

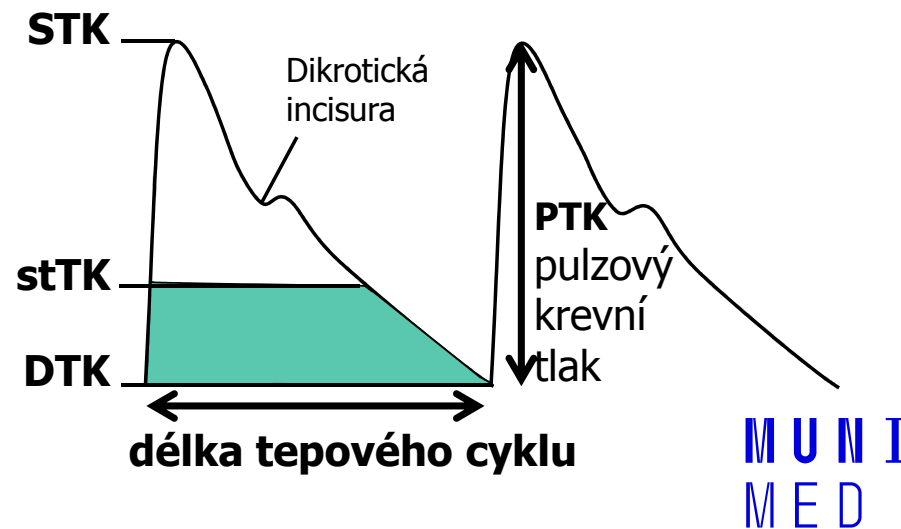
# **Krevní tlak**

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** : 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

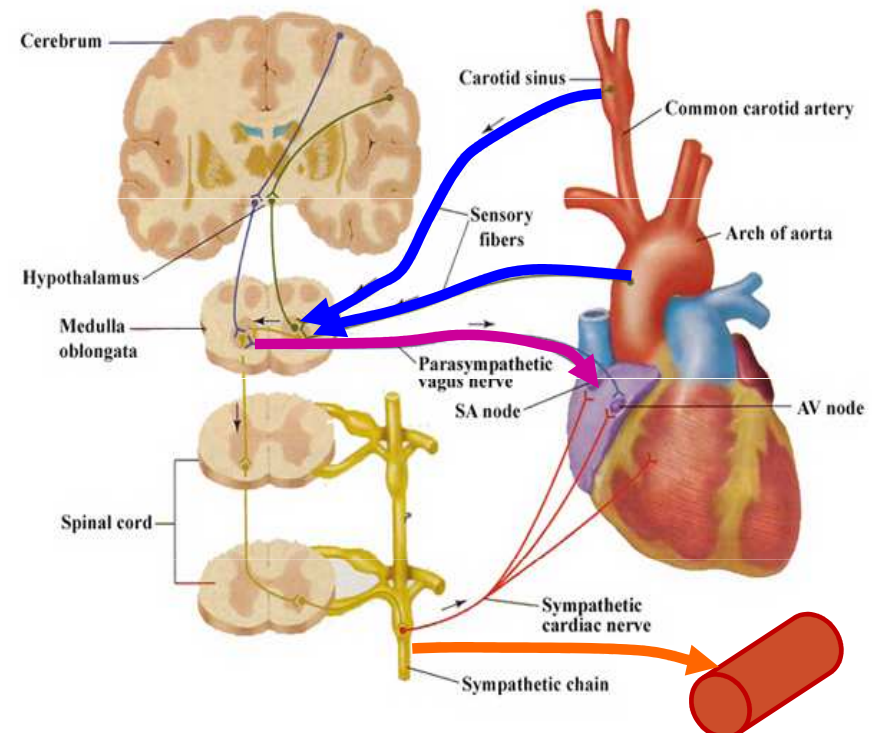
$$\begin{array}{ccccc} \text{Arteriální} & & \text{Srdeční výdej} & & \text{Celková periferní} \\ \text{krevní tlak} & = & \text{(SV)} & * & \text{rezistence} \\ \text{(TK)} & & & & \text{(TPR)} \\ & & \swarrow & & \searrow \\ & & \text{Srdeční frekvence} & * & \text{Systolický objem} \\ & & \text{(SF)}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

# 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 + aorticus; aferentace: n.vagus, glosopharingeus
- Srdeční větev baroreflexu:
  - eferentace: n. vagus inervující SA uzel
  - sympatická eferentace: změny SF a kontraktility
  - $\uparrow$ TK  $\rightarrow$   $\downarrow$ SF a naopak
- Cévní větev baroreflexu:
  - eferentace: sympatická inervace hladké svaloviny především arterií
  - $\uparrow$ TK  $\rightarrow$   $\downarrow$ TPR a naopak
- vazokonstrikce malých arterií a arteriol, venokonstrikce (redistribuce objemu krve)



# Změny krevního tlaku

## – Krátkodobé vlivy

- množství krve - vliv na SO (krvácení, dehydratace)
- vnější tlak na cévy – intratorakální a intraabdominální tlak (kašláním, defekace, porod, umělá ventilace)
- Poloha
- CNS – emoce, stres, psychická zátěž,...
- fyzická zátěž – charakter zvýšení krevního tlaku závisí na intenzitě, délce a typu zátěže
- teplo (pokles TPR), chlad (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)



# Laminární / turbulentní proudění, Korotkovův fenomén

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

**Reynoldsovo číslo  $Re$ :** pravděpodobnost vzniku turbulentního proudění

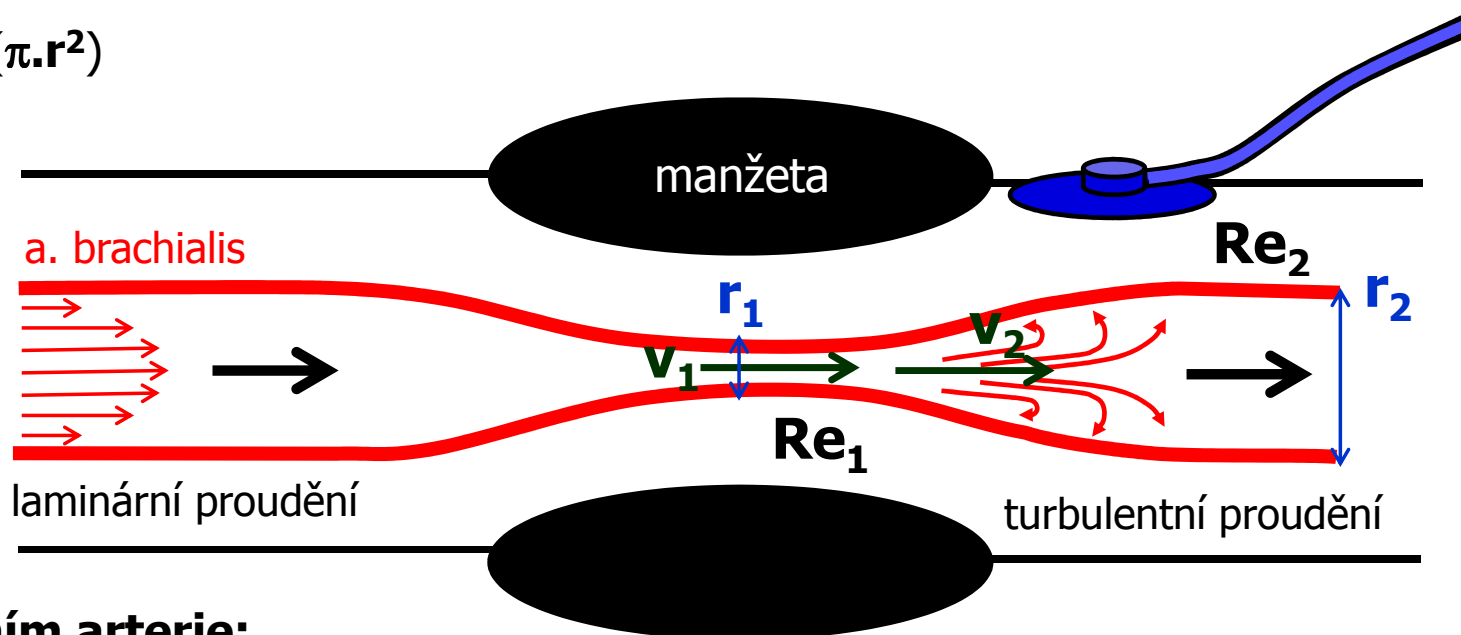
**$v$ :** rychlost toku krve

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

**$\rho$ :** hustota kapaliny

**$\eta$ :** viskozita kapaliny  
(nižší u anémie)

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

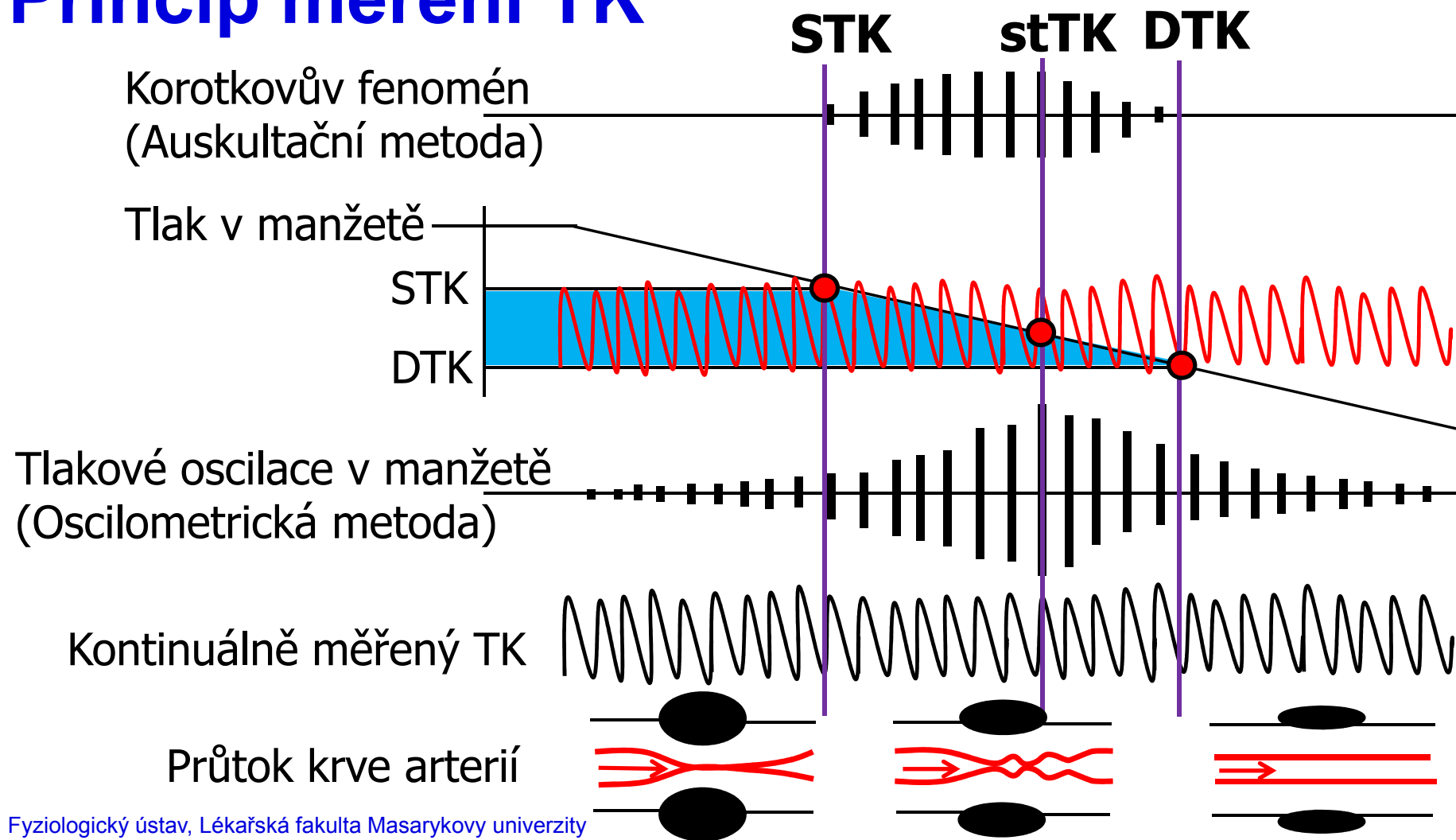


**situace těsně za zúžením arterie:**

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

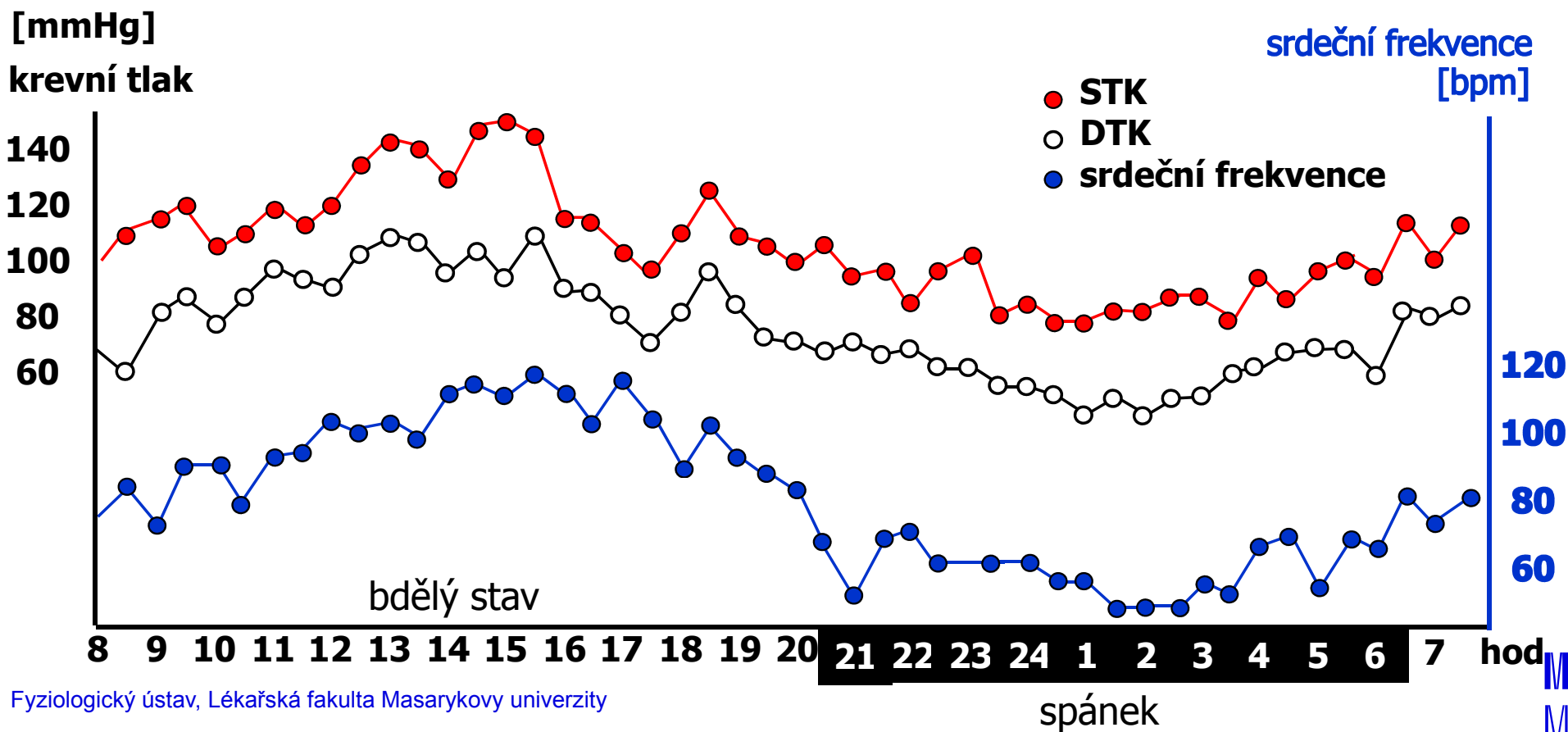


# Princip měření TK



# 24-hodinový tlakové měření krevního tlaku

Pokles krevního tlaku o 10 až 15% v nočních hodinách



# Zásady měření krevního tlaku

- Prostředí: příjemná teplota místnosti, klid
- Poloha: pacient sedí s opřenými zády, obě nohy spočívají na podlaze, ředloktí spočívá na podložce, paže je ve výšce srdce
- Přiměřená velikost manžety, správné umístění
- Měření probíhá a klidu a začíná po 5 – 10 min klidu
- Měření auskultační metodou
  - Manžetu nafukujeme na tlak o 30 mmHg vyšší než je talk, při kterém vymizel radiální pulz
  - Rychlost snižování tlaku v namžetě 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

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

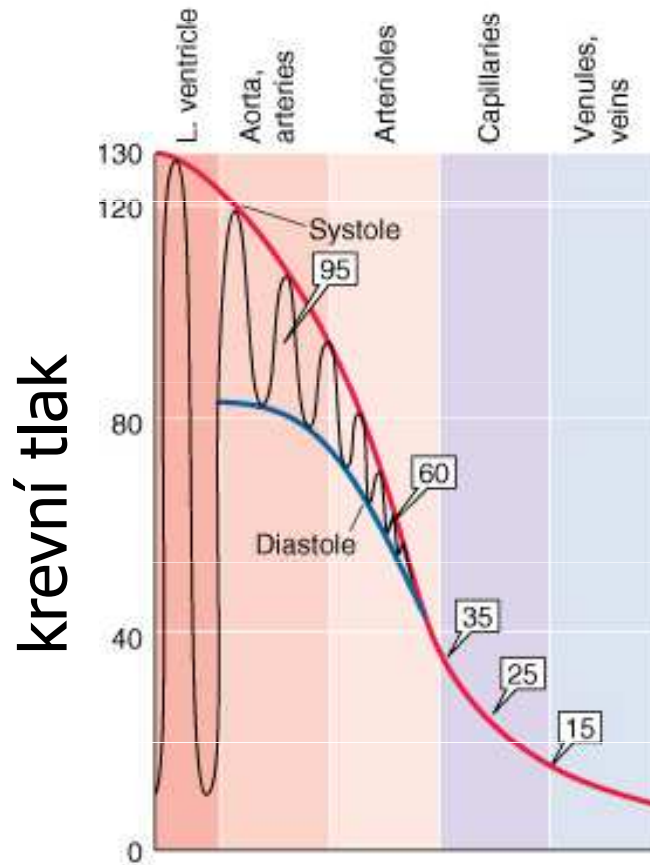
# Změny krevního tlaku během fyzické zátěže

- 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
- zvýšený 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)

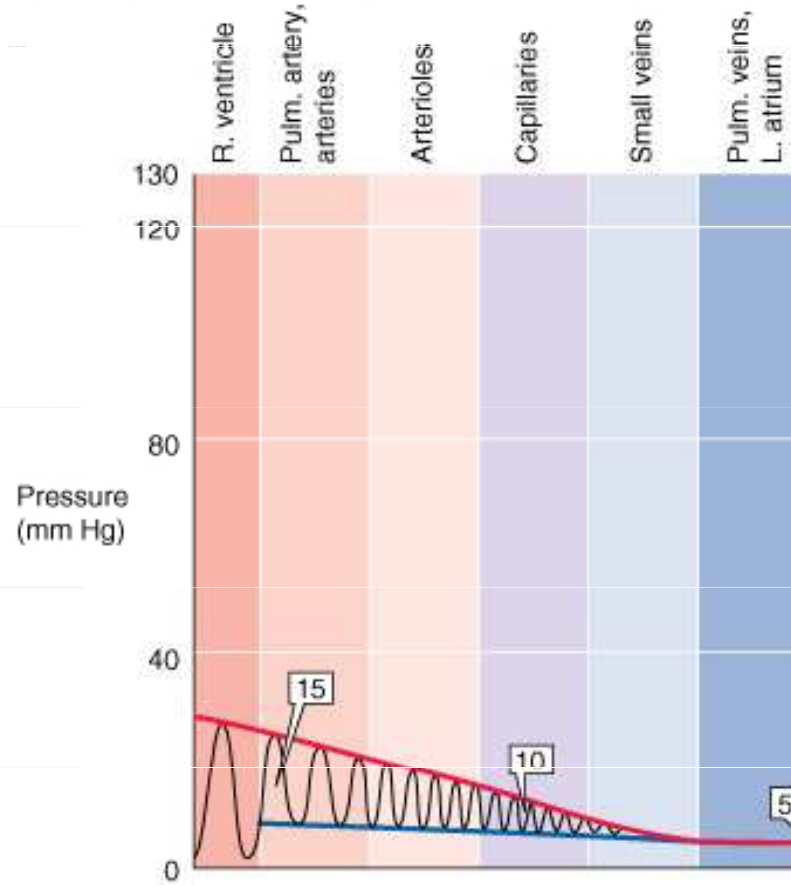
**MUNI  
MED**

## **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

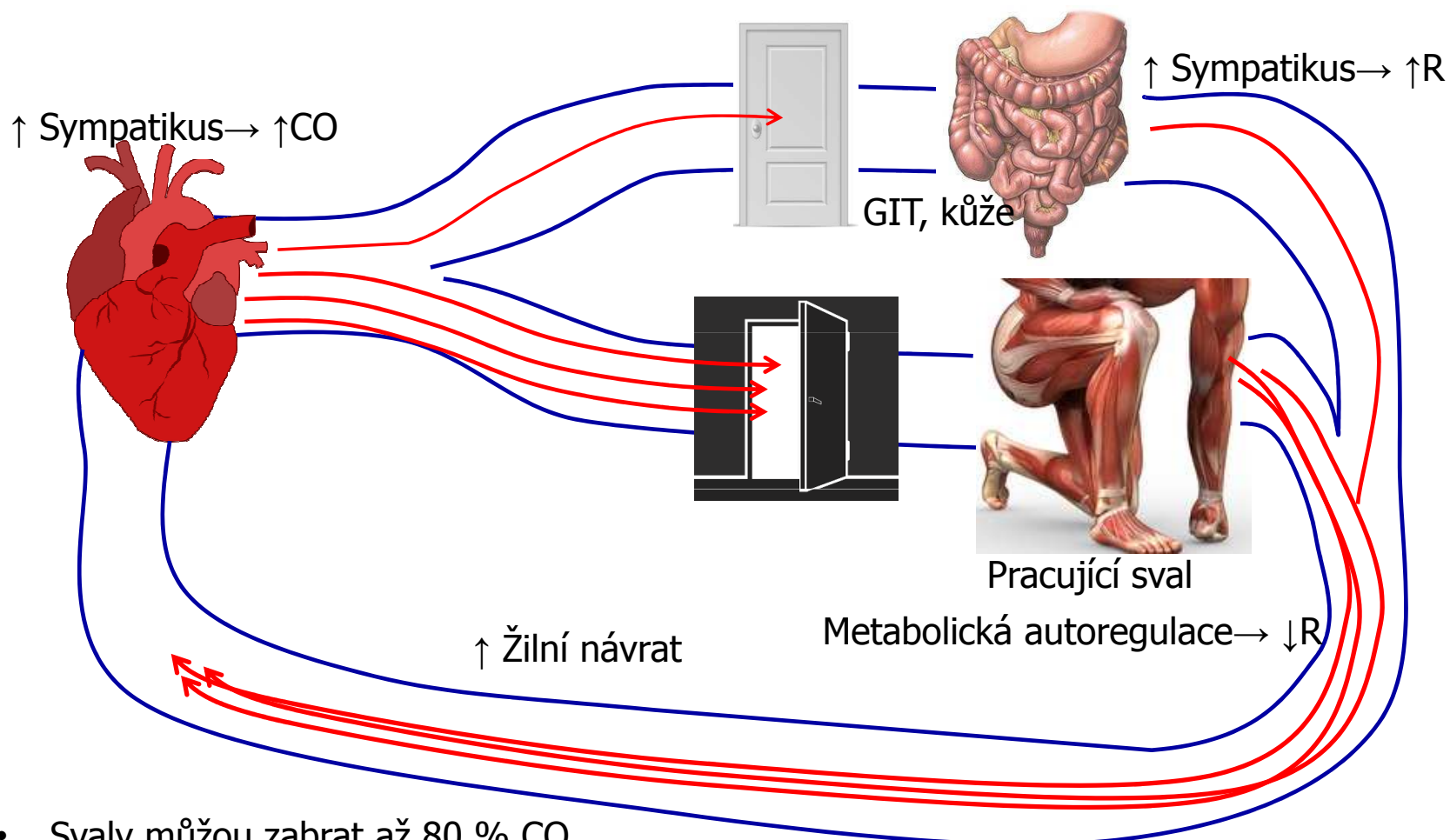
## Srdce

Srdeční výdej



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

## Změny kardiovaskulárního systému při zátěži



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