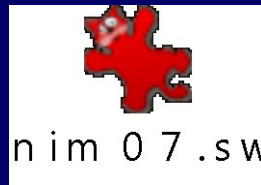
Fyziológia srdca a ciev. Srdce ako zdroj elektrických potenciálov a ako pumpa. Tlak a prúdenie krvi v cievach

Ján Jakuš

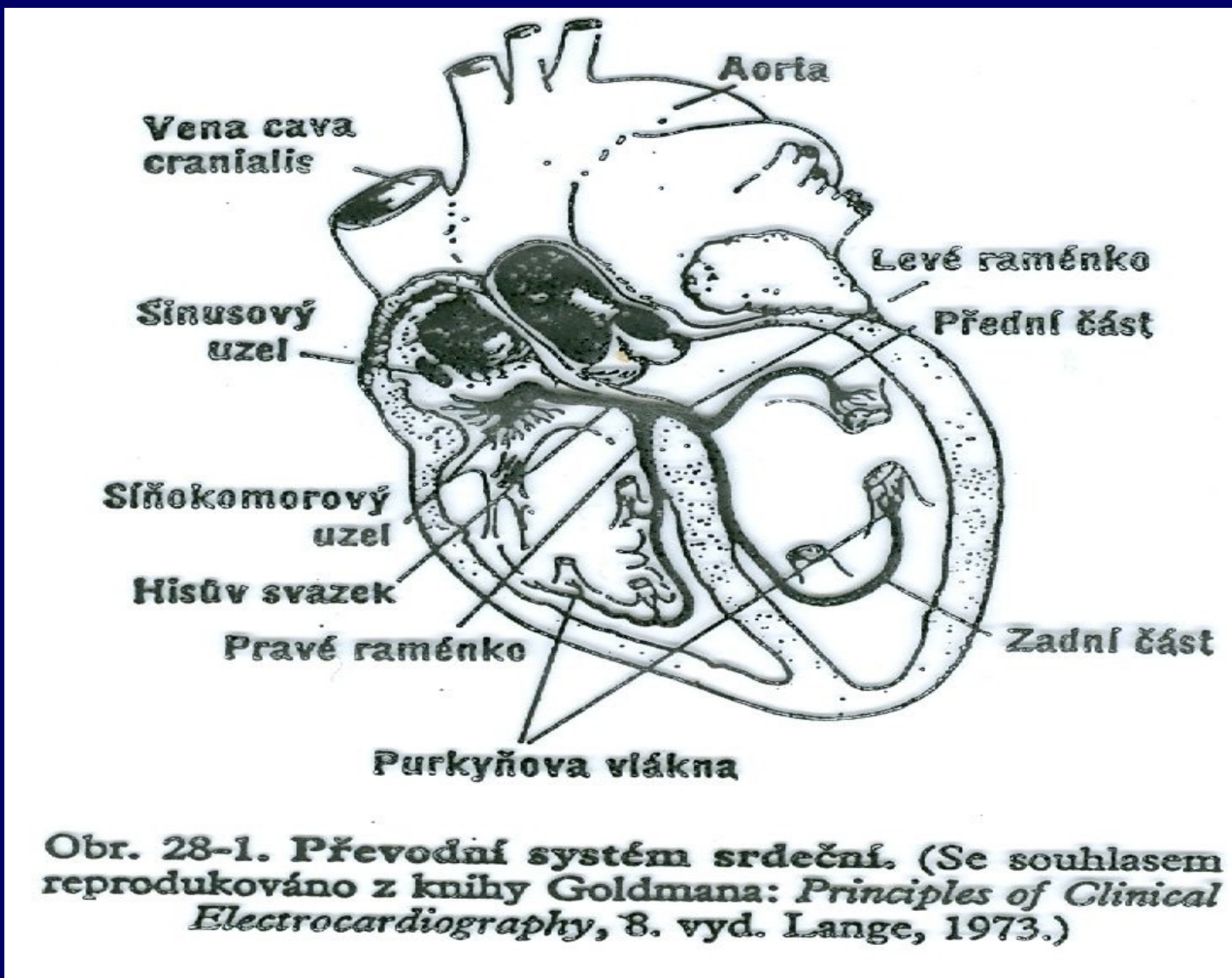
Srdce - morfológia

- nepárový orgán v hrudnej dutine, pozostáva z **2 predsiení (P)** a z **2 komôr (K)**
- stena ľavej komory (LK) je **3 x hrubšia** ako stena PK
- medzi PP a PK je chlopňa **trojcípa** (valvula tricuspidalis), medzi LP a LK je chlopňa **dvojcípa** (valv. bicuspidalis)
- pri výstupe pľúcnice (art. pulmonalis) z PK je chlopňa **polmesiačiková (pulmonálna)**
- pri výstupe aorty z LK je chlopňa **polmesiačiková (aortálna)**
- výživa srdca- **2 koronárne artérie**
- v srdci sa nachádza tzv. **prevodový systém**: pozostáva zo **Sinoatriálneho uzla (SA)**, **Atrio-ventrikulárneho uzla (AV)**, **Hissovho zväzku**, **ľavého a pravého ramienka Tawarovho**, **Purkyňových vlákien**

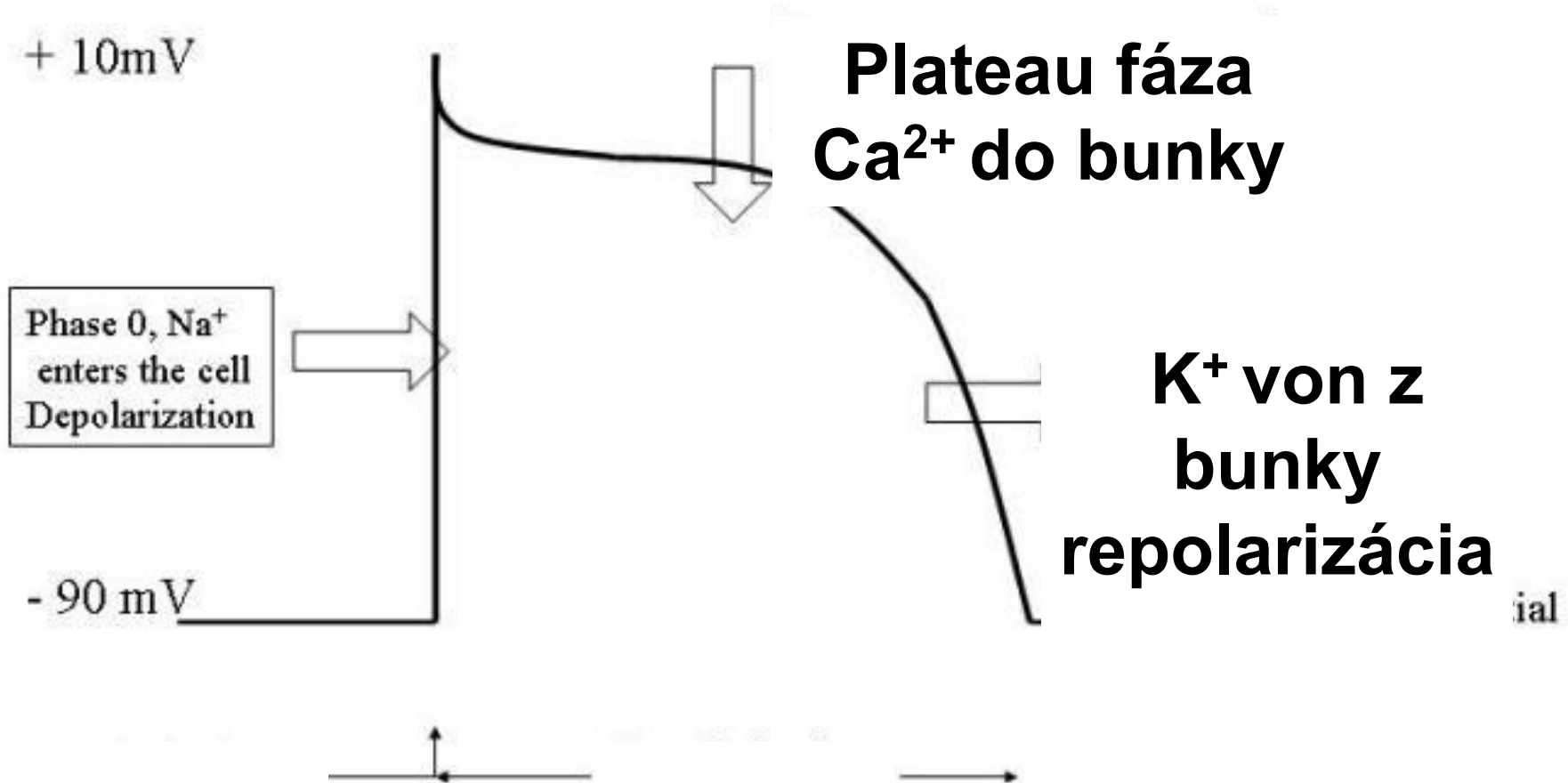
Srdce - štruktúry



Srdce ako zdroj biopotenciálov



Monofázický akčný potenciál (srdcový sval)



