

# Aerobní zátěžové testy

**FSpS MU v Brně**

A stylized, low-poly mountain range silhouette in shades of teal and blue, located at the bottom right of the slide.

## TESTY AEROBNÍCH PŘEDPOKLADŮ

Vytrvalostní schopnost je schopnost provádět opakovaně pohybovou činnost submaximální, střední a mírné intenzity bez snížení její efektivity (intenzita je dána pohybovým úkolem).

Je to soubor předpokladů provádět cvičení:

a) určitou nižší intenzitou co nejdéle

b) stanovenou dobu (vzdálenost) co nejvyšší intenzitou

**FSpS MU v Brně**

# Struktura vytrvalostních schopností

|   |   |
|---|---|
| <b>1) Podle počtu zapojených svalů:</b> | <b>lokální vytrvalostní schopnost (1/3 svalové hmoty)</b> |
|   | globální vytrvalostní schopnost (více jak 1/3 sv. hm.)    |
| <b>2) Podle doby trvání:</b>            | rychlostní: 0-20 s (ATP – CP systém)                      |
|   | krátkodobá: 20 s – 2 min (LA systém)                      |
|   | střednědobá: 2 – 10 min (O <sub>2</sub> systém)           |
|   | dlouhodobá: I 10 – 35 min (glykogen)                      |
|   | II 35 – 90 min (glykogen + tuky)                          |
|   | III 90 – 6 hod (tuky)                                     |
|   | IV nad 6 hod (bílkoviny)                                  |
| <b>3) Podle vnějšího projevu:</b>       | statická vytrvalostní schopnost (výdrž ve shybu)          |
|   | dynamická vytrvalostní schopnost (sedy-lehy, běh)         |

**FSPS MU V BILSKO**

## **Biologický základ:**

**Z biologického hlediska jde při vytrvalostním výkonu o plynulé dodávání kyslíku a energetických zdrojů svalovým buňkám a současný odvod zplodin látkové výměny.**

**To je dáno několika dalšími faktory, které lze ve většině případů ovlivnit, proto je vytrvalostní schopnost poměrně dobře trénovatelná.**

**FSpS MU v Brně**

## **1) Dědičnost:**

Poměr rychlých a pomalých svalových vláken

## **2) Kardiovaskulární soustava**

Její činnost je dobře vlivitelná tréninkem a jedná se především o ovlivnění:

**a) dýchacího systému:**

příjem kyslíku do organismu závisí na minutové ventilaci  
(dechový objem x dechová frekvence) a využití kyslíku ze vzduchu

**b) oběhového systému: příjem kyslíku do svalových buněk závisí na**  
- minutovém objemu srdečním (srdeční objem x srdeční frekvence)

**c) cévním zásobením ve svaly (počtu kapilár obklopujícím svalové vlákno)**

## ◆ **Test W170**

- ◆ Test W170 se provádí pro poměrně snadné srovnání tělesné zdatnosti většího počtu osob
- ◆ Při testu je sledován výkon, kterého je testovaná osoba schopna dosáhnout při srdeční frekvenci 170 úderů za minutu
- ◆ Vyšší výkon znamená vyšší tělesnou zdatnost a naopak.
- ◆ Při testu se sleduje maximální výkon ve wattech, pro přesnější porovnání
- ◆ výkonnosti je vhodné jej přepočítat na kilogramy hmotnosti TO

**FSpS MU v Brně**

- ◆ Nejvyšších hodnot v testu W170 zpravidla dosahují např.:
- ◆ cyklisté, veslaři a to 4 watty na kilogram tělesné hmotnosti i více.
- ◆
- ◆ Je vhodné porovnávat osoby stejného či alespoň podobného věku
- ◆
- ◆ Pro starší či méně zdatné jedince lze použít obdobný test při SF nižší (150 či 120 bpm).

**FSpS MU v Brně**

- ◆ Test W170 lze provádět několika způsoby, Máček (1988) uvádí tento
- ◆ postup:
- ◆ „...Index se získá z hodnot srdeční frekvence naměřených na dvou, lépe na třech
- ◆ stupních zvyšované zátěže na úrovni nízké, střední a vyšší intenzity, tedy s tepovou
- ◆ odezvou asi 120, 150 a 170 za minutu.
- ◆
- ◆ V dnešní době se spíše používá namísto stupňovitého kontinuální
- ◆ zvyšování zátěže a hodnotí se přímo výkon při srdeční frekvenci 170 bpm.

**FSpS MU v Brně**



## ◆ Test VO2 max

- ◆ VO2 max označuje maximální množství kyslíku, které je organismus při intenzivním tělesném zatížení schopen během jedné minuty přijmout a zužítkovat
- ◆
- ◆
- ◆ Lze ho považovat za jakýsi globální ukazatel výkonnosti dýchacího a oběhového ústrojí.
- ◆ VO2 max je v současnosti považován za jeden z hlavních ukazatelů maximálního aerobního výkonu jedince

**FSpS MU v Brně**

- ◆ Jeho hodnota se udává buďto absolutní, tj. v litrech za minutu, anebo
- ◆ relativní v mililitrech přepočítaná na jeden kilogram tělesné hmotnosti.
  
- ◆ Hodnoty průměrné netrénované populace se pohybují kolem **37 ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u žen a 45 ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u mužů.**
  
- ◆ Trénovaní sportovci s převahou aerobního tréninku (vytrvalostní sporty jako cyklistika, severské lyžování, triatlon atd.) dosahují často hodnot **80 ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> i vyšších.**

**FSpS MU v Brně**

- ◆ Maximální spotřeba kyslíku je závislá na **několika faktorech**, přičemž vždy nejslabší z těchto faktorů ovlivňuje konečnou hodnotu VO<sub>2</sub> max.
- ◆ Tyto faktory jsou:
  - ◆ 1) množství vzduchu v litrech proventilované plicemi za jednu minutu
  - ◆ 2) alveolo-kapilární difúze kyslíku
  - ◆ 3) minutový objem srdce
  - ◆ 4) počet erytrocytů a hemoglobinu
  - ◆ 5) artério-venózní diference kyslíku
  - ◆ 6) počet mitochondrií a aktivita oxidačních enzymů

**FSpS MU v Brně**

## W170

=pracovní kapacita na hladině 170 tepů, obecně to znamená, jaký podává tělo výkon při tepu 170  
-pokud testujeme starší jedince, kteří mají maximální TF nižší, používá se test W160 či W150

### Pomůcky:

testovat se může na všech ergometrech /nejčastěji ale na bicyklu/

### Postup:

- 1) po zahřátí a opětovném uklidnění organismu
- 2) 3 stupně po 3 minutách: *muži* 1 – 2 - 3 wattů/kg  
*ženy* 1 – 1,5 – 2 wattů/kg  
u starších jedinců pouze 2 stupně po 5 minutách
- 3) Záznam TF provádíme na milimetrový papír či do grafu.
- 4) Linie, která vypovídá o TF, nám většinou protne hladinu 170, svedeme kolmici k ose x a zjistíme kolik wattů W/kg, čili jakou práci, jsme při této hladině vykonali. Pokud se při testu stane, že jedinec má nižší TF již u třetího stupně, pokračuje dalším stupněm, než dosáhne stanovených 170 tepů, méně zdatní se dostanou na 170 tepů i dříve /před třetím stupněm/.

