

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 médié)

LYMFATICKÝ 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

= 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

Krevní tlak (TK)

- ⊙ 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 nitrohruďního tlaku (Valsalvův manévr),

- ⊙ většinou dochází ke ↑ systolického (140-160 mmHg) i diastolického (80-100 mmHg)

Hodnoty TK při zatížení různě intenzity a délky trvání

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)**

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, brání 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.

Elektrokardiografická křivka
Hodnocení zátěžového testu
Elektrokardiografické změny

Energetické zajištění srdeční činnosti

- ⊙ ATP – energii pro resyntézu ATP získává myokard pouze aerobně (za přístupu O₂)
- ⊙ základní potřeba O₂ myokardem je asi 9 ml O₂ na 100 g tkáně za minutu = 24-30 ml O₂ za minutu celým srdcem
- ⊙ spotřeba živin:
 - ✓ volné mastné kyseliny
 - ✓ LA
 - ✓ glukóza
 - ✓ aminokyseliny

Infarkt myokardu

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 plicnicí 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 plicnicí resp. aortou)
- ⊙ systola = stah (jednak vypuzení krve ze síní do komor, takže postavení chlopní se nemění. Poté vypuzení krve z komor do plicnice resp. aorty. Musí být uzavřené chlopně mezi síněmi a komorami a otevřené chlopně mezi komorami a plicnicí, 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

⑩ *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 (\bar{O})

= 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

- ⊙ srdeční frekvence : **70/min**
- ⊙ systolický objem = tepový objem): **70 ml**
- ⊙ minutový objem srdeční = srdeční výdej : **5 l/min**
- ⊙ 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 v komoře na konci diastoly (120 ml) a systolickým objemem (70 ml)

Krevní oběh

složka transportního kardiopulmonálního 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)

srdeční frekvence – dynamika změn

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

srdeční frekvence – dynamika změn

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

tepový kyslík = minutová spotřeba kyslíku

- ⊙ klidové hodnoty 6-8 ml

- ⊙ při maximálním zatížení zvýšení na 15 ml, u žen je nižší

Index W170 = výkon, kterého by jedinec dosáhl při TF 170

- ⊙ lineární závislost TF na intenzitě zátěže

Cévy

- ⊙ tepny, vlasečnice, žíly

při zátěži - redistribuce krve v cévním řečišti na podkladě kompenzační vasokonstrikce, v některých orgánech splanchnické 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 =

- ⊙ extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového systolického objemu

na 80-100 ml

- ⊙ při zátěži až 150-200 ml

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