Akčný potenciál SA uzla a prepotenciála (Autoregulácia)

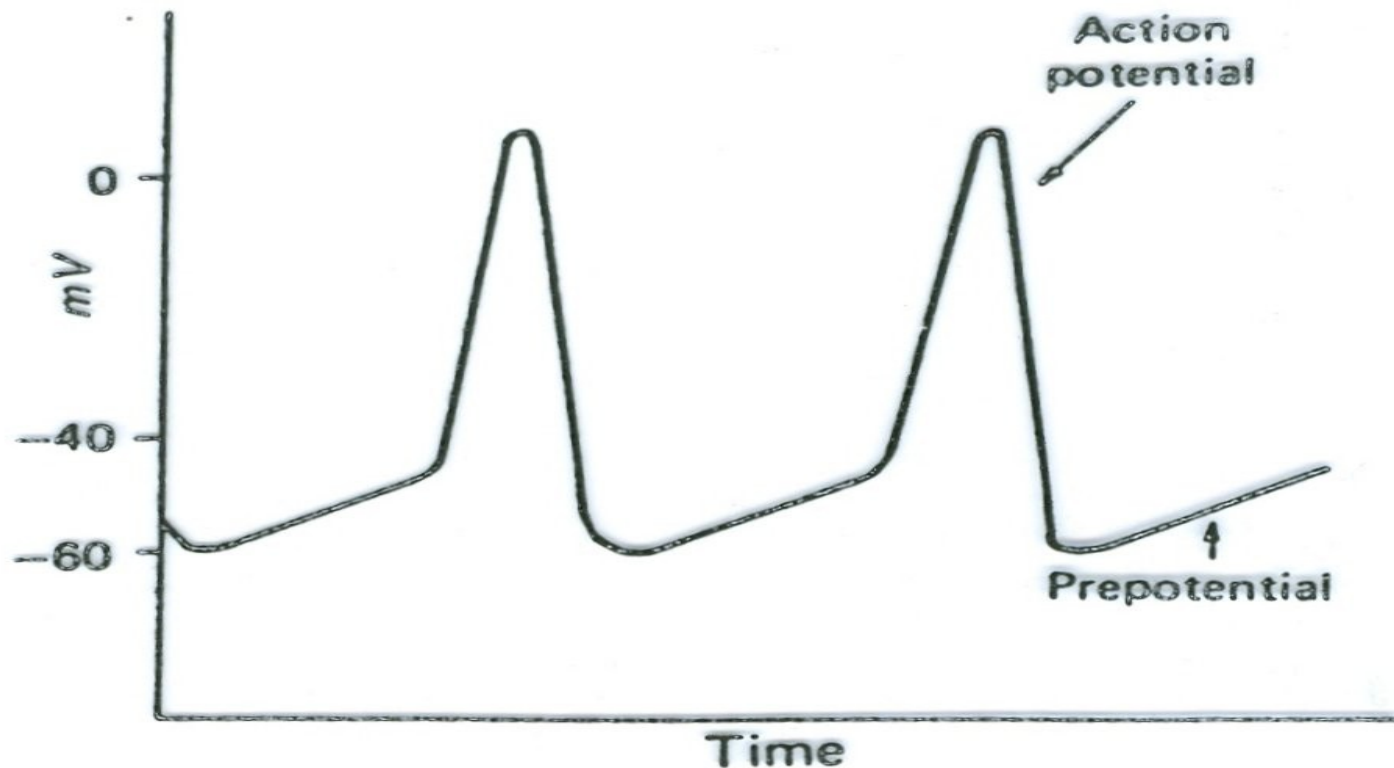
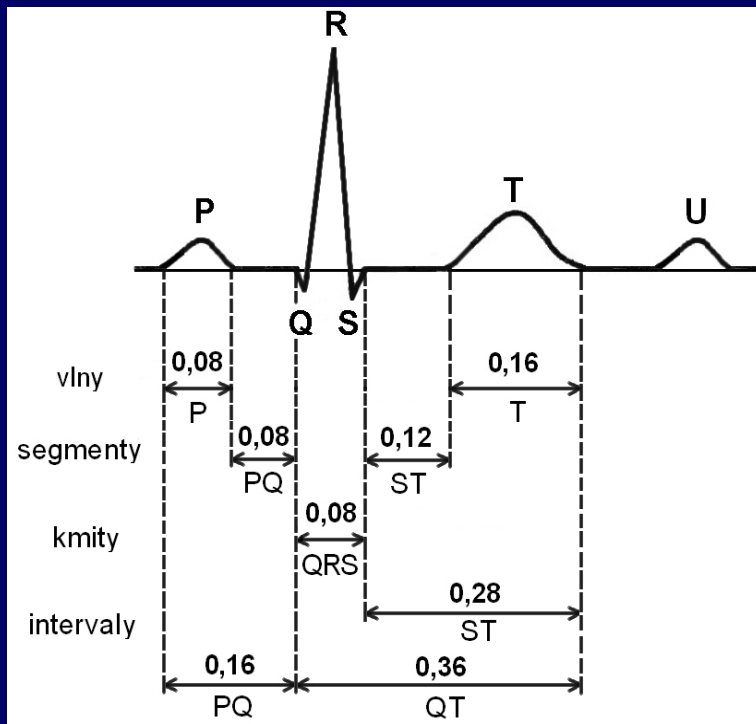


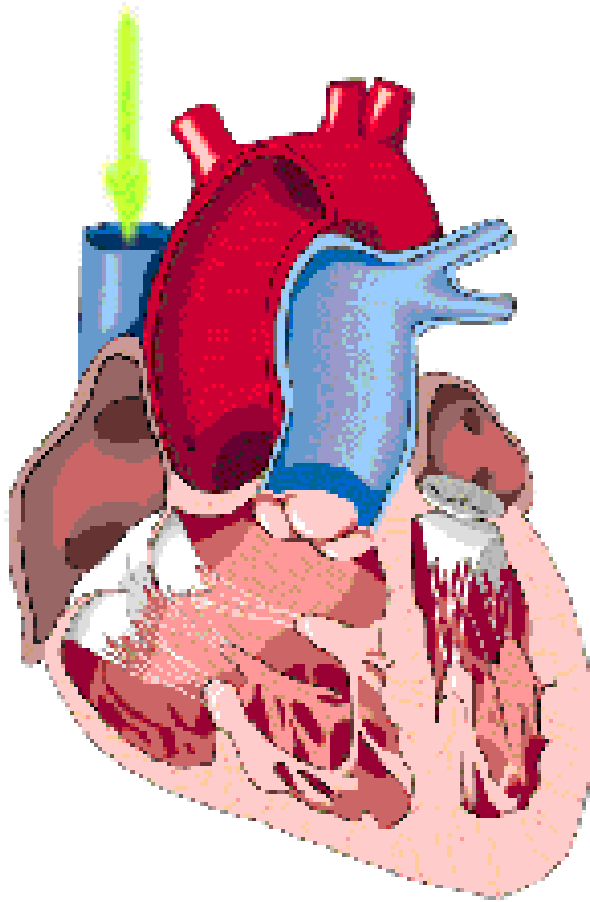
Figure 3-16. Diagram of the membrane potential of pacemaker tissue. Note that the resting membrane potential of pacemaker tissue is somewhat less than the membrane potential of atrial and ventricular muscle.

Priebeh depolarizácie srdca a EKG

EKG (vid praktiká) je zápis el. biopotenciálov srdca z povrchu tela. EKG krivka- izoelektrická čiara, vlny: P,T,U, kmity: Q,R,S, segmenty: PQ,ST,QT, intervaly: PQ,ST,QT



Srdce ako pumpa



- Right Atrium
- Tricuspid Valve
- Right Ventricle
- Pulmonic Valve
- Pulmonary Arteries
- Pulmonic Veins
- Left Atrium
- Mitral Valve
- Left Ventricle
- Aortic Valve
- Aorta

Srdce dospělého člověka - dve spojené čerpadlá



Srdce v dynamike

Srdcová revolúcia: trvanie = 0.83 s

Systola -vývrh krvi zo srdca (z oboch komôr súčasne)

Diastola – plnenie srdca krvou (plnenie P a K)

Frankov-Starlingov mechanizmus- čím lepšie plnenie srdca, tým väčší vývrh krvi zo srdca.

