

Zátěžové testy v pneumologii: Spiroergometrie



MUDr. Patrice Popelková
TRN klinika

Přednosta
MUDr. J. Roubec, Ph.D.



Obsah

- Co je to spiroergometrie ?
- Jaké jsou indikace ke spiroergometrii ?
- Jaké jsou absolutní kontraindikace ?
- Jaké jsou relativní kontraindikace ?
- Co je ke spiroergometrii potřeba ?
- Jak probíhá měření ?
- Kdy je nutno měření ukončit ?
- Shrnutí



Co je to spiroergometrie ?

- Je to dynamický zátěžový test s analýzou plicní ventilace a výměny O_2 a CO_2
- Umožňuje zachytit a posoudit řadu patofyziologických plicních funkcí, závažnost poruch i kompenzační mechanismy v podmínkách zvýšených nároků kladených fyzickým zatížením.
- Má větší přesnost a reprodukovatelnost měření oproti terénním testům (6-minutový test chůzí, zátěžový test během u dětí)



Indikace

Dle doporučení Evropské respirační společnosti (1997) :

- Stanovení zátěžové tolerance a možných limitujících faktorů (odlišení mezi dušností srdečního a plicního původu, zhodnocení nejasné dušnosti když klidové funkční testy neposkytují přesvědčivé výsledky, zjištění abnormální limitace zátěžové tolerance a odlišení příčin zátěžové intolerance)
- Stanovení stupně poškození u chronických plicních onemocnění
- Vyšetření pro posudkové účely
- Diagnóza astmatu vyvolaného zátěží
- Rehabilitační programy - posouzení pacienta a preskripce pohybové aktivity
- Předoperační vyšetření (rozsáhlé břišní operace zejména u starších pacientů, plicní resekce pro karcinom, resekční operace při plicním emfyzému)
- Transplantace plic, resp. plic a srdce



Absolutní kontraindikace

- akutní onemocnění (akutní infarkt myokardu, myokarditida, perikarditida, tromboflebitida, horečnatý stav)
- nestabilní angina pectoris, závažné arytmie
- srdeční selhání (NYHA IV), těsná aortální a mitrální stenóza
- akutní plicní embolizace a cévní příhody
- hypertrofická kardiomyopatie s obstrukcí
- maligní hypertenze (systol. TK » 240mmHg, diastol. TK »120mmHg)
- aktivní chronická onemocnění jater, ledvin, štítné žlázy
- globální respirační insuficience, metabolické rozvraty



Relativní kontraindikace

- srdeční selhání (NYHA I-III)
- méně závažné poruchy rytmu
- závažná onemocnění pohybového ústrojí
- závažné psychické poruchy
- neochota nebo neschopnost pacienta ke spolupráci

Přístrojové vybavení kliniky

■ Bicyklový ergometr

- 12 svodové EKG s podtlakovými elektrodami pro neklidové podmínky
- tonometr
- systém k měření průtoku nebo objemu
- analyzátory O₂ a CO₂ (okamžitá analýza vydechovaného vzduchu dech po dechu a počítačové zpracování získaných údajů)
- pulzní oxymetr

Výhody: vyšetřovaný má imobilní trup a horní končetiny v poloze umožňující opakované odběry krve a snadnější měření tlaku krve

■ Běžící pás (běhátko, traedmill)

- postihuje zátěž běžícím pásem (např. 0-25km/h) a sklonem pro pohyb „do kopce“ např. 30-35 stupňů

Výhody: přirozený pohyb chůzí, nevýhoda nebezpečí pádu, artefakty při měření TK, ventilace i při záznamu EKG

Přístrojové vybavení kliniky





Protokol měření

Symptomy limitované testy s progresivně vzrůstající zátěží

- Kontinuálně stoupající zátěž („rampový test“)
- Zátěž s malými přírůstky (test s téměř kontinuálním zvyšováním zátěže - např. každou minutu zvyšujeme zátěž o 10-30 W), tak aby bylo dosaženo maxima omezeného symptomy do 10 minut
- Stupňovaný test bez přestávek, například zvyšovat o 25-50 W každé 3 minuty (při trvání stupně 3 minuty lze dosáhnout rovnovážný stav), ukončení zátěžového testu do 15 minut
- Kombinované testy

Není podstatný rozdíl v naměřených parametrech, zátěž je nutno zvyšovat tak rychle, aby test trval 6-12 minut (delší → únava, kratší → VO_2 nestačí rychle reagovat na zvyšování zátěže)



Provedení testu

- Kalibrace průtokového senzoru a senzorů pro pO_2 a pCO_2
 - Vysvětlit pacientovi průběh testu a jaká spolupráce se od něj vyžaduje, rozptýlit jeho obavy z dýchání přes náústek a zacpání nosu klapkou
 - Nechat pacienta v klidu před zátěží sedět na ergometru do doby ustálení měřených parametrů, nejméně 2 minuty, ověřit správné zapojení senzorů a spolupráci pacienta
 - Sledovat ve fázi zotavení výskyt arytmii v prvních 2 minutách
→ obnova vagového tonu → klesá srdeční frekvence → přetrvává adrenergní stimulace → prohlubuje se metabolická acidóza
- 2 minuty po vyřazení odporu pohybovat pedály ve volném tempu
- Kontrola a editace naměřených údajů

Provedení testu



Provedení testu





Ukončení měření

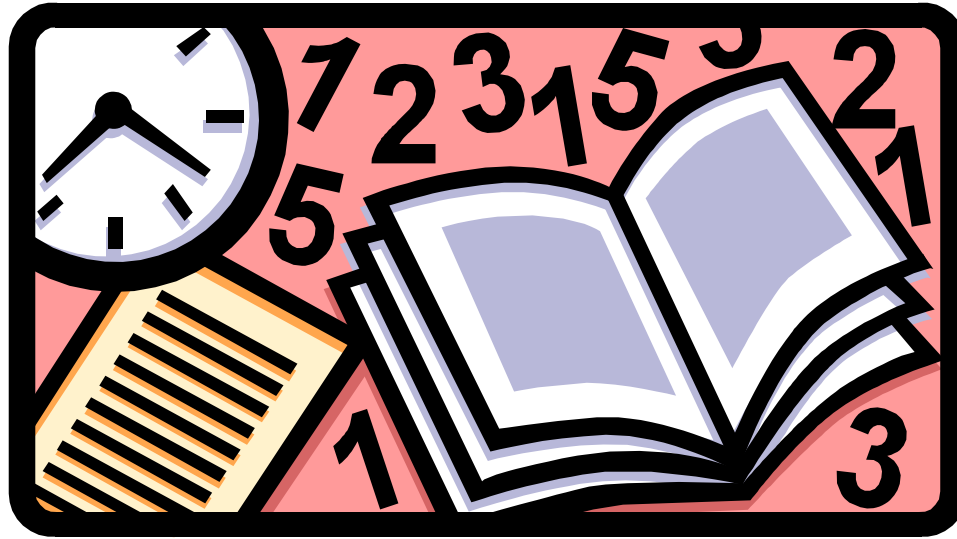
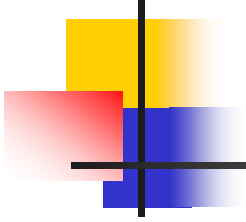
- **konečné fyziologické body** – dosažený výkon, srdeční frekvence, spotřeba kyslíku nebo splnění cílů testu (například dosažení submaximální zátěže)
- **příznaky** – silná bolest na hrudníku, náhlé zblednutí, ztráta koordinace, zmatenost, dušnost, pokles ST segmentu větší než 0,2mV, komorová tachykardie, narůstající komorové extrasystoly, pokles systol. TK o 10mmHg oproti výchozí hodnotě nebo zastavení vzestupu i při stoupající zátěži, vzestup systol. TK nad 240mmHg a diastol. TK nad 120mmHg

Monitorování EKG a TK po ukončení zátěže, setrvání pacienta v laboratoři do ústupu příznaků !



Shrnutí

- Spiroergometrie je dostupná ve FNsPO
- Již dávno není pouze doménou sportovců
- Lze ji využít i k diferenciální diagnostice příčin námahové dušnosti a snížené tolerance námahy. V mnoha případech dokáže určit, jaká porucha je u pacienta limitujícím faktorem při zátěži
- Je to neinvazivní diagnostika onemocnění srdce a plic s určením maximálního příjmu kyslíku $\rightarrow (VO_2\text{max}, VO_2\text{max/kg})$, který patří k nejdůležitějším funkčním ukazatelům zátěžového vyšetření \rightarrow představuje kapacitu transportního systému (dýchací a kardiovaskulární)





Měřené parametry

- Výkonnost
- Kardiovaskulární hodnoty
- Ventilačně-respirační hodnoty
- Biochemické hodnoty
- Subjektivní hodnocení

Výkonnost

- **Tělesná výkonnost** – schopnost organismu podat a opakovat určitý fyzický výkon
- **Pracovní tolerance** – nejvyšší tolerované zatížení při němž se vyskytla nebo přetrvávala některá ze zřetelných ischemických změn, nebo bylo dosaženo 1 či více „konečných bodů“. Výkon je udáván ve Wattech (W), nebo v přepočtu na 1 kg hmotnosti
- **W_{\max} (W_{\max}/kg)** – je nejvyšší výkon dosažený při stupňovaném zatížení (orientačně je výkonnost snížena středně až těžce při poklesu W_{\max} ve wattech pod tělesnou hmotnost v kilogramech, při dosažení více než 3 násobku dobrá)
- **1 MET** – ukazatel výdeje energie při zátěži, spotřeba energie v klidu v bdělém stavu ($3,5\text{ml O}_2/\text{min}/\text{kg}$), vyjadřuje poměr zvýšené spotřeby O_2 při zátěži ve srovnání s klidovou hodnotou. Slouží k posouzení intenzity zatížení: lehká intenzita práce méně než 3MET, velmi těžká více než 7 MET



Kardiovaskulární hodnoty

- **Srdeční frekvence - SF, SF_{max}**
 - $SF_{max} = 220 - \text{věk [roky]}$
- **Krevní tlak – TK**
 - reakce na zátěž normotenzní, hypertenzní (systolický TK nad 200mmHg, diastolický TK nad 100mmHg), hypotenzní a zpomalený pokles systolického tlaku ve fázi zotavení mohou být známkou ICHS
- **Rezerva srdeční frekvence – HRR (Heart Rate Reserve)**
 - rozdíl mezi náležitou srdeční frekvencí a skutečně změřenou u pacienta při maximální tolerované zátěži, norma méně než 15/min

Ventilačně-respirační hodnoty

- **Dechový objem - V_T**
- **Dechová frekvence – df**
- **Objem mrtvého prostoru – V_d** , udává jaký díl z V_T se nepodílí na respiraci
- **Poměr objemu mrtvého prostoru a dechového objemu - (V_d / V_T)**
ukazatel ekonomiky dýchání, je závislý na poměru ventilace a perfuze, u zdravých v klidu asi 1/3 dech.objemu, při zátěži klesá na 1/5.
- **Minutová ventilace pro vydechovaný objem - \dot{V}_E**
- **Maximálně vydechnutý objem - $V_{E \max}$**
- **Maximální minutová ventilace - MVV**
- **Dechová rezerva - DR**, rozdíl mezi MVV a $\dot{V}_{E \max}$ (l/min a v % méně než 30% náležité hodnoty)
- **Ventilační ekvivalent pro kyslík – $\dot{V}_E / \dot{V}O_2$** množství vzduchu proventilované plicemi v litrech, z něhož si organismus odebere 1 litr O_2 . V klidu 20-30l, ukazatel ekonomiky dýchání, zdraví a statní jedinci mají při stejných intenzitách zatížení nižší hodnoty.

Ventilačně-respirační hodnoty

Alveolární parciální tlak CO_2 , O_2 - $P_A\text{CO}_2$, $P_A\text{O}_2$

Arteriální parciální tlak CO_2 , O_2 - $P_a\text{CO}_2$, $P_a\text{O}_2$

Saturace arteriální krve kyslíkem - SaO_2

Alveoloarteriální rozdíl parciálního tlaku kyslíku - $P_{(A-a)}\text{O}_2$, rozdíl mezi hodnotou $P_A\text{O}_2$ na konci výdechu a současně stanovenou hodnotou $P_a\text{O}_2$, ukazatel respirační schopnosti plic (N do 6,7kPa)

Maximální spotřeba (příjem) kyslíku – $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$, $\dot{V}\text{O}_2\text{max/kg}$
nej důležitější funkční ukazatel zátěžového vyšetření, je určena kapacitou respiračního a cirkulačního systému, je kritériem maximální výkonnosti, objektivním ukazatelem obecné tělesné zdatnosti.

- Jones NL a kol. 1975: $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (ml/kg)
 - muži = $57,8 - (0,445 \times \text{věk})$
 - ženy = $41,2 - (0,343 \times \text{věk})$
 - norma nad 80% náležitých hodnot
- Další hodnocení např. podle Webera z roku 1988 (třídy A...E atd)
- Selinger 1977 – zdravá československá populace



Ventilačně-respirační hodnoty

Tepový kyslík – $\dot{V}O_2/SF$ - množství kyslíku dodané tkáním 1 tepem, ukazatel kardiorespirační výkonnosti (zdraví kolem 15ml, sportovci až 25ml, pacient s ICHS méně než 10ml)

Výdej oxidu uhličitého - $\dot{V}CO_2$ – množství CO_2 vydaného z plic do zevního prostředí

Respirační kvocient – RQ, *poměr respirační výměny* - R:

$\dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$, RQ=R pouze v rovnovážném stavu. Pro dynamiku změn $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ při stupňovaném fyzickém zatížení do maxima je správné označení R. Překračuje hodnotu 1,0 při dosažení maxima a zvyšuje se ve fázi zotavení, kriteriem je dosažení maximální metabolické úrovně.

Anaerobní práh – ANP, (anaerobic treshold AT), metabolický přechod mezi převážně aerobním a aerobně-anaerobním krytím energetických nároků organismu. Norma 40-60% $\dot{V}O_2max$, vynikající sportovci 80-85% $\dot{V}O_2max$. Dg a posouzení fyzické zdatnosti, určuje horní limit bezpečné zatížitelnosti...



Biochemické hodnoty

- Lze odebírat
 - glukózu, laktát, ketolátky, proteiny, dusíkaté látky, minerály, sledovat aktivitu enzymů, acidobazickou rovnováhu, krevní plyny
- to vše poslouží k invazivnímu určení anaerobního prahu (laktátový, BE práh = stanovení úbytku bází)



Subjektivní hodnocení

- Pocity udávané v průběhu zátěže
- Borgovy škály (RPE = rating of perceived exertion)
 - Škála 6-20 : hodnocení vnímání intenzity či namáhavosti příslušného zatížení
 - Škála 0-10 : subjektivní hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin



Vyšetření před plicní resekcí

■ Operabilní

- je-li dosaženo $\dot{V}O_2\text{max}$ minimálně $20\text{ml/kg}\cdot\text{min}^{-1}$ (nebo 75% náležitých hodnot), umožní resekční výkon do rozsahu pneumonektomie

■ Operabilní se zvýšeným akceptovatelným rizikem.

- $\dot{V}O_2\text{max}$ minimálně $15\text{ml/kg}\cdot\text{min}^{-1}$ (nebo 50% náležitých hodnot)
- Limitní hodnota pro lobektomii $15\text{ml/kg}\cdot\text{min}^{-1}$

Klinická interpretace výsledků

@ = norma ↓ ↑ = změna	CHOPN	Interstic. plicní nemoci	Srdeční selhávání	Plicní hypertenze	Obezita	Dekondice
V \dot{V} O ₂ max	↓	↓	↓	↓	↓ / @	↓
Anaerobní práh	@ / ↓	@ / ↓	↓	↓	↓	@ / ↓
Dechová rezerva	↓	@ / ↓	@	@	@	@
Srdeční rezerva	@ / ↑	@ / ↑	@ / ↓	@	@	@
Tepový O ₂	↓	↓	↓	↓	@	↓
Pokles PaO ₂	ano/ne	ano	ne	ano	ne	ne