

---

# Zátěžové testy

MUDr. Simona Majorová  
UK FTVS, Katedra ZTV a TVL  
majorova@ftvs.cuni.cz

Učební texty

## Zátěžové testy

- Jsou určeny ke zjištění funkčního stavu testovaných orgánů i celého organismu, ke zjištění způsobilosti k pohybové aktivitě a ke sledování odezvy organismu na různé typy zatížení.

## Zátěžové testy – indikace pro vyšetření

*Frekvence důvodů k vyšetření je odlišná u dospělých a dětí, u zdravých a nemocných*

- Stanovení fyzické výkonnosti, posouzení vlivu tréninku
- Důvody diferenciálně diagnostické
- Důvody preventivně kardiologické
- Posouzení výsledků medikamentózní léčby či operačního řešení
- Posouzení úspěšnosti rehabilitačního programu
- Zhodnocení zdatnosti ve vztahu k onemocnění
- Sledování chronického progredujícího onemocnění
- Pro nastavení nerizikové intenzity zátěže
- .....
- *Provedení zátěžového vyšetření – rizikové faktory + typ plánované PA*

## Zátěžové testy – kontraindikace pro vyšetření

- Akutní infekční onemocnění; Akutní zánětlivé onemocnění (srdce, autoim.ch.)
- Léčený vysoký krevní tlak – v klidu > 200/120 mmHg
- Dekompenzovaný diabetes
- Stavby metabolického rozvratu; vážné poruchy acidobazické rovnováhy;
- Globální respirační insuficience
- Krátce po astmatickém záchvatu
- Akutní infarkt myokardu v prvních dnech; nestabilní angina pectoris
- Stenóza levé koronární tepny; disekce aorty; akutní plicní embolie
- Srdeční selhání; hypertrofická obstrukční kardiomyopatie
- Stavby po mozkové příhodě, po tranzitorní ischemické atace
- Akutní onemocnění jater, ledvin, endokrinní onemocnění, .....
- + nespolupráce „vyšetřovaného“

## Zátěžové testy

- Zatížení: Pohybem (dynamická, statická zátěž)  
Změnou polohy těla  
Hyperventilací  
Chladem, teplem  
Snížením/zvýšením parciálního tlaku  $O_2$   
Psychicky, farmakologicky, ....

### Dělení:

- *Podle místa:* Terénní testy x Laboratorní testy
- *Podle velikosti zatížení:* Maximální x Submaximální x Supramaximální
- *Podle metabolických pochodů.* Anaerobní x Aerobní
- *Podle typu zátěže (viz výše)*

## Provedení :

- laboratoř → standardní podmínky → srovnatelnost, opakování
- v prostředí normálním pro výkon aktivity → ovlivňující faktory
- Výsledky: ovlivněny pohlavím, věkem, somatickými předpoklady zdravotním stavem, psychickými faktory  
prostředím laboratoře, metodikou, denní dobou  
+ spoluprací vyšetřovaného  
→ správná interpretace výsledků

### Laboratoř – podmínky testů :

- Klid; větrání; rozměry  $\geq 20 \text{ m}^2$ ; teplota 18 – 22 °C, vlhkost 30 – 60 %, ...
- Lehátko, vybavení pro testy ( bicyklový ergometr, běhátko, analyzátor výměny dýchacích plynů, ruční dynamometr...), tonometr, EKG, ...
- Zajištění bezpečnosti
  - Vybavení pro resuscitaci, defibrilátor, lékárna,školení personálu
  - Spojení s resuscitačním týmem
- Kalibrované, kontrolované vybavení

## Zátěžový protokol:

- Specifikuje intenzitu zatížení, dobu trvání testu, ...

### Zátěžový test

- Jednostupňový
- Stupňový; stupňový s přestávkami
- Kontinuální
- Rampový
- Kombinovaný



## Zatížení pohybem

### 1) Dynamická zátěž:

*schůdky (dnes již nepoužívají pro nepřesné stanovení zátěže),  
běh, chůze (chodecký test 2 km po rovině, měří se doba, TF, stanovuje  
výkonnost; Cooperův test – chůze/běh, vzdálenost za 12 min;  
walking test – chůze, vzdálenost za 6 minut)*

*dřepy (Ruffierova zkouška – 30 dřepů/30 s; měří se TF po a po 1 min,  
stanovuje se index výkonnosti)*

*Wingate test – komplexní do max.zatížení; zjištění anaerobní kapacity*

*bicyklová ergometrie (vsedě, vleže); rumpál*

*běhátko*

*plavecký či veslařský trenažer*

### 2) Statická zátěž:

*použití dynamometru; stisk ruky (handgrip) – měří se TK*

## Zatížení pohybem

### Vyšetřovaná osoba:

- poučena o vyšetření a jeho rizicích (informovaný souhlas)
- vhodný oděv a obuv
- nesmí předcházet velká zátěž
- nesmí mít infekční chorobu
- životospráva den před testem (+ spánek, vhodné tekutiny, ...)
- zaznamenat všechny užívané léky...

Před testem: anamnéza, fyzikální vyšetření, klidové ekg, TF, TK

V průběhu testu: klinický stav, ekg křivka, TF, TK, dle typu testu další

Po testu: podle typu zátěže a stavu alespoň 10 min, event. déle

## Bicyklová ergometrie

- upevněný bicykl s nastavitelnou zátěží
- elektrody - snímání EKG, měření TK
- princip: vyšetřovaný šlape proti nastavenému odporu (W)  
odpor se mění skokem, ↑ kontinuálně, kombinace  
60 otáček/min (klasické); některé přístroje automatická regulace
- délka stupně + velikost odporu → jednotlivé protokoly

	stupeň (min)	zvyšování o (W)
Bruce	3	50
Stanford	2	50
<b>Balke</b>	2	25
Henry	1	10

- doba vyšetření: do 12 minut
- úroveň zátěže lze modifikovat → vystihnout charakter sportu
- volba základního stupně zátěže – možné několika způsoby /25 -100 W /

### Vlastní test:

*Nejdřív vleže ekg, TK, pulz*

- testovaný na bicykl; elektrody, manžeta tonometru
- krátce v klidu → pak zátěž
- před koncem každého stupně:
  - hodnota TK
  - ekg po dobu 8 - 12 s; /event. abnormality ekg v průběhu/
- test provádíme do submaxima či maxima, kdy už nelze udržet požadované tempo (*v kardiologii odlišná kritéria pro ukončení*)
- v zotavovací fázi (4–6 min): dále sledování výše uvedené hodnoty
- Indikace k přerušení testu
  - 1) Symptomy
  - 2) dosažení diagnostického cíle
  - 3) bezpečnost

## Fyziologické změny TK a tepové frekvence (f) při zátěži

**Systolický TK a tepová f** – při zátěži progresivně rostou

**Vrcholový systolický tlak:** 160 – 180 mmHg (ojed. na 200 mmHg)

**Diastolický tlak** – nejsou podstatné změny ( kolísání 10 -15 mmHg)

**Tepová frekvence (f; SF):** se zátěží roste

klidová: 60 – 75/min; u vagotonie a trénovaných 45 - 60/min

vyšší při únavě, přehřátí, emoční zátěži, onemocněních, poruchy rytmu

- orientační hodnota max.  $f = 220 - \text{věk}$
- stoupá více u mladých osob

Roky: 20 - 29 Max.tep. f: 200

40 - 49 180

70 - 79 150

po zátěži pokles, měl by být o 12 tepů/min

### Fyziologické změny EKG při zátěži

Zrychlování tepové  $f$  → **zkracování intervalu Q-T**

**Změny úseku ST** → lehká junkční deprese úseku ST ( $< 2$  mm,  $< 0,06$  s)

může být následována horizontální depresí ST

→ změny 0,5 mm nejsou významné

**Změny T vlny** → izolované změny nemají význam (u mladých o. vysoké špičaté T)

**Amplituda kmitu R** → celková amplituda QRS snížena při téměř max. zátěži

názory rozporné, není používáno k běžné diagnostice

**Změny intervalu P-R** → určité kolísání intervalu

**Změny P vln** → běžný je vznik vysokých špičatých vln;

při extrémní tachykardii fúze P a T vln

Vyhodnocení:

## Maximální dosažený výkon

ve W nebo W/kg → tabulkové údaje, porovnání

**Reakce tepové frekvence (TF) na zátěž:** TF se zátěží stoupá při max.zátěži většinou po dosažení max. stagnuje i při dalším ↑ zátěže  
náležitá (referenční) hodnota při max.zátěži  $TF_{\text{refer}} = 220/210 - \text{věk}$

- **hypokinetická reakce** – frekvence se nezvyšuje úměrně zátěži (selhávající srdce, hypofunkce štítné žlázy ..)  
*zrychlení < 120/min (při max/subax zátěži) svědčí pro sick sinus syndrom*
- **hyperkinetická reakce** – frekvence se výrazně zvyšuje (netrénovaní, rekonvalescence, hyperthyreóza, anémie..)  
- srdeční  $f$  - klesá s věkem, u žen vždy vyšší než u mužů

### Reakce krevního tlaku (TK) na zátěž:

- systolický TK ( $TK_S$ ) se zátěží roste; s věkem vyšší, více u mužů
- diastolický TK ( $TK_D$ ) lineárně klesá; u starších mírně stoupá hodnoty - tabulkové porovnání
- Střední arteriální tlak: míra tlakového zatížení tepen i srdce,  $STK+2DTK/3$
- Fyziologické hodnoty:  $TK_S < 200$  mmHg (při 100W);  $TK_D < 105$  mmHg
- **hypertenzní reakce**: syst. 210 (240) mmHg, dyast. 110 - 120 mmHg  
! Ihned ukončit test při systole 240 mmHg, diastole 120 mmHg
- **hypotensní reakce** – snížení STK o více než 10 torrů → patologická
- rychlost poklesu TK v zotavovací fázi zpomalena – ddg ICHS



### **EKG křivka:** porovnání s klidovou

- Hodnotíme změny úseku ST během cvičení nebo po skončení
  - ischemické změny se zde projeví nejčastěji, kritéria
- Sledujeme vznik arytmií
  - supraventrikulární extrasystoly > 5/min či polytopní extrasystoly  
fibrilace či flutter síní, supraventrikulární tachykardie, komorové extrasystoly,  
sinoatriální blok, junkční rytmus, A-V blokády, blokády Tawarových ramének

### **Pocity vyšetřovaného:**

bolesti na hrudi, dušnost, točení hlavy, závrať, nevolnost, bolesti v lýtkách

### **Důvody přerušení testu:**

relativní x absolutní (subjektivní, objektivní)

V závěru stanovujeme:

**Pracovní kapacitu:** velikost zátěže, kdy se ještě neobjevily patologické známky při testu

**Pracovní toleranci:** vyjadřuje, jakého výkonu vyšetřovaný absolutně dosáhl

**Index výkonnosti  $W_{170}$**  – vychází z kladného vztahu mezi vzestupem intenzity zatížení a srdeční frekvence, určení výkonu, kterého by jedinec dosáhl při SF170,  
- tento parametr určuje obecnou zdatnost;

vyšší hodnoty – dobrá adaptace oběhu na vytrvalostní zátěž

- *Postupné zvyšování zatížení → až dosažena TF 170/min*
- *Naměřené hodnoty při určených stupních zátěže → do grafu, proložením přímky získáme příslušnou hodnotu (i když jí nebylo dosaženo)*
- *Orientační určení kardiorespirační zdatnosti, nenáročný (10 – 15 min)*
- *Pro srovnání – hodnota na 1 kg hmotnosti →  $W_{170}/\text{kg}$*
- *Muži – hodnoty kolem 2,5 W/kg; Ženy - kolem 1,75 W/kg*

- **Robinsonův index srdeční práce**

nepřímý ukazatel spotřeby  $O_2$  v myokardu; zdraví nižší hodnoty

$$TF \times TK_S / 100$$

hodnota minimálně 200 - jinak omezená srdeční výkonnost  
nad 300 – přetížení cirkulace

- **Výdej energie** – lze odhadnout

ze vztahů mezi výkonem a spotřebou  $O_2$  či mezi vzrůstem SF a spotřebou  $O_2$   
z tabulek

## Klikový ergometr - rumpál

- ruční otáčení hřídele
- jednoklikový / dvouklikový ergometr
- výkon ovlivněn: frekvencí otáček, výškou kliky, ekonomikou pohybu
- Nevýhody:
  - Ekg záznam nelze získat příliš kvalitní při pohybu HK a hrudníku
  - měření TK rovněž problematické
  - Test často končí pro svalovou únavu HK
- Použití pouze při postižení DK

## Test na běhátku

- pohyblivý běžící pás
- zátěž – stupně dle rychlosti a sklonu pásu
- zaznamenává se ekg a měří TK
- Zatěžováno více svalových skupin → odlišné hodnoty od bicyklové erg
- Nevýhody: méně bezpečný než bicykl, větší hlučnost, prostorové nároky, vyšší cena
- Výhody – více odpovídá pohybu, který člověk denně vykonává pro běžce, lyžaře, ...
- K dg ICHDK – klaudikační test

## Spiroergometrie

- dynamická zátěž doplněná analýzou vydechovaného vzduchu
- Metoda stanovení aerobní kardiorespirační zdatnosti analýzou vydechovaného vzduchu při maximálním fyzickém zatížení
  - nejkompexnější metoda, většinou na bicyklovém ergometru
- Indikace
  - Zjištění vlivu tréninku na fyzickou zdatnost
  - Volba vhodného sportu
  - Preskripce pohybové aktivity
  - Prevence zdravotních komplikací při zátěži
  - Diferenciální dg bolestí na hrudi, dušnosti, zhodnocení efektu léčby
  - Identifikace onemocnění, které je v klidu bez projevů či je latentní

## Měření dynamických ventilačních hodnot:

- Dechová frekvence
- Minutová ventilace, maximální minutová ventilace
- Maximální vydechovaný objem
- Dechová rezerva
- Usilovná rozepsaná vitální kapacita, rozepsaný usilovný výdech za 1 s
- Maximální výdechová rychlost, alveolární ventilace
- Křivky objem průtok

## Měření statických ventilačních hodnot:

- Dechový objem; Vitální kapacita
- Reziduální objem; Celková plicní kapacita, ...

- **Minutový příjem kyslíku**  $\text{VO}_2$  ml/min nebo l/min nebo ml/kg/min
  - Vypočtený objem kyslíku, který přijmeme na začátku DC (není co spotřeba  $\text{O}_2$ )
  - Klidová hodnota cca 3,5 ml/min; lineárně se zvyšuje se zátěží
- **Maximální spotřeba (příjem) kyslíku  $\text{VO}_{2\text{max}}$** 
  - představuje kapacitu transportního systému pro kyslík
  - nejdůležitější ukazatel funkčního vyšetření
  - udává se v ml/min/kg nebo v l/min
  - naměřené hodnoty se korigují na standardní podmínky
  - velmi těsně koreluje s hodnotou maximálního srdečního výdeje CO
  - závisí na věku, pohlaví, ovlivněn geneticky
  - *Neočekávané snížení při únavě a přetrénování*



Tabulky hodnot pro populaci

- U špičkových vytrvalostních běžců  $VO_{2max}$  muži 80 – 90 ml/kg a min; ženy 70 - 80
  - *Nelze-li provést pak*
- **Maximální spotřeba (příjem) kyslíku  $VO_{2max}$**   
**nepřímé určení maximální spotřeby kyslíku – nomogramy či**
  - $VO_2$  /ml/ = (12,7 x dosažené W) +  $VO_2$  klid
  - $VO_{2max}$  // muži = 4,2 – (0,032 x věk);  $VO_{2max}$  // muži = kg x [56,36 - (0,413 x věk)]
  - $VO_{2max}$  // ženy = 2,6 – (0,014 x věk);  $VO_{2max}$  // ženy = kg x [44,37 - (0,413 x věk)]

Měření dynamických ventilačních hodnot:

- **Minutová plicní ventilace:** objem vzduchu prodýchaný za 1 min jeden z hlavních limitujících faktorů kapacity transportního systému, stoupá lineárně se zvyšující se zátěží až do bodu anaerobního prahu, pak nelineárně /klidová hodnota 5 – 6 l/min/; po zátěži klesá po 10 – 15 min při některých chorobách může být limitující pro vytrvalostní výkon (spastická bronchitida, asthma bronchiale, chr. obstrukční bronchopulmonální ch. ...)

Trénovanost: nesportující muži – cca 100 l/min; sportující až 200 l/min  
nesportující ženy – cca 75 l/min; sportující až 150 l/min

**rovnice pro výpočet maximální plicní ventilace**

$$VE_{\max \text{ muži}} = 0.0105 \times \text{věk} + 1,775$$

$$VE_{\max \text{ ženy}} = 0,00008 \times \text{věk}^2 - 0,005 \times \text{věk} + 1,523$$

Věk: starší jedinci při stejném výkonu vyšší hodnoty plicní ventilace – horší ekonomika dýchání

## ■ **Respirační kvocient**

Poměr výměny dýchacích plynů (R, RQ,  $REP_{max}$ )

Poměr vyloučeného oxidu uhličitého ke spotřebovanému kyslíku

$$R = VCO_2 / VO_2$$

Ovlivněno složením stravy

Poměr výměny dýchacích plynů je spolehlivým ukazatelem metabolického vytížení testované osoby

Rozmezí 1,1 – 1,2

Hodnota 1 přibližně odpovídá anaerobnímu prahu

## ■ **jednosekundová vitální kapacita plic ( $FEV_1$ ) –**

zjistí se z rozepsaného výdechu – hodnocení význam pro typ poruchy

- **obstrukční - restriční ventilační poruchy**

## ■ **Anaerobní práh** (ANP, stresový práh, laktátový práh)

Krátký časový úsek v průběhu stupňovaného zatížení, kdy nastane rovnováha mezi tvorbou a odbouráváním především laktátu

Při dalším zvýšení zátěže – nekompenzovaný vzestup koncentrace laktátu v krvi

Předěl mezi krytím energetických nároků převážně aerobně a aerobně anaerobně

### **Anaerobní práh**

nejvyšší intenzita dynamické zátěže, kdy se v oběhu nekumuluje kyselina mléčná a kterou organismus zvládne dlouhodobě

intenzita zátěže je mezi 60–90% maxima (dle adaptace na vytrvalostní zátěž)

### Význam

- zdraví: nejúčinnější intenzita tréninku pro ↑ aerobní kapacity
- nemocní: horní limit zatížitelnosti, při překročení rozvoj metabolické acidózy

## ■ Dosažená intenzita zátěže:

podle absolutní hodnoty naměřených veličin, relativní hodnoty

**jednotka MET**  $\Rightarrow$  spotřeba energie v klidu vsedě a v bdělém stavu činí při příjmu  $O_2$  3,5 ml/kg/min cca 75 J/min

**metabolický ekvivalent/metabolic multiple**: násobek klidového metabolismu

kolik METs vyšetřovaný dosáhl při zátěži

– kolikrát je schopen zvýšit klidovou spotřebu kyslíku nebo bazální metabolismus /BM/

**MET** =  $VO_{2max} \cdot kg^{-1} / 3,5$  (maximální dosaženou spotřebu  $O_2$  dělíme 3,5)

Předpokládaný výkon lze vypočítat pomocí rovnic

## Handgrip

- statické zatížení; izometrická zátěž ve formě stisku ruky  
hodnocení TK v reakce na statickou zátěž (*měří se na opačné paži*)
- **TK:** systolický stoupá - víc než u dynamické zátěže  
diastolický stoupá - zvyšuje se periferní cévní odpor  
- po povolení stisku rychlý pokles
- **tepová frekvence** - stoupá méně než u dynamického zatížení
- Provedení:  
klidový TK; vyšetřovaný stiskne dynamometr – krátká maximální volní kontrakce MVC (100%); poté 2 min odpočinek  
pak vlastní test: stisk na 30 - 50% MVC do únavy\*, v intervalech měření  
(\* konec: už nejde udržet požadovanou hodnotu stisku; při 30% asi 3 min)
- **Normální hodnoty:** při statické zátěži dospělí - TK do 185/125 mm Hg
- Využití: k vyhledávání hypertoniků; kontrola antihypertenzivní léčby

## Změna polohy těla

- Změna polohy z leže do stoje:

sníží se žilní návrat, tím systolický objem, srdeční výdej, poklesne TK



dojde k zvýšení periferního odporu, tepové f., srdečního výdeje, venokonstrikci



opět se zvýší žilní návrat a TK

**Ortoklinostatická zkouška:** zjištění dráždivosti vegetativního n.; ↑ vagotonus sport

- hodnocení reakce srdeční frekvence na změnu polohy těla

( zvýšení TF po vertikalizaci nad 18 tepů – zvýšená sympatikotonie

snížení TF po opětném položení pod výchozí hodnoty- zvýšená vagotonie)

### Ortostatický test (Schellongův)

Vyšetřovaný - poloha vleže 8 min,

z toho poslední 3 minuty podložené DK: koleno, kyčel v pravém úhlu; poté rychlé postavení v 7 s

5 – 7 minut ve stoje

Měří se TK a TF před postavením a na konci stoje

Hodnocení – reakce:

Hypotenzní:  $TK_S \downarrow$  o více než 20 mm Hg (+ TF  $\uparrow$  o více než 10/min)  
(+ TF se nemění nebo se sníží)

Normotenzní:  $TK_S \downarrow$  max. o 20 mm Hg nebo  $\uparrow$  o max. 10 mm Hg

Hypertenzní:  $TK_S \uparrow$  o více než 10 mm Hg



## Flackův test

- dispozice kardiovaskulárního systému k silovým sportům, kde dochází k zadržení dechu a zvýšení nitrohrudního tlaku (*vzpěrači, kulturisté*)
- vyšetřovaný udržuje silou svého výdechu rtuťový sloupec co nejdéle na 40 mm Hg (5,25 kPa) - nejméně v trvání 50 s  
(*zčervenání v obličeji, zvětšení náplně krčních žil*)
- záznam ekg během testu → rozděleno do 5 sekundových intervalů
  - počítají se komplexy QRS
  - v žádném intervalu by neměl počet překročit 7
  - tedy kompenzační venokonstrikce je velmi dobrá
- pokud ve většině intervalů počet překročí 11 → kompenzační schopnost je špatná → silové sporty kontraindikovány

### Step test

- Vyšetřovaný vystupuje na stupeň frekvencí 30/min po dobu 5 min
- Výška stupně – 50 cm muži; 45 cm ženy
- Po ukončení se vyšetřovaný posadí
- Měří se v intervalech srdeční frekvence při zotavování (zklidnění)  
– 3x po půl minutových intervalech
- Stanoví se index FI
- $FI = (\text{trvání testu v s} \times 100) / (HR_1 + HR_2 + HR_3) \times 2$
- Norma – muži 70 -80; ženy 60 – 70 bodů

## Diving reflex (chladový zátěžový test)

- Autonomní reflex
- kombinace působení zadržetí dechu, tlaku na oční bulby a chladu na obličej
- Vyvolá oběhovou reakci → sinusová tachykardie → sinusová bradykardie → **mohou se objevit skryté poruchy vedení srdečního rytmu**
- Zároveň dochází k stažení cév v HK i DK → vede k zvýšení TK
- Povinně v prohlídkách potápěčů, doporučováno otužilcům, kanoistům, ...
- Prevence fibrilace komor a zástavy srdce
- **Provedení:** připevníme ekg elektrody , nejprve předloktí, pokud bez patologie vyšetřovaný se nadechne a ponoří obličej do umyvadla se studenou vodou (teplota 8 – 10°C); do subj.maxima – u mužů alespoň 1 min, u žen 45 s zaznamenává se ekg křivky / případně modifikace pro rozdělení vlivu faktorů
- Hodnocení arytmií – zákaz potápění při určitých typech a frekvenci

**Použitá literatura:**

- CINGLOVÁ, L. *Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství*. Praha 2002, Karolinum. ISBN 80-246-0492-2
- VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P., NOVOTNÝ V. *Tělovýchovné lékařství*. Praha 2004, Karolinum. ISBN 80-246-0821-9
- WIDIMSKÝ, J., LEFFLEROVÁ, K. *Zátěžové EKG testy v kardiologii*. Praha, 2003, TRITON. ISBN 80-7254-373-3
- MÁČEK, M., RADVANSKÝ, J. et al. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén. 2011. ISBN 978-80-7262-695-3
- PASTUCHA, D. a kol. *Tělovýchovné lékařství*. 1.vyd. Praha : Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4837-5
- [www.fsps.muni.cz/~novotny](http://www.fsps.muni.cz/~novotny)