Výdaj krvi z PK = výdaju krvi z LK

Systolický objem (SV) - Objem krvi počas systoly = 70 ml

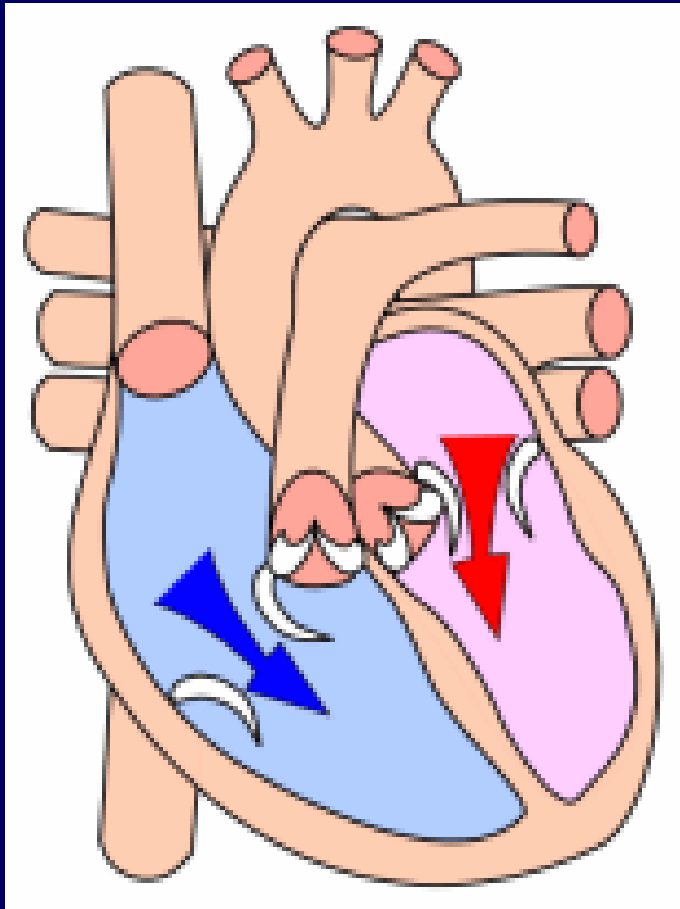
Minútový objem srdca : $MV = SV \times \text{frekv.} / \text{min.}$

$$MV = 70 \times 72 = 5 \text{ (l/min.)}$$

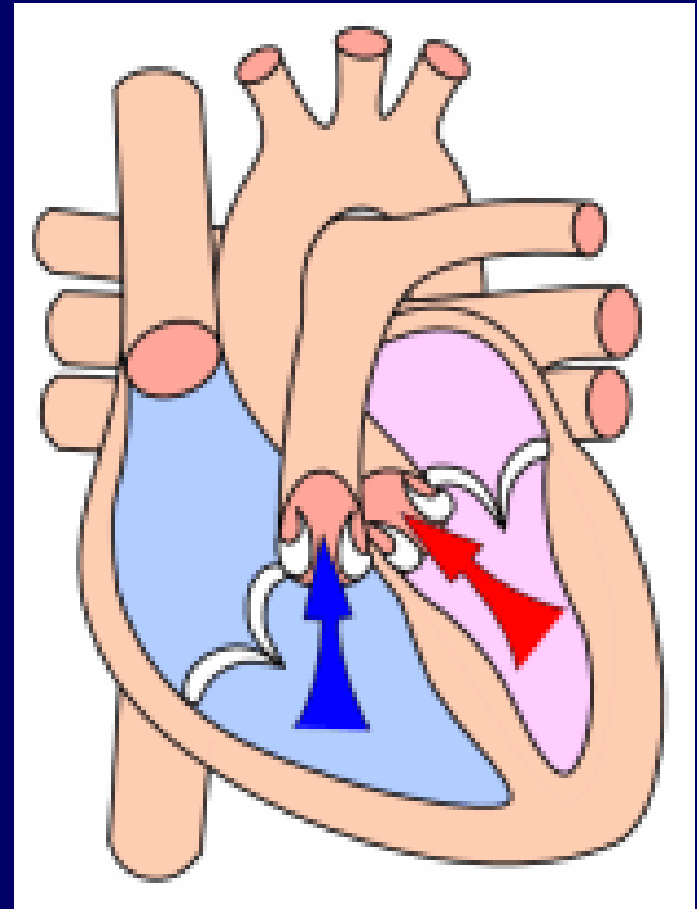
Práca srdca/60 rokov = zdvihnutie 30 ton záťaže do výšky 8 km

Srdce trénované -(plavci a cyklisti) má nižšiu frekvenciu a vyšší SV (srdce pracuje efektívnejšie, prevaha parasym-
patika)

DIASTOLA - plnenie



SYSTOLA - vývrh



Tlaky v srdci a v odstupujúcich cievach

Pravá predsieň (systola/diastola) = +0,6 / -0,6 (kPa)

Pravá komora = 4,6 / 0 !

Arteria pulmonalis = 4,6 / 1,2

Ľavá predsieň = +0,6 / -0,6

Ľavá komora = 16 / 0 !

Aorta = 16 / 10,5

V komorách srdca je v diastole nulový tlak !

V art. pulmonalis a v aorte je v diastole pozitívny tlak, spôsobený *elasticitou artérií*

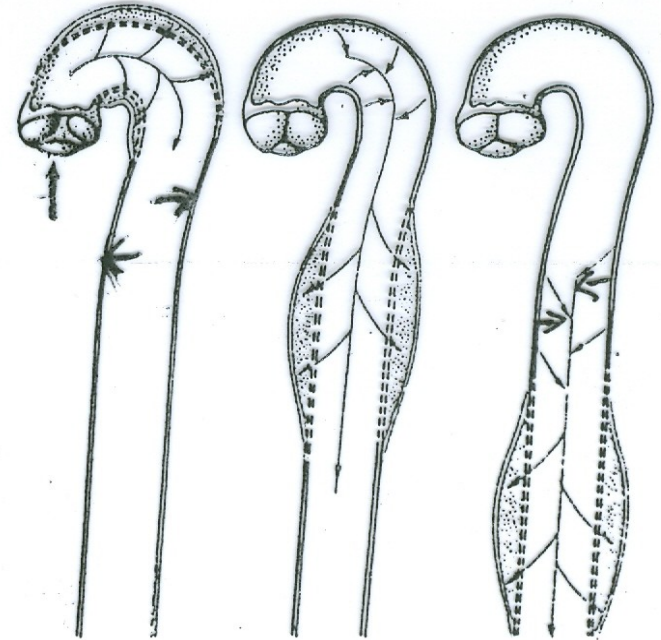
(1 kPa = 7,5 torr = 10 cm H₂O)

Elasticita aorty a artérií-pružník

Systola komôr - krv prúdi a dila-
tuje aortu (kinetická W prúdu krvi
sa mení na polohovú W)-meriame
Syst TK

Diastola komôr- priemer ciev
sa znižuje (polohová W sa mení
na pohybovú)-krv prúdi,meriame
diast.TK

Pružníkový efekt (elasticita ciev)
umožňuje: **Prúdenie krvi** aj počas
diastoly a **Diastolický TK**, ako aj
Pokles práce srdca



Obr. 94. Vznik pulzovej vlny v centrálnych artériách ako základ pružníkovej funkcie
Časť vývrhového objemu je počas systoly uchovávaná v artériách v blízkosti srdca.
Po uzavretí chlopní prebieha tento systolický zásobný objem ďalej na perifériu ako objemový pulz. Začína sa rozťahnutím cievnej steny, čo vytvára tlakový pulz. Tlakový nárast je merateľný. Stiahnutie steny ciev spôsobuje objemový pulz, ktorý sa posúva ďalej a udržiava kontinuálny periférny prietok krvi

Krvný obeh - rozdelenie

A./ Krvný obeh veľký - medzi LK a PP (je to vysokotlakový s tlakovým spádom cca 100 torr t.j.15 kPa)

Krvný obeh malý (pľúcny) - medzi PK a LP (je nízkotlakový so spádom 30 torr, t.j. 4 kPa)

Krvný obeh portálny-pečeňový (medzi a.hepatica a v.portae)

