

Krevní tlak srdeční ozvy vyšetření tepu

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

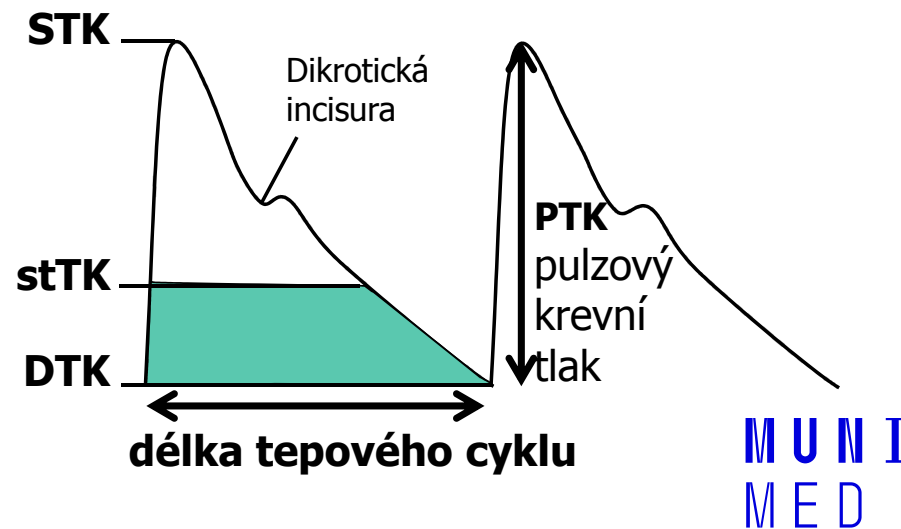
Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

**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

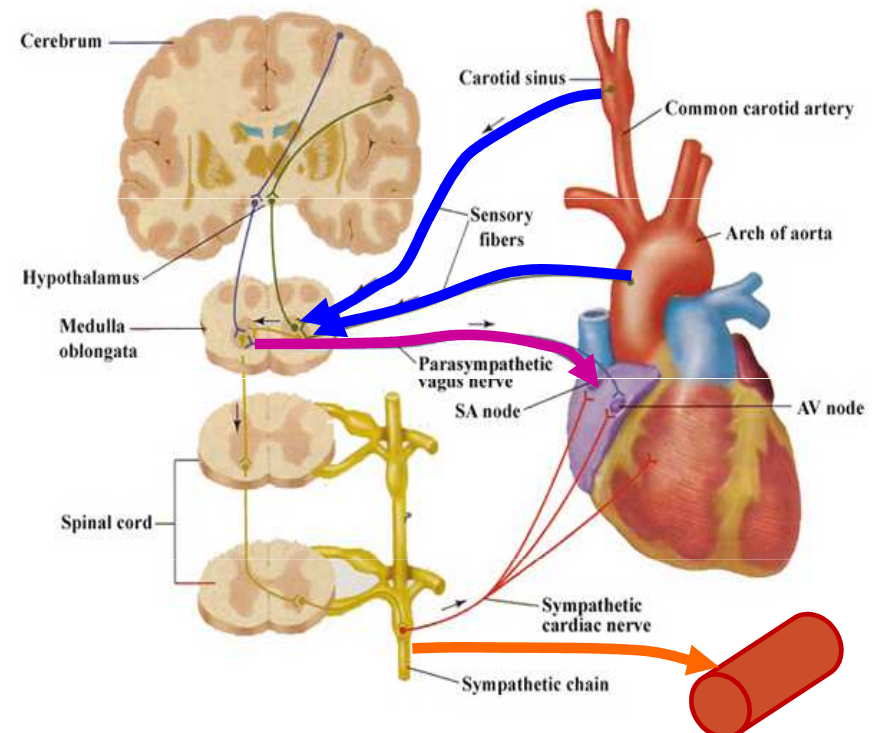
$$\begin{array}{ccccc} \text{Arteriální} & & \text{Srdeční výdej} & & \text{Celková periferní} \\ \text{krevní tlak} & = & \text{(SV)} & * & \text{rezistence} \\ \text{(TK)} & & & & \text{(TPR)} \\ & & \swarrow & & \searrow \\ & & \text{Srdeční frekvence} & * & \text{Systolický objem} \\ & & \text{(SF)}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

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

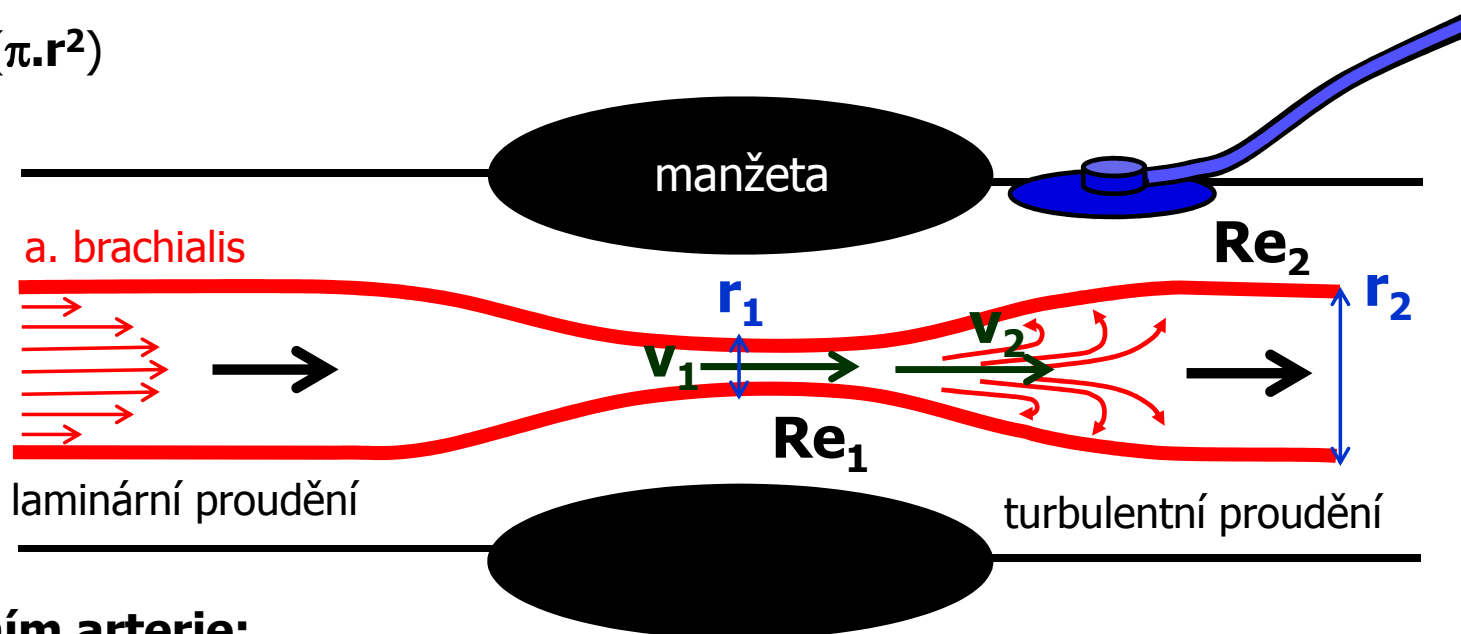
v : rychlost toku krve

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

ρ : hustota kapaliny

η : viskozita kapaliny
(nižší u anémie)

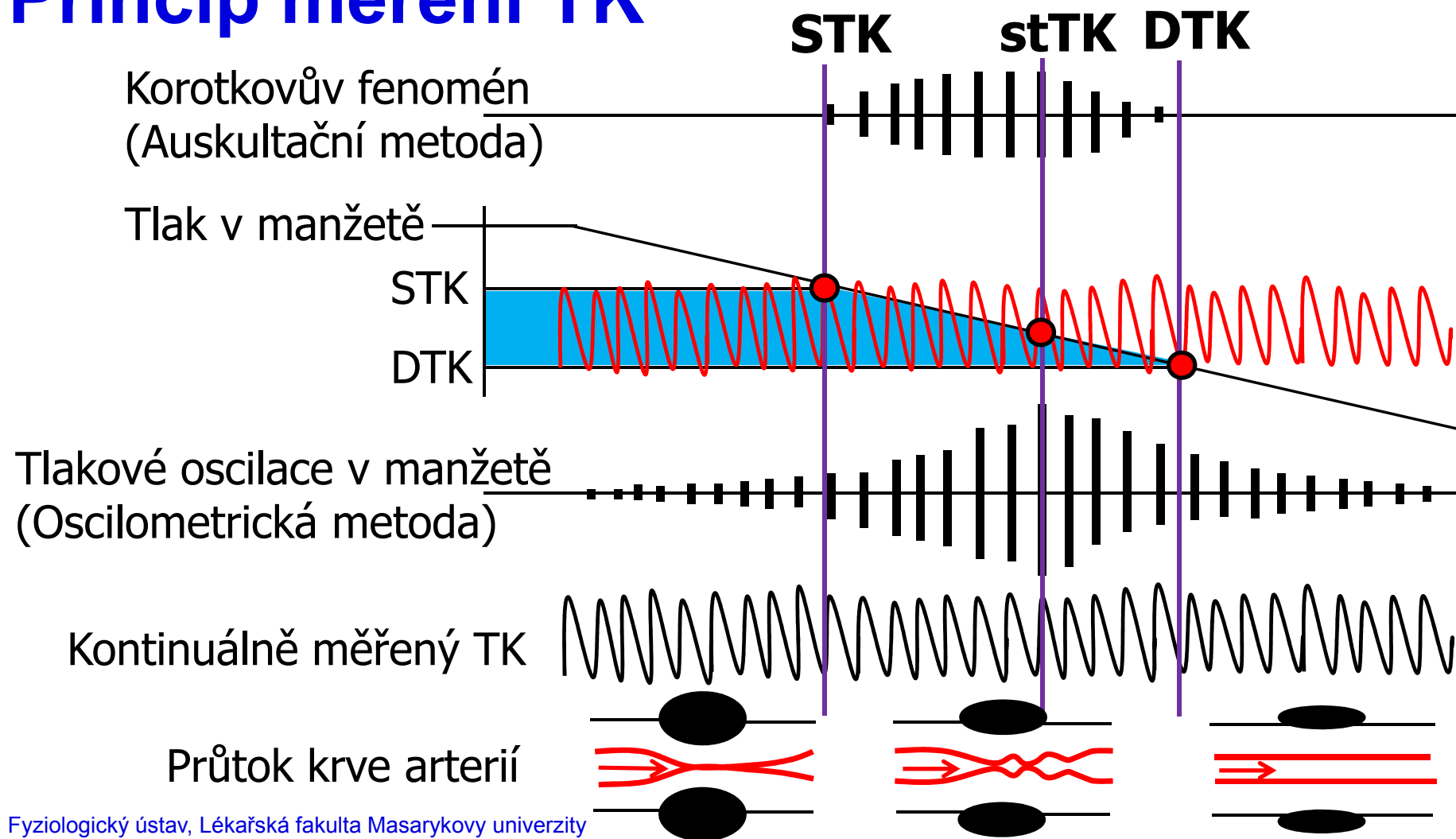
$$Re = \frac{v \cdot S \cdot \rho}{\eta}$$



situace těsně za zúžením arterie:

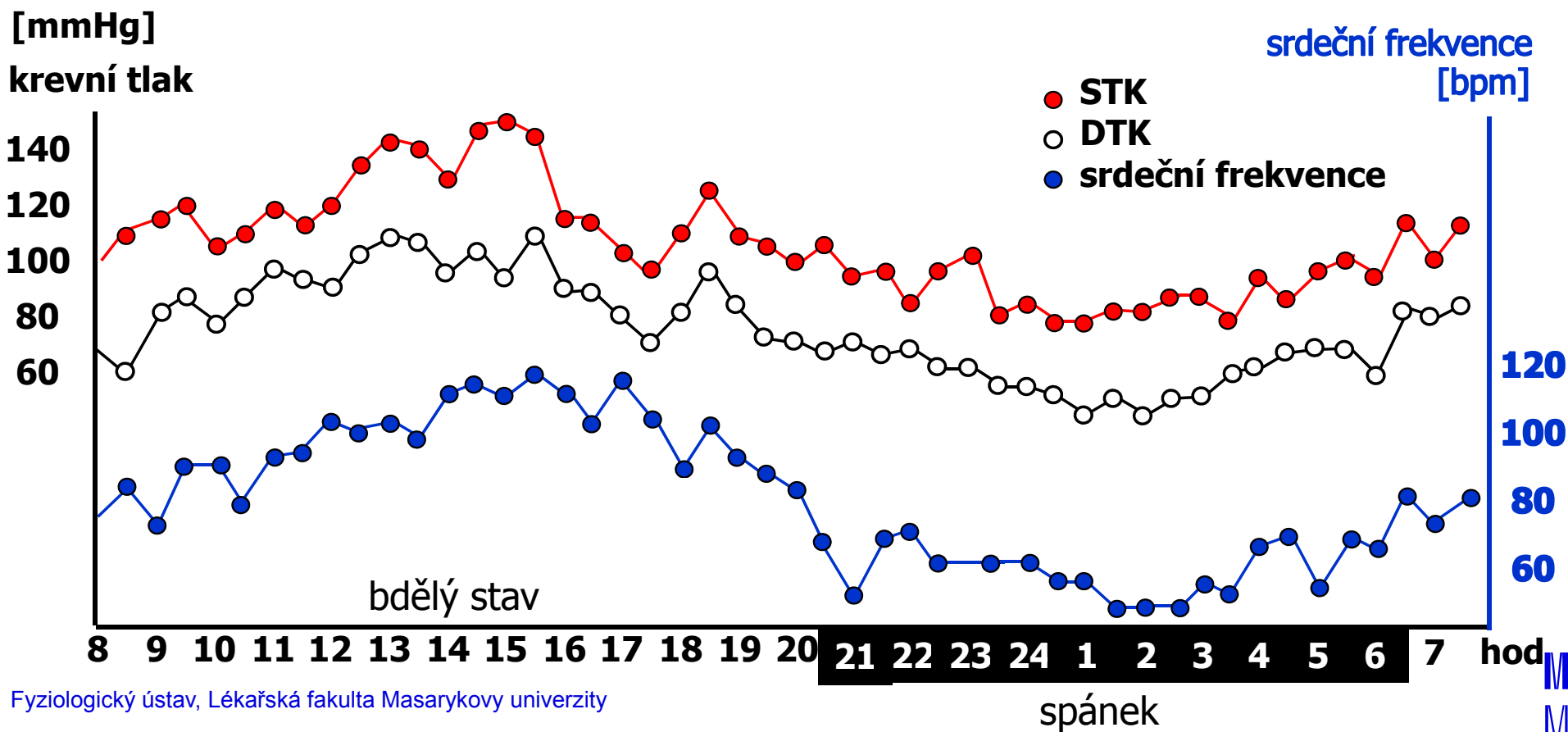
$S_1 < S_2$ a $v_1 \approx v_2 \rightarrow Re_1 < Re_2 \rightarrow$ turbulentní proudění

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

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
fotopletysmografická (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

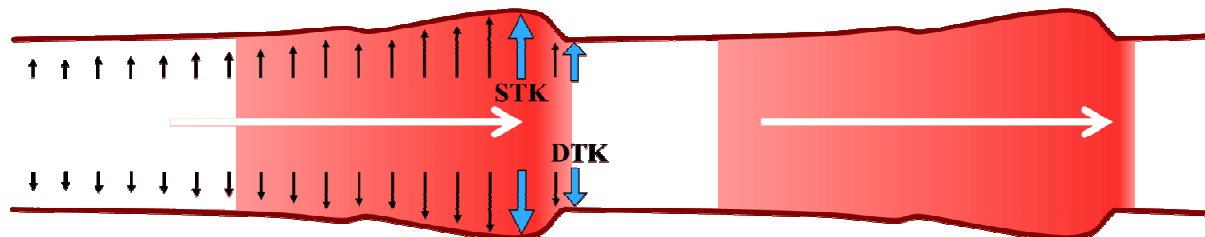
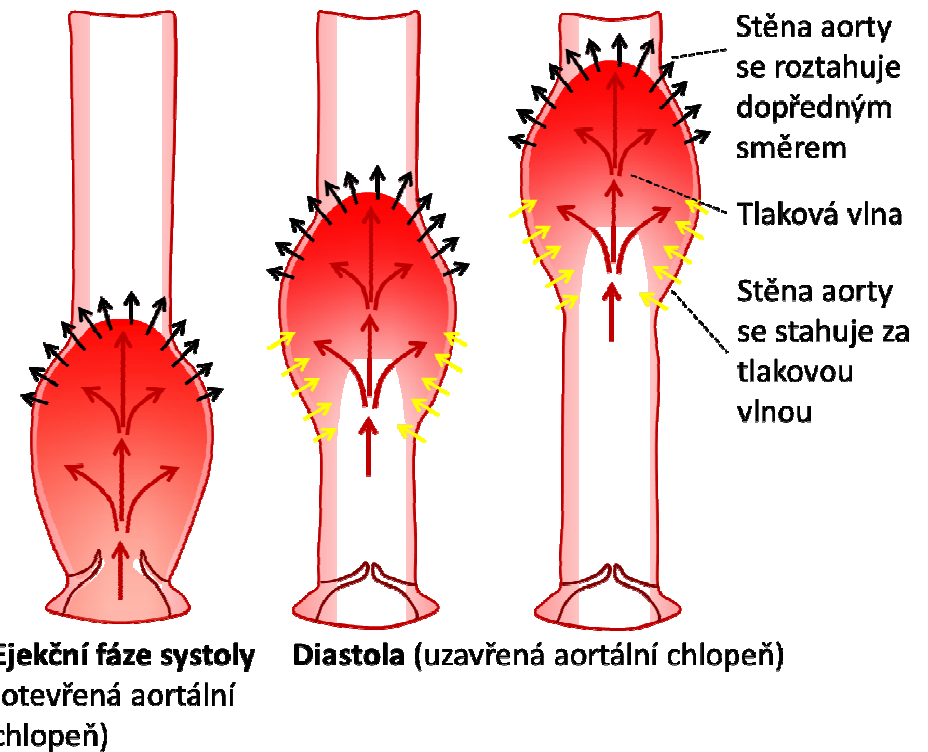
Změny krevního tlaku během fyzické zátěže

- 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
- 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

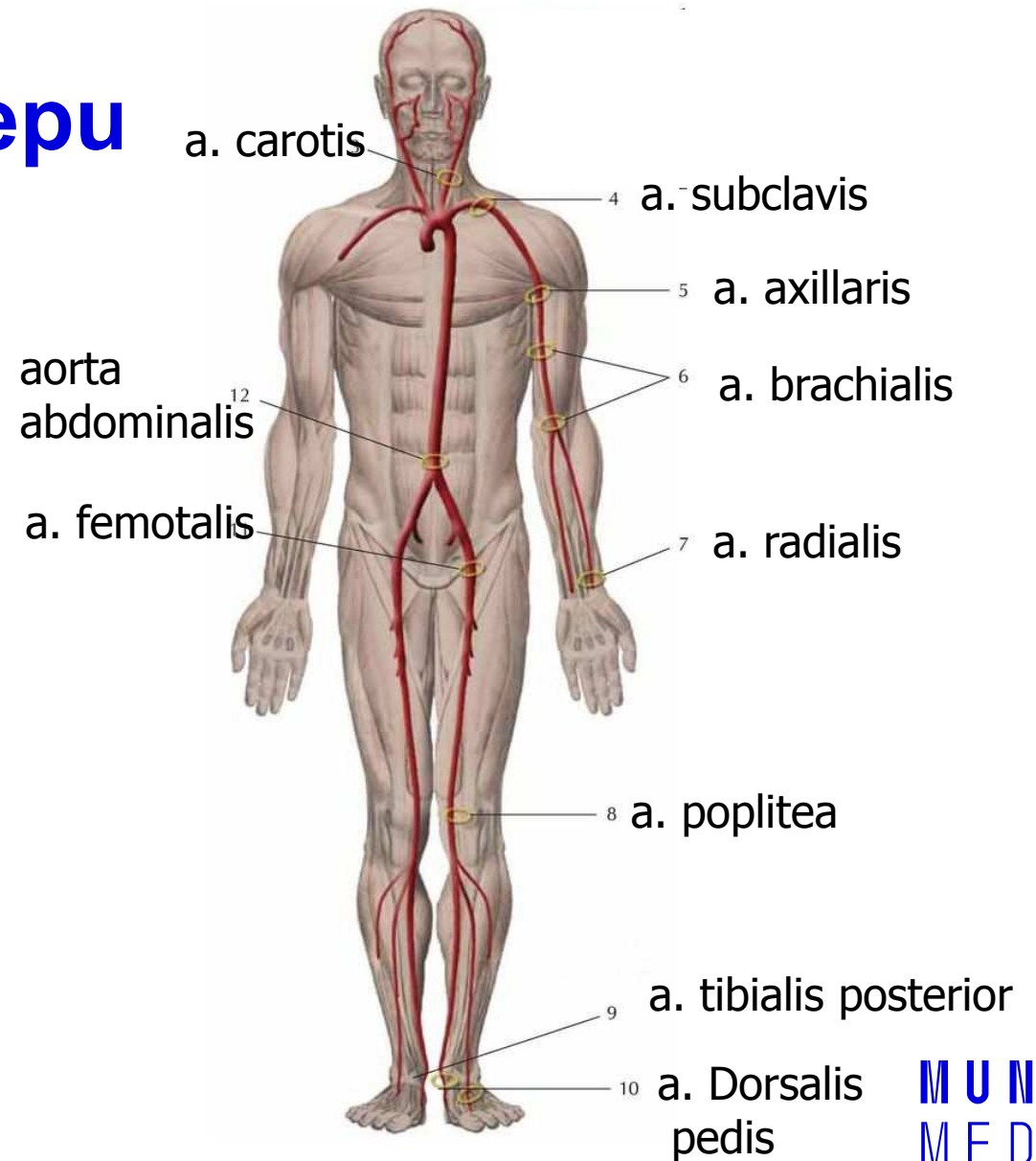
Tep (pulsus)

- 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 β 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

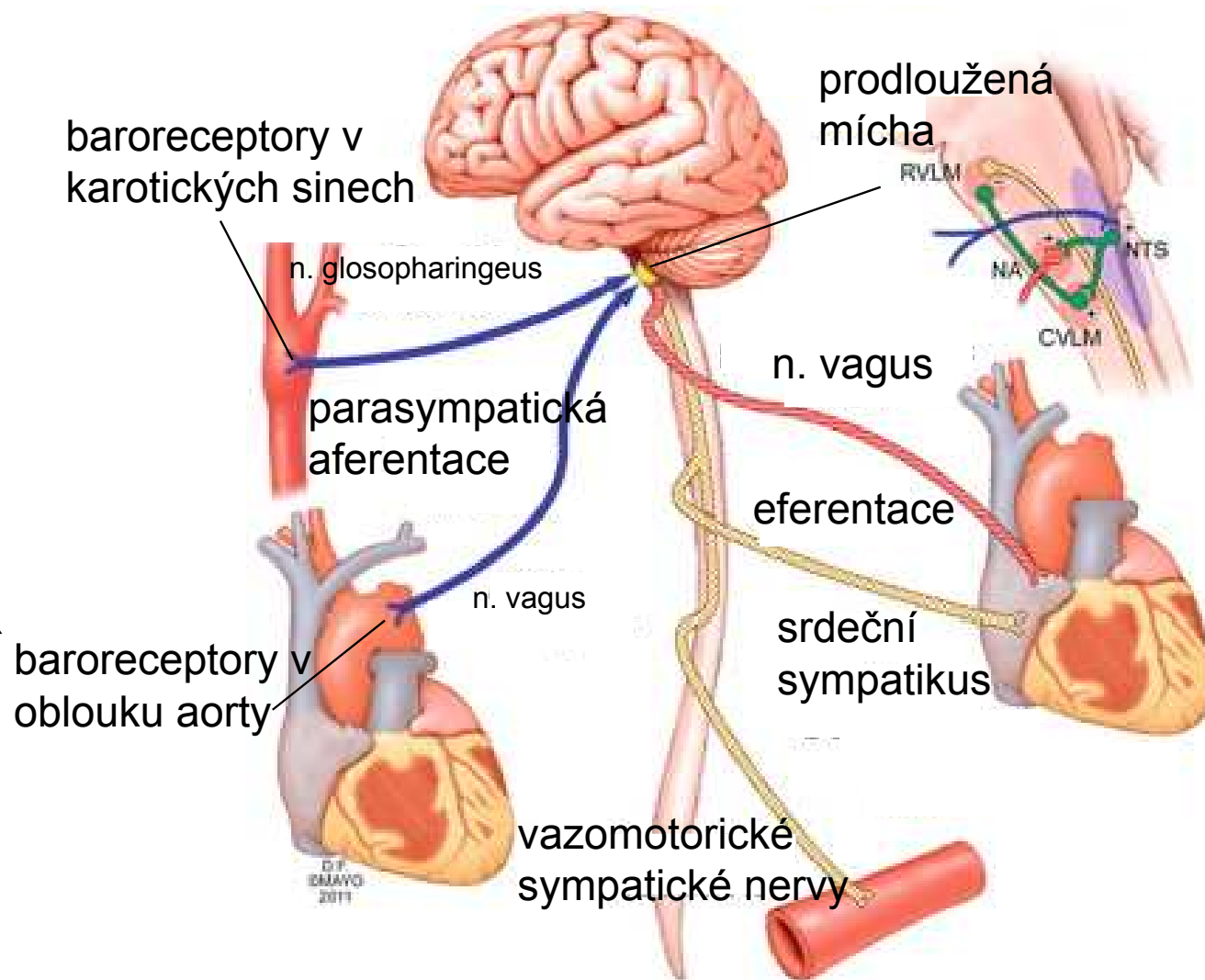
Baroreflex

- 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

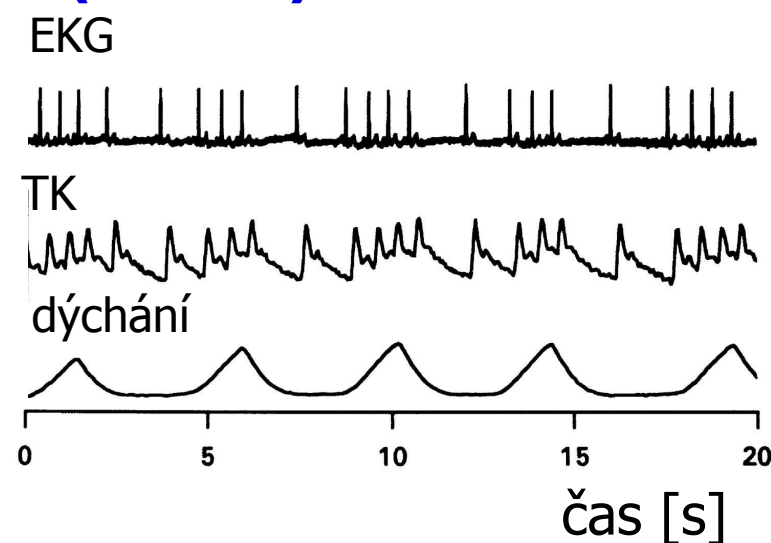
Mechanismus:

- ↓ **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 pCO₂, pO₂, 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

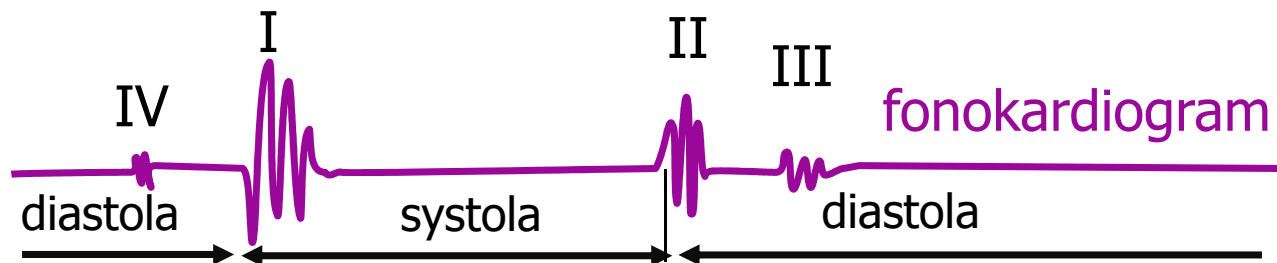
- Pracující sval má zvýšené metabolické nároky – dochází k zvýšenému prokrvení (metabolická autoregulace krevního průtoku)
- Fyzická práce zvyšuje aktivitu sympatiku („ergotropní systém“) - anticipace
 - Dochází ke kompenzační vazokonstrikci v cévách tkání, které zrovna nejsou metabolicky zatíženy (GIT, 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)

