

(VIII.) Krevní tlak u člověka
(IX.) Neinvazivní metody měření krevního tlaku

Fyziologie I - cvičení

Křivka arteriálního krevního tlaku v průběhu srdečního cyklu

Krevní tlak: tlak krve na stěnu cévy

(arteriální TK: část energie systoly přeměněná na boční tlak působící na cévní stěnu)

Střední TK : vypočítaná průměrná hodnota krevního tlaku v průběhu jednoho srdečního 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)

STK - nejvyšší tlak v průběhu srdečního cyklu (vrchol ejekční fáze systoly)

DTK - tlak v plnicí fázi cyklu

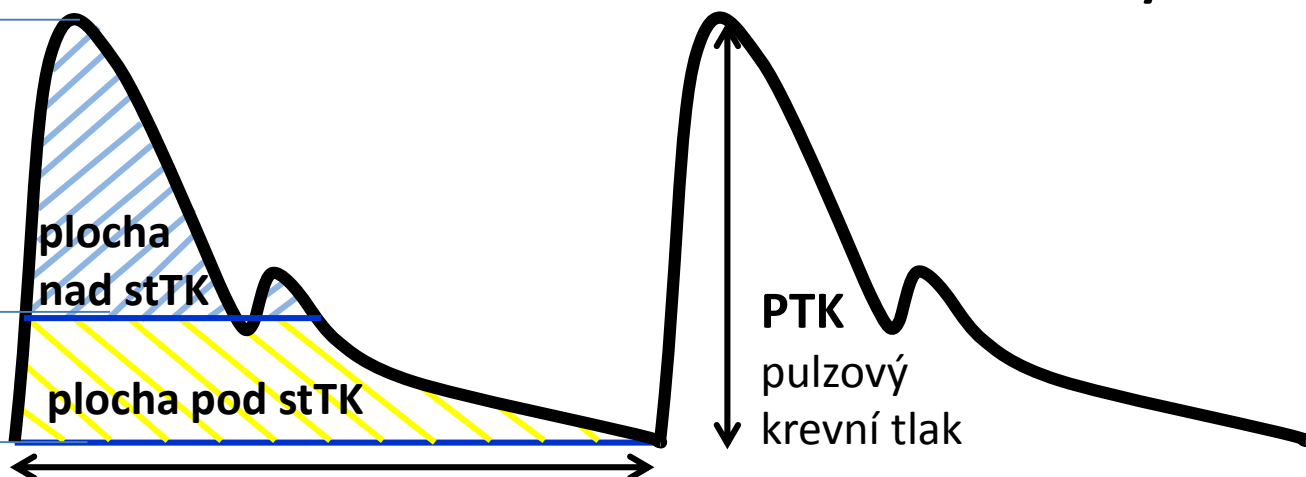
Pozor: hodnoty se liší - při plnění komor a cévního systému

STK —
systolický krevní tlak

stTK —
střední arteriální tlak

DTK —
diastolický krevní tlak

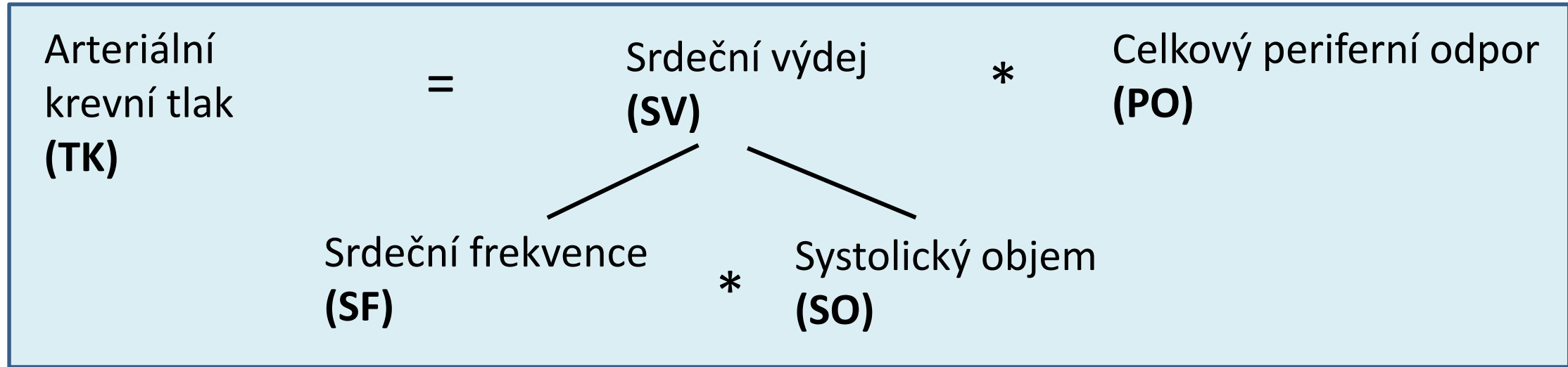
délka srdečního cyklu



$$PTK = STK - DTK$$

$$stTK \approx DTK + 1/3 PTK$$

Krevní tlak je funkcí srdečního výdeje a periferního odporu



- STK je závislé především na SV
- DTK je závislé především na PO

Regulace krevního tlaku

- **Krátkodobá** – nejdůležitější zástupce: baroreflex
- **Střednědobá** – nejdůležitější zástupce: renin-angiotenzin-aldosteron systém (RAAS)
- **Dlouhodobá** – nejdůležitější zástupce: tlaková natriuréza ledviny

Regulace krevního tlaku – baroreflex

Autonomní nervový systém

Sympatikus (\uparrow TK, SF, SO a PO) **X** *parasympatikus* (\downarrow TK, SF, SO a PO)

Funkce baroreflexu – regulace rychlých změn TK změnou SF a PO

baroreceptory – sinus caroticus + aorticus

afferentace: n.vagus, n.XI. —

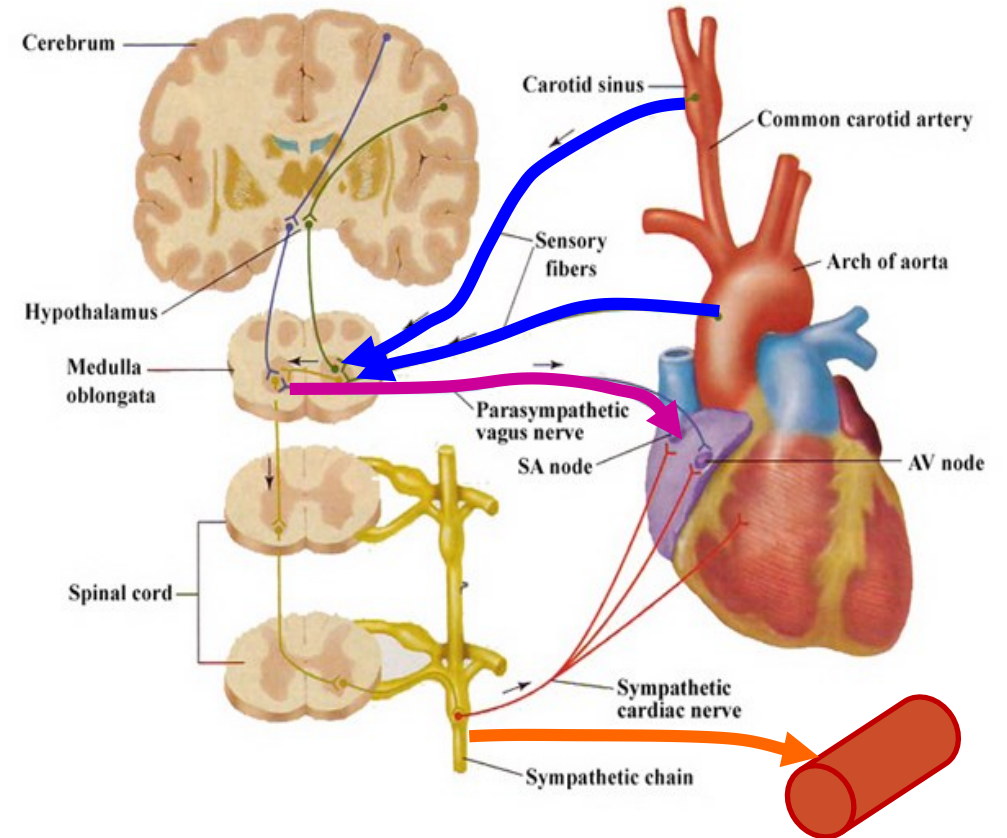
Srdeční větev baroreflexu: Snížení krevního tlaku vede ke zvýšení srdeční frekvence a naopak

eferentace: n. vagus inervující SA uzel —

Periferní větev baroreflexu: Snížení krevního tlaku vede k zvýšení periferní rezistence

- vazokonstrikce malých arterií a arteriol
- venokonstrikce – redistribuce objemu krve

eferentace: sympatická inervace hladké svaloviny především arterií —



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 – v ortostáze oproti klinostáze je vyšší DTK (\uparrow PO) a nižší STK (\downarrow žilní návrat \rightarrow \downarrow plnění srdce \rightarrow Starlingův princip \rightarrow \downarrow kontrakce \rightarrow \downarrow SO)
- CNS – emoce, stres, psychická zátěž,...
- fyzická zátěž – charakter zvýšení krevního tlaku závisí na typu zátěže
- teplo (pokles PO), chlad (nárůst PO)
- alkohol, léky,...

Dlouhodobé vlivy

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

Metody měření arteriálního krevního tlaku

v praxi:

Palpační
(tonometr)



Auskultační
(tonometr a fonendoskop)



Oscilometrická



další možnosti:

24-hodinové měření krevního tlaku



Fotopletysmografická (volume-clamp metoda, Peňázova)



Laminární / turbulentní proudění, Korotkovův fenomén

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

laminární proudění $Re < 2000$

turbulentní proudění $Re > 3000$

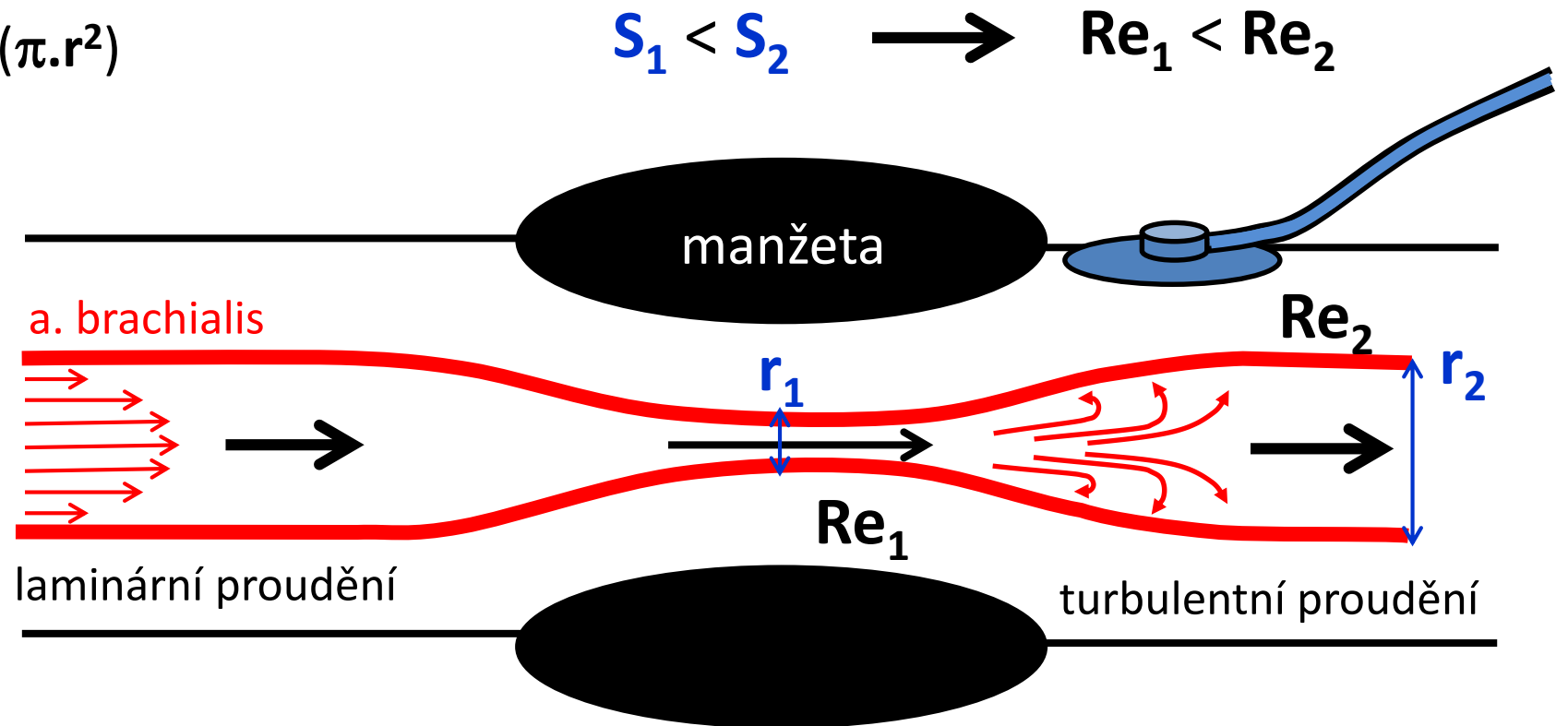
Reynoldsovo číslo Re : pravděpodobnost vzniku turbulentního proudění

v : rychlost toku krve

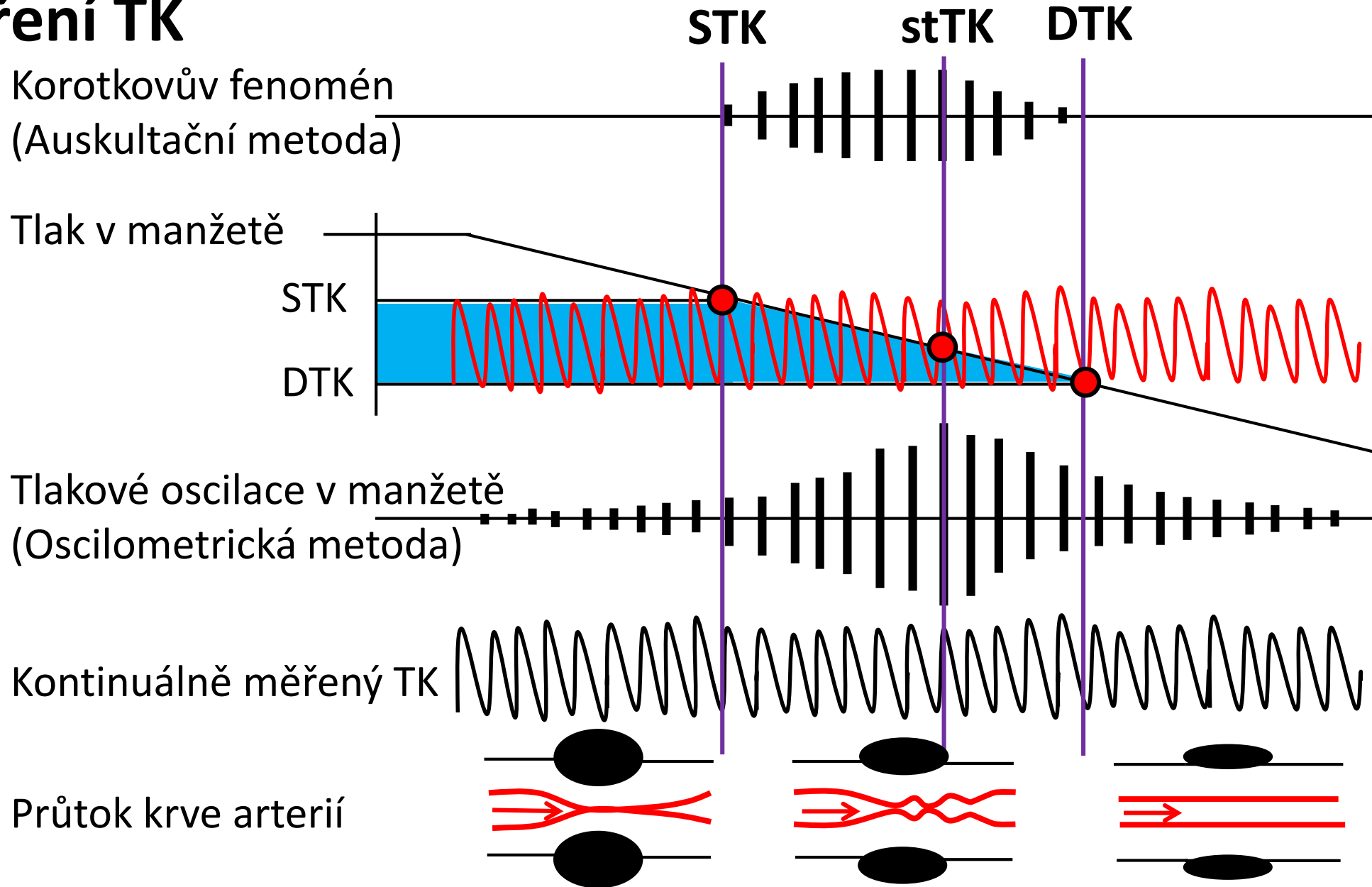
S : plocha průřezu cévy ($\pi \cdot r^2$)

ρ : hustota kapaliny

η : viskozita kapaliny
(vyšší u anémie)

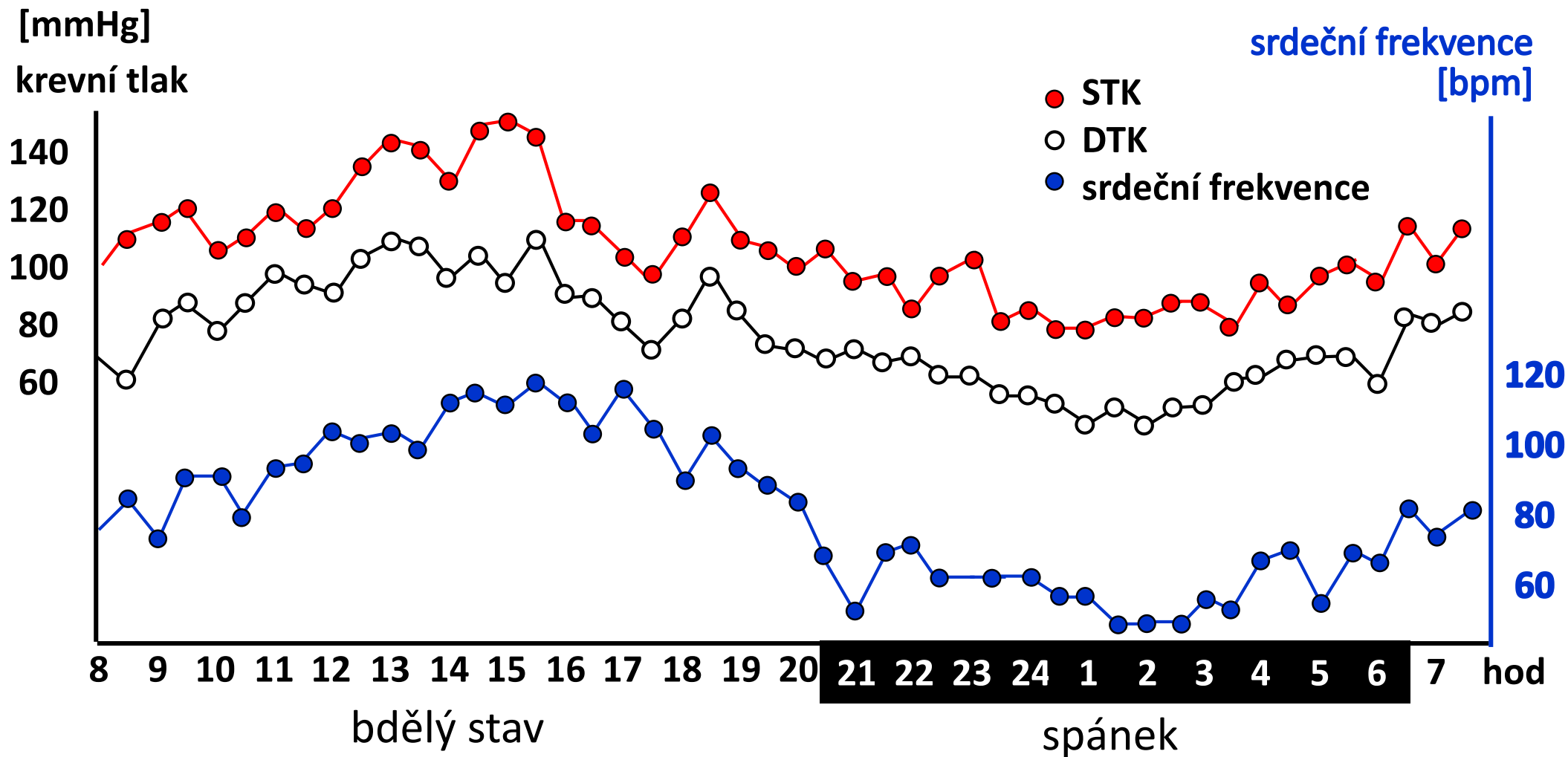


Princip měření TK



24-hodinové měření krevního tlaku

Pokles krevního tlaku o 10 až 15% v nočních hodinách



Zásady měření krevního tlaku

- Měřená osoba by měla být ve fyzickém i psychickém klidu, neměla by před měřením požit alkohol, kávu apod.
- Měření je vhodnější provádět v ranních hodinách
- Při vstupní prohlídce je třeba změřit tlak na obou rukou
- Krevní tlak by měl být změřen třikrát, v alespoň pětiminutových intervalech (zaznamenává se průměr posledních dvou měření)
- Manžeta musí mít vhodnou velikost a být správně nasazena
- Manžeta musí být ve výšce srdce
- Měřená osoba se nesmí během měření hýbat
- Auskultační metoda vyžaduje relativně tiché prostředí
- Vypouštění tlaku u auskultační metody musí být pomalé (cca. 2 mmHg/s), aby byla odečtena správná hodnota tlaku, ale ne příliš pomalu, kvůli možné bolesti v paži

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 • Přesné nasazení manžety 	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 arytmií 	stTK
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) 	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	hypertrofile L komory, proteinurie, angiopatie,...
	3. stupně	> 180	> 110	morfologické a funkční změny některých orgánů, retinopatie, srdeční, renální nedostatečnost, ischemie CNS, krvácení do CNS,...

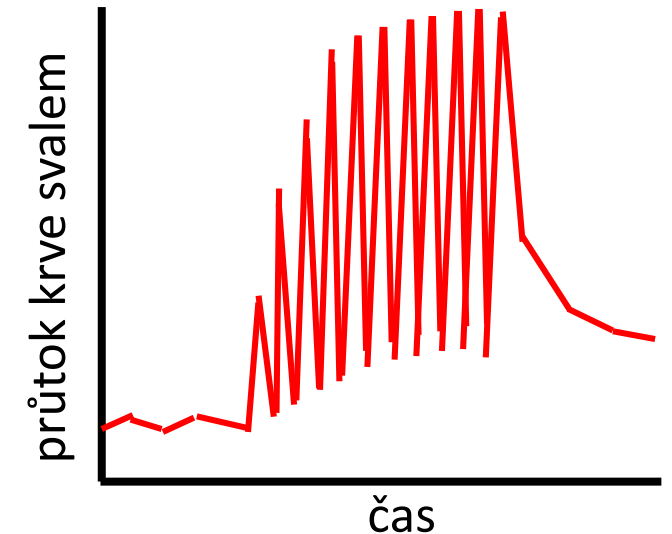
- **izolovaná systolická hypertenze** STK > 140 a DTK < 90
- vyšší normální tlak - doporučuje se každoroční sledování
- domácí měření pro vyloučení hypertenze bílého pláště

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

Průtok krve kosterním svalem

- V klidu dominuje nervová regulace cév – sympatická α -adrenergní vlákna udržují stálý tonus cév
- Průtok krve svalem se může zvýšit ještě před akcí pomocí sympatických cholinergních vazodilatačních vláken
- β_2 receptory v arteriolách – navázání adrenalinu → vazodilatace
- **Během svalové práce dominuje metabolická autoregulace –** vazodilatace způsobená $\downarrow pO_2$, $\uparrow pCO_2$, $\uparrow K$, \uparrow osmolaritou, \uparrow teplotou, \uparrow adenozinem
- V pracujícím svalu může průtok krve vzrůst více jak 20x
- Izometrická kontrakce svalu může zastavit tok krve svalem
- Rytmické kontrakce vedou k uzavření cév během stahu a uvolnění během relaxace, pomáhají tak pumpování venózní krve dál



Změny krevního tlaku během fyzické zátěže

- Nárůst krevního tlaku závisí na charakteru a velikosti zátěže
- Krev je redistribuována v těle tak, aby pokryla metabolické nároky svalů a zároveň nedošlo k poklesu krevního tlaku

- Zvýšené SV → vzestup STK
- Vazodilatace v pracujícím svalu, vazokonstrikce v kůži a trávicím systému
→ zachování či lehká změna DTK během rytmické práce svalů
→ nárůst DTK při a po izometrické práci svalů (např. vzpírání)

Vazokonstrikce v kůži je dočasná, než převládnou termoregulační mechanismy

- Po zátěži dochází k poklesu TK na původní nebo lehce nižší hodnotu, průtok krve svalem do zotavení zůstává zvýšený
- Rychlost zotavení je daná tonem parasymptatiku (lze zvýšit tréninkem)