Krvný obeh fetálny - plodu

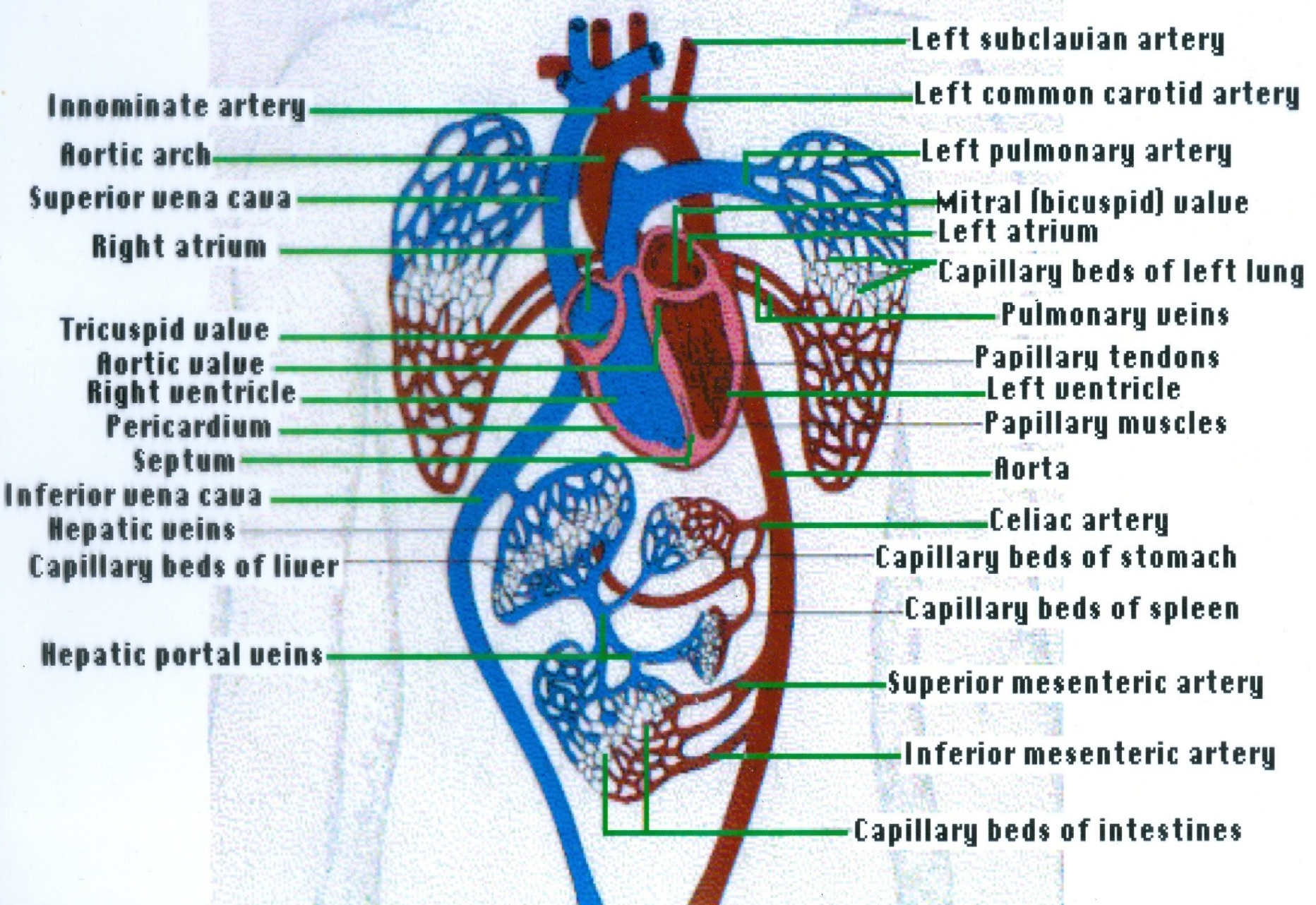
B/Krvný obeh distribučný (vysokotlakový – aorta, artérie)

Krvný obeh odporový (arterioly-obsahujú hladké svaly)

Krvný obeh difúzny (kapiláry-vytvárajú kapilárne slučky)

Krvný obeh zberný (žilový a lymfatický systém - odvodný)

Krv prúdi vo všetkých obehoch na základe tlakového spádu!
V aorte- 30 cm/s, V kapilárach -1mm/s



Innominate artery

Aortic arch

Superior vena cava

Right atrium

Tricuspid valve

Aortic valve

Right ventricle

Pericardium

Septum

Inferior vena cava

Hepatic veins

Capillary beds of liver

Hepatic portal veins

Left subclavian artery

Left common carotid artery

Left pulmonary artery

Mitral (bicuspid) valve

Left atrium

Capillary beds of left lung

Pulmonary veins

Papillary tendons

Left ventricle

Papillary muscles

Aorta

Celiac artery

Capillary beds of stomach

Capillary beds of spleen

Superior mesenteric artery

Inferior mesenteric artery

Capillary beds of intestines

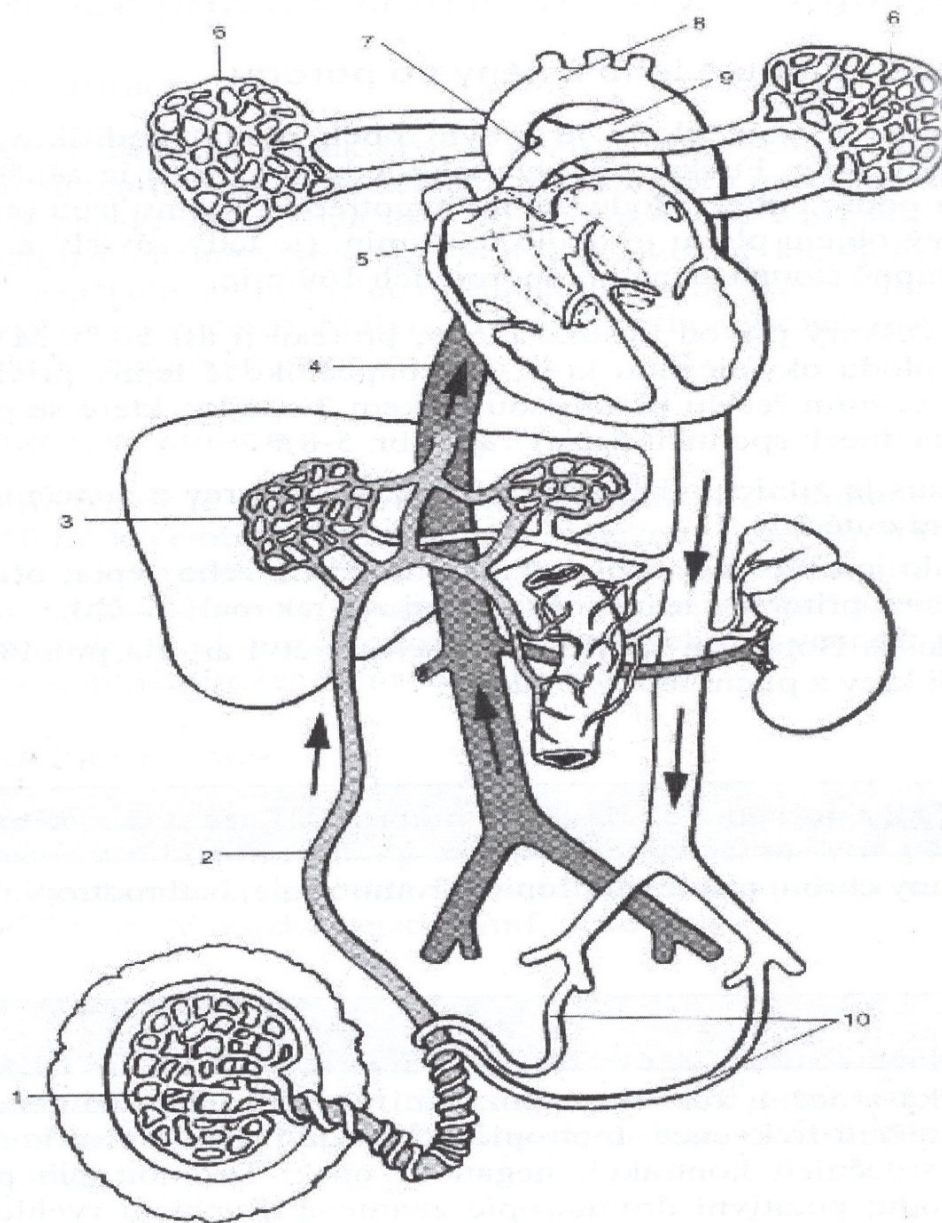


Schéma fetálního krevního oběhu (1 – placenta, 2 – pupečnicková žíla, 3 – ductus venosus, 4 – dolní dutá žíla, 5 – foramen ovale, 6 – plíce, 7 – arteria pulmonalis, 8 – oblouk aorty, 9 – ductus arteriosus Botalli, 10 – arteriae umbilicales).

Zákony prúdenia krvi v cievach - rheológia

Prietok krvi F ($l \cdot s^{-1}$) = Tlak krvi / Odpor ciev

- **Prietok krvi** závisí priamo úmerne od tlakového spádu, a nepriamo úmerne od odporu arteriol a od zloženia krvi a jej viskozity

Viskozita krvi (je 4,5 x vyššia než viskozita destilovanej vody a má hodnotu 4,5 mPa/s). S rastom viskozity (napr. pri zvýšení počtu krviniek, alebo pri poklese telesnej teploty) **klesá** prietok krvi a naopak.

