

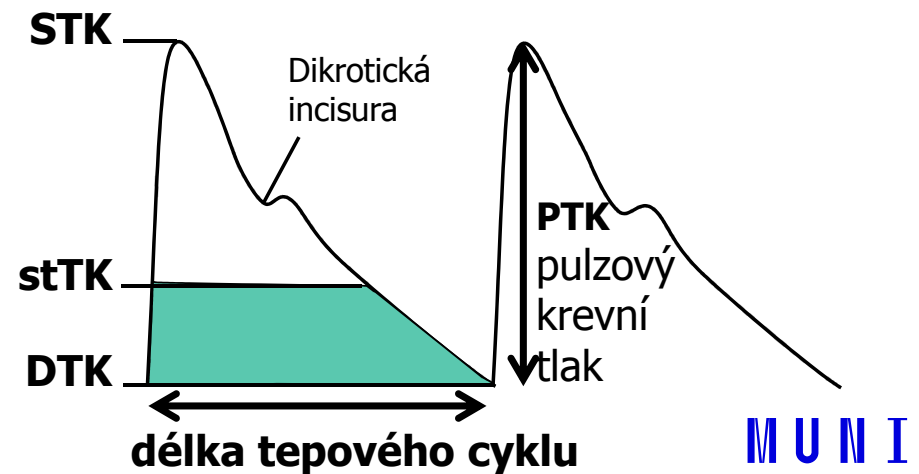
Krevní tlak

Praktické cvičení z fyziologie (jarní semestr: 7. – 9. týden)

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Křivka arteriálního krevního tlaku v průběhu tepového cyklu

- **Krevní tlak (TK): tlak krve na stěnu cévy**
(arteriální TK: část energie systoly přeměněná na boční tlak působící na cévní stěnu)
- **Střední TK(stTK) :** průměrná hodnota krevního tlaku v průběhu jednoho tepového cyklu (integrál tlakové křivky; **plocha nad stTK = plocha pod stTK** – viz křivka)
(stTK je dopočítávaná veličina, nejedná se o aritmetický průměr hodnot systolického (STK) a diastolického (DTK) tlaku, protože čas trvání systoly a diastoly v průběhu srdečního cyklu se liší)
 $PTK = STK - DTK$; $stTK \approx DTK + 1/3 PTK$
- **Definice:**
 - **STK (systolický TK)**
nejvyšší krevní tlak v průběhu tepového cyklu
 - **DTK (diastolický TK)**
nejnižší krevní tlak v průběhu tepového cyklu
 - **Pozor:** hodnoty STK a DTK se liší v jednotlivých částech srdce a cévního systému



Krevní tlak

Krevní tlak je funkcí srdečního výdeje a periferního odporu

- STK je závislý především na SV
- DTK je závislý především na TPR

$$\begin{array}{ccccc} \text{Arteriální} & & \text{Srdeční výdej} & & \text{Celková periferní} \\ \text{krevní tlak} & = & \text{(SV)} & * & \text{rezistence} \\ \text{(TK)} & & & & \text{(TPR)} \\ & & \swarrow & & \searrow \\ & & \text{Srdeční frekvence} & * & \text{Systolický objem} \\ & & \text{(SF)} & & \text{(SO)} \end{array}$$

Regulace krevního tlaku

- Krátkodobá – nejdůležitější zástupce: baroreflex
- Střednědobá – nejdůležitější zástupce: renin-angiotenzin-aldosteron systém (RAAS)
- Dlouhodobá – hormonální regulace objemu cirkulujících tekutin

Regulace krevního tlaku – baroreflex

- Autonomní nervový systém: sympatikus (\uparrow TK, SF, SO a TPR) X parasympatikus (\downarrow TK, SF, SO a TPR)
- Funkce baroreflexu – regulace rychlých změn TK změnou SF a TPR
- baroreceptory – sinus caroticus + sinus aorticus; aferentace: n.vagus, glosopharyngeus

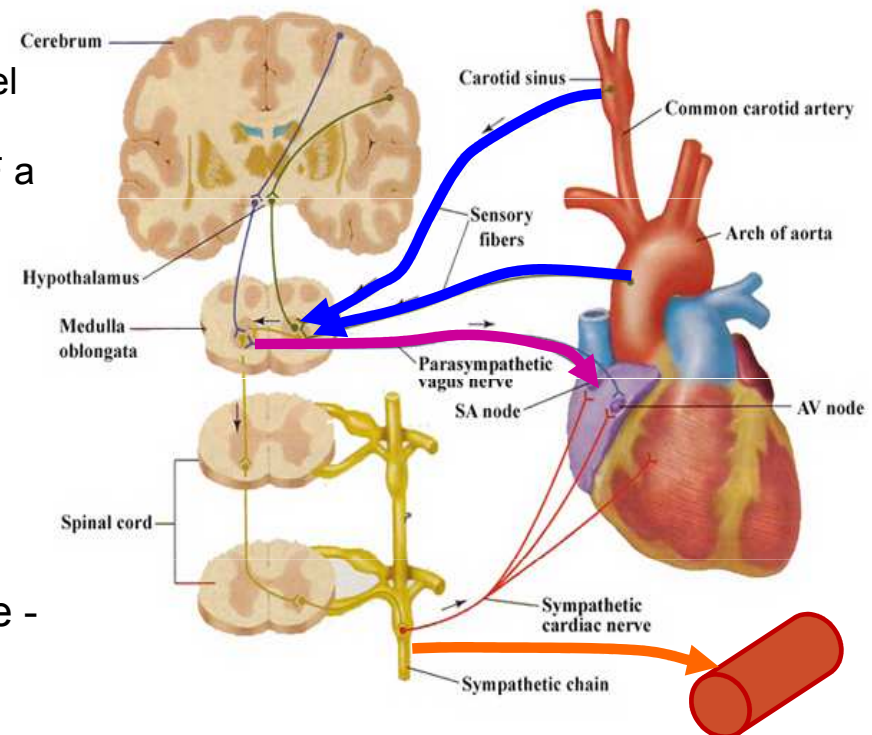
– Srdeční větev baroreflexu:

- Parasympatická eferentace: rami cardiaci nn. vagi inervující SA uzel
- \downarrow SF a tím i TK
- Sympatická eferentace: nn. cardiaci - změny SF a kontraktility (\uparrow SF a tím i TK)

– Cévní větev baroreflexu:

- eferentace: pouze sympatická inervace hladké svaloviny, především arterií
 \uparrow aktivity sympatiku \rightarrow vazokonstrikce a tím
 \uparrow TPR a naopak

(poznámka: vazokonstrikce malých arterií a arteriol, venokonstrikce -
5 redistribuce objemu krve)



Změny krevního tlaku

– Krátkodobé vlivy

- množství krve - vliv na systolický objem/srdeční výdej (krvácení, dehydratace)
- vnější tlak na cévy – intratorakální a intraabdominální tlak (kašláním, defekace, porod, umělá ventilace)
- Poloha – ortostatická/klinostatická reakce (redistribuce krve v důsledku gravitace)
- CNS – emoce, stres, psychická zátěž,...
- fyzická zátěž – charakter zvýšení krevního tlaku závisí na intenzitě, délce a typu zátěže
- teplo (vazodilatace - pokles TPR), chlad (vazokonstrikce - nárůst TPR)
- alkohol, léky,...

– Dlouhodobé vlivy

- vliv věku (nejrychlejší růst do ukončení puberty, v dospělosti lehký růst především STK)
- vliv pohlaví (muži mívají vyšší TK)
- Vrozené dispozice

Metody měření arteriálního krevního tlaku

v praktiku:

Palpační
(tonometr)



Auskultační
(tonometr a
fonendoskop)



Oscilometrická



další možnosti:

24-hodinové měření krevního tlaku



Fotopletysmografická (volume-clamp metoda, Peňázova)



Základní princip: Laminární / turbulentní proudění

(Korotkovův fenomén detekovaný auskultačně, oscilace detekované oscilometricky)

laminární proudění $Re < 2000$
turbulentní proudění $Re > 3000$

Reynoldsovo číslo Re : pravděpodobnost vzniku turbulentního proudění

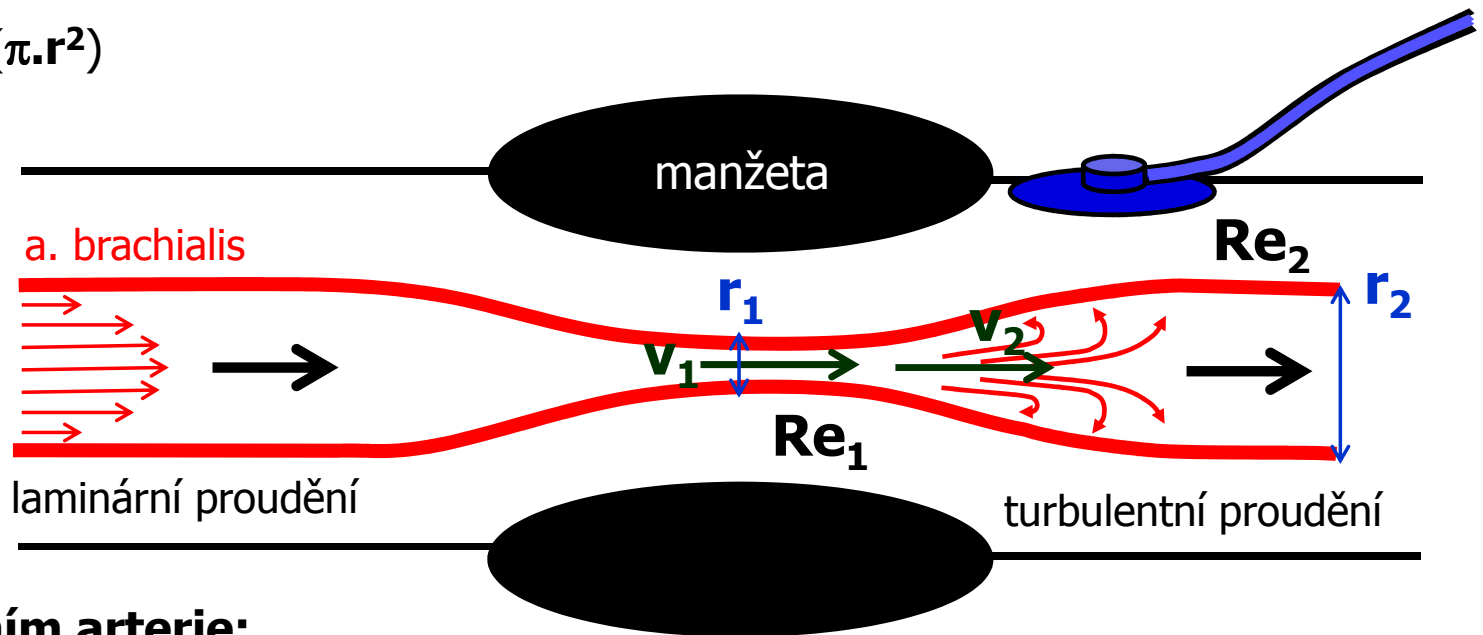
v : rychlost toku krve

S : plocha průřezu cévy ($\pi \cdot r^2$)

ρ : hustota kapaliny

η : viskozita kapaliny
(nižší u anémie)

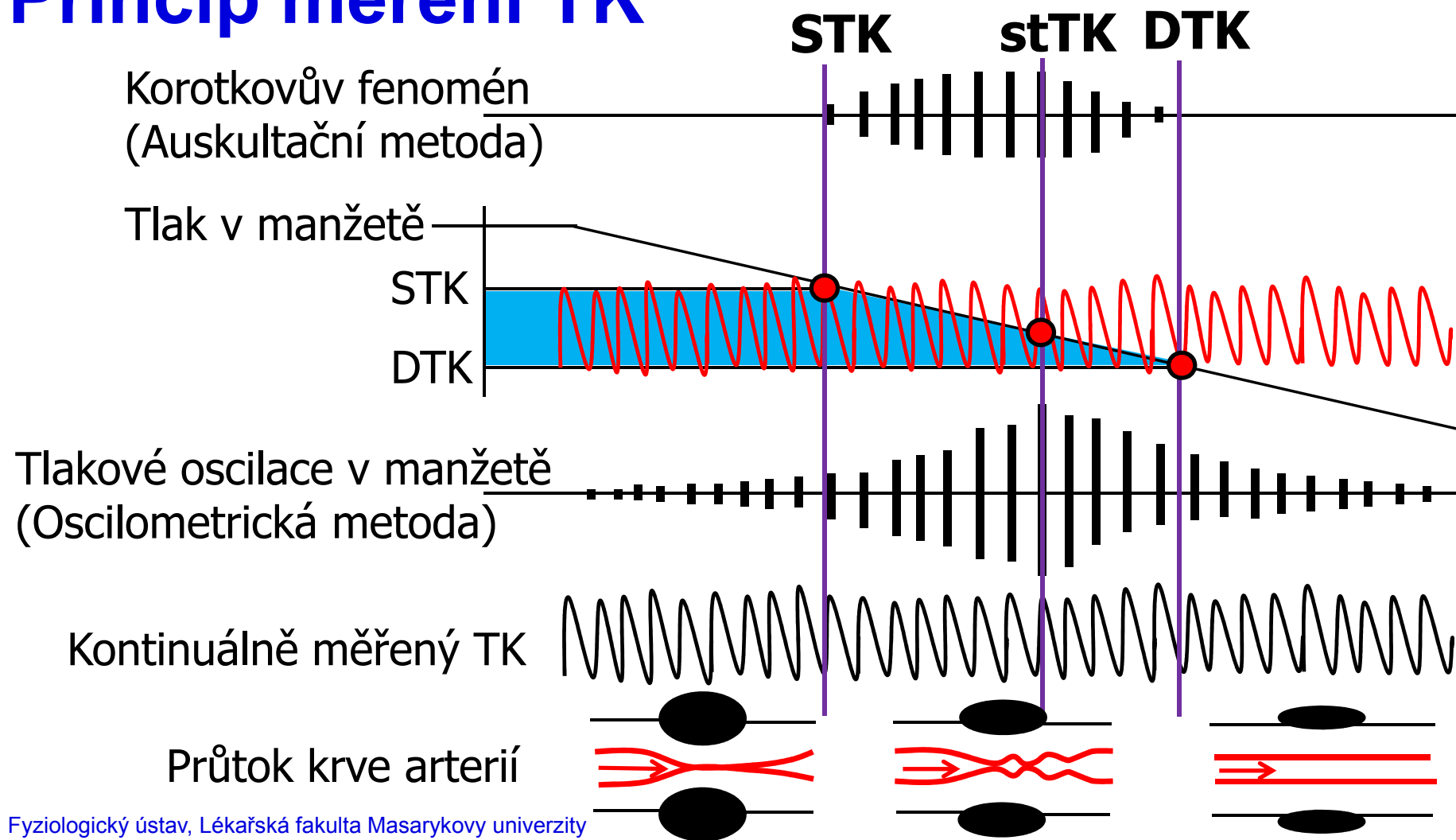
$$Re = \frac{v \cdot S \cdot \rho}{\eta}$$



situace těsně za zúžením arterie:

$$S_1 < S_2 \text{ a } v_1 \approx v_2 \rightarrow Re_1 < Re_2 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

Princip měření TK



Zásady měření krevního tlaku

- Prostředí: příjemná teplota místnosti, klid
- Poloha: pacient sedí s opřenými zády, obě nohy spočívají na podlaze, předloktí spočívá na podložce, paže je ve výšce srdce
- Přiměřená velikost manžety, správné umístění
- Měření probíhá v klidu a začíná po 5 – 10 min klidu
- Měření auskultační metodou
 - Manžetu nafukujeme na tlak o 30 mmHg vyšší než je tlak, při kterém vymizel radiální pulz
 - Rychlost snižování tlaku v manžetě je 2 – 3 mmHg/s
 - Tlak se odečítá s přesností na 2 mmHg
- Tlak má být měřen 3x v alespoň pětiminutových rozestupech a orientujeme se podle průměru ze dvou posledních měření

metoda	výhody	nevýhody	měřená hodnota
auskultační	<ul style="list-style-type: none"> • přesnější odhad STK/DTK • jednoduchá, nevyžaduje el. napájení 	<ul style="list-style-type: none"> • subjektivní, náročná na zkušenost a hlučnost prostředí • STK/DTK z různého srdečního cyklu 	STK a DTK
oscilometrická	<ul style="list-style-type: none"> • přesnější odhad stTK • automatická, rychlá • lze provádět laikem, levná (domácí měření) 	<ul style="list-style-type: none"> • DTK/STK je dopočítán (závislost na modelu pro výpočet, vliv tvaru pulzové křivky) • STK/DTK z různého srdečního cyklu • není možné použít u arytmie 	stTK, někdy také STK (dle typu přístroje)
24 – hodinový krevní tlak	<ul style="list-style-type: none"> • záznam TK v průběhu celého dne • vyloučení hypertenze bílého pláště 	<ul style="list-style-type: none"> • rušivý vliv nafukující se manžety (hlavně během spánku) • STK/DTK z různého srdečního cyklu 	hodnoty měřené každých 15 – 60 min
fotopletyso- grafická (Peňázova)	<ul style="list-style-type: none"> • kontinuální záznam TK • možnost výpočtu STK a DTK tep po tepu (analýza variability TK) 	<ul style="list-style-type: none"> • obvykle měření z prstu, nutnost dopočítání brachiálního TK • drahý přístroj 	kontinuální záznam TK

Diagnostika hypertenze

	krevní tlak	STK [mmHg]	DTK [mmHg]	možné komplikace
normální	optimální	<120	<80	
	normální	120 – 129	80 – 84	
	vyšší normální	130 – 139	85 – 90	
hypertenze	1. stupně	140 – 159	90 – 99	bez orgánových změn
	2. stupně	160 – 179	100 – 109	hypertrofie L komory, proteinurie, angiopatie,...
	3. stupně	> 180	> 110	morfologické a funkční změny některých orgánů, retinopatie, srdeční, renální nedostatečnost, ischemie CNS, krvácení do CNS,...

- izolovaná systolická hypertenze STK > 140 a DTK < 90
- vyšší normální tlak - doporučuje se každoroční sledování
- domácí měření pro vyloučení hypertenze bílého pláště

hypertenze je diagnostikována: průměrný TK ze 4 – 5 prohlídek je > 140/90; TK zjištěné během domácího měření opakovaně > 135/80; 24 – hodinové měření ukázalo průměrné TK > 130/80

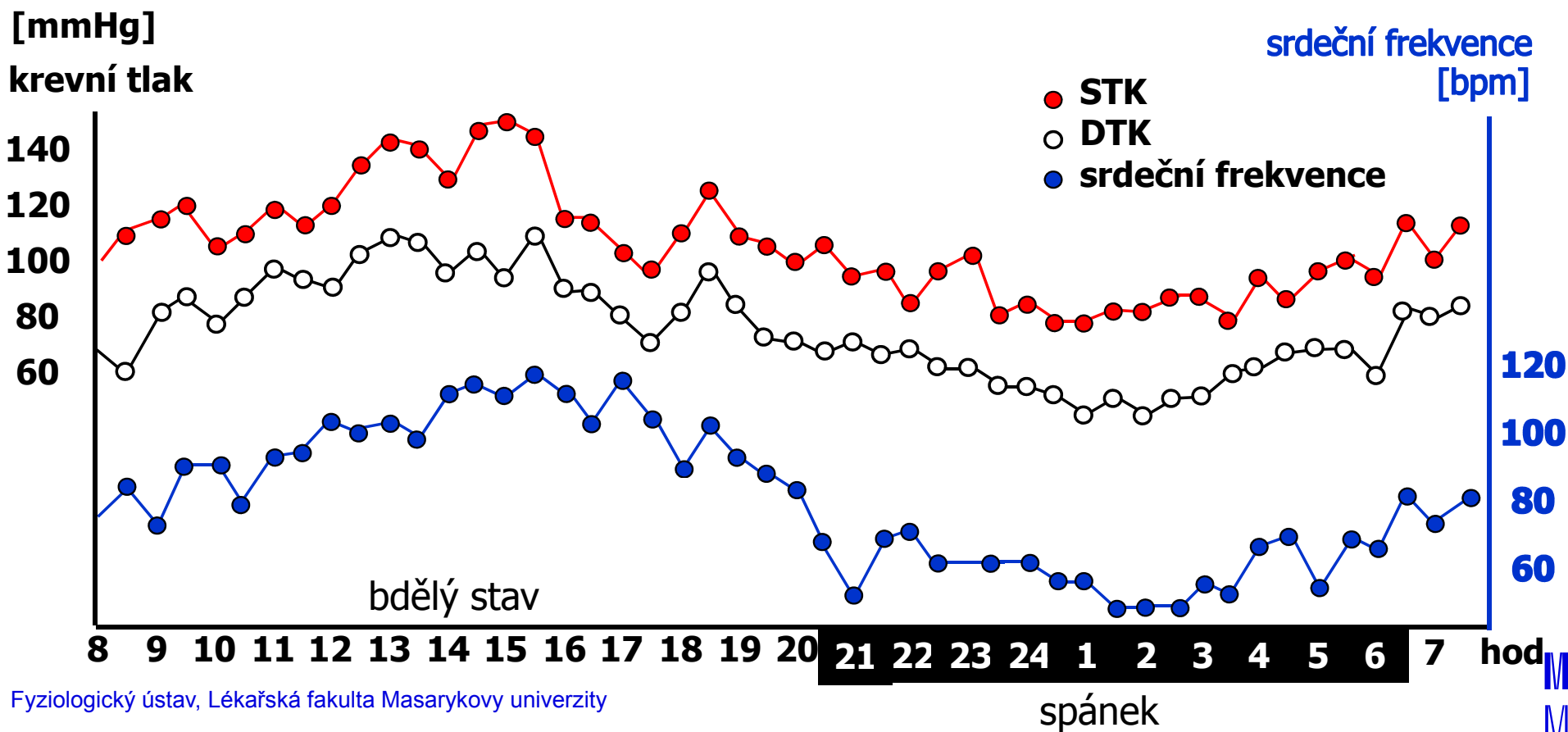
Změny krevního tlaku během fyzické zátěže

- nárůst krevního tlaku závisí na charakteru a velikosti a délce zátěže
- aktivace sympatiku: změny v kardiovaskulárním systému slouží pokrytí metabolických nároků pracujících svalů
- vliv dynamické zátěže na krevní tlak
- zvýšení srdečního výdeje → vzestup STK
- redistribuce krve v těle – metabolická vazodilatace ve svalu (zvýší průtok krve svalem), vazokonstrikce v GIT, kůži a ledvinách → zachování či lehká změna DTK (v závislosti na míře poklesu TPR)

- vazokonstrikce v kůži je dočasná, než převládnou termoregulační mechanismy
- DTK se zvyšuje při izometrické práci svalů (např. vzpírání)
- po zátěži dochází k poklesu TK na původní nebo lehce nižší hodnotu, průtok krve svalem do zotavení zůstává zvýšený
- rychlost zotavení je daná tonem parasympatiku (lze zvýšit tréninkem)

24-hodinový tlakové měření krevního tlaku

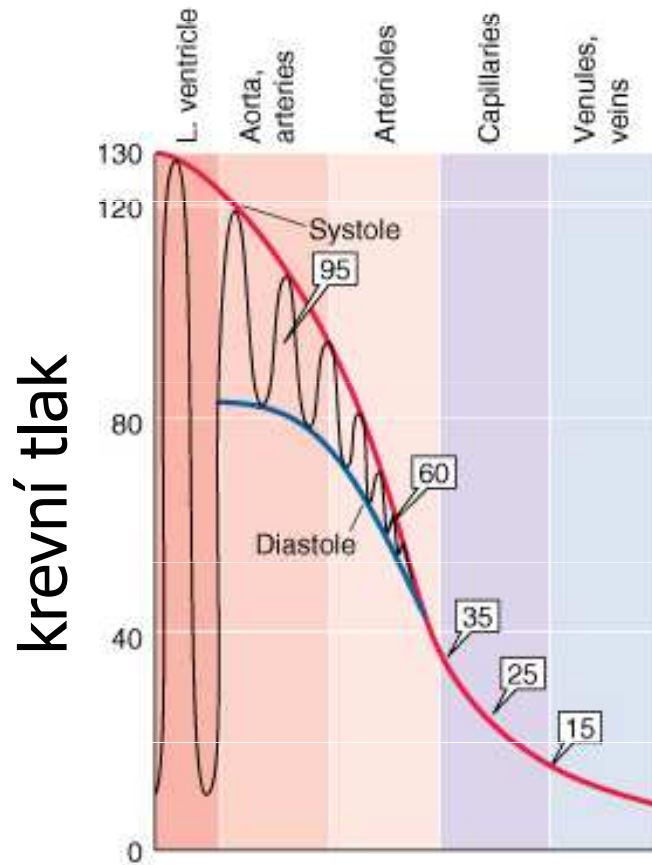
Pokles krevního tlaku o 10 až 15% v nočních hodinách



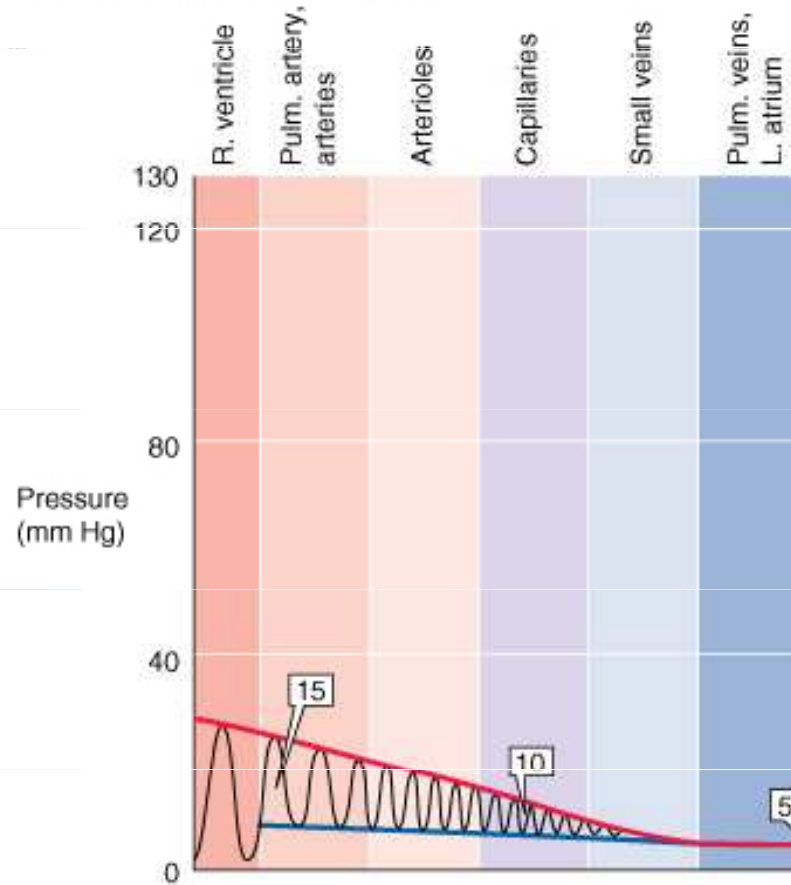
**MUNI
MED**

Doplňky ke krevnímu tlaku

velký oběh



plicní oběh



Boron and Boulpaep, Medical physiology

Arteriální oběh – zahradní analogie

Baroreflex

- Pokles arteriálního tlaku vede k aktivaci sympatiku → zvýšení srdeční frekvence (a celého srdečního výdeje) a cévní rezistence
- Nárůst arteriálního tlaku vede k aktivaci parasympatiku → snížení srdeční frekvence (a celého srdečního výdeje) a nepřímo cévní rezistence

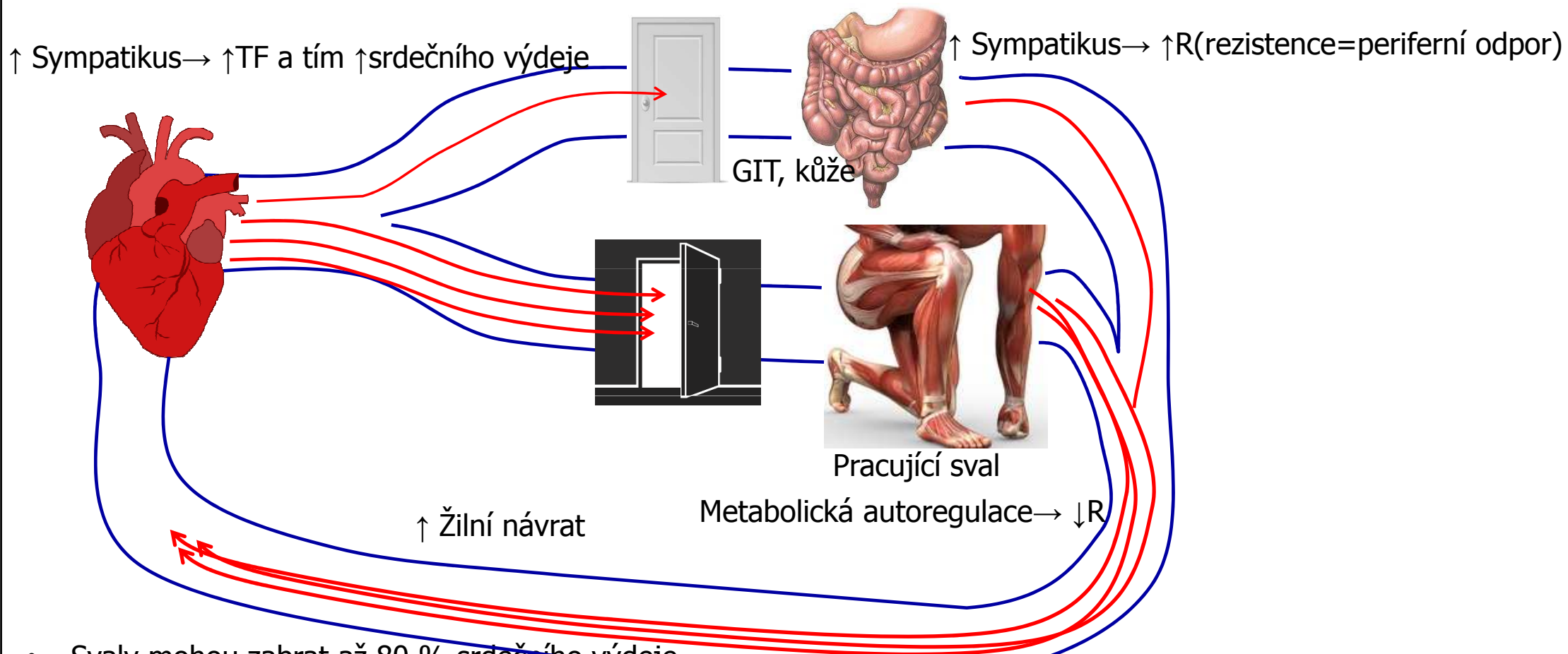
Srdce

Srdeční výdej



Primární účel nervové regulace TK je udržení konstantního perfuzního tlaku v mozku.

Změny kardiovaskulárního systému při zátěži



- Svaly mohou zabrat až 80 % srdečního výdeje
- Po náhlém ukončení těžké zátěže bez zpomalování – „vykrvácení do svalů“ – srdce už snížilo srdeční výdej, ale cévy svalů jsou stále dilatované – přesun krve do svalů – silný pokles TK - mdloba