

Fyziologie kardiovaskulárního systému

MUDr.K.Kapounková

Krevní oběh

- velký tělní : 84%
(systémový)
- malý (plícní): 9%
- Srdce : 7%

Celkový objem krve :4,5 – 5,5 l

žíly, pravé srdce a malý oběh

= nízkotlaký systém (rezervoár)

arterie = vysokotlaký systém (zásobovací funkce)

84% systémový oběh

Průtok krve :

Mozek : 13% MV

Myokard: 5% MV – nesmí poklesnout (selhání oběhu) – v zatížení až 5x více

Ledviny : 20 – 25% MV

Kosterní svaly: 21 -25% MV- v zatížení až 20 x více

Trávicí ústrojí + játra (období trávení) : 24 -30%

Kůže (v klidu) : 10%

Kostra : 3%

Regulace průtoku

vegetativní nervový systém

(sympatikus X parasympatikus)

- vasokonstrikce - sympatikus (ve svalech a srdci však vasodilatace)
- Parasympatikus- bez vlivu na cévy

metabolická autoregulace: CO₂, ADP, laktát, ↓ pH, histamin =>vasodilatace ve svalech

TEPENÝ SYSTÉM

- ⊙ ze srdce do dalších částí těla
- ⊙ v systémovém (velkém, tělním) krevním oběhu mají tepny silnou stěnu
- ⊙ tlakový pulz = přechodné zvýšení tlaku v aortě při systole levé komory (výše systolického krevního tlaku)

ŽILNÍ SYSTÉM

- ⊙ krev z těla do srdce
- ⊙ zabezpečuje žilní návrat krve k srdci a to:
 - svalovou pumpou
 - dýcháním
 - sací silou srdce
 - žilní pumpou (spirálovitá svalovina žilní média)

LYMFYTICKÝ SYSTÉM

- ⊙ lymfatickými cévami proudí *lymfa* = míza (pochází z tkáňového moku)
- ⊙ hlavní funkcí je *odvádění přebytečné tekutiny a bílkovin z mezibuněčného prostoru do krve*
- ⊙ účastní se dále na *imunitních reakcích* organismu

Krevní tlak (TK)

= arteriální krevní tlak

- tlak, který je vyvíjen na stěny cév při transportu krve oběhovým systémem
- Sleduje se systolický a diastolický krevní tlak. První (systolický) je fází vypuzování okysličené krve ze srdce a druhý (diastolický) je fází plnění srdeční komory neokysličenou krví
- klidové hodnoty 120/80 mmHg
 - systolický
 - diastolický

Měření TK

- metoda palpační
- metoda auskultační

Reaktivní změny

Krevní tlak (TK)

při dynamické práci se ↑ hlavně systolický tlak (nejméně při malé intenzitě nebo dlouhodobé vytrvalostním výkonu, nejvíce při submaximální intenzitě zatížení až na 180-240 mmHg), diastolický tlak se mění jen mírně, může i lehce klesat

při statické práci: změny TK souvisí se změnami nitrohručního tlaku (Valsalvův manévr),

- většinou dochází ke ↑ systolického (140-160 mmHg) i diastolického (80-100 mmHg)
- po dlouhodobém silovém tréninku dochází k fixaci ve formě hypertenze (vzpěrači)

Hypertenze

- **Výskyt v průmyslově vyspělejších zemích 15-20% (nad 60 let již 30-40% v populaci)**
- **jeden z nejzávažnějších rizikových faktorů ICHS**

Definice: u dospělého (TK) větší než 140/90 mmHg prokazované aspoň u 2 ze 3 měření TK v průběhu několika týdnů.

- ❖ **hraniční hypertenze 140-160/90-95**
- ❖ **mírná hypertenze 140-179/90-105**
- ❖ **středně těžká hypertenze 180-199/106-114**
- ❖ **těžká hypertenze víc jak 200/ víc jak 115**

v 90% se jedná o tzv. primární (esenciální) typ hypertenze, sekundární vzácnější (ledviny, těhotenství)

SRDCE

Endokard : uložen pod myokardem, pokrývá srdeční chlopně, náchylný k zánětlivým procesům) pozánětlivé změny na chlopních – zúžení, nedomykavost

Myokard: příčně pruhovaná svalovina (aktin, myozin)

Perikard : vazivová tkáň, chrání nadměrnému rozpětí srdce, a srdce před okolím, dva listy a mezi nimi dutina (výpotek)

Normální váha srdce :

Muž - asi 300g

Žena - 250g

Novorozenec- do 20g.

SRDCE - vlastnosti

- ⊙ **Autonomie** (autonomní srdeční systém – sám si udává základní frekvenci)- samostatnost srdeční činnosti

- ⊙ **Automacie** (střídání stahů a ochabnutí srdeční svaloviny)- zprostředkováno převodním systémem
- ⊙ **Dráždivost** (na vzruch odpoví srdce systémem „vše nebo nic“)
- ⊙ **Stažlivost**-inotropie(frekvence stahů)
- ⊙ **Vodivost**- **chromotropie** (schopnost myokardu vést vzruch formou impulsů)

Převodní systém srdeční

= dává podnět a zajišťuje jeho šíření srdečním svalem

- **SA (sinusový uzel)** – sám tvoří vzruchy pro srdce s frekvencí 80x za minutu
- **AV (síňokomorový uzel)** – je schopen také tvořit vzruchy pro srdce, ale s poloviční frekvencí

K šíření vzruchu dále slouží:

- ⊙ **Hisův svazek (HS)**
- ⊙ **Tawarova raménka (TR)**
- ⊙ **Purkyňova vlákna (PV)**

Vzruch se šíří:

od **endokardu k epikardu**

od **hrotu k bázi**

vzniká tak synchronní aktivace myokardu – systola komor.

Energetické zajištění srdeční činnosti

- ⊙ **ATP** – energii pro resyntézu ATP získává myokard *pouze aerobně (za přístupu O₂)*

- ⊙ základní potřeba O_2 myokardem je asi 9 ml O_2 na 100 g tkáně za minutu = 24-30 ml O_2 za minutu celým srdcem
- ⊙ spotřeba živin:
 - ✓ volné mastné kyseliny
 - ✓ LA
 - ✓ glukóza
 - ✓ aminokyseliny

Anatomie srdce

- ⊙ **tlakové čerpadlo** – plní se krví, kterou poté vypuzuje jednosměrně do aorty (plícnice)- srdeční chlopně
- ⊙ krev je uváděna do pohybu rytmickým střídáním kontrakce (systola) a relaxace (diastola) srdečního svalu

Anatomicky se skládá z:

- **pravé a levé síně**, které jsou od sebe odděleny přepážkou
- **pravé a levé komory**, taktéž mezi sebou odděleny přepážkou
- mezi síněmi a komorami jsou síňokomorové cípaté chlopně
- mezi pravou komorou a plícnicí a mezi levou komorou a aortou jsou chlopně poloměsíčné

Mechanická činnost srdce

srdeční revoluce = má dvě fáze:

- ⊙ **diastola** = uvolnění (síně a komory se plní krví. Otevřené chlopně mezi síněmi a komorami, uzavřené chlopně mezi komorami a plícnicí resp. aortou)
- ⊙ **systola** = stah (jednak vypuzení krve ze síní do komor, takže postavení chlopní se nemění. Poté vypuzení krve z komor do plícnice resp. aorty. Musí být uzavřené chlopně mezi síněmi a komorami a otevřené chlopně mezi komorami a plícnicí, resp. aortou)

Řízení srdeční činnosti

- **Nervové řízení**

Parasympatikus

- ✓ snižuje srdeční frekvenci, sílu srdečního stahu a vzrušivost srdečního svalu

Sympatikus

- ✓ zvyšuje srdeční frekvenci, sílu srdečního stahu i vzrušivost srdečního svalu

Humorální řízení

- Katecholaminy (adrenalin a noradrenalin zvyšují srdeční frekvenci)
- Glukagon (zvyšuje srdeční činnost)
- Hormony štítné žlázy (zvyšují srdeční činnosti)

Ukazatele srdeční činnosti - srdeční objem

Systolický srdeční objem (Q_s)

= množství krve přečerpané jedním stahem každé komory
v klidu = 70 ml

Minutový srdeční objem (\dot{Q})

= množství krve přečerpané za časovou jednotku

výpočet: $SF \times Q_s$

$$70 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1} \times 70 \text{ ml} = 5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Minutový srdeční objem - klidový

- ⊙ potřeba prokrvení v pokoji vyžaduje minutový objem asi 5 litrů
- ⊙ u trénovaných je Q_s vyšší, což jeho srdci umožňuje pracovat v pokoji i při stejné submaximální intenzitě zatížení nižší SF
- ⊙ $Q = Q_s \times SF$

Srdeční frekvence

- SF, HR, TF: **70/min**
- dána aktivitou sinusového uzlíku
- ovlivňující faktory :

- genetické dispozice (vagotonie, sympatikotonie)
- trénovanost (vytrvalost)
- teplota tělesného jádra (vzestup teploty o 1°- TF o 10)
- poloha těla (vleže nižší)
- klimatické podmínky (v chladu klesá)
- typ tělesné zátěže (nejvyšší u submaximální intenzity)
- psychická zátěž
- trávení (při trávení se zvyšuje)
- únava
- reflexní dráždění (baroreceptory, chemoreceptory)
- látkové vlivy (hormony, stimulancia , př. adrenalin, kofein, efedrin)
- Průměrné hodnoty SF max

Zjišťování SF

- ⊙ Tep se nejčastěji zjišťuje v místech, kde tepny procházejí blízko kožního povrchu, například na tepně vřetení na zápěstí, na krkavici ad.- palpační metoda

TEPOVÝ KYSLÍK : 6 – 8 ml

VO₂:SF

- množství kyslíku dodané tkáním jedním tepem
- ukazatel výkonnosti i ekonomiky práce transportního systému (čím vyšší, tím příznivější)

ejekční frakce **60 %**

- poměr mezi objemem krve na konci diastoly (120 ml) a systolickým objemem (70 ml)

Krevní oběh

složka transportního kardiorepiračního systému

změny:

- **reaktivní** – bezprostřední reakce organismu
- **adaptační** – výsledek dlouhodobého tréninku opakovaného

srdeční frekvence – dynamika změn

fáze úvodní = ↑ TF před výkonem

- *mechanismus*: emoce (více u osob netrénovaných) a podmíněné reflexy (převládají u trénovaných osob)

- startovní a předstartovní stavy

fáze průvodní = při vlastním výkonu roste TF nejdřív rychle (fáze iniciální),
→ zpomalení, → ustálení (rovnovážný stav)

- **mechanismus**: podmíněné a nepodmíněné reflexy, tělesná teplota, hormonální a látkové změny v krvi

fáze následná = návrat TF k výchozím hodnotám, zpočátku rychleji, postupně pomalejší

- **mechanismus**: nepodmíněné reflexy, látkové změny v krvi vycházející ze svalů

Změny reaktivní - **systolický objem**

- klidové hodnoty 60-80 ml
- při výkonu zvýšení na 120-150 ml, nejdřív rychlý nárůst, pak zpomalení a ustálení, max. hodnoty při TF 110-120
- závisí na rozměrech, kontraktilitě myokardu, plnění srdce a periferním odporu

Změny reaktivní - **minutový objem srdeční**

- klidové hodnoty kolem 5 litrů/min
- při výkonu zvýšení na 25-35 litrů/min
- roste s minutovou spotřebou kyslíku

Změny reaktivní - tepový kyslík = minutová spotřeba kyslíku

- klidové hodnoty 6-8 ml
- při maximálním zatížení zvýšení na 15 ml, u žen je nižší

Změny reaktivní - Cévy

tepny, vlasečnice, žíly

při zátěži - redistribuce krve v cévním řečišti na podkladě kompenzační vasokonstrikce, v některých orgánech splachnické oblasti a vylučovacího systému vasokonstrikce, tzn. ↓ průtoku (zpočátku i v kůži), ve svalech, srdci vasodilatace, tzn. ↑ průtoku

zásobení CNS konstantní, pro odvod tepla později vasodilatace v kůži

Adaptační změny

souvisejí s trénovaností

1. strukturální změny

2. funkční změny

Trénovaný jedinec:

- strukturální změny srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- hmotnosti

- cévy

- množství kapilár ve svalech

Fyziologická hypertrofie srdce

u vytrvalostního tréninku

hypertrofie **excentrická** = dilatace komor

u silového tréninku

hypertrofie **koncentrická** = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

Dosažení trvá několik let. Běžné u vrcholových sportovců u rekreačních výjimečné.

Trénovaný jedinec - funkční změny

- ↓ klidové TF = sportovní bradykardie
extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

- ↑ klidového systolického objemu
na 80-100 ml, při zátěži až 150-200 ml

- ↑ max. minutový objem (zátížení)
až 35 l/min