Poiseuille-Hagenov zákon

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot (P_1 - P_2)}{8 \cdot \eta \cdot l} \quad (Q - \text{množstvo krvi, } r - \text{polomer cievy, } \eta - \text{viskozita krvi, } l - \text{dĺžka cievy})$$

Bernoulliho zákon

Pri prietoku krvi cievou s menším priemerom je rýchlosť krvi v nej väčšia, ale tlak krvi je nižší (a naopak)

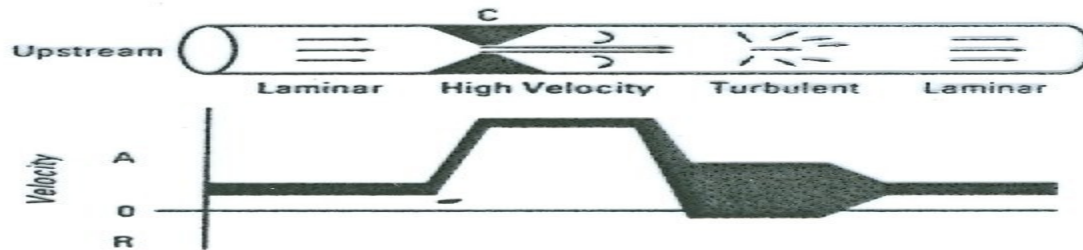


Figure 30-8. *Top:* Effect of constriction (C) on the profile of velocities in a blood vessel. The arrows indicate direction of velocity components, and their length is proportionate to their magnitude. *Bottom:* Range of velocities at each point along the vessel. In the area of turbulence, there are many different anterograde (A) and some retrograde (R) velocities. (Modified and reproduced, with permission, from Richards KE: Doppler echocardiography in diagnosis and quantification of vascular disease. *Mod Concepts Cardiovasc Dis* 1987;56:43. By permission of the American Heart Association, Inc.)

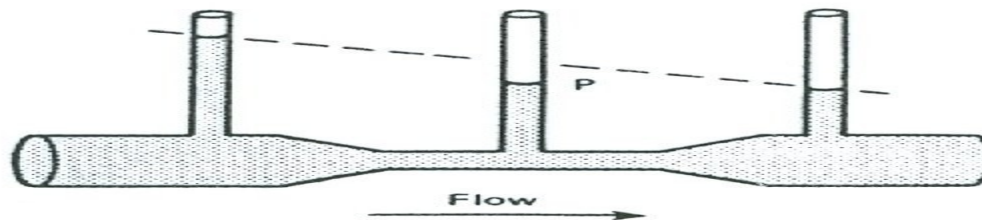


Figure 30-17. Bernoulli's principle. When fluid flows through the narrow portion of the tube, the kinetic energy of flow is increased as the velocity increases, and the pressure energy is reduced. Consequently, the measured pressure (P) is lower than it would have been at that point if the tube had not been narrowed. The dashed line indicates what the pressure drop due to frictional forces would have been if the tube had been of uniform diameter.

Laminárne prúdenie - má tvar prúdnice, max. rýchlosť je v strede prúdu, na okrajoch najpomalšie.

Turbulentné prúdenie- rýchlosť vysoká, pohyb častíc neusporiadaný a chaotický, vytvára zvuk

Raynoldsovo číslo $R = \frac{\rho \cdot d \cdot v}{\eta}$

Výpočet informuje: či prúdenie bude laminárne (ak ≤ 1100) alebo turbulentné (ak > 1100)

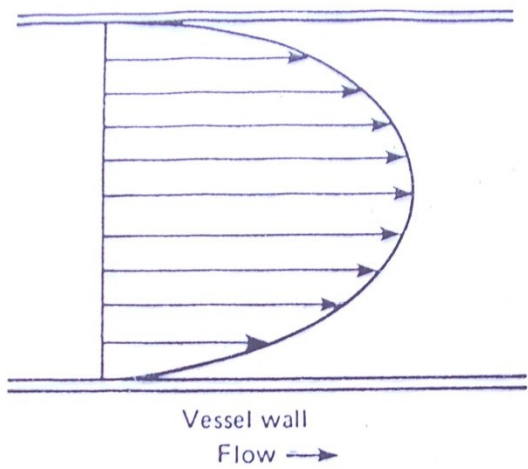


Figure 30-7. Diagram of the velocities of concentric laminas of a viscous fluid flowing in a tube, illustrating the parabolic distribution of velocities (streamline flow).

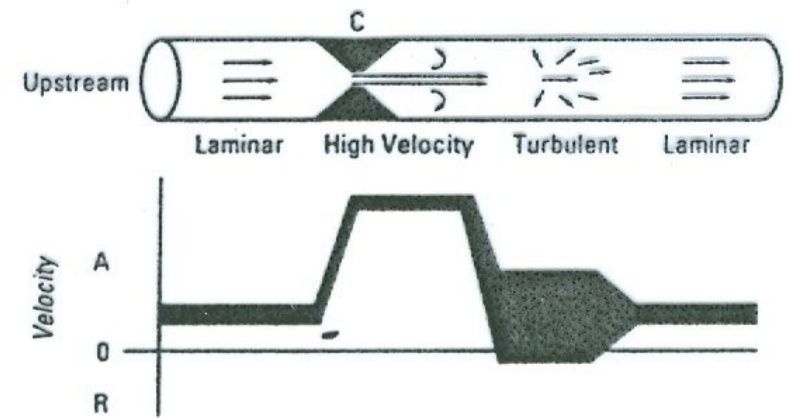
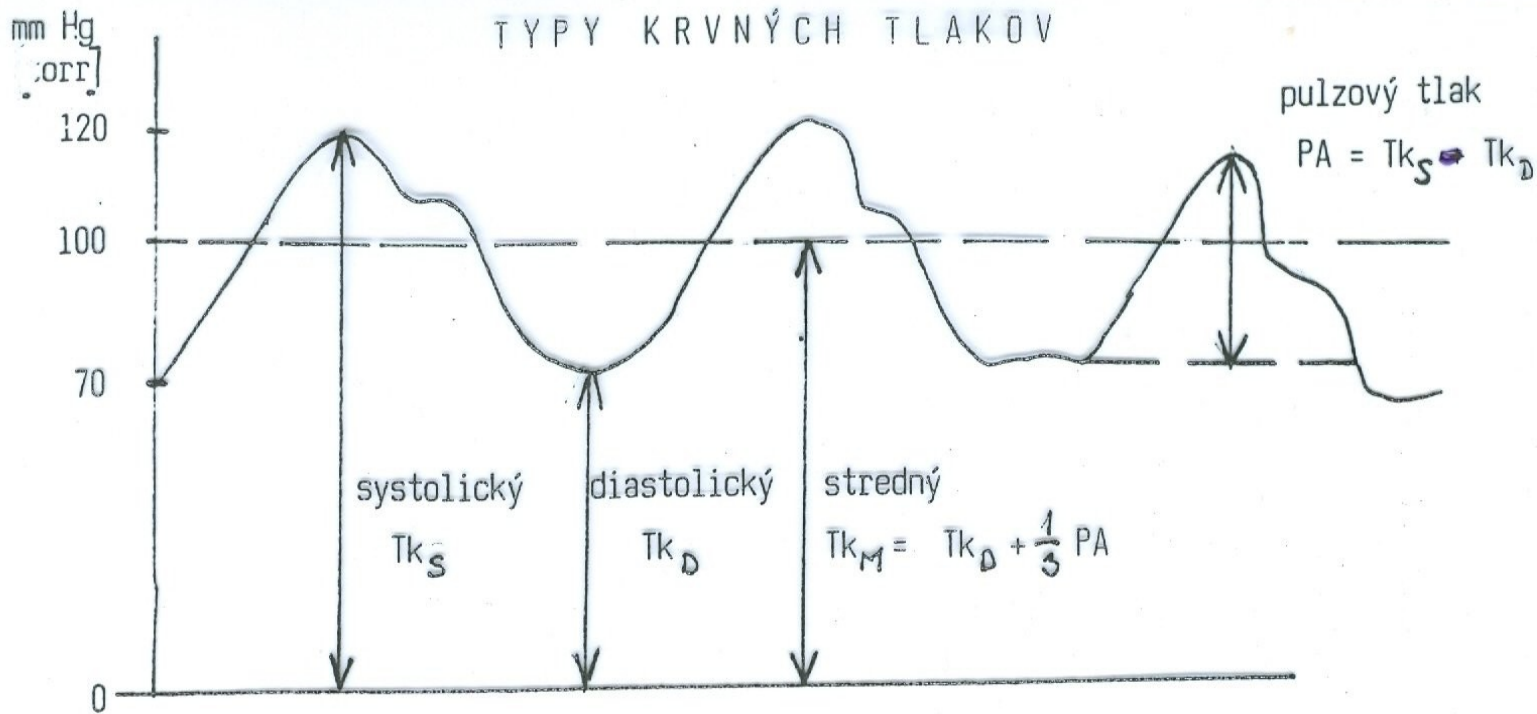


Figure 30-8. Top: Effect of constriction (C) on the profile of velocities in a blood vessel. The arrows indicate direction of velocity components, and their length is proportional to their magnitude. Bottom: Range of velocities

Tlaky krvi- klasifikácia

(z priameho merania TK v cieve)



1 kPa = 7,5 mm Hg (torr) \approx 10 cm H₂O

NORMA: $Tk_S / Tk_D = 120 - 150 / 70 - 90$ (mm Hg) = 12 - 20 / 8 - 13 (kPa)

Meranie tlaku krvi (nepriama metóda)

Vid' praktické cvičenia

Auskultačná metóda (Riva Rocci), Korotkovove fenomény, meria sa Systolický a diastolický TK

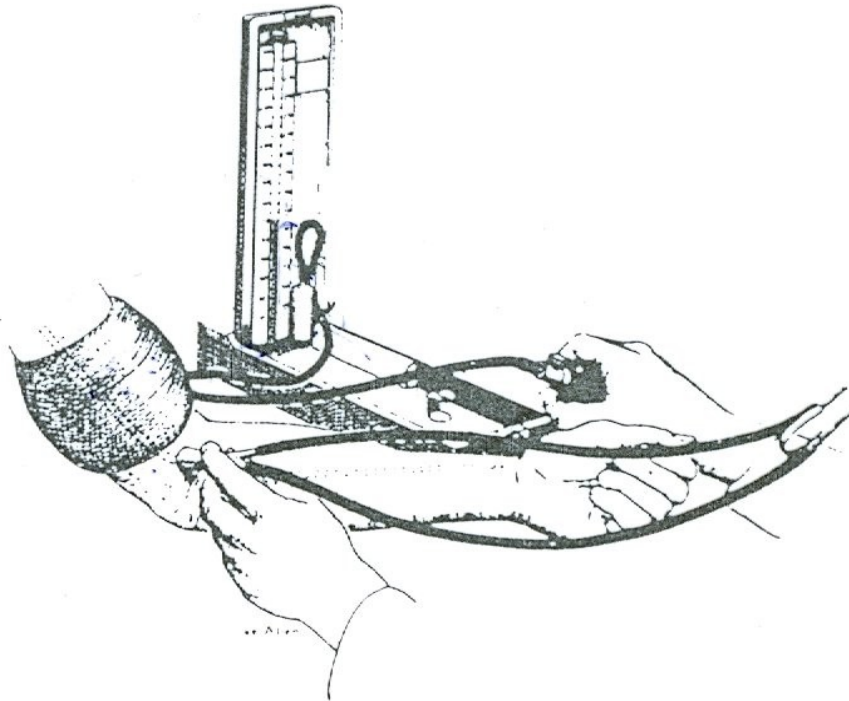
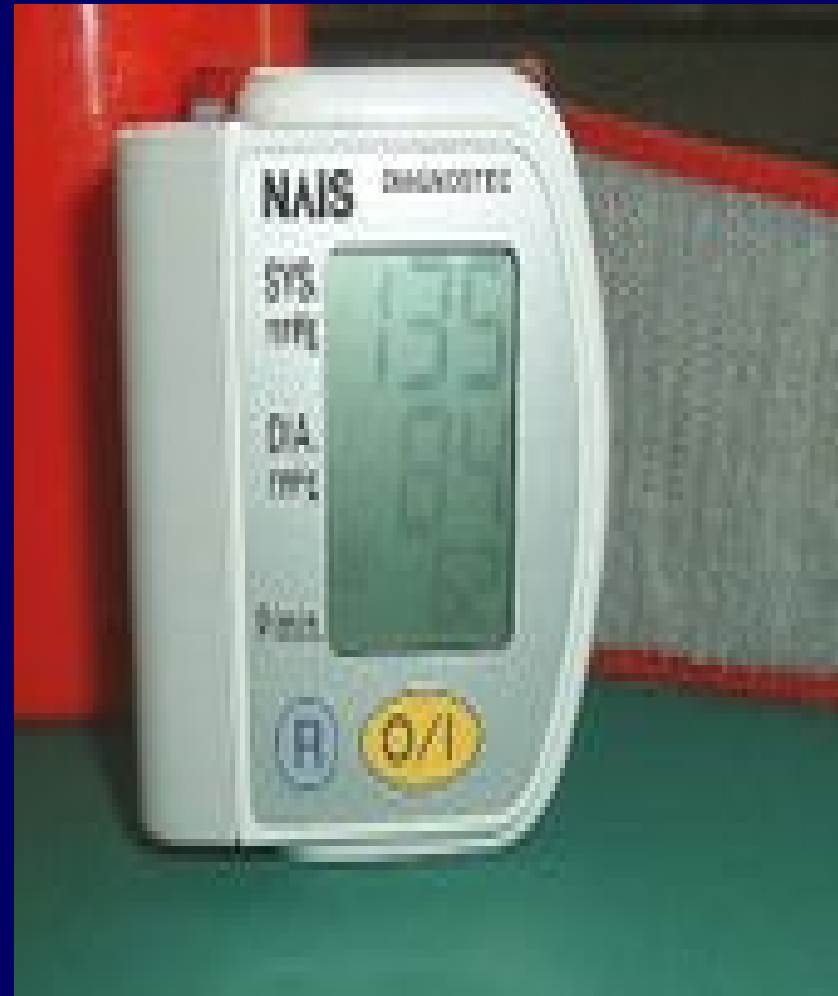
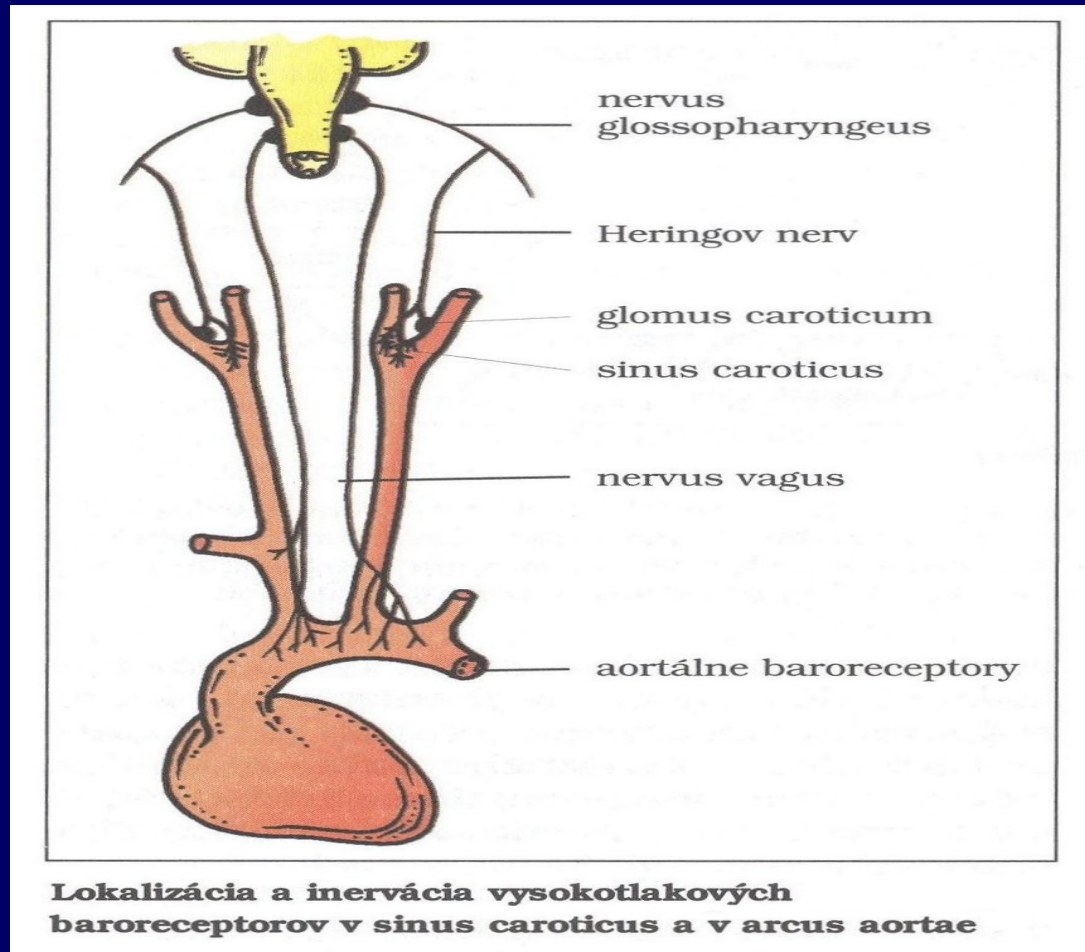


Figure 30-18. Determination of blood pressure by the auscultatory method. (Reproduced, with permission, from Schottelius BA, Schottelius D: *Textbook of Physiology*, 18th ed. Mosby, 1978.)

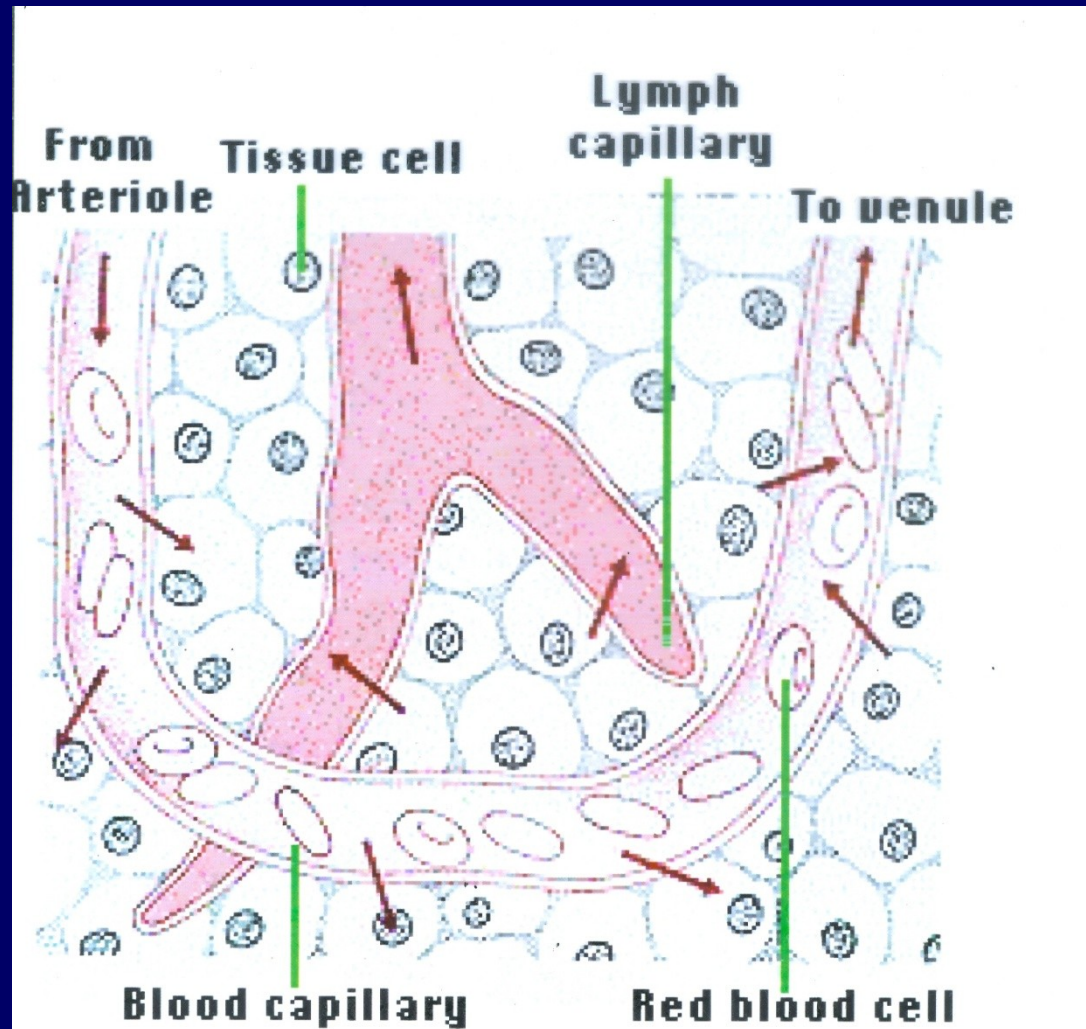


Regulácia krvného tlaku-z baroreceptorov v sinus caroticus (n.IX) a arcus aortae (n X) a neurónov predĺženej miechy

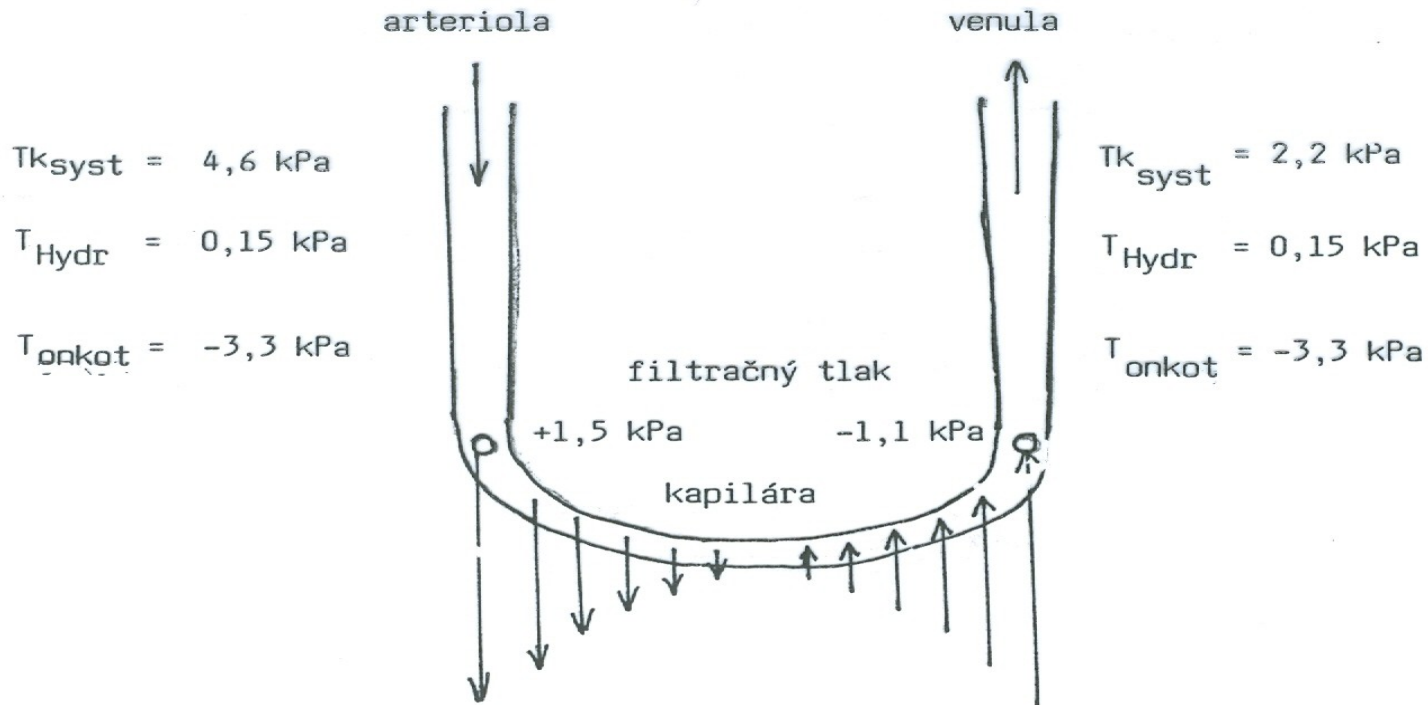


Filtrácia v kapilárnej slučke

Kapiláry - miesto **filtrácie** vody a živín a **rezorpcie** odpadových produktov, ako aj **difúzie** O_2 a CO_2



FILTRAČNÉ JAVY V KAPILÁRNEJ SLUČKE



$$FT = (T_{k_s} + T_H) - (|-T_{onkot}|) =$$

$$= (4,6 + 0,15) - (|-3,3|) \doteq +1,5$$

$$FT = (T_{k_s} + T_H) - (|-T_{onkot}|) =$$

$$= (2,2 + 0,15) - (|-3,3|) \doteq -1,1$$

Poruchy filtrácie v kapilárach

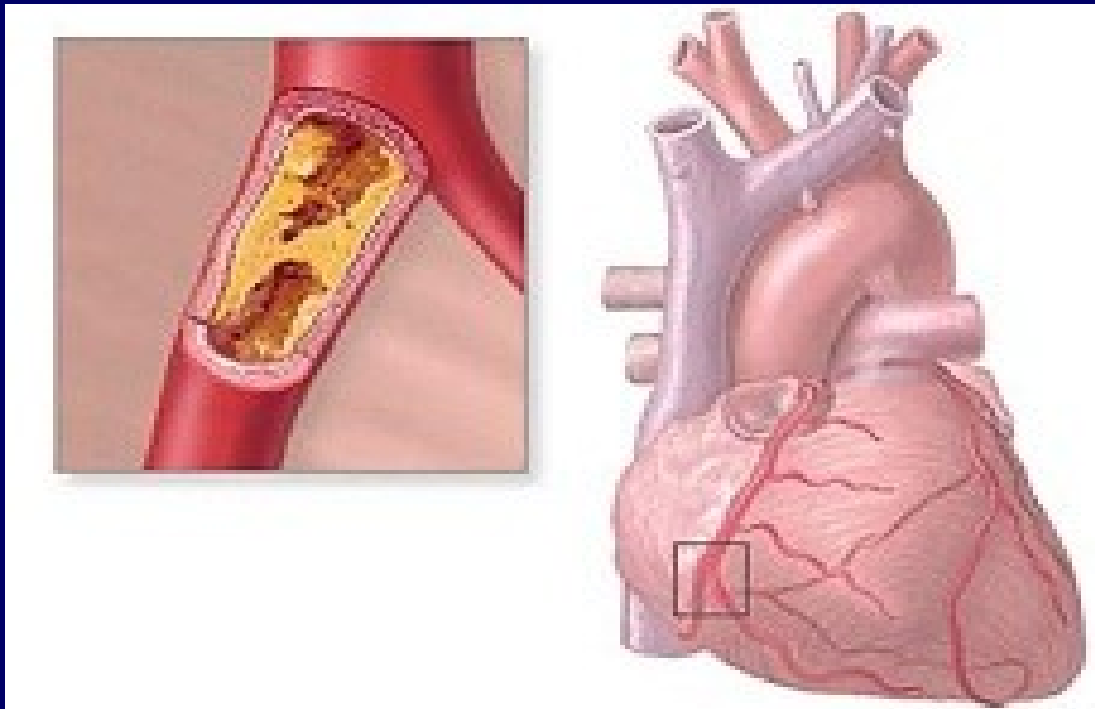
Opuchy (oedémy)-nahromadenie tekutiny najviac v okolí členkov, vplyvom gravitácie, alebo v brušnej dutine (**ascites**).

Príčiny:

1. **Vysoký tlak krvi** najmä v žilách (mestnanie krvi pre poruchu srdca ako pumpy)
2. **Pokles onkotického tlaku** ($\Pi = -3,3$ kPa), v dôsledku poklesu množstva albumínov v krvnej plazme (nedostatok bielkovín v potrave- ochorenie Kwashiorkor)
3. **Porucha priepustnosti kapilárnej steny** (vibrácie, jedy hadov, pavúkov, škorpiónov)
4. **Porucha odtoku lymfy**-(nádory, parazity-elefantiáza)

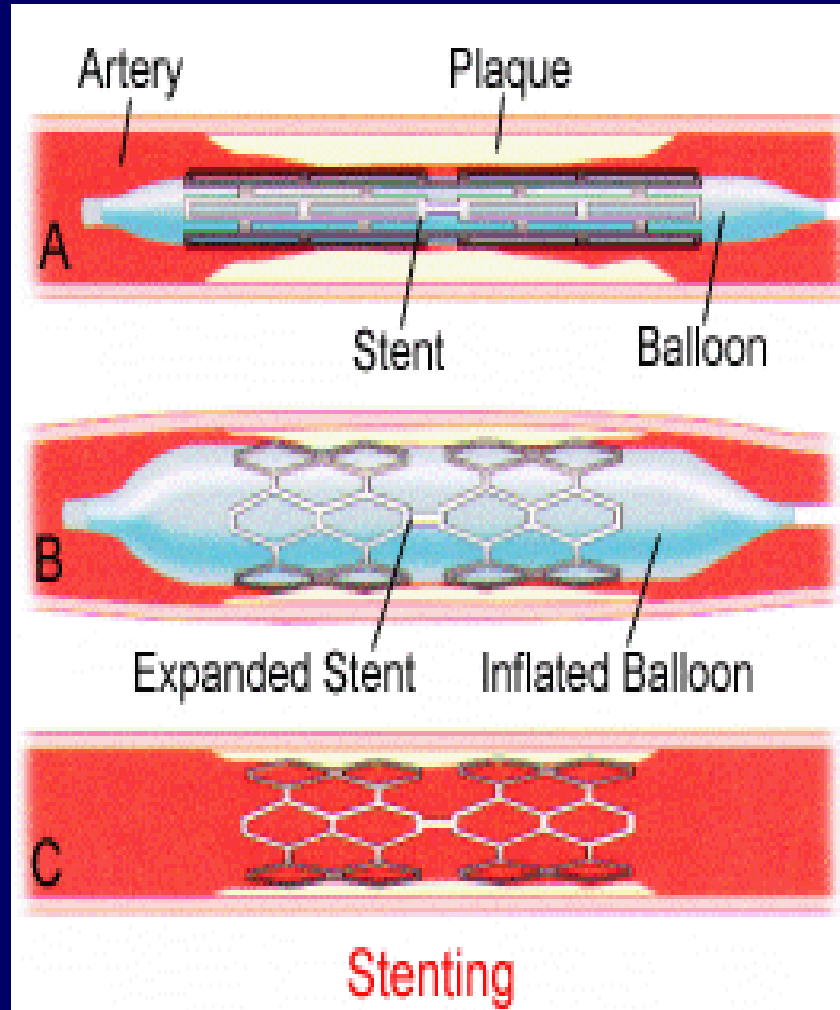
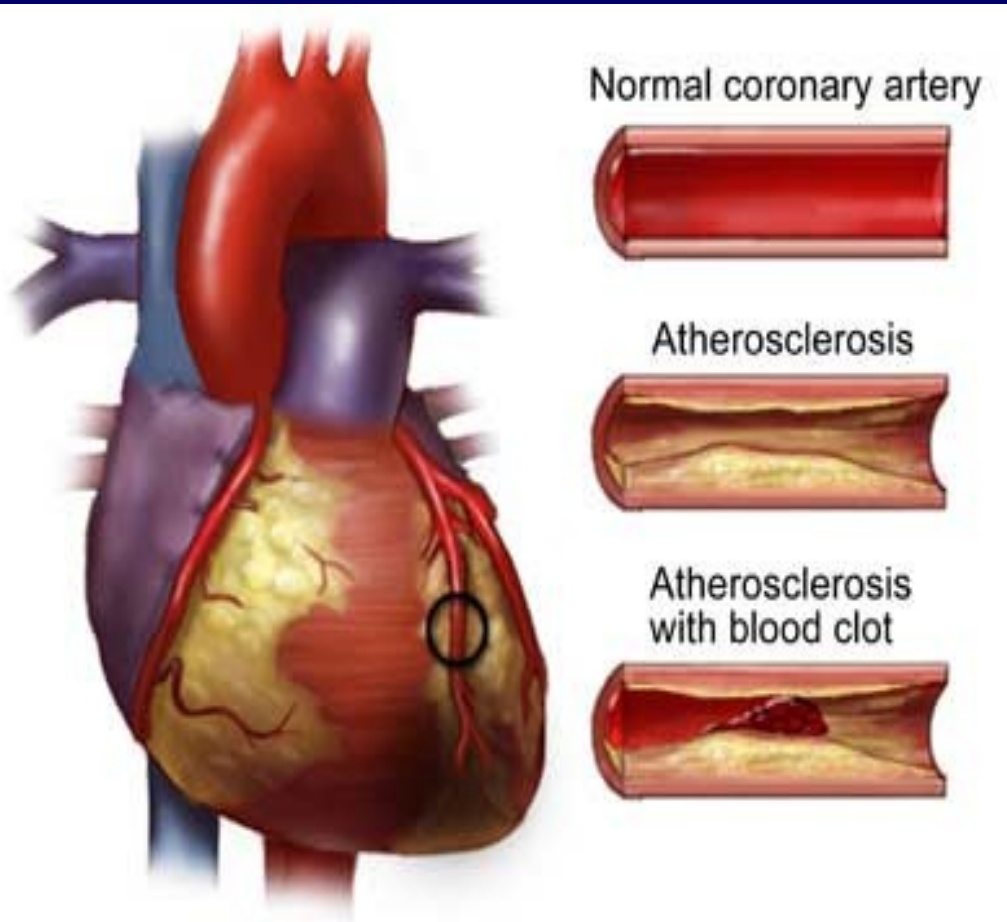
Ochorenia srdca a ciev

- **Chlopňové chyby** -vrodené a získané - stenózy a insuficiencie (liečba chirurgická - umelé chlopne)
- **Zápaly srdca** (po prekonaní chrípky, infekčných a imunitných ochorení)
- **Ateroskleróza koronárnych ciev** (liečba chirurgická)



Ateroskleróza koronárnych ciev

(zavedenie výstuže pomocou **stentov**-balónkovanie)



Srdce - angioplastika obídenie prekážky tzv. „by pass“ a stenting



e a r t . s w

Ďakujem za pozornosť !