### Vyhodnocení:

Funkční vyšetření u mužů  
(převzato z Kryl a kol., 1990)

| Funkční zdatnost | W170/kg                          | Wmax/kg    |
|------------------|----------------------------------|------------|
| Výborná          | x 2,28- více<br>2,61-<br>více    | 3,90- více |
| Průměrná         | x 1,63-<br>2,27<br>1,96-<br>2,60 | 3,30- 3,80 |
| Nedostatečná     | x méně-<br>1,62<br>méně-<br>1,95 | méně- 3,20 |

| Funkční zdatnost | W170/kg                          | W max/kg   |
|------------------|----------------------------------|------------|
| Výborná          | x 2,94- více<br>3,26-<br>více    | 4,80- více |
| Průměrná         | x 2,28-<br>2,93<br>2,61-<br>3,25 | 4,30- 4,70 |
| Nedostatečná     | x méně-<br>2,27<br>méně-<br>2,60 | méně- 2,20 |

Brně

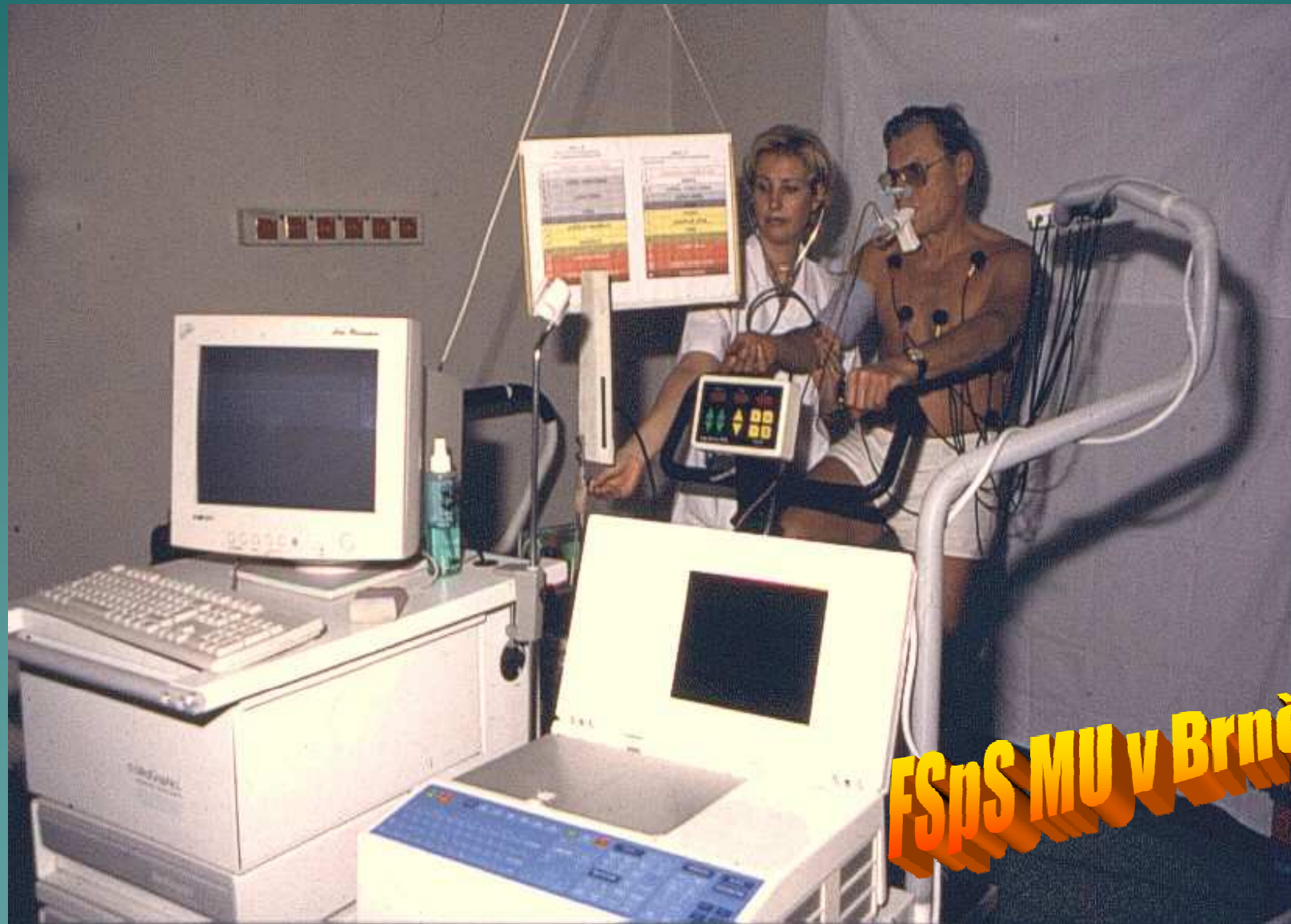
## ◆ AEROBNÍ TESTY

- ◆ jsou testy zaměřené na hodnocení schopnosti využít oxidativních (aerobních) energetických metabolických cest pro syntézu adenosintrifosfátu v pracujících svalech.
- ◆ **Maximální minutový příjem („spotřeba“ kyslíku)** (maximal aerobic power MAP) je nejvyšší dosažený minutový příjem kyslíku během maximální zátěže do vyčerpání (příjem se již nezvyšuje); pro posuzování schopnosti k vytrvalostnímu výkonu (přesun těla v prostoru) i pro interindividuální hodnocení je vhodnější jej přepočítat na kg hmotnosti ( $VO_{2max}/kg$ )
- ◆ **Kyslíkový poločas** je doba, za kterou dosáhne minutový příjem kyslíku polovinu své nejvyšší hodnoty v průběhu lehké až submaximální zátěže (pod úrovní anaerobního prahu); aerobně lépe disponovaní jedinci mají tuto dobu kratší

◆ Novotný 2003

**FSpS MU v Brně**

*Spiroergometrie je zátěžový test s přesně dávkovaným nebo měřeným výkonem a analýzou ventilovaného vzduchu.*



VENTILACE

$$V_T = V_A + V_D \quad \dot{V}_E = V_T \cdot f_B$$
$$F_{IO_2} - F_{EO_2} \quad \dot{V}_A : \dot{Q}_C$$

DIFUZE

$$\dot{V}_{O_2} = D_{LO_2} (P_{AO_2} - P_{\bar{v}O_2})$$

CIRKULACE

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{Q} (C_{aO_2} - C_{\bar{v}O_2})$$
$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{Q} (C_{\bar{v}CO_2} - C_{aCO_2})$$

KREV

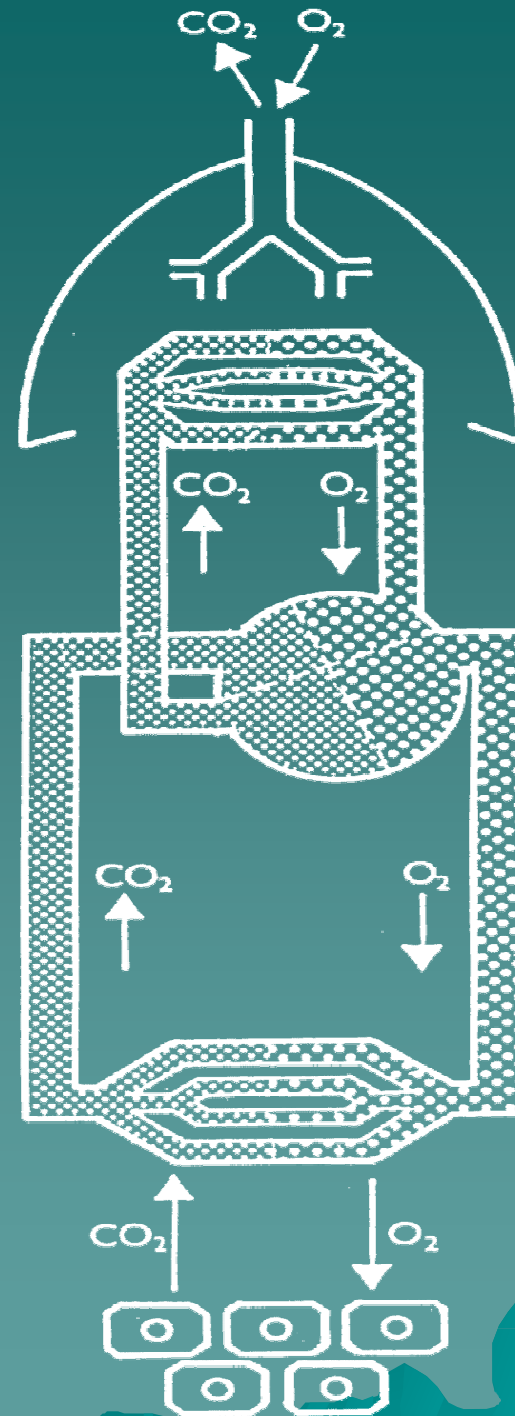
$$S_{aO_2} \quad S_{aCO_2}$$
$$S_{vO_2} \quad S_{vCO_2}$$

