

Biomechanika srdečněcévní soustavy a konstitutivní modelování

Biomechanika a lékařské přístroje
Biomechanika I Lukáš Horný



Laboratoř biomechaniky člověka
Ústavu mechaniky Fakulty strojní
ČVUT v Praze

E – Empirická pozorování

E1 a E2 Anatomické, fyziologické a patologické poznámky

Empirická pozorování

E1 Anatomie a fyziologie krevního oběhu

E2 Vybrané patologické jevy a projevy stáří

E3 Biomechanické vlastnosti in vivo

E4 Biomechanické vlastnosti ex vivo/in vitro

Anatomie a fyziologie

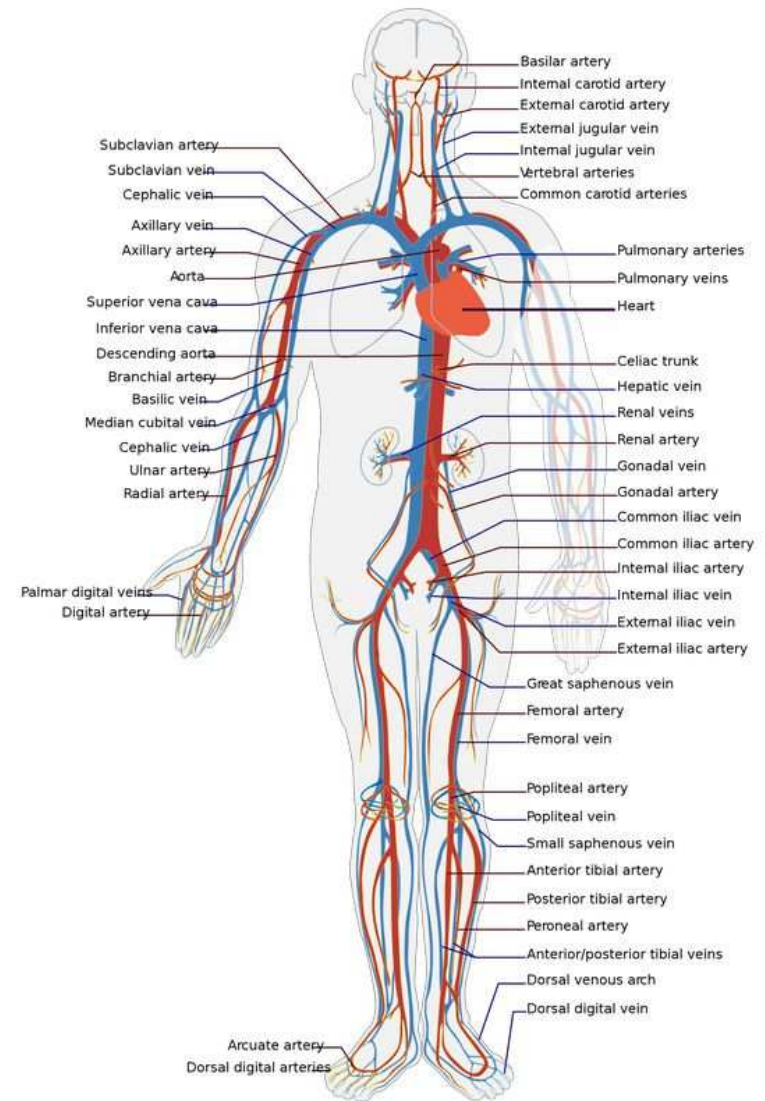
■ Krevní oběhová soustava

Dva sériově řazené okruhy

Vysokotlaká a nízkotlaká část

Funkce

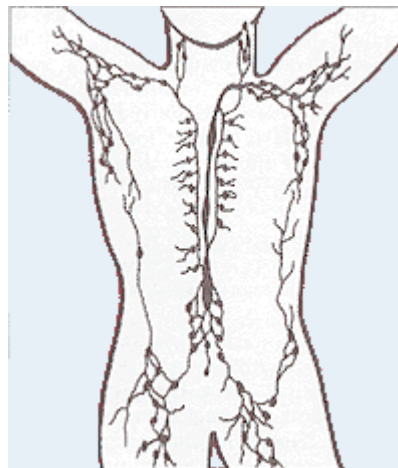
transport – O_2 , CO_2 , živin, metabolitů, hormonů
ad.; **imunita, termoregulace**



■ Mízní oběh

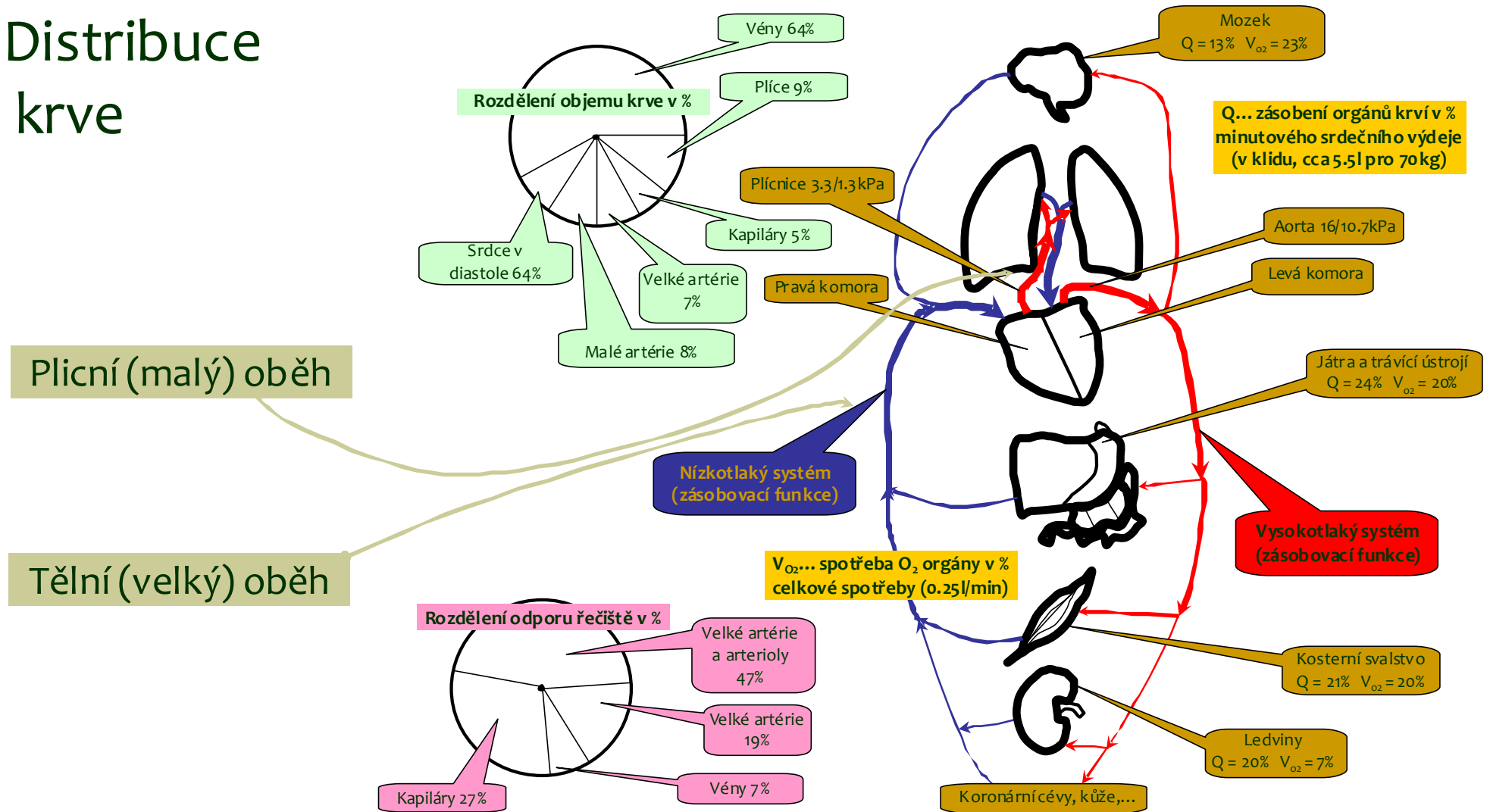
Jednosměrný

tkáňový mok do krve



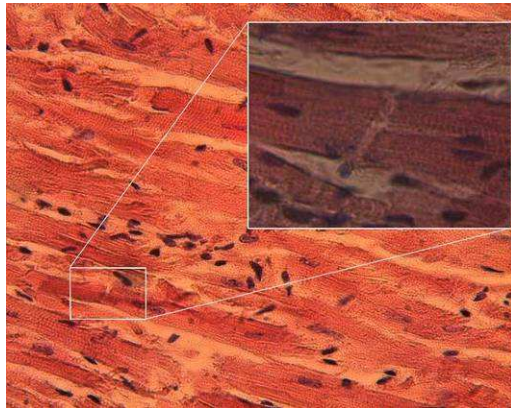
Anatomie a fyziologie

■ Distribuce krve

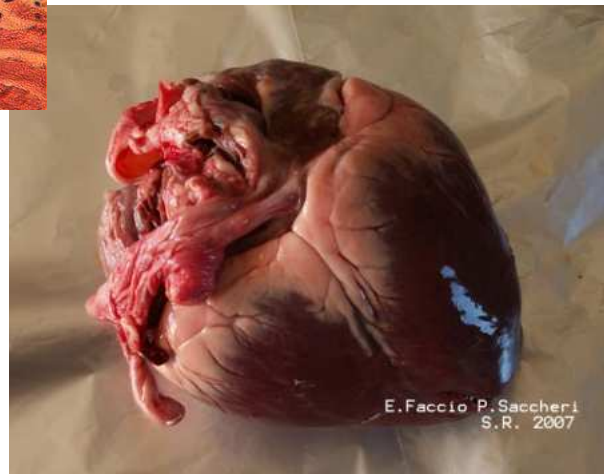


Anatomie a fyziologie

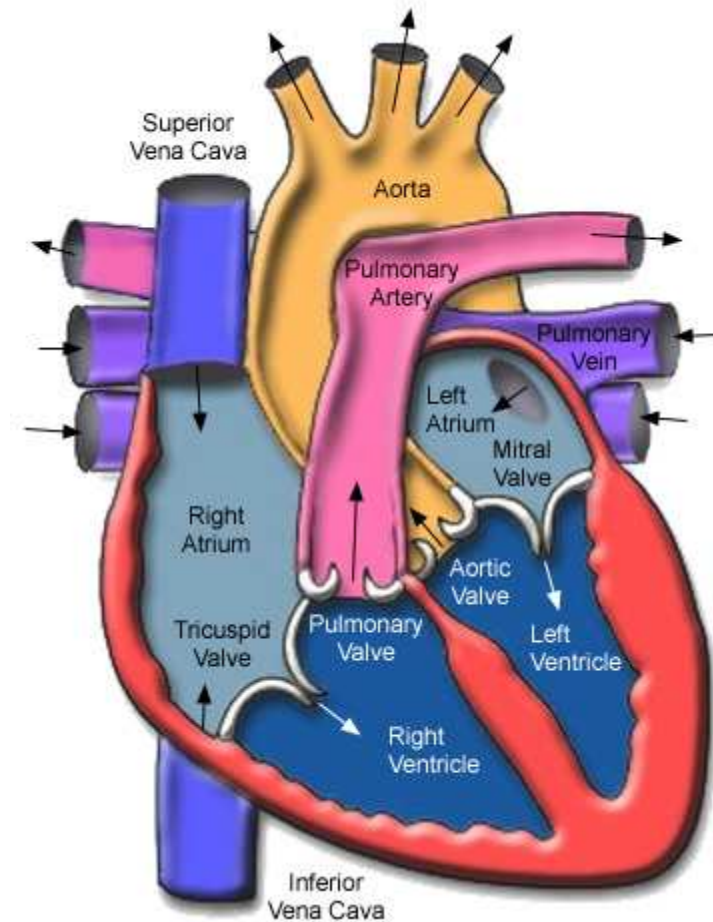
■ Srdce



Histologický řez myokardu

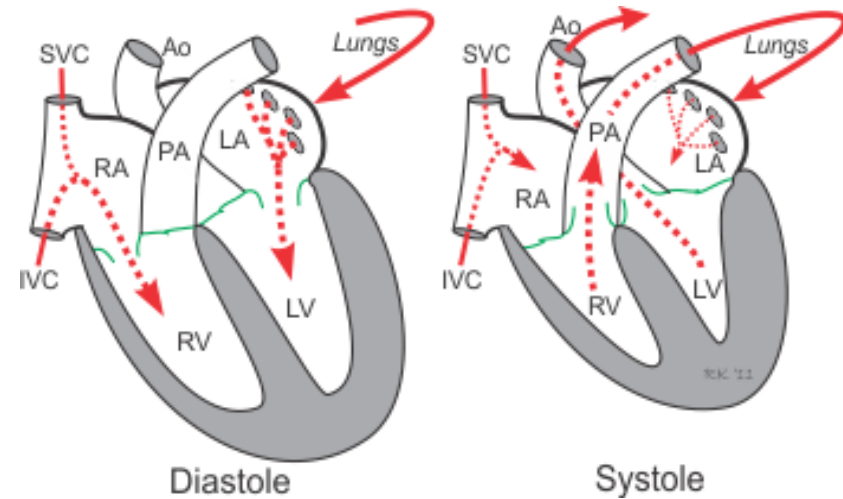
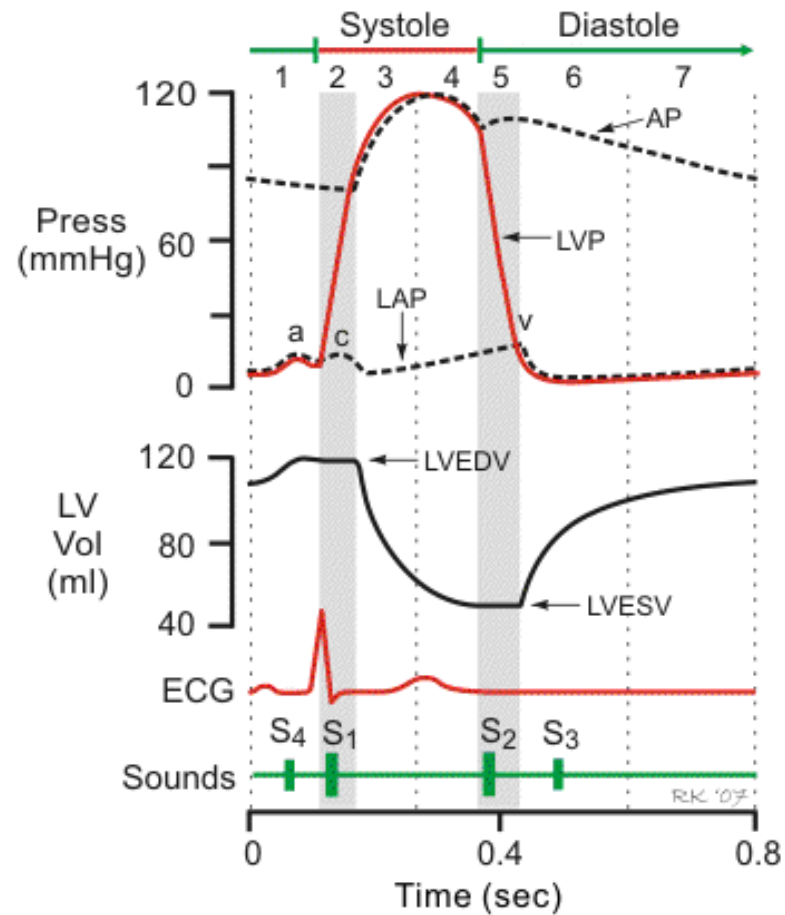


Lidské srdce



Anatomie a fyziologie

■ Srdeční akce

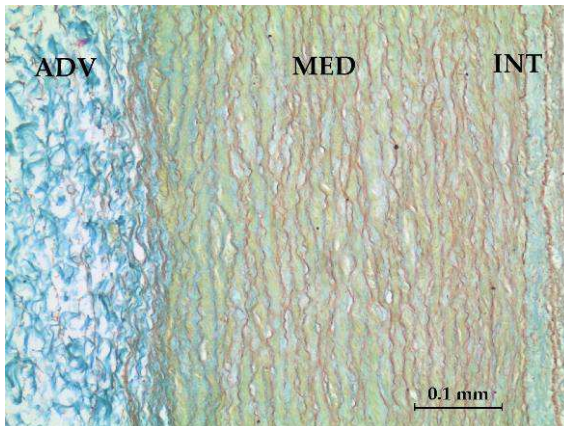


www.cvphysiology.com/Heart%20Disease/HD002.htm

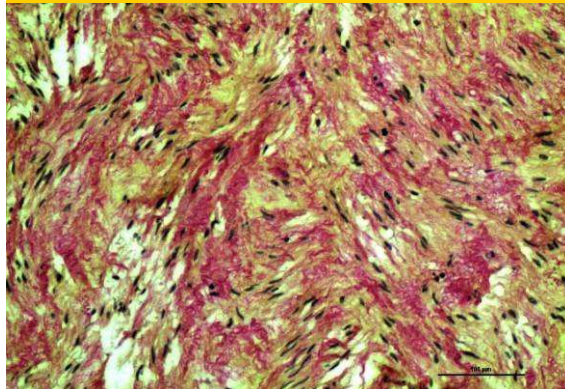
EKG link http://www.pharmacology2000.com/Cardio/Cardio_risk/adult_cardiac_procedures/physiol.htm

Anatomie a fyziologie

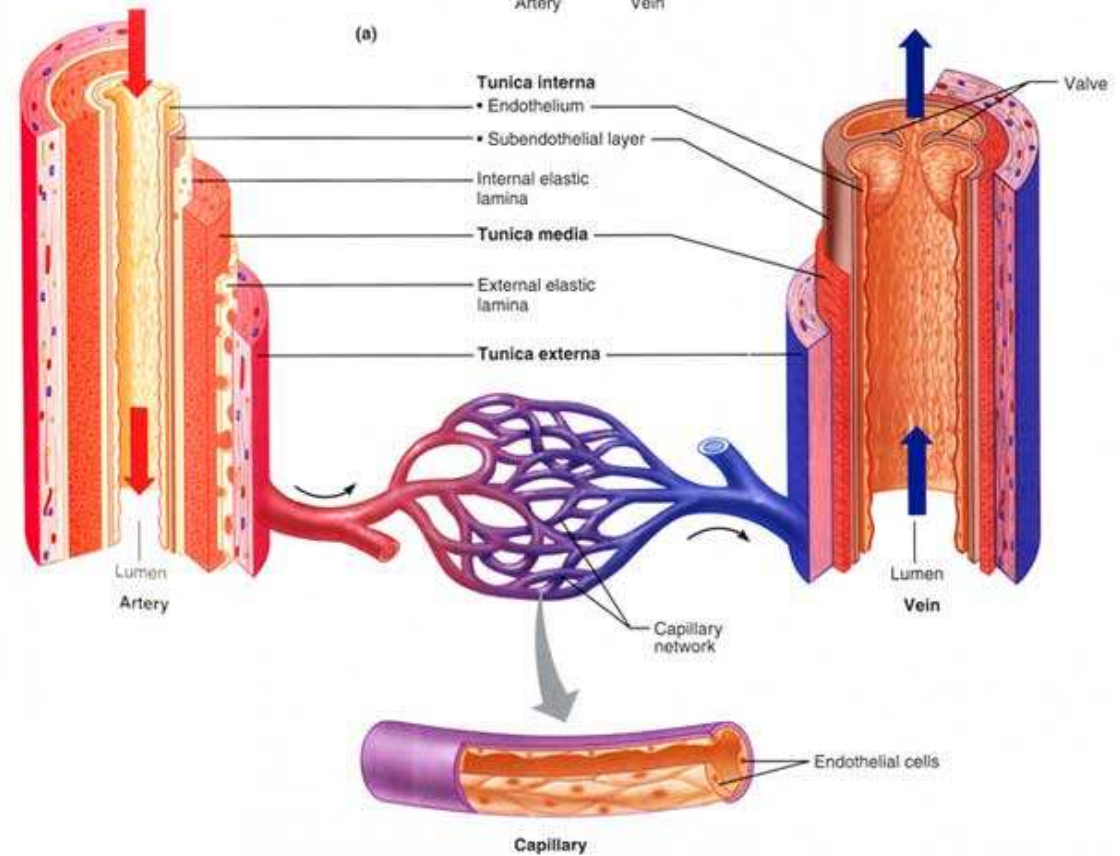
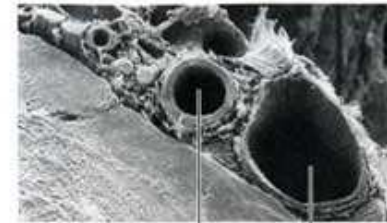
■ Krevní cévy



Histologický řez břišní aortou
(normála ve směru obvodu)

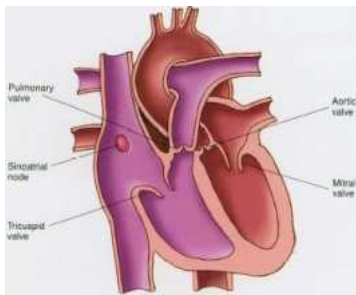


Histologický řez medií břišní aorty
(normála v radiálním směru)

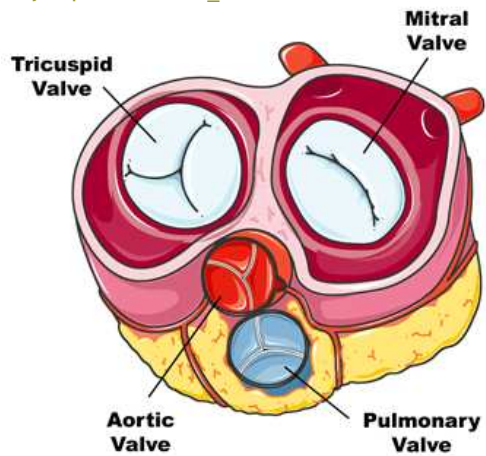


Anatomie a fyziologie

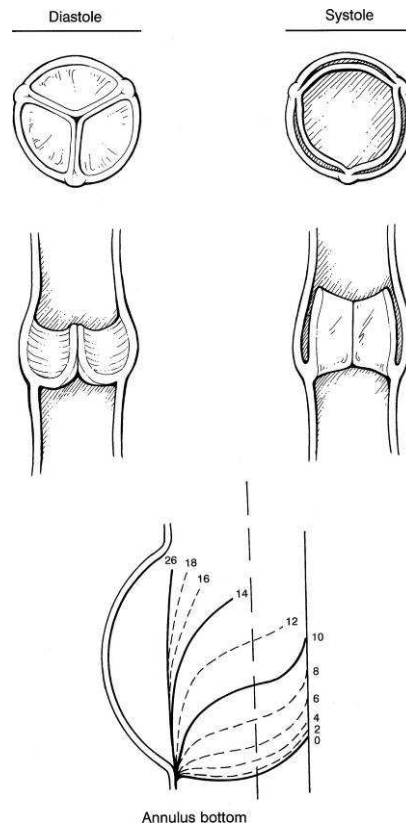
■ Chlopně Srdeční



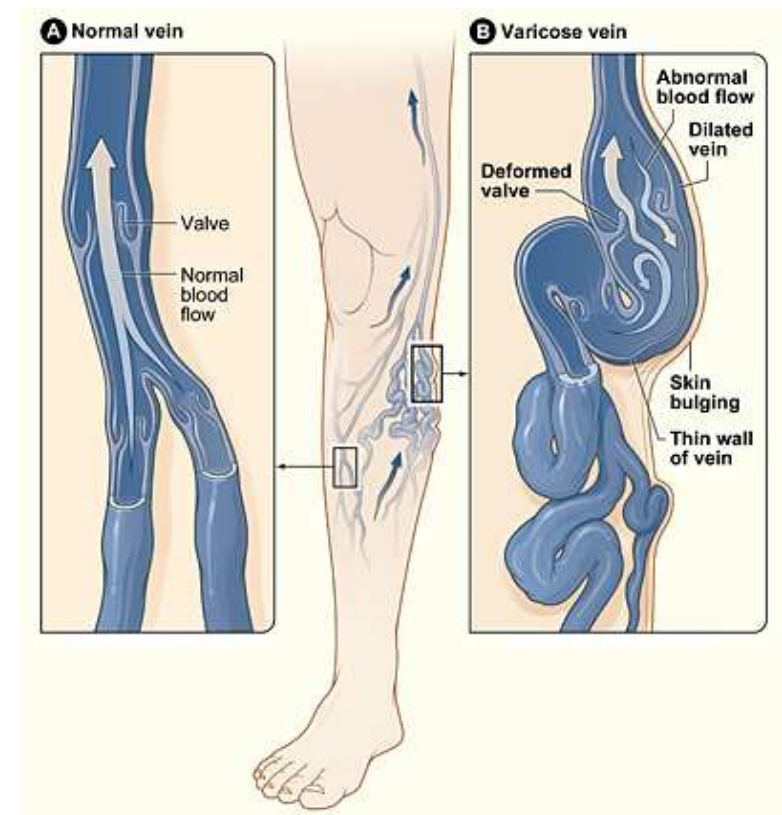
http://www.daviddarling.info/encyclopedia/H/heart_valves.html



<http://www.mpoullis.net/bsemonds2/30.htm>



Žilní

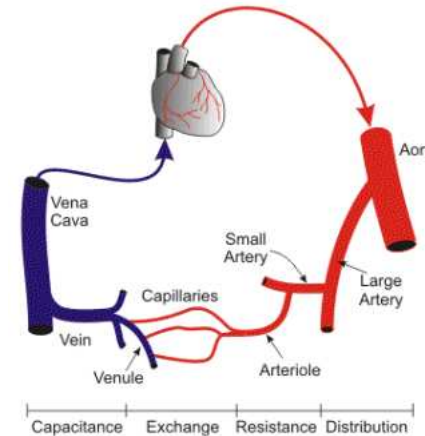
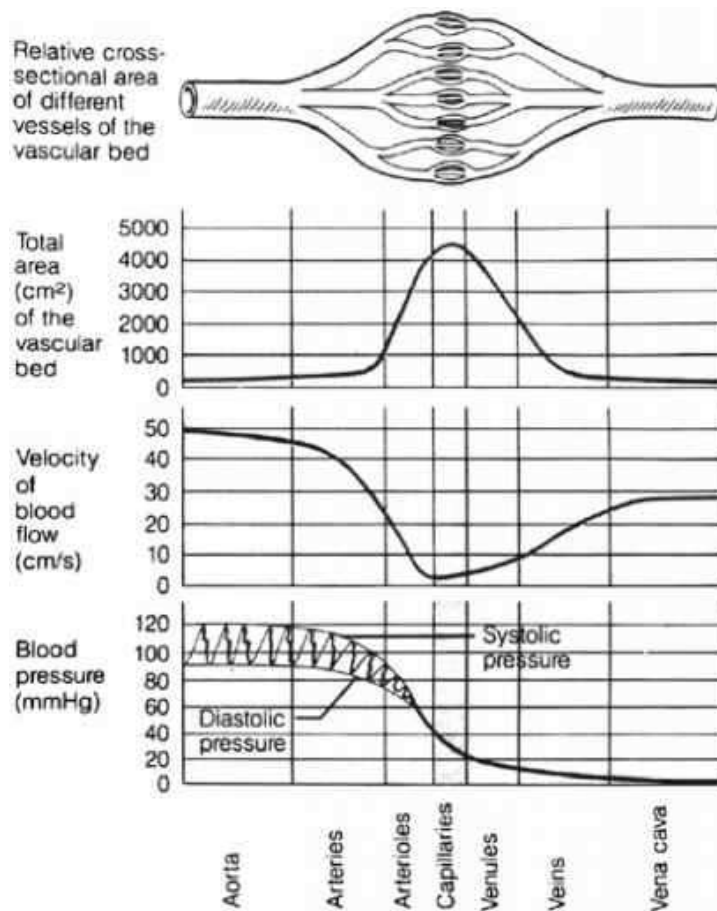


http://en.wikipedia.org/wiki/Varicose_veins

<http://www.heart-valve-surgery.com/anatomy-valve-problems-stenosis-regurgitation.php>

Anatomie a fyziologie

■ Krevní tlak



VESSEL TYPE	DIAMETER (mm)	FUNCTION
Aorta	25	Pulse dampening and distribution
Large Arteries	1.0 - 4.0	Distribution of arterial blood
Small Arteries	0.2 - 1.0	Distribution and resistance
Arterioles	0.01 - 0.20	Resistance (pressure & flow regulation)
Capillaries	0.006 - 0.010	Exchange
Venules	0.01 - 0.20	Exchange, collection, and capacitance
Veins	0.2 - 5.0	Capacitance function (blood volume)
Vena Cava	35	Collection of venous blood

Vybrané patologické jevy

■ Ateroskleróza

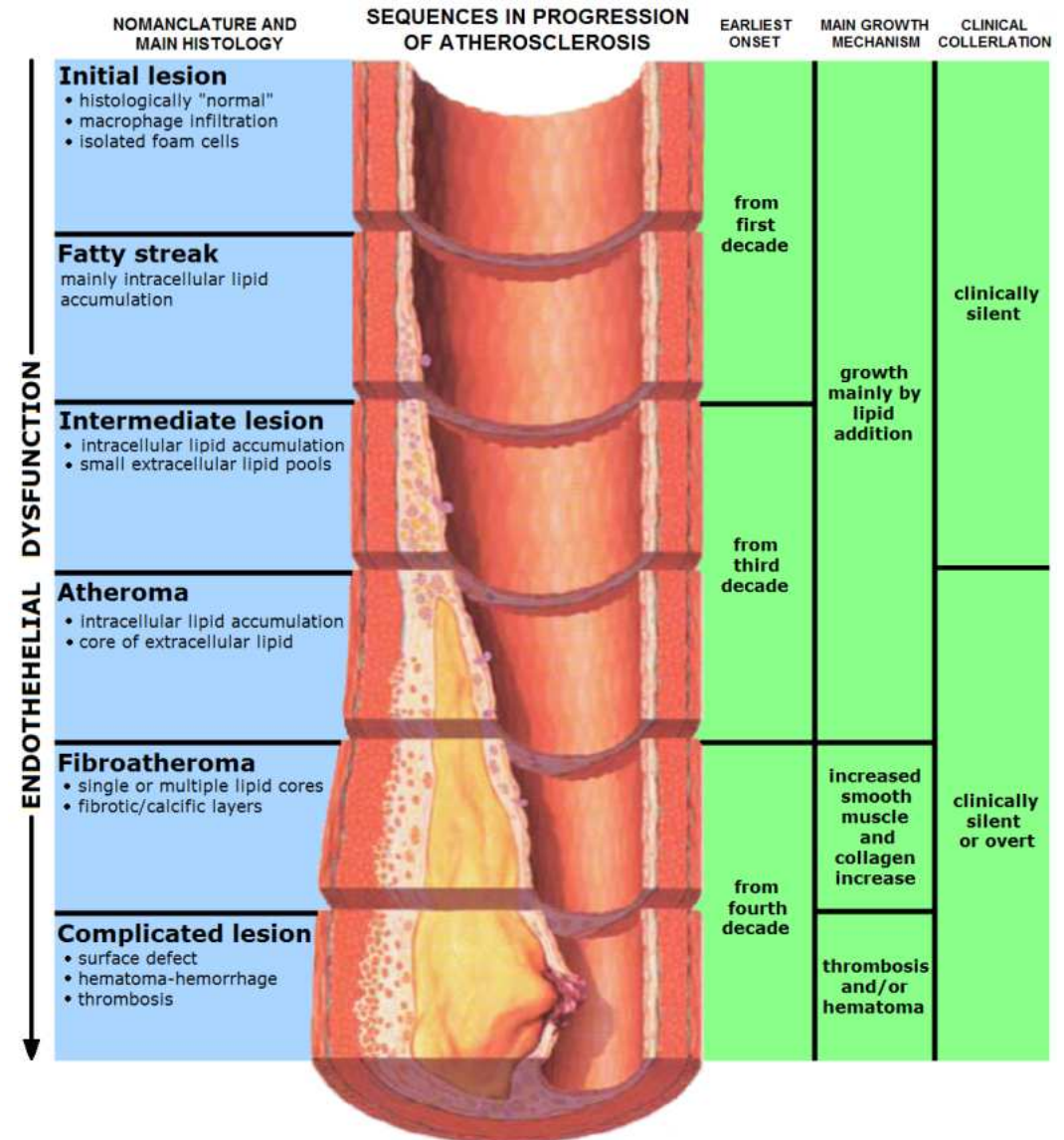
Onemocnění primárně postihující vnitřní výstelku, které se rozvine v léze zasahující do medie.

Rozvine-li se zásah do medie, dojde k setření rozdílu mezi aterosklerózou a arteriosklerózou (protože souběžně dojde k elastokalcinóze/elastolýze).

Kauzálním důsledkem aterosklerózy jsou ischemické choroby, infarkty,..., (a v posloupnosti dalších událostí smrt).

<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Ateroskler%C3%B3za>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Atherosclerosis>



Vybrané patologické jevy

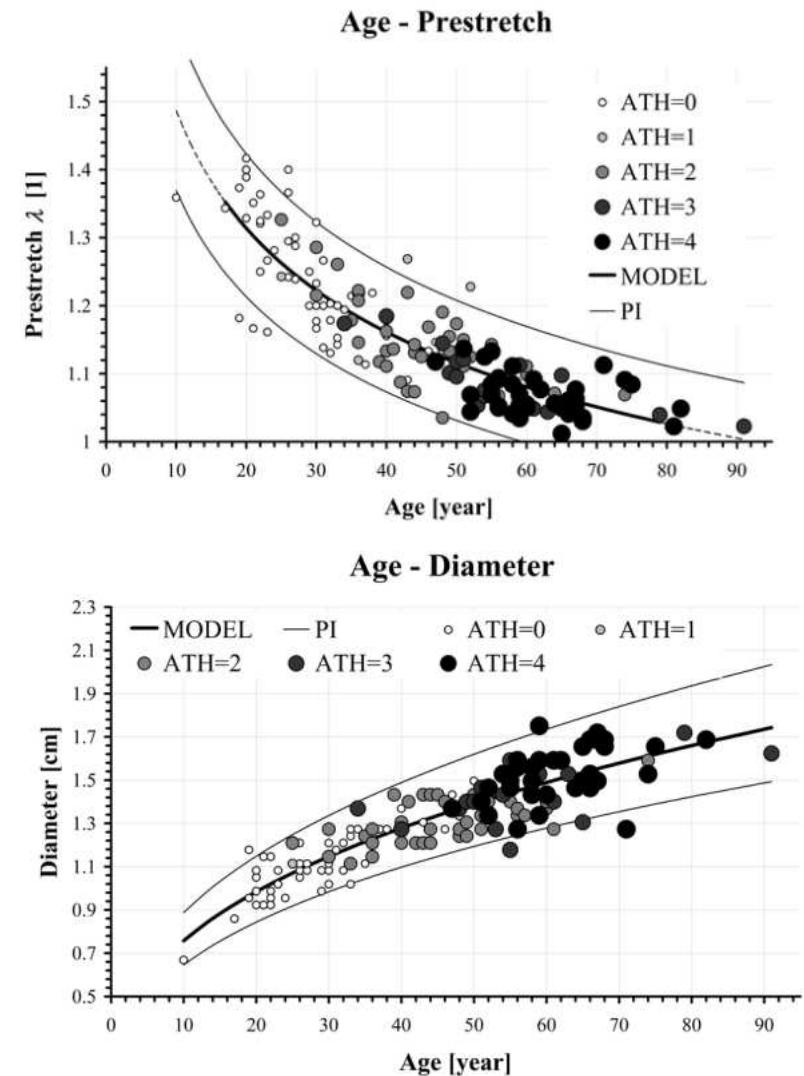
■ Arterioskleróza

Onemocnění primárně postihující vnitřní střední vrstvu tepenné stěny, medii.

Během něj dochází ke kalcifikaci elastických membrán a jejich celkové degradaci (vlivem elastolytických enzymů). Tyto pozvolné změny jsou doprovázeny mechanobiologickou reakcí, **adaptací** na změněné podmínky. Tato remodelace vede k vyšší syntéze kolagenů zapojených do mechanické odezvy. To, společně s kalcifikací, vede k:

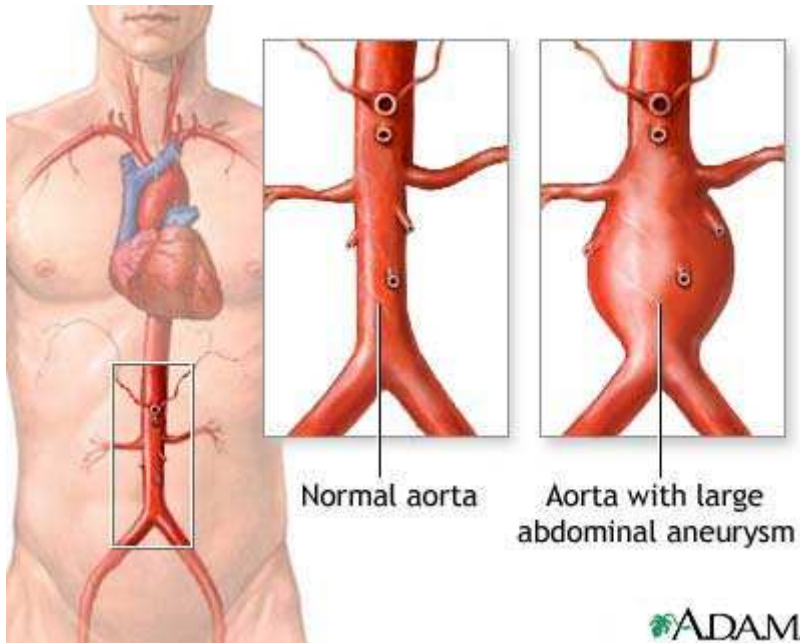
- (1) tuhnutí cévy
- (2) ztrátě jejího předpětí
- (3) nárůstu jejího poloměru

Též dochází k transdiferenciaci SMC.



Vybrané patologické jevy

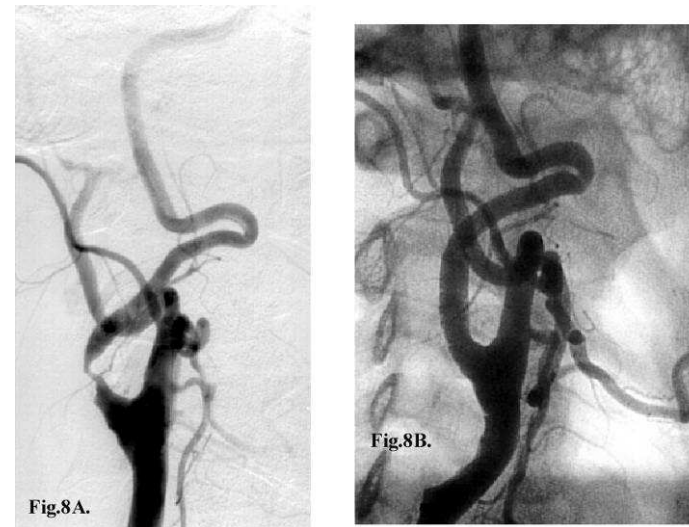
■ Aneuryzma



<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/18072.htm>

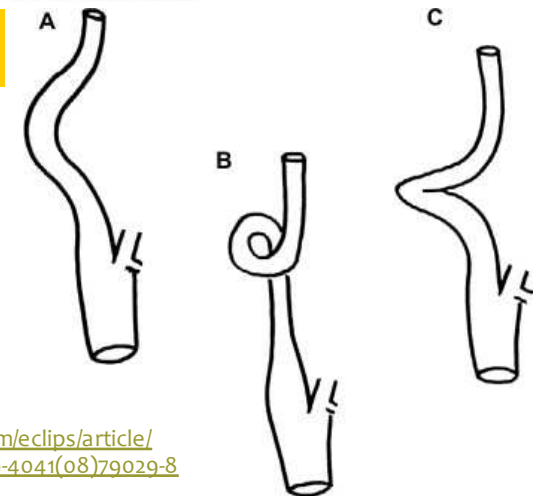
<http://en.wikipedia.org/wiki/Aneurysm>

■ Tortuozita



Tortuozita okludované pravé karotidy před a po implantaci stentu.

http://www.neuro.neva.ru/RNOnline_22/English/Issues/Articles_2_2000/vitek.htm



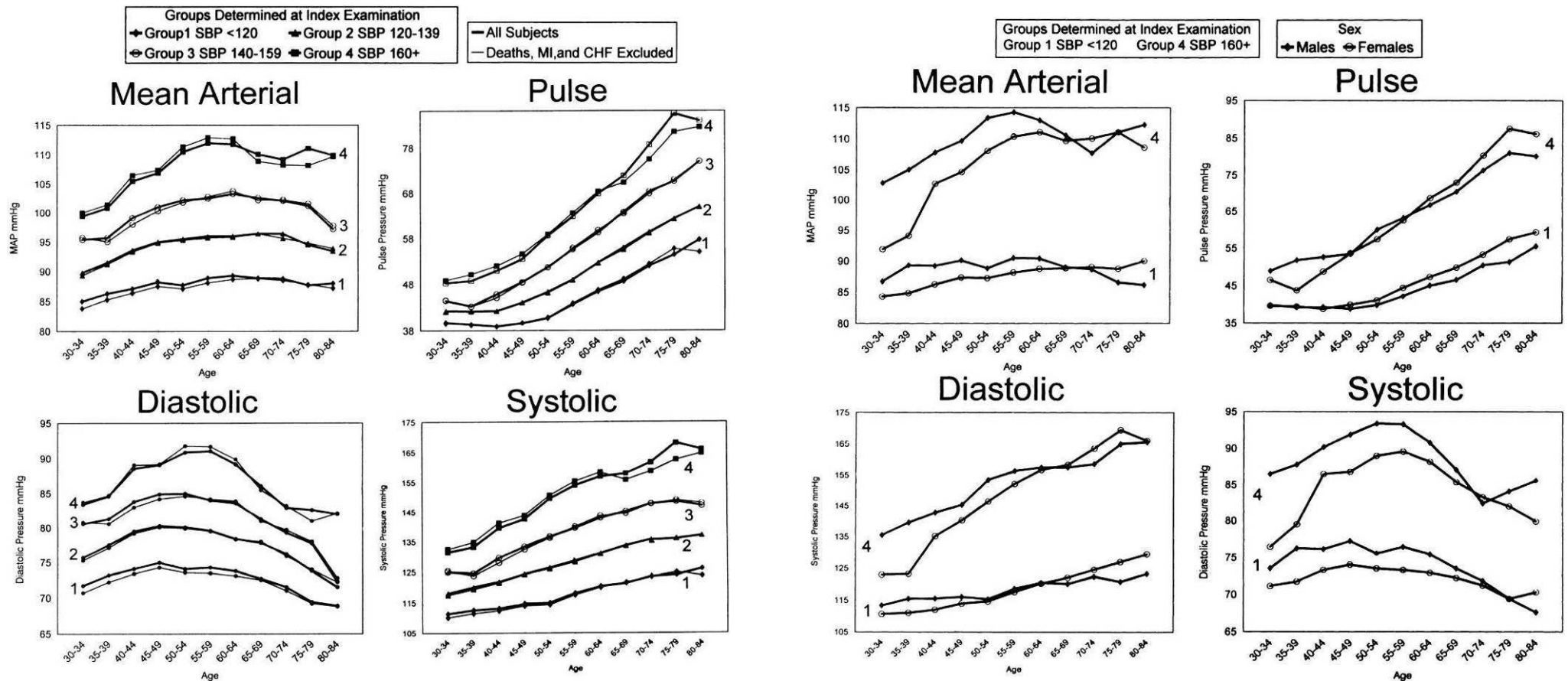
[http://eclips.consult.com/eclips/article/Vascular-Surgery/S0749-4041\(08\)79029-8](http://eclips.consult.com/eclips/article/Vascular-Surgery/S0749-4041(08)79029-8)

Vybrané patologické jevy a aging

■ Krevní tlak vzhledem k věku

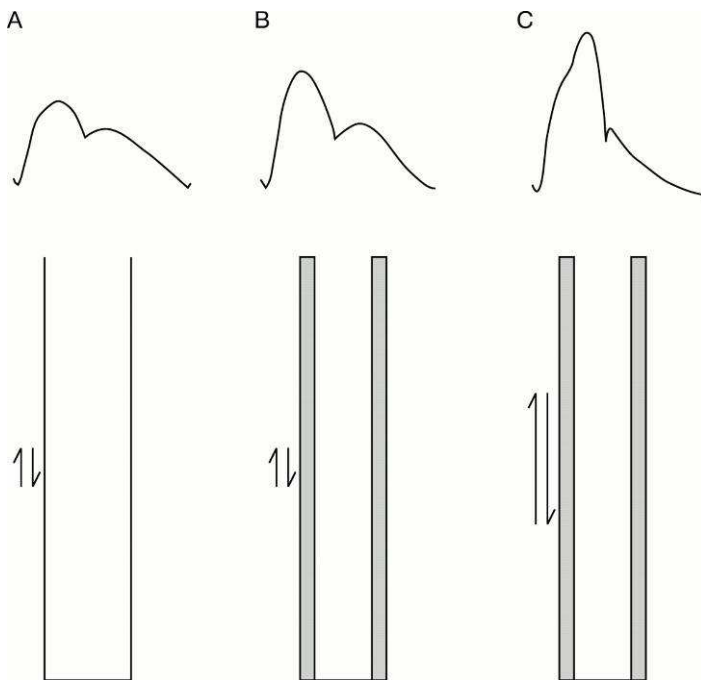
<http://circ.ahajournals.org/content/96/1/308.full>

Franklin SS et al. (1997) Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure: the Framingham heart study. *Circulation* 96:308-315.



Vybrané patologické jevy a aging

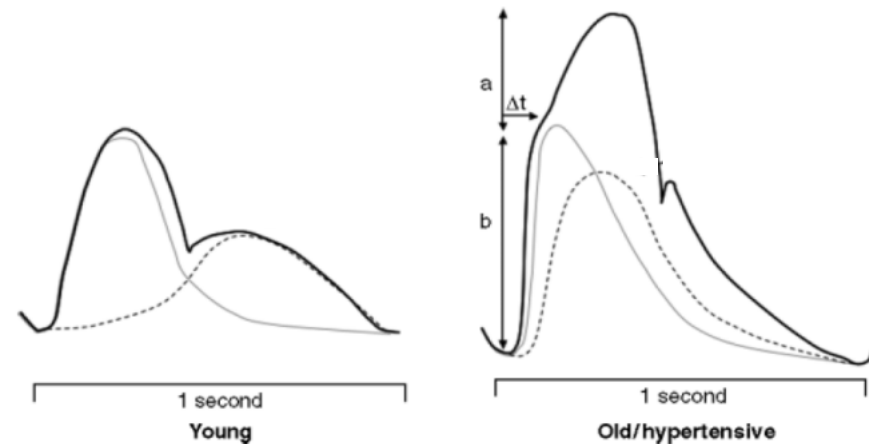
■ Tlaková pulsní vlna



Poddajnost systému a tvar pulsní vlny.

<http://heart.bmj.com/content/85/5/484.full>

Khattar R, Swales JD (2001) Pulse pressure and prognosis. Heart 85:484-486



Věk, rychlost a tvar pulsní vlny.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/path.2101/pdf>

Greenwald SE (2007) Ageing of the conduit arteries. J Pathol. 211(2):157-72.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109707012636>

O'Rourke MF, Hashimoto J. (2007) Mechanical factors in arterial aging: a clinical perspective. J Am Coll Cardiol. 50(1):1-13.

Vybrané patologické jevy

■ Některé další

Ehlersův-Danlosův syndrom

Porucha syntézy kolagenů

http://en.wikipedia.org/wiki/Ehlers%E2%80%93Danlos_syndrome

<http://en.wikipedia.org/wiki/Collagen>

Marfanův syndrom

Porucha syntézy fibrilinu

http://en.wikipedia.org/wiki/Marfan_syndrome

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fibrillin>

Chlopenní vady

Ateroskleróza

http://en.wikipedia.org/wiki/Valvular_heart_disease