

## Kontraindikace ZT

**Absolutní:** akutní IM (4 dny), nestabilní AP, stenóza kmene ACS, el. nestabilita myokardu, akutní zánětlivé onemocnění srdce, akutní PE, těsná chlopenní stenóza, symptomatické SS, akutní infekční onemocnění, stav po CMP do 3 měsíců, výrazná anemie

**Relativní:** plicní hypertenze, méně výrazné arytmie, srdeční aneuryzma, méně významná chlopenní vada, systémová hypertenze ( $TK_S > 200$  mm Hg,  $TK_D > 115$  mm Hg), AV blokáda II. – III. stupně, špatná spolupráce pacienta

## Důvody přerušení ZT

klaudikace (bolest DKK)

dosažení SFmax

stenokardie

změny na EKG (deprese či elevace ST- úseku, arytmie)

únava

dušnost

neurologické projevy (závratě, poruchy zraku...)

pokles TKS  $> 10$  mm Hg oproti výchozímu stavu

(vyšší riziko FiKo, náhlé srdeční smrti)

výrazná hypertenzní odpověď

( $TK_S > 250$  mm Hg a  $TD_K > 115$  mm Hg)

**Důvod ukončení ZT musí být uveden v zátěžovém protokolu!!!**

## Hodnocení SF

fyzilogický vzestup SF je úměrný spotřebě kyslíku

SF je výrazně ovlivněna především věkem (není však uniformní)

↑ SF při nižší zátěži či v restituci- dekonkice, pokles periferního odporu, krevního objemu,

↓SF- trénovanost, medikace, zvýšený tepový objem

chronotropní inkompetence = neschopnost dosažení cílové SF

(vyšší mortalita a ICHS)

## Kategorie hodnocení ZT

- **pozitivní** - vznik AP či EKG změn

- **negativní** – dosaženo max. zátěže bez klinických příznaků
- **abnormální** – vznik arytmií, hemodynamické hyperreakce (TK > 200/100 mm Hg)
- **nediagnostický- nehodnotitelný**

### Význam spiroergometrického vyšetření

stanovení aerometabolické (transportní) kapacity organismu, výkonnosti, zdatnosti i pracovní schopnosti

posouzení reakce biochemických parametrů v průběhu dynamické zátěže

identifikace fyziologické nebo patologické reakce na dynamickou zátěž

diagnostický význam u některých skupin populace

prognostický a indikační význam (CHSS- transplantace srdce)

- **VO<sub>2</sub>max** (maximální příjem kyslíku): představuje kapacitu transportního systému.

Maximální množství kyslíku které může vyšetřovaná osoba dopravit do organismu za podmínek dynamické zátěže a které se i přes pokračující zátěž již dále nezvyšuje.

Skutečné hodnoty **VO<sub>2</sub>max** lze dosáhnout pouze u **zdravých**, u nemocných bývá nižší,

### vyjadřuje se spíše jako VO<sub>2</sub>SL, VO<sub>2</sub>peak, VO<sub>2</sub>tol !!!

ukazatel aerometabolických schopností organismu a výkonnosti transportního systému.

Jednotky: ml.min<sup>-1</sup>, ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>

- **VE** (minutová ventilace, l.min<sup>-1</sup>):

objem vzduchu, který projde plicemi za 1 min. Při **lehké a střední zátěži** roste **lineárně**, při **velmi těžké zátěži** roste **neúměrně rychle** -> kompenzace metabolické acidózy.

- **VE/VO<sub>2</sub>** (ventilační ekvivalent pro kyslík):

- množství vzduchu proventilované plicemi, z něhož si organismus odebere 1 litr O<sub>2</sub>

- při nízké zátěži mírně klesá, s **dalším vzrůstem** zátěže **stoupá** nejprve pozvolna, pak **strmě** (začátek strmého nárůstu odpovídá ventilačnímu prahu).

- **VE/VCO<sub>2</sub>** (ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý)

- probíhá zpočátku obdobně jako **VE/VO<sub>2</sub>**, **ke zlomu křivky** však dochází poněkud později, **za úrovní ANP** v okamžiku začátku respirační kompenzace metabolické acidózy.

### !!! VE roste proporcionálně s produkcí CO<sub>2</sub> !!!

(udržení normokapnie)

do dosažení ANP stoupá VE úměrně k VO<sub>2</sub> i k zátěži

#### ALE

po dosažení ANP roste VE disproporcinálně

(je třeba odventilovat CO<sub>2</sub> vzniklý pufrováním laktátu, zabránit metabolické acidóze)

VE dále strmě narůstá- nutná hypokapnie =

#### bod respirační kompenzace

- abnormálně zvýšená ventilační odpověď na zátěž ( $\uparrow$  VE/VCO<sub>2</sub>)

↓

tito pacienti **více ventilují**, aby vyloučili stejné množství CO<sub>2</sub>

↓

#### známka špatné prognózy

#### (CHSS)

- FIO<sub>2</sub>-FEO<sub>2</sub> (rozdíl objemového podílu kyslíku mezi vdechem a výdechem, „utilizace O<sub>2</sub>“, v %):

- využití kyslíku z atmosférického vzduchu

- při lehké a střední zátěži se zvyšuje, při velmi těžké zátěži se snižuje.

- průměrně zdatných 3-4 % O<sub>2</sub>, u velmi zdatných 5-7 % O<sub>2</sub>.

- použití pro výpočet příjmu kyslíku:

$$VO_2 (\text{ml}) = VE \times (FIO_2 - FEO_2) \times 10$$

#### Respirační kvocient RQ:

platí pro výměnu plynů **v buňce**, je dán zastoupením energ. substrátů (spalování lipidů 0,7; glukózy 1)

#### Poměr respirační výměny RER:

platí pro výměnu plynů **v plicích** (překračuje hodnotu 1,0 při dosažení maximální zátěže a dále se v zotavení zvyšuje)

RER (respiratory exchange ratio)

**vyjadřuje poměr  $VCO_2/VO_2$**

$RQ=RER$  jen za rovnovážného stavu

$RER_{peak} < 1$  ... pacient se ještě pohybuje v aerobním pásmu

$RER_{peak} = 1$  ... odpovídá ANP

$RER_{peak} < 1,10$  ... ZT je nevalidní ( $VO_{2peak}$  je podhodnoceno- nemá prognostický význam – limitace  $VO_{2peak}$  jako prognostického ukazatele)

$RER_{peak} \geq 1,15$  ... prognostický význam

**Metabolický ekvivalent – MET**

**1 MET** (multiple of resting metabolic rate) je spotřeba energie v klidu vsedě v bdělém stavu =  $3,5 \text{ ml } O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  (=  $75 \text{ J} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

$MET = [VO_2(\text{ml STPD}) : \text{kg hmotnosti}]/3,5$

$VO_{2max} = Q_{max} \times a\text{-}VO_{2max}$

následky dosažení maxima ( $VO_{2max}$ )



strmá kumulace laktátu (na této úrovni lze pokračovat v dosavadní intenzitě tréninku pouze několik minut)

**Stanovení ANP**

- a) Invazivně z krevního laktátu
- b) Neinvazivně z ventilačně-respiračních hodnot

**!!! Limity bezpečné zátěže !!!**

↑ koncentrace laktátu

↓ koncentrace  $HCO_3^-$

disproporcionální vzestup  $VCO_2$

dle ↑ VE

porovnání sklonu  $VO_2$  a  $VCO_2$  (V- SLOPE METODA)

**ANP (anaerobní práh)**

intenzita zátěže, při níž nastává vychýlení dynamické rovnováhy mezi produkcí a metabolizací laktátu

Krátký časový úsek v průběhu stupňovaného zatížení, kdy začne prudce stoupat LA, což má za následek pokles pH krve a vznik metabolické acidózy. Ta je kompenzována poklesem hydrogenuhličitanů (-BE), hyperventilací, změnami ventilačně respiračních hodnot.

**Anaerobní práh** má

**vyšší výpovědní hodnotu**

o individuální výkonnosti

než hodnota  $VO_{2max}$

**Funkční snížení aerobní kapacity a anaerobního prahu (Weber K.T. et al., 1988)**

Typy tréninků dle intenzity zátěže

**trénink na úrovni 1. ventilačního prahu -ANP**

(50-80%  $VO_{2peak}$ )

**trénink na úrovni 2 .ventilačního prahu**

(90-95%  $VO_{2peak}$ )

↓

**High intensity interval training (HIT)**

Jak vypočítat TTF?

- intenzita tréninku se nejčastěji určuje jako **procento maximální dosažené frekvence** (např. 70 %  $TF_{max}$ ),
- nebo jako **procento tepové rezervy**:

$$TTF = (TF_{max} - TF_{klid}) \times (0,6-0,8) \pm TF_{klid}$$

**Prognostické ukazatele**

**$VO_{2peak}$**

**$VE/VCO_{2slope}$**

**Limitace  $VO_{2peak}$**

pokročilá **farmakoterapie** (beta-blokátory)

nutnost dosažení **maximálního** výkonu při zátěžovém testu ( $RER > 1,10$ )-**pacient, lékař**

u CHSS je podhodnocena **díky nízké aerobní kapacitě kost. svalstva**

(celkové spotřeby kyslíku připadá průměrně 70% na pracující svalstvo)

závislost  $VO_{2peak}$  na **nekardiálních faktorech**

(pohlaví, věk, obezita, anémie, plicní choroby, genetika)

**Proč právě VE/VCO<sub>2</sub> slope?**

oproti  $VO_{2peak}$  signifikantní i při **submaximálním** úsilí pacienta (RER < 1,10)

zachovává svoji **prognostickou významnost** v celé řadě klinických stavů

(nízká ejekční frakce, léčba beta- blokátory)

Arena et al. na pacientech se SS jednoznačně demonstroval, že hodnota parametru **VE/VCO<sub>2</sub> slope > 34 nebo VE/VCO<sub>2</sub> peak > 45** je spojena s vyšším rizikem náhlé srdeční příhody

(pacienti s **hodnotou > 45 mají až 7x vyšší riziko úmrtí** oproti pacientů s hodnotou normální)

**Zátěžové chodecké testy**

**6- Minute Walk Test (6-MWT)**

**Incremental Shuttle Walk Test (ISWT)**

Přírůstkový kyvadlový test

**Endurance Shuttle Walk Test (ESWT)**

Vytrvalostní kyvadlový test

**6-MWT**

dráha 30m

testovaná osoba si sama určuje maximální rychlost (submaximální test)

pacient se může zastavit, odpočinout

vše se zaznamenává do protokolu

test je napoprvé vhodné provést 2X

normu lze určit dle různých rovnic (délka dráhy, počet proměnných)

výsledek: **vzdálenost**

**Přírůstkový kyvadlový test chůzí**

**ISWT**

hodnocení maximální tolerance zátěže

dráha 10m

rychlost chůze určují zvukové signály

každou minutu se rychlost zvyšuje

12 rychlostních úrovní

pacient nezvládá fyzicky nebo SpO<sub>2</sub> < 80%-test se ukončí

hodnotí se pouze ukončené rovinky

**výsledek: vzdálenost**