DIFUZE

$$\dot{V}_{O_2} = D_{IO_2} (P_{cO_2} - P_{IO_2})$$
$$\dot{V}_{CO_2} = D_{ICO_2} (P_{ICO_2} - P_{cCO_2})$$

METABOLIZMUS

$$\dot{Q}_{O_2} \quad \dot{Q}_{CO_2}$$
$$LA \quad PY \quad E$$



### Spirometry

|        | FVC | FRV1 | FRV1/FVC | MVV |
|--------|-----|------|----------|-----|
| Actual |     |      |          |     |
| % Pred |     |      |          |     |

### Exercise

|        | VO2/kg | RRR  | HR   | HCO3 | pH | PaCO2 | PaO2 |
|--------|--------|------|------|------|----|-------|------|
| Rest   | 4.0    | 0.85 | 53.0 |      |    |       |      |
| WR max | 28.8   | 1.24 | 96.0 |      |    |       |      |

|            |             | Anaerobic Threshold | Maximum VO2 | Predicted Maximum |
|------------|-------------|---------------------|-------------|-------------------|
| VO2        | (mL/min)    | 1082.7              | 2157.7      | 1878.9            |
| VO2        | (mL/kg/min) | 14.4                | 28.8        |                   |
| METS       |             | 4.1                 | 8.2         |                   |
| Heart Rate | (beats/min) | 70.0                | 96.0        | 151.0             |
| O2 Pulse   | (mL/beat)   | 15.5                | 22.5        |                   |
| VE         | (L/min)     | 27.8                | 98.7        | 124.3             |
| Work       | (watts)     | 60.0                | 140.0       | 128.0             |

### General

|  | Normal | Patient |
|--|--------|---------|
| Functional Capacity (VO2max/Pred VO2max) | >85%   | 115%    |
| Anaerobic Threshold (VO2AT/Pred VO2max)  | >40%   | 58%     |

### Respiratory

|  | Normal    | Patient   |
|--|-----------|-----------|
| Breathing Reserve (1 - (VEmax/pred VEmax)) | >30%      | 21%; -26L |
| Respiratory Rate (br/min; Rest to WRmax)   | 8 - 50    | 14 - 44   |
| VT/FVC (Rest to WRmax)                     | .15 - .60 |           |

### Ventilation/Perfusion

|                                  | Normal     | Patient     |
|----------------------------------|------------|-------------|
| VD/VT (Rest to WRmax)            | .35 - <.25 | 0.32 - 0.09 |
| P(a-BT)CO2 (torr; Rest to WRmax) | +3 - <0    |             |
| P(A-a)O2 (torr; Rest to WRmax)   | <21        |             |

### Cardiac

|   | Normal  | Patient    |
|---|---------|------------|
| Heart Rate Reserve (1 - (HRmax/pred.HRmax)) | <15%    | 36%        |
| O2 Pulse (mL/beat; Rest to WRmax)           |         | 5.7 - 22.5 |
| Blood Pressure (mmHg; Rest to WRmax)        | <230/90 |            |

**FSPS MU v Brně**

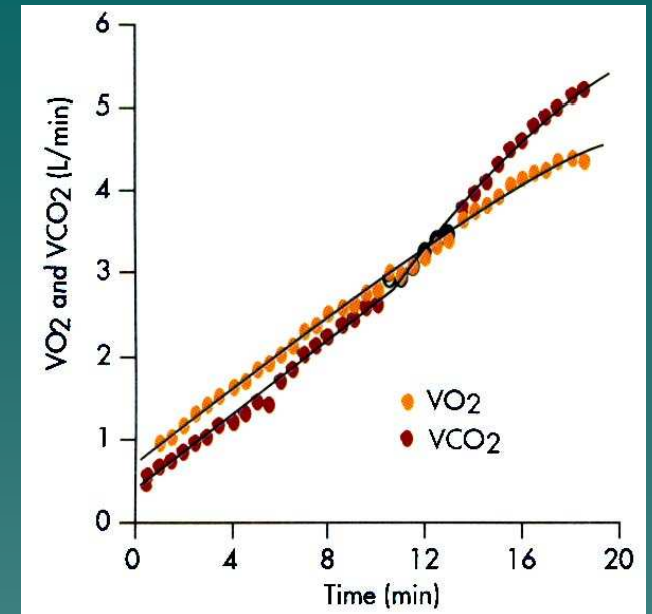


# SPOTŘEBA KYSLÍKU $\dot{V}O_2$ [l/min]

*Množství kyslíku předané tkáním za časovou jednotku*

Ukazatel aerometabolických schopností organismu a výkonnosti transportního systému.

Udává se rovněž v jednotkách l/min/kg, tento parametr zohledňuje interindividuální rozdíly v hmotnosti těla.



# VÝDEJ OXIDU UHLIČITÉHO $\dot{V}CO_2$ [l/min]

Doplňková hodnota při neinvazivním určování anaerobního prahu a pro stanovení poměru respirační výměny R

# MAXIMÁLNÍ SPOTŘEBA KYSLÍKU $\dot{V}O_{2max}$

**(peak)**

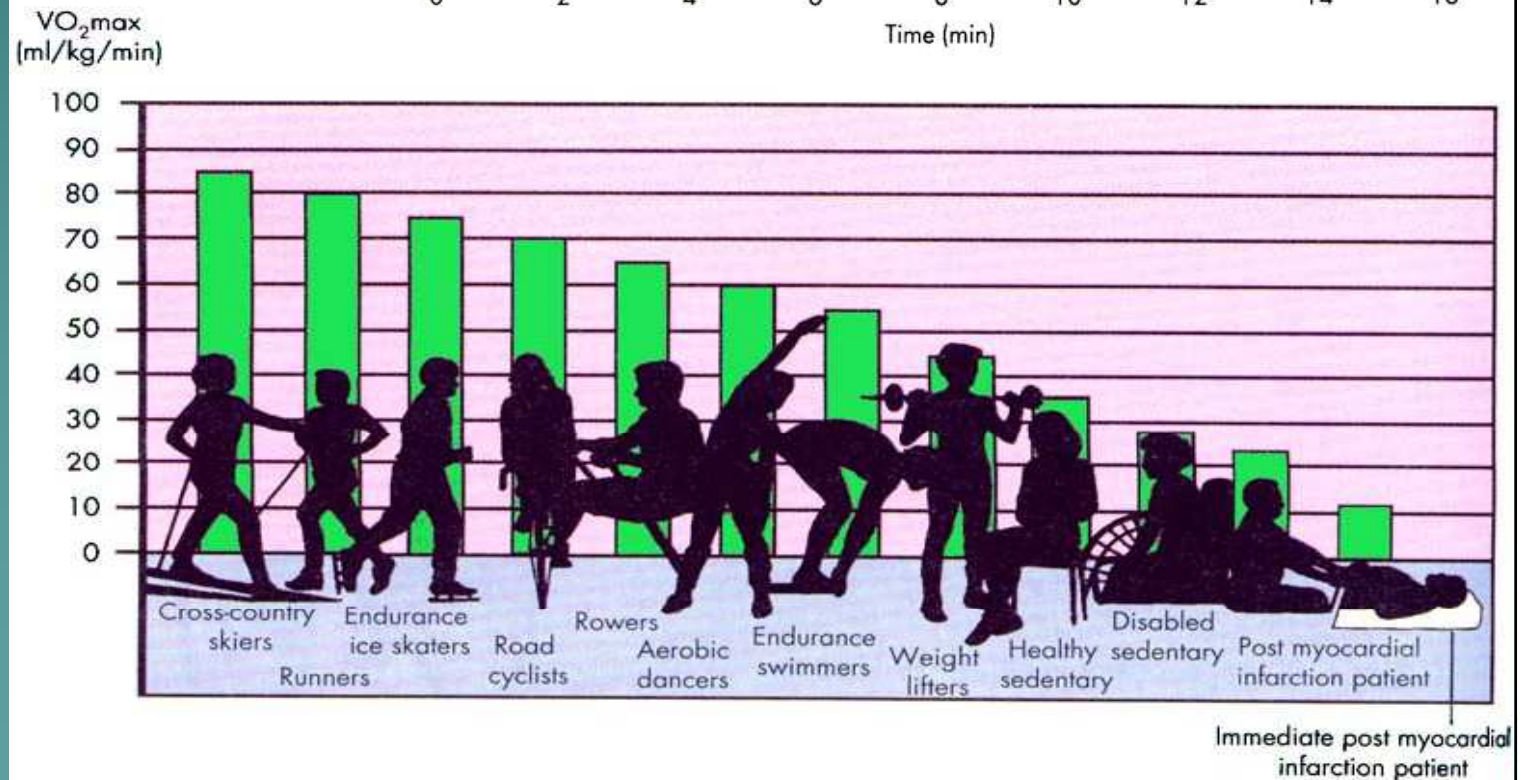
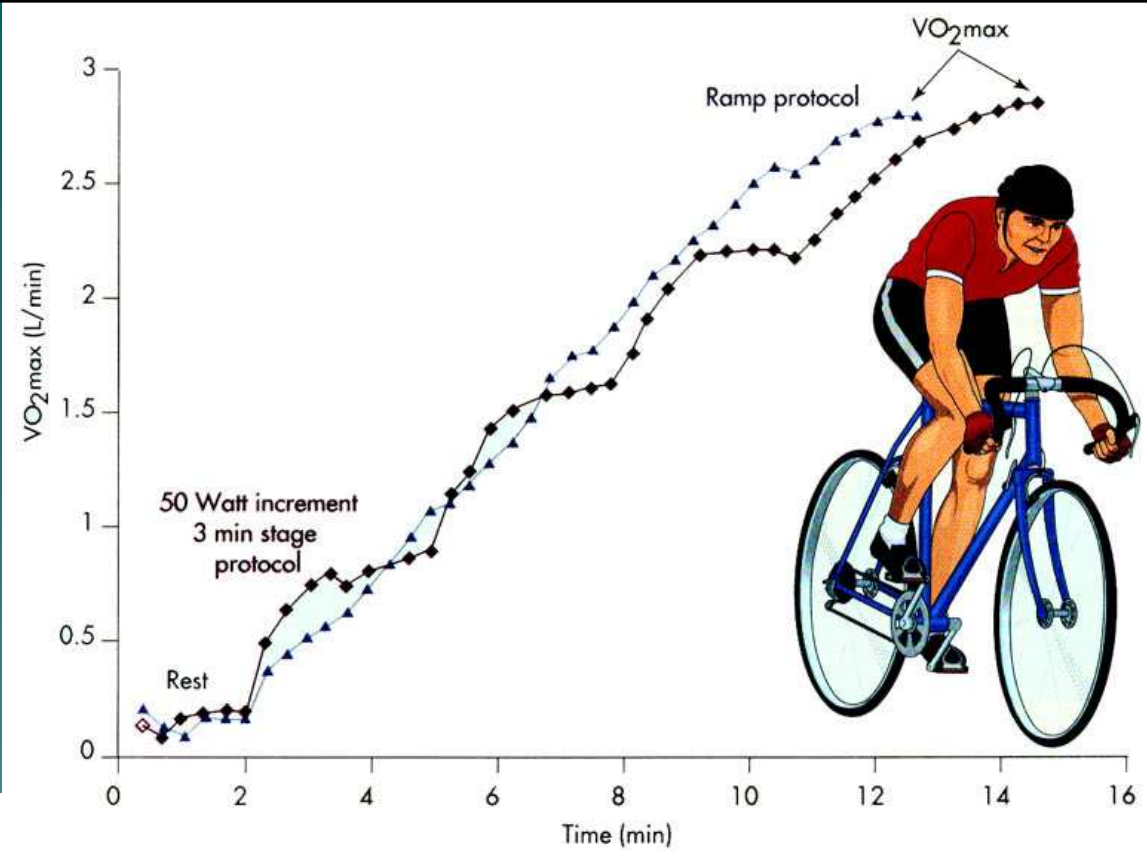
[l/min] nebo [l/min/kg]

Důležitý funkční ukazatel zátěžového vyšetření - představuje kapacitu transportního systému.

Nemocné osoby mají tento index podstatně nižší a ani nesplňují kritéria pro dosažení maxima.

lidé s chronickým  
onemocněním  
 $VO_2\max < 20\text{ml/min/kg}$

velmi dobře trénovaní  
vrcholoví sportovci  
 $VO_2\max > 80\text{ml/min/kg}$



FSPS MU v Brně

# Funkční snížení aerobní kapacity a aerobního prahu (modifikováno podle: Webera, K. T.)

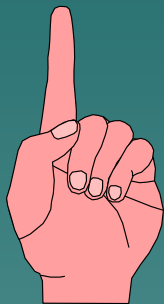
| <b>Třída</b> | <b>Poškození</b> | <b>VO<sub>2</sub>max (sl)</b><br><b>(ml . min.kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>ANP</b><br><b>(ml . min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup>)</b> |
|--------------|------------------|--|---|
| A            | nulové - nízké   | > 20   | > 14  |
| B            | mírné - střední  | 16-20  | 11-14   |
| C            | střední - těžké  | 10-15  | 8-10  |
| D            | těžké            | 6-9  | 5-7   |
| E            | velmi těžké      | < 6  | < 5   |

(Placheta, 1999)

**FSpS MU v Brně**



***Vrcholový příjem kyslíku patří mezi nejdůležitější nezávislé prognostické faktory u srdečních nemocí.***



***Snížení příjmu kyslíku na méně***

***než 12 ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup> představuje indikaci k transplantaci srdce.***

**FSpS MU v Brně**

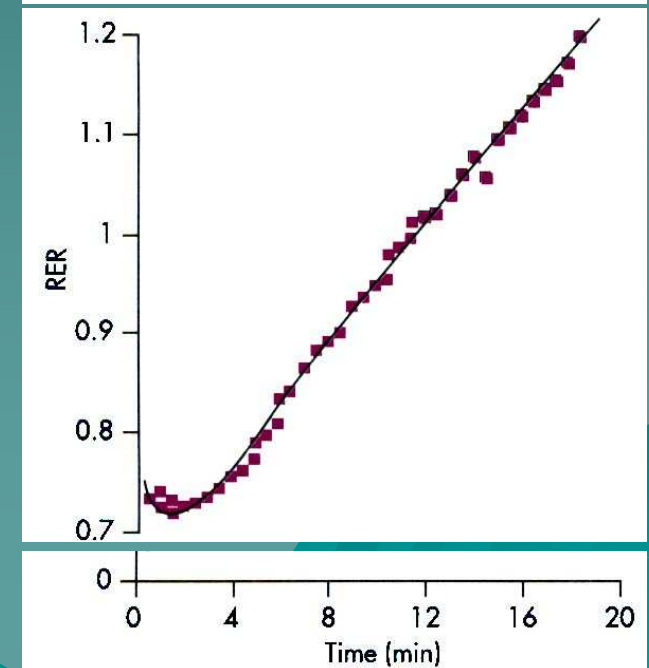
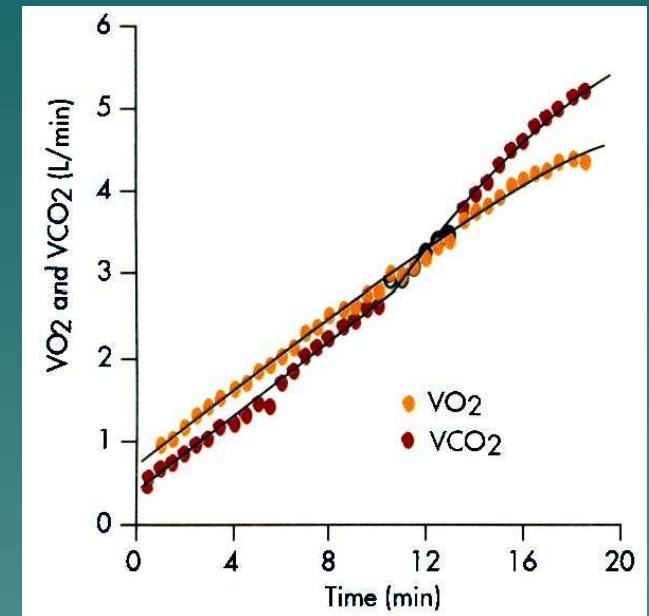
# TEPOVÝ KYSLÍK $\dot{V}O_2:SF$ [ml]

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

## POMĚR RESPIRAČNÍ VÝMĚNY- RER

$$\frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2}$$

Kritérium dosažení maximální metabolické  
úrovně  
informace o podílu metabolismu energetických  
ekvivalentů  
parametr pro neinvazivní určení anaerobního  
prahu

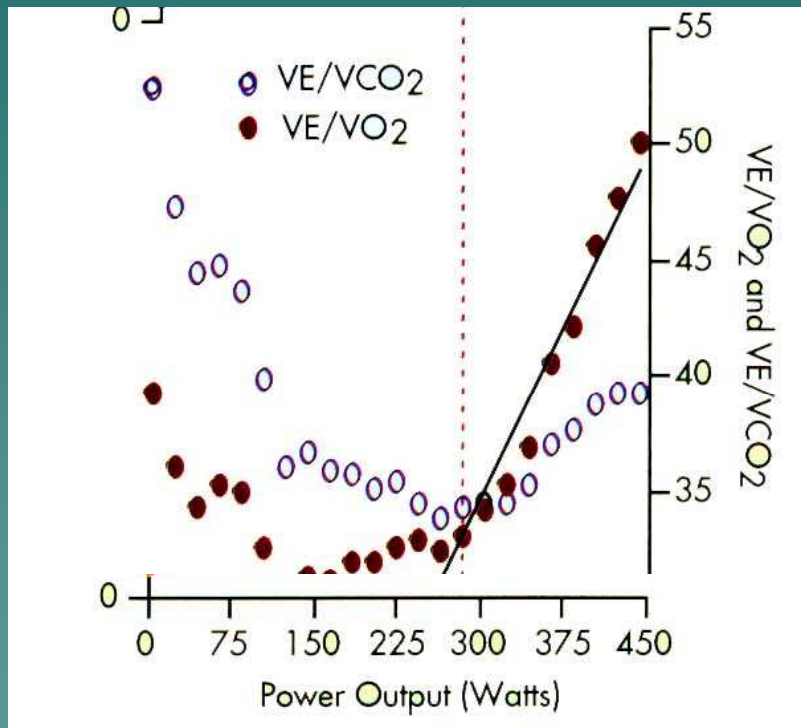


# VENTILAČNÍ EKVIVALENT $\dot{V}E_{O_2}$ [1]

Množství vzduchu v litrech proventilovaného plicemi, z něhož si organismus odebere 1 litr  $O_2$ .

Během stupňovaného zatížení nejprve mírně klesá, s dalším vzrůstem zátěže stoupá pozvolna, později strměji. Průběh má exponenciální charakter, místo počátku prudkého vzestupu odpovídá přibližně úrovni *anaerobního prahu*.

Hodnota je ukazatelem ekonomiky dýchání: zdatnější a zdraví mají při stejných zátěžích nižší výsledky, málo zdatní a nemocní reagují podstatně vyššími hodnotami.



# VENTILAČNÍ EKVIVALENT $\dot{V}E_{CO_2}$ [1]

Množství vzduchu v litrech proventilovaného plicemi, z něhož organismus vyloučí 1 litr  $CO_2$ .

# ANAEROBNÍ PRÁH

## *metabolický přechod*

Určitý krátký časový úsek v průběhu stupňového zatížení, kdy je porušena rovnováha mezi tvorbou a odbouráváním především laktátu a dochází k nekompenzovanému vzestupu jeho koncentrace v krvi. Je to předěl mezi převážně aerobním a aerobně-anaerobním krytím energetických nároků organismu.

### STANOVENÍ:

*neinvazivní* - z ventilačně respiračních hodnot

*invazivní* - z hodnot exponenciálního vzrůstu laktátu nebo úbytku bází za použití grafických a matematických postupů



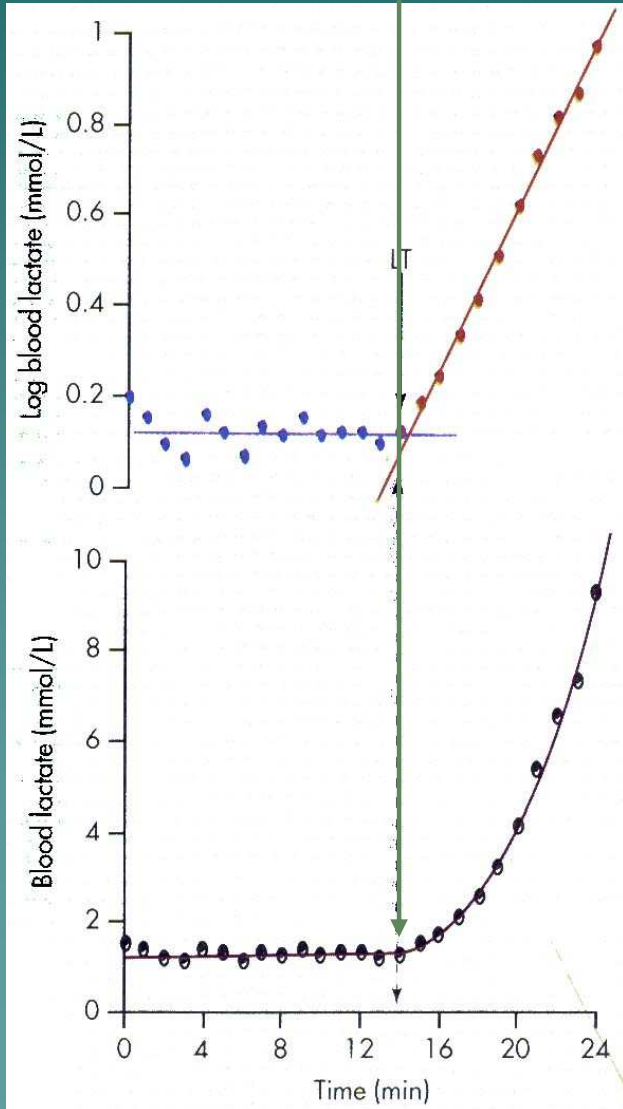


# METABOLICKÁ ACIDÓZA:

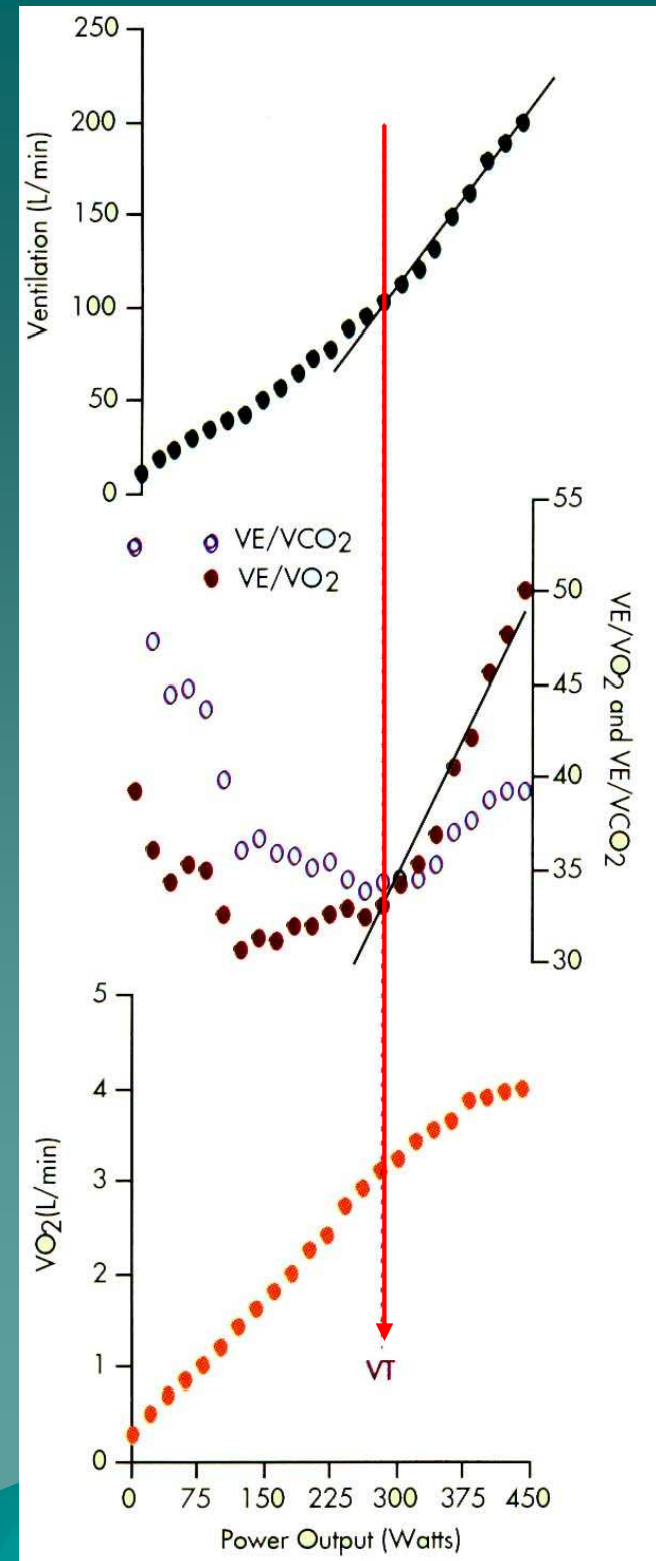
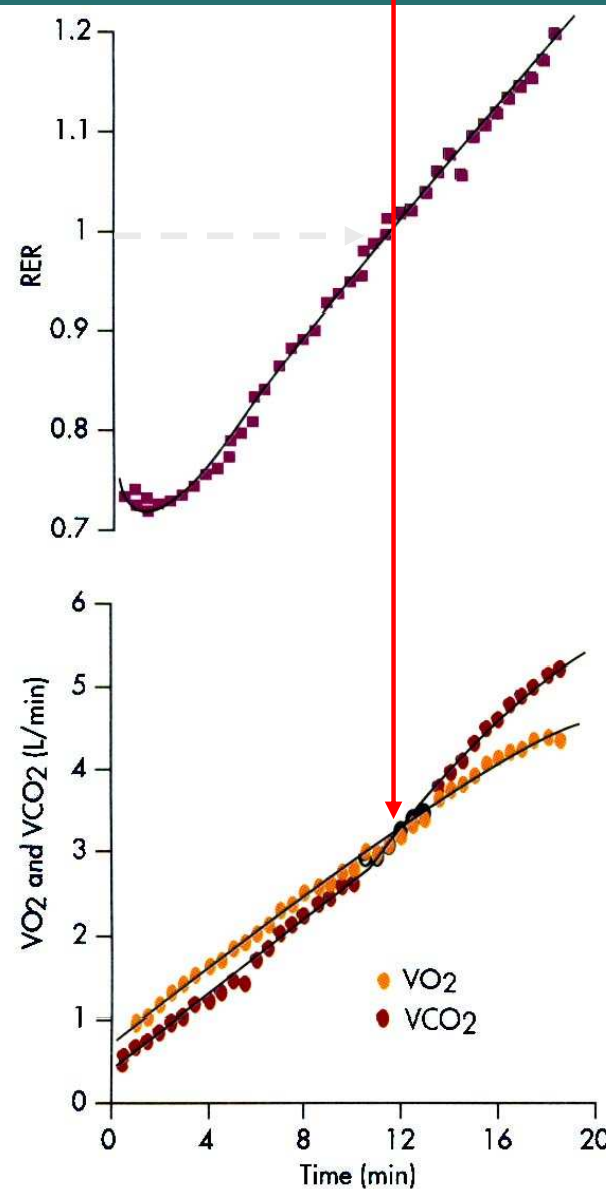


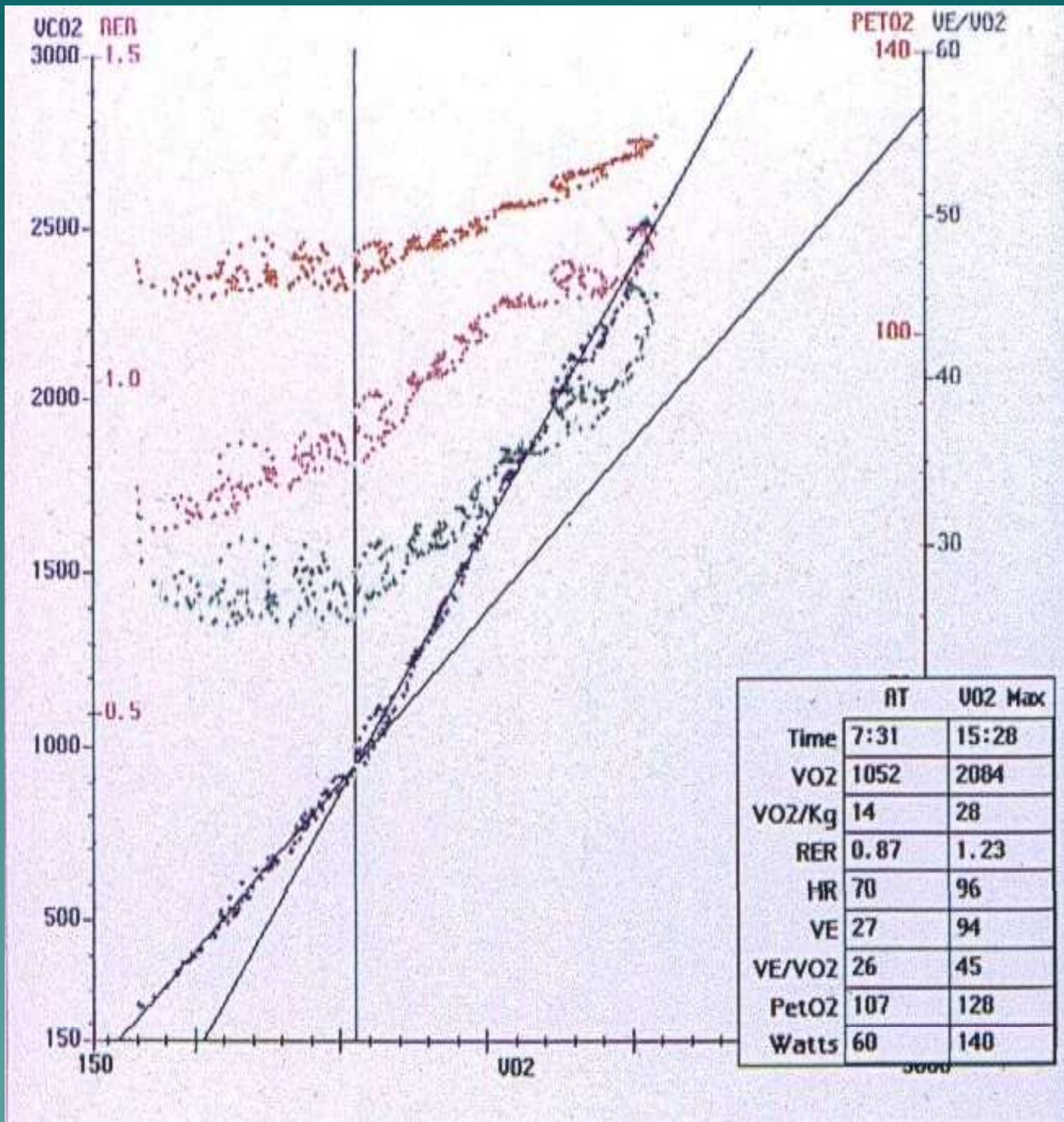
- ◆ Vzestup a kumulace krevního laktátu
- ◆ Pokles pH krve
- ◆ Hyperventilace
- ◆ Pokles bikarbonátu
- ◆ INVAZIVNÍ URČENÍ ANAEROBNÍHO PRAHU
- ◆ „laktátový“
- ◆ „-BE práh“

# Laktátový práh

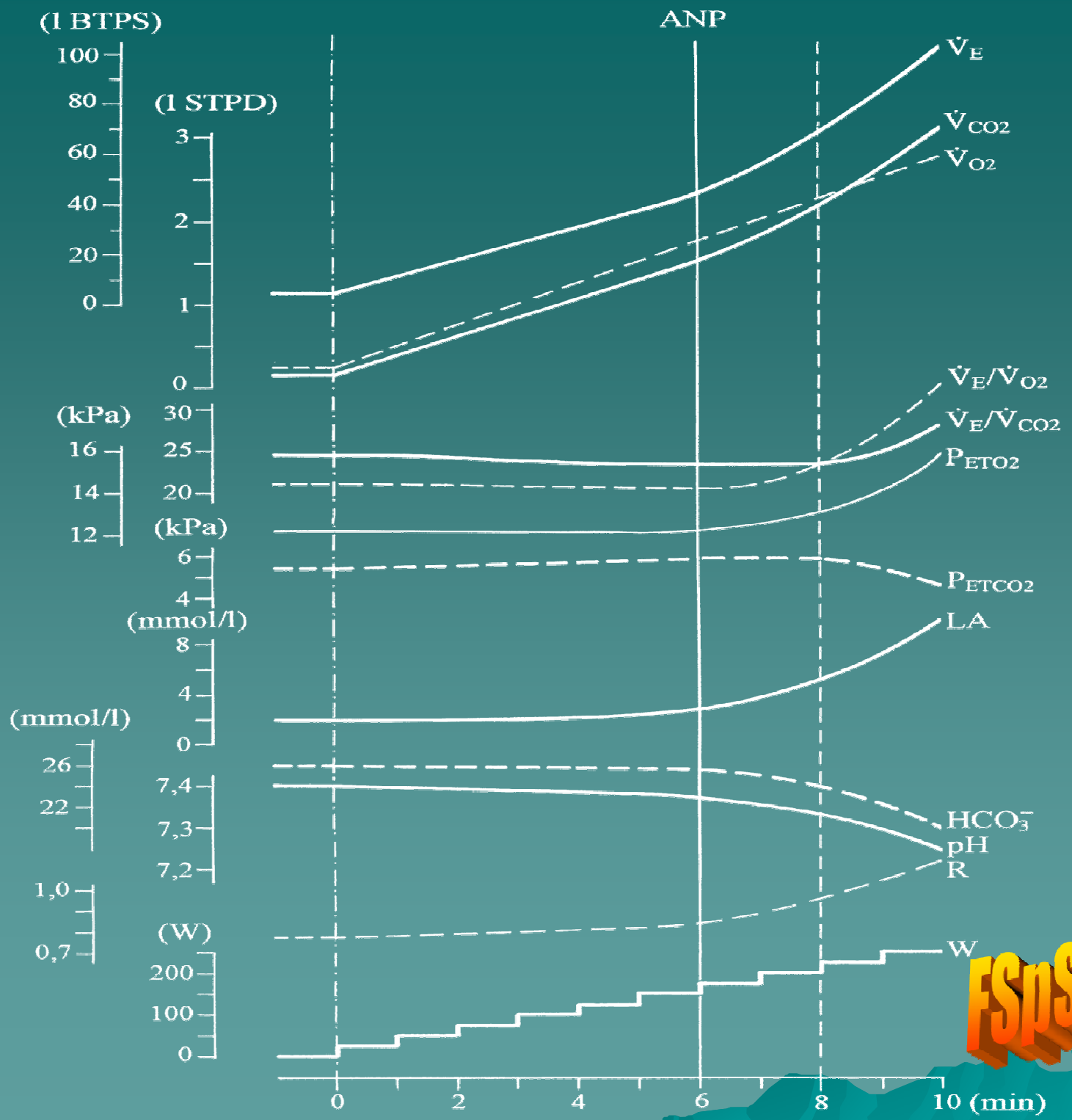


# Ventilační práh





**FSpS MU v Brně**



**FSpS MU v Brně**

- ◆ **Testem mluvení**“ (test du parler – Croteau a kol., ) lze přibližně odhadnout a stanovit intenzitu blížíci se anaerobnímu prahu: Zátěžová zvyšující se ventilace začne bránit schopnosti souvislého hovoru. Taková intenzita zátěže by se snad mohla nazvat „práh mluvení“.

◆ Novotný 2003

# BORGOVA ŠKÁLA SUBJEKTIVNÍHO VNÍMÁNÍ INTEZITY ZÁTĚŽE - RPE (rating of perceived exertion)

|    |                    |    |                       |
|----|--------------------|----|-----------------------|
| 6  |                    | 14 |                       |
| 7  | velmi, velmi lehká | 15 | namáhavá              |
| 8  |                    | 16 |                       |
| 9  | velmi lehká        | 17 | velmi namáhavá        |
| 10 |                    | 18 |                       |
| 11 | lehká              | 19 |                       |
| 12 |                    | 20 | velmi, velmi namáhavá |
| 13 | poněkud namáhavá   |    |                       |

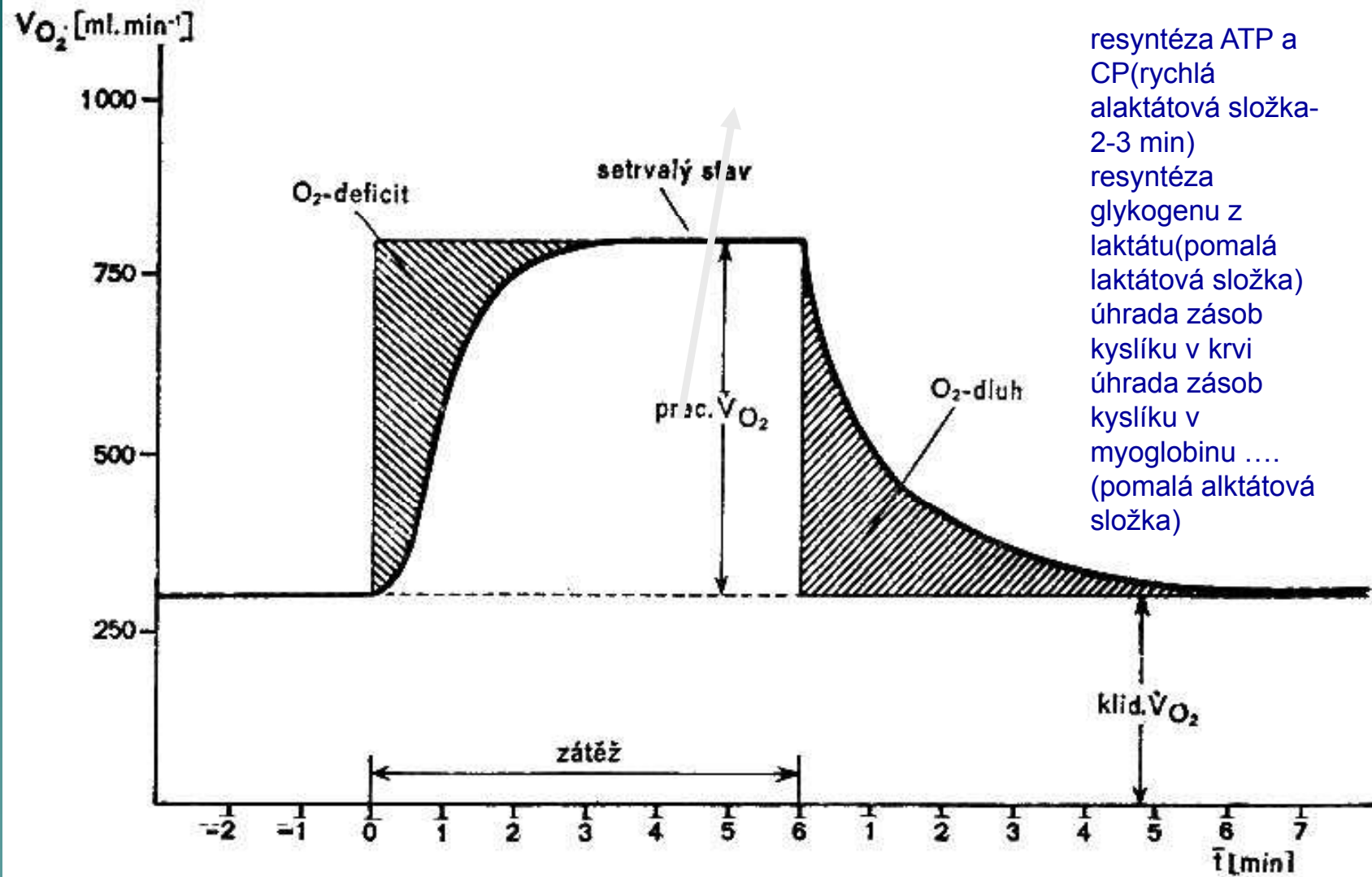
# Borgova škála subjektivního hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin

|            |                              |           |                            |
|------------|------------------------------|-----------|----------------------------|
| <b>0</b>   | <b>vůbec žádná</b>           | <b>6</b>  |                            |
| <b>0,5</b> | <b>velmi, velmi slabá</b>    | <b>7</b>  | <b>velmi silná (těžká)</b> |
| <b>1</b>   | <b>velmi slabá</b>           | <b>8</b>  |                            |
| <b>2</b>   | <b>lehká</b>                 | <b>9</b>  |                            |
| <b>3</b>   | <b>střední</b>               | <b>10</b> | <b>velmi, velmi silná</b>  |
| <b>4</b>   | <b>poněkud silná (těžká)</b> | <b>*</b>  | <b>maximální</b>           |
| <b>5</b>   | <b>silná (těžká)</b>         |           |                            |

# ANAEROBNÍ TESTY

- ◆ jsou testy zaměřené na hodnocení schopnosti využít neoxidativních (anaerobních) energetických metabolických cest pro syntézu adenosintrifosfátu v pracujících svalech.
- ◆ **Maximální kyslíkový deficit** (maximal level of oxygen deficit) je teoretické množství kyslíku, které chybí (v průběhu maximální kontinuální zátěže do vyčerpání) do úrovně maximálního příjmu kyslíku [1]
- ◆ **Maximální kyslíkový dluh** (oxygen debt), maximální zotavovací kyslík je množství kyslíku, které převyšuje klidový příjem kyslíku (po skončení maximální zátěže do vyčerpání) [1]
- ◆ **Koncentrace laktátu v krvi** nejvyšší koncentrace laktátu po skončení maximální zátěže do vyčerpání (většinou v průběhu 3. minuty zotavení) [mmol/l]
- ◆ **Úbytek bazí v krvi** (base excess) úbytek bazí v krvi je odrazem jejich spotřeby na kompenzaci zátěžové metabolické acidózy (především v důsledku kumulace laktátu) a těsně koreluje s koncentracemi laktátu v krvi; je vyjádřen záporným číslem přebytku bazí [mmol/l]





## ◆ **Valsalvův manévr**

Kombinovaná zátěž při Valsalvově manévru nachází výraznou kardiovaskulární odezvu. Test má význam v diagnostice kardiogenních a neurogenních poruch srdečního rytmu, které se pod vlivem této zátěže mohou objevit nebo prohloubit. U pacientů s kardiomyopatií nebo srdeční autonomní neuropatií bývá zjišťováno snížení difference R-R intervalů při usilovném výdechu a následné zotavné fázi. Výhodou je jednoduchost a dostupnost.

◆ Novotný 2003

## ◆ Ortostatický test (Schellong)

- ◆ Změna polohy člověka z lehu do stoje v gravitačním poli představuje ortostatickou zátěž, