

# **Krevní tlak srdeční ozvy vyšetření tepu**

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

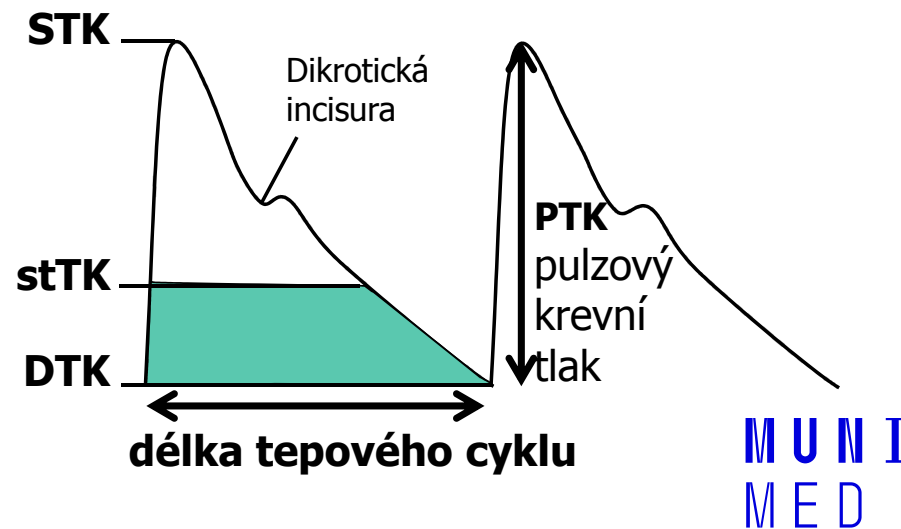
Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

**MUNI  
MED**

# **Krevní tlak**

# 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

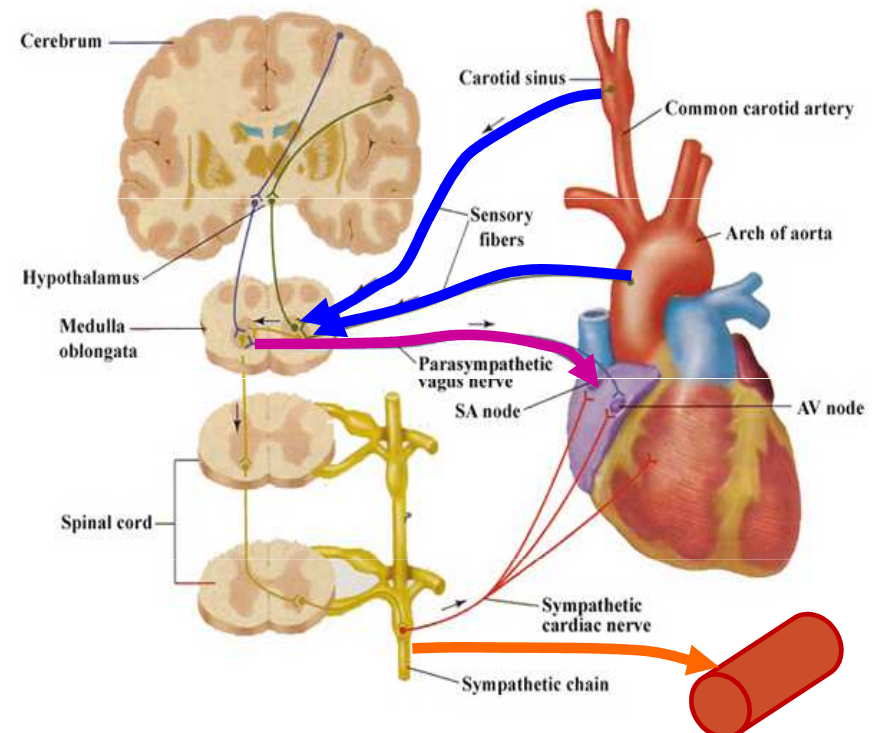
$$\begin{array}{ccccc} \text{Arteriální} & & \text{Srdeční výdej} & & \text{Celková periferní} \\ \text{krevní tlak} & = & \text{(SV)} & * & \text{rezistence} \\ \text{(TK)} & & & & \text{(TPR)} \\ & & \swarrow & & \searrow \\ & & \text{Srdeční frekvence} & * & \text{Systolický objem} \\ & & \text{(SF)}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

# 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 (kašlání, 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)



Oscilometrická



Auskultační  
(tonometr a  
fonendoskop)



---

## 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

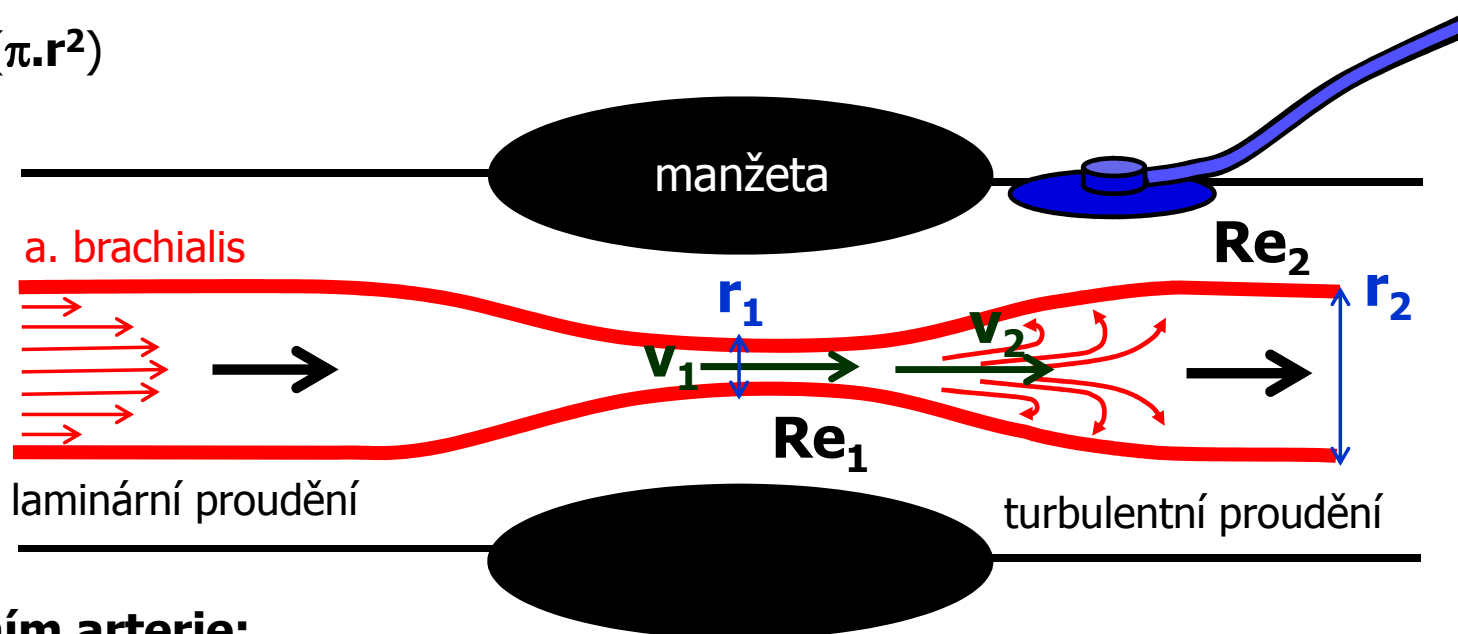
**$v$ :** rychlost toku krve

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

**$\rho$ :** hustota kapaliny

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

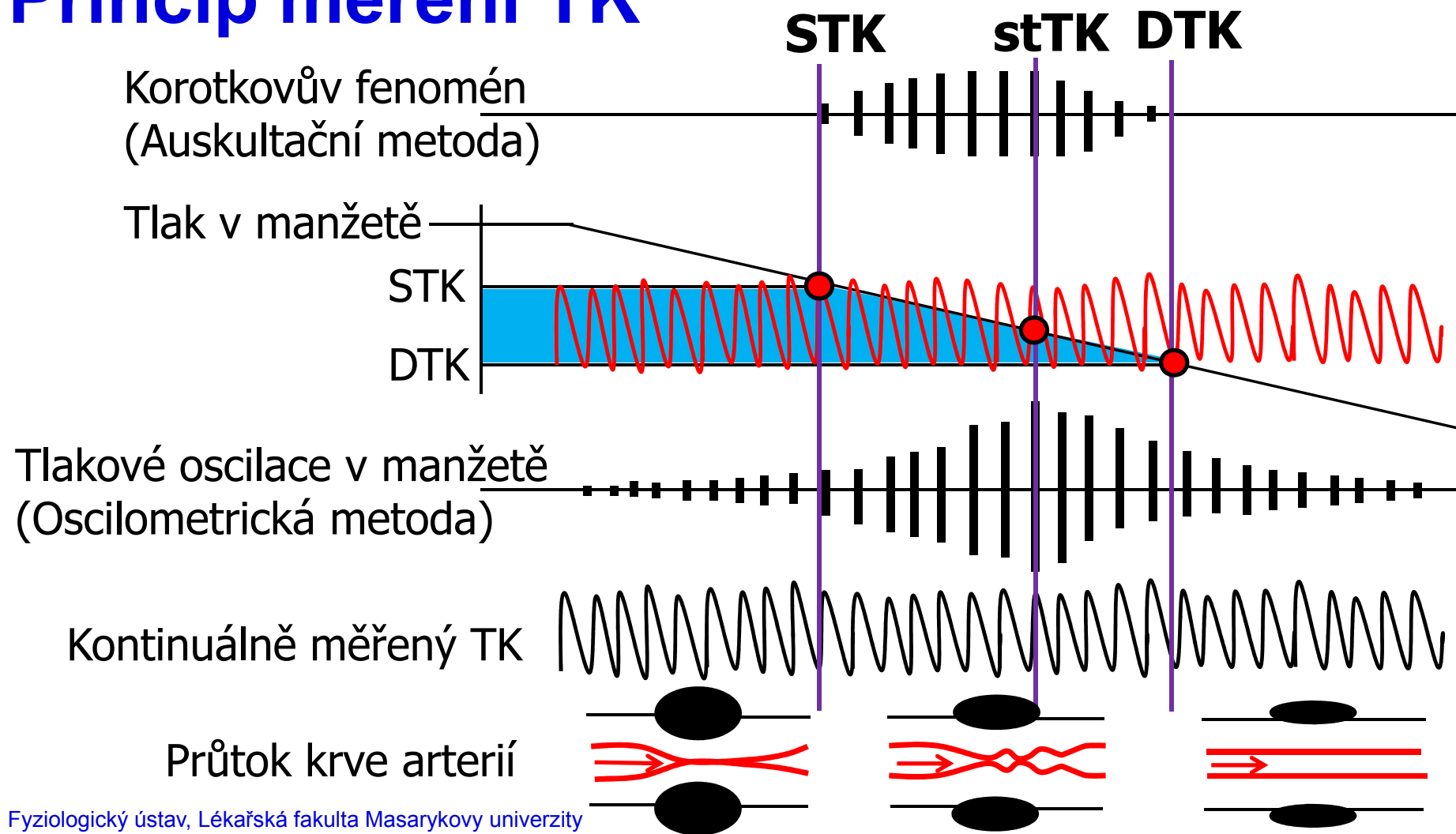
$$Re = \frac{v \cdot S \cdot \rho}{\eta}$$



**situace těsně za zúžením arterie:**

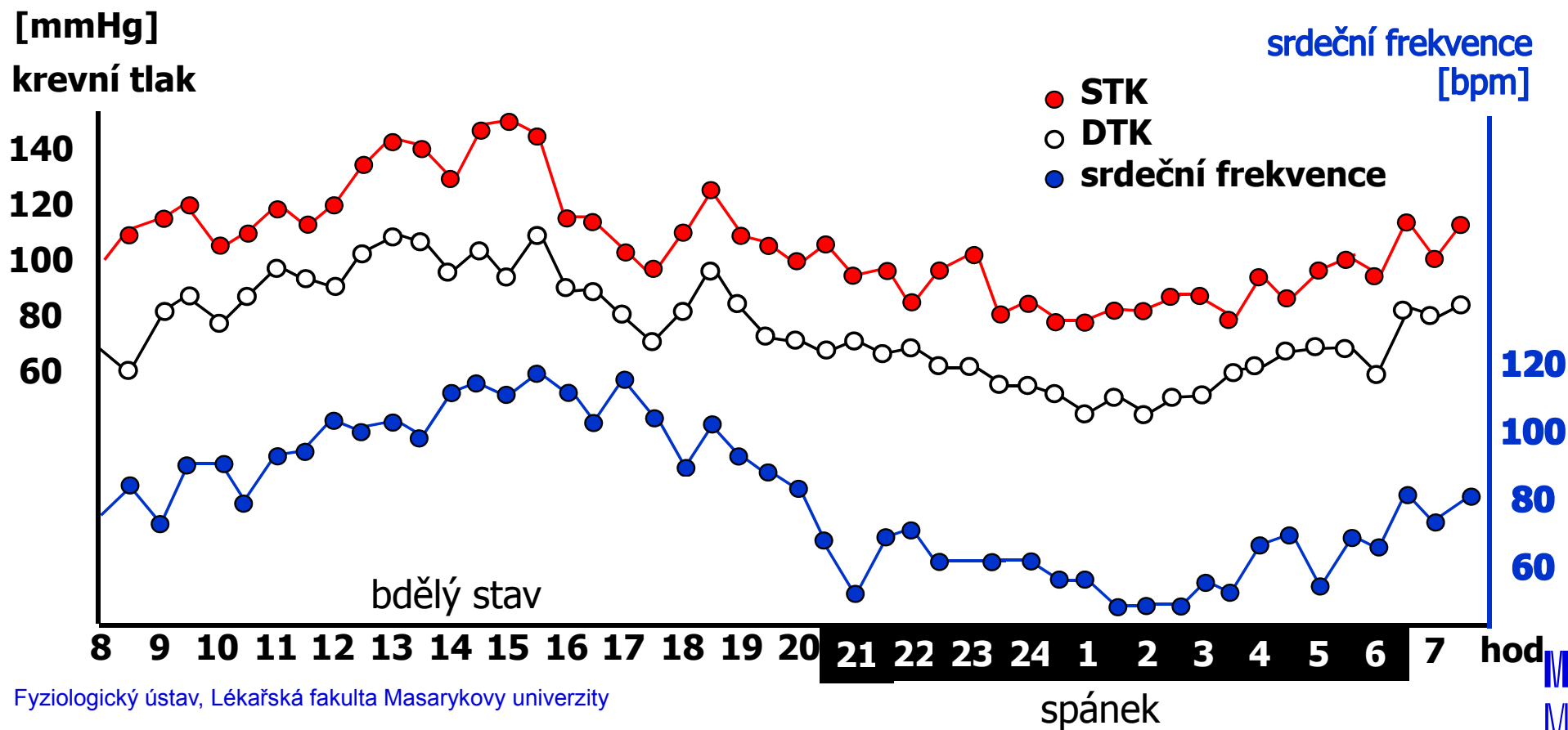
$S_1 < S_2$  a  $v_1 \approx v_2 \rightarrow Re_1 < Re_2 \rightarrow$  turbulentní proudění

# 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
fotopletyso- grafická (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

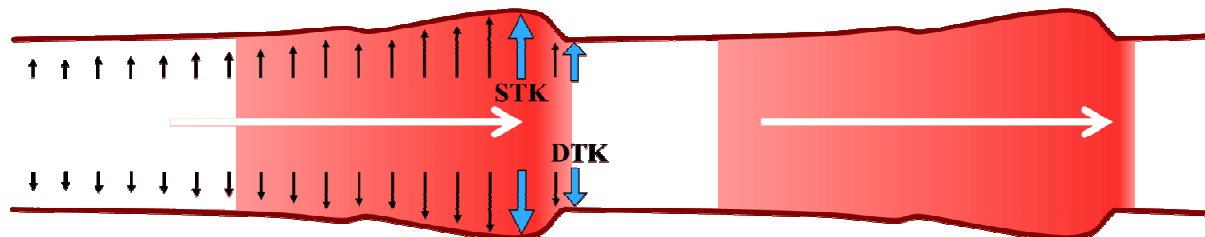
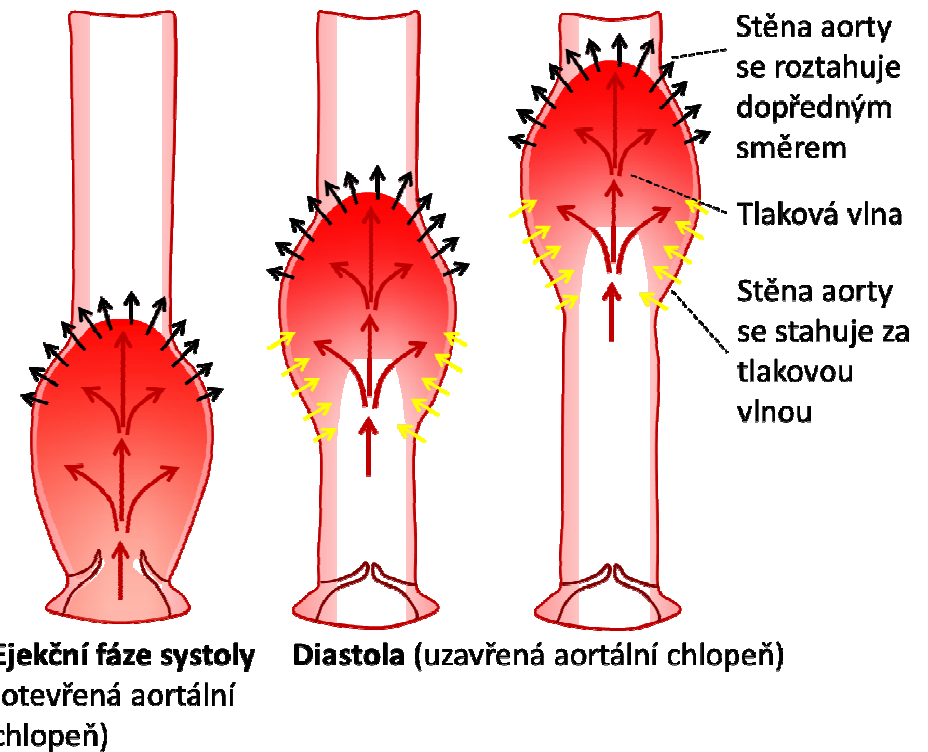
- nárůst krevního tlaku závisí na charakteru a velikosti a délce zátěže
- aktivace sympatiku: změny v kardiovaskulárním systému slouží pokrytí metabolických nároků pracujících svalů
- vliv dynamické zátěže na krevní tlak
- zvýšený srdečního výdeje → vzestup STK
- redistribuce krve v těle – metabolická 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)

# **Palpační vyšetření tepu**



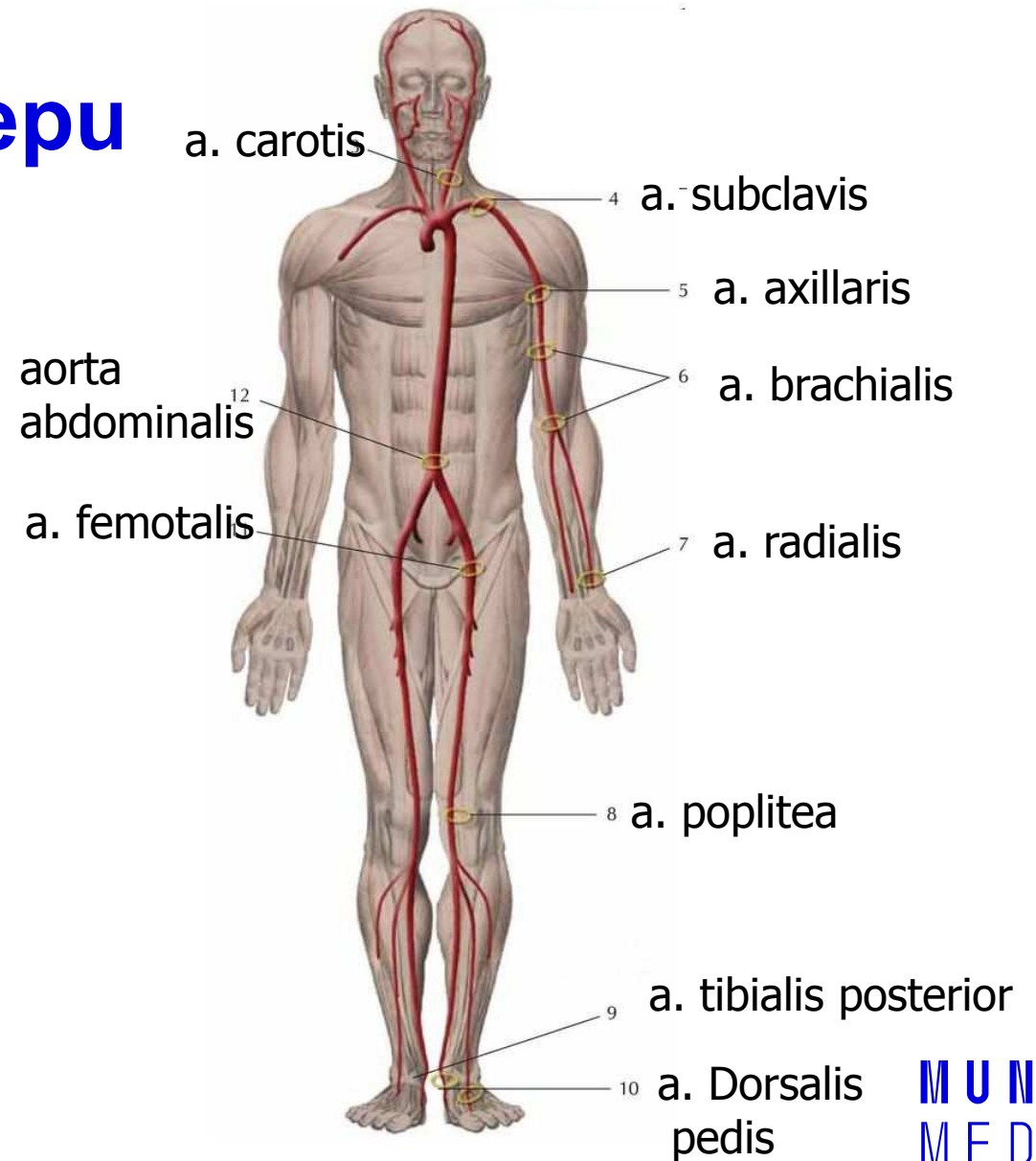
# Tep (pulsus)

- Mechanický projev srdeční činnosti hmatný v periférii
- Mechanická (tlaková) vlna, která vzniká v ejekční fázi systoly komor a šíří se arteriemi do periférie (pulzová vlna)
- Jednoduše vyšetřitelný palpací



# Palpační vyšetření tepu

- Tep hmatáme na:
- A. radialis
- A. carotis
- A. femoralis
- A. brachialis
- A. poplitea
- A. tibialis posterior
- A. dorsalis pedis



# Palpační vyšetření tepu

- Frekvence: počet tepů za minutu (bpm, beat per minute) = tepová frekvence
- Kvalita: pravidelnost, síla, stlačitelnost
- Dle kvality popisujeme:
  - Pulsus regularis
  - Pulsus irregularis
  - Pulsus celer (mrštný) – jednotlivé tepy mají krátké trvání – při periferní vazodilataci, aortální regurgitaci (Corriganův pulz: P. celer, altus, frequens)
  - Pulsus tardus
  - Pulsus durus – těžko stlačitelný tep – hypertenze
  - Pulsus mollis – lehce stlačitelný tep – hypotenze
  - Pulsus magnus – velká amplituda tepu
  - Pulsus parvus – malá amplituda
  - Pulsus filiformis – nitkovitý tep – při šoku

# Tepová frekvence

- Počet tepů za minutu (fyziologicky 60 – 100/min v klidu)
- Tachykardie: zvýšení tepové frekvence
- Klidová tachykardie: TF nad 100/min
- Bradykardie: snížení tepové frekvence
- Klidová bradykardie: TF pod 60/min
- Arytmie: porucha srdečního rytmu (kromě sinusové respirační arytmie, viz dále)
  
- Srdeční versus tepová frekvence
  - Srdeční frekvence je počet srdečních cyklů za jednu minutu. Přesně stanovíme z EKG
  - Tepová frekvence (stanovena jako počet pulzů naměřený na arterii za jednu minutu) obvykle odpovídá srdeční frekvenci

# Ovlivnění srdeční frekvence autonomním nervovým systémem

- Autonomní nervový systém moduluje srdeční automacii
- Parasympatikus – nervus vagus – „nervi retardantes“
  - přes M2 receptory
  - negativně chronotropní efekt
  - pokles aktivity vagu = vzestup SF; vzestup aktivity vagu = pokles SF
- Sympatikus – nervi cardiaci – „nervi accelerantes“
  - přes  $\beta_1$  receptory
  - pozitivně chronotropní efekt
  - Vzestup aktivity sympatiku = vzestup SF
- Sympatikus a parasympatikus obvykle působí současně, projeví se efekt toho z nich, který má aktuálně silnější aktivitu

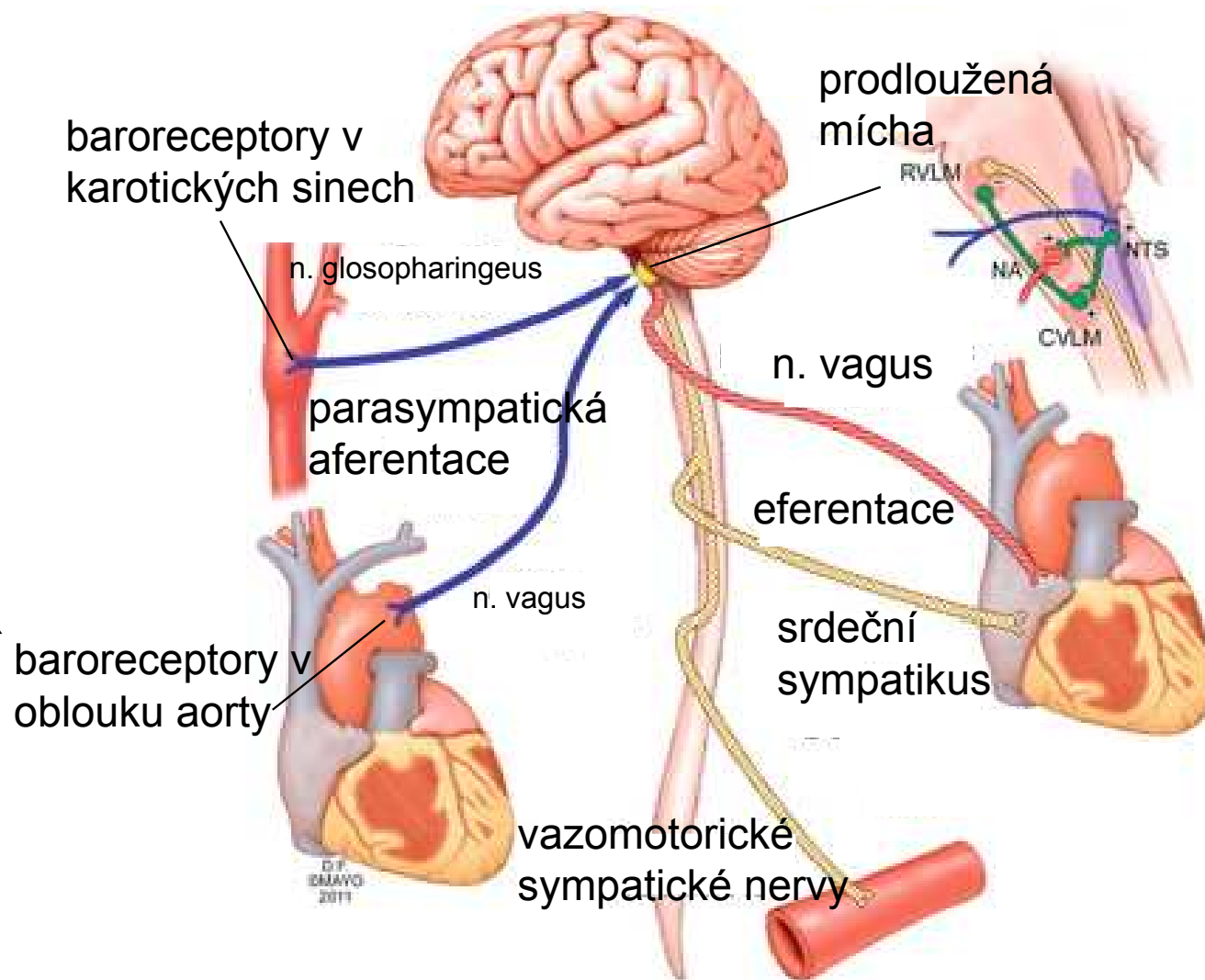
# Baroreflex

- Reflexní mechanismus pro krátkodobou regulaci arteriálního krevního tlaku. Optimální krevní tlak je důležitý zejména pro zachování optimální perfuze mozku.
  - Střední arteriální krevní tlak je detekován baroreceptory v sinus aorticus a sinus caroticus
    - stretch-receptory (reagují na protažení)
  - Aferentní dráha: senzitivní vlákna nervus vagus a glosopharingeus
  - Centrum: jádro baroreflexu v prodloužené míše
  - Eferentní dráhy:
    - Srdeční větev (změny SF a kontraktility)
      - Parasympatické vlákna n. vagus
      - Sympatická inervace srdce
    - Periferní větev (změny periferní rezistence - TPR)
      - Sympatická vlákna inervující cévy

# Baroreflex

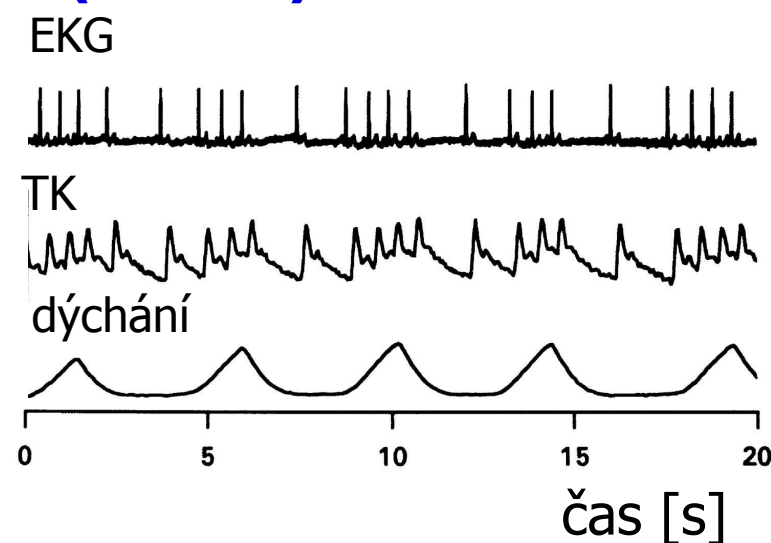
Mechanismus:

- ↓ **střední TK**
  - ↓ aferentních signálů z baroreceptorů
  - zpracování centrem
  - ↓ **aktivita vagu**, ↑ **aktivita sympatiku**
  - ↑ **SF** (a kontraktilita srdce) a ↑ **TPR**  
vzestupem SF a TPR dojde k nárůstu krevního tlaku  
( $TK = SF * SV * TPR$ )
- Vzestup TK vede k opačným dějům



# Sinusová respirační arytmie (RSA)

- Změny SF vázané na dýchání, nejedná se o poruchu rytmu jako takovou
- Při nádechu dochází k zvýšení SF a ve výdechu k jejímu snížení
- Nejvýraznější u mladých lidí, souvisí s vyšší vagovou aktivitou
- Vymizí se zvýšením srdeční frekvence (stres, zátěž, vyšší věk, vyšší sympatická aktivita)





# Sinusová respirační arytmie (RSA)

- Mechanismy podílející se na vzniku RSA (není jasné, který je hlavní):
  - **Baroreflex:** v inspiriu – pokles intratorakálního tlaku → ↑plnění srdce (zvýšení tlakového gradientu) → ↑systolický výdej → ↑TK ( $TK = SF * SV * TPR$ ) → zaznamenají baroreceptory → přes baroreflex (zpoždění cca 2 s) → ↓SF (projeví se až ve výdechu) → ↓TK
  - **Centrální generátor:** iradiace impulzů z respiračního do kardiotorického centra v prodloužené míše
  - Bainbridgeův reflex: zvýšení žilního návratu při nádechu – rozpětí síní – podráždění stretch receptorů – stimulace vagu – stimulace SA uzlu
  - Lokální zdroj – mechanické napínání SA uzlu v nádechu urychluje jeho depolarizaci (slabá RSA přítomná i u transplantovaného srdce)
  - Další: reflexy z plic ovlivňující aktivitu vagu, chemoreflex (oscilace pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, pH během dýchání)

# Tepová frekvence při změnách polohy těla

## (demonstrace funkce baroreflexu)

- Při změnách polohy těla v gravitačním poli dochází k změnám TK v závislosti na poloze vůči srdci (efekt hydrostatického tlaku). Změny TK v horní polovině těla jsou minimalizovány pomocí krátkodobé regulace TK (baroreflexu).
- Klinostatická reakce – změna polohy ze stoje do lehu  
↑žilní návrat krve z dolní poloviny těla → ↑plnění srdce (preload) → ↑SV → ↑TK  
→ přes baroreflex dojde k ↓SF a ↓TPR
- Ortostatická reakce – změna polohy z lehu do stoje  
↓žilní návrat krve z dolní poloviny těla → ↓plnění srdce (preload) → ↓SV → ↓TK  
→ přes baroreflex dojde k ↑SF a ↑TPR
- Odpověď srdeční větve baroreflexu je rychlejší ale méně účinná– SF roste během 1 s od poklesu TK, zabrání poklesu perfúze mozku v prvních sekundách
- Periferní větev baroreflexu reaguje pomaleji ale je účinnější – TPR roste po cca 6 s, stabilizuje TK po další čas stání → v průběhu stání SF klesá na klidovou hodnotu

# Změny tepové frekvence vlivem pracovní zátěže

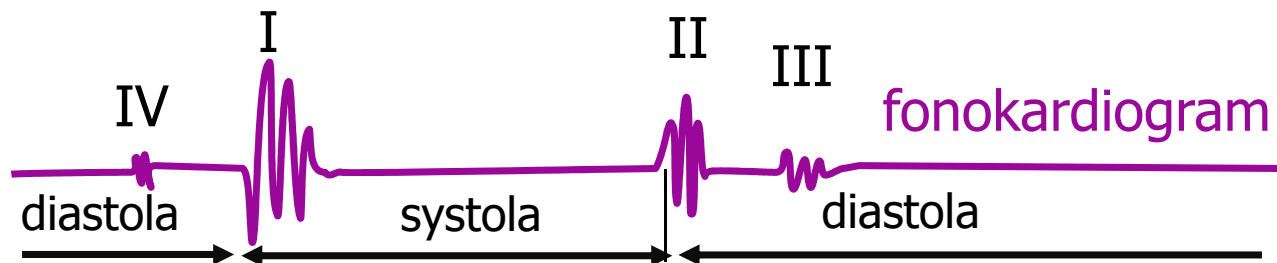
- Pracující sval má zvýšené metabolické nároky – dochází k zvýšenému prokrvení (metabolická autoregulace krevního průtoku)
- Fyzická práce zvyšuje aktivitu sympatiku („ergotropní systém“) - anticipace
  - Dochází ke kompenzační vazokonstrikci v cévách tkání, které zrovna nejsou metabolicky zatíženy (GIT, kůže). To zabezpečí redistribuci krve.
- To vše ovlivní srdeční činnost:
  - Vazodilatace ve svalech → ↓TPR → ↓TK → baroreflex → ↑SF
  - Sympatikus (může být aktivován přímo prací svalů): ↑SF
- Sportovní srdce – adaptace na dlouhodobou zátěž – nižší klidová SF

**MUNI  
MED**

# **Srdeční ozvy**

# Srdeční ozvy

- **Ozva I:** uzavření chlopní síňokomorových chlopní – začátek systoly
  - Ukončuje plnicí fázi diastoly a začíná izovolumickou kontrakcí
- **Ozva II:** uzavření aortální a pulmonální chlopně – začátek diastoly
  - Ukončuje ejekční fázi systoly a začíná izovolumickou relaxací
- **Ozva III:** slabší, méně slyšitelná, fyziologická jen u dětí a sportovců, jinak patologická
  - Začátek rychlého plnění komor v diastole
- **Ozva IV:** slabá, patologická
  - Způsobená systolou síní



# Poslechová místa

- Slouží k poslechu jednotlivých chlopní, tak aby byla ozva dané chlopně nejvýraznější
- Nejčastější místa auskultace chlopní (viz obrázek):
  - aortální chlopeň - 2. mezižebří vpravo
  - pulmonální chlopeň - 2. mezižebří vlevo
  - trojcípá chlopeň - 5. mezižebří parasternálně vpravo
  - mitrální chlopeň - 4. – 5. mezižebří medioklavikulárně (v místě úderu srdečního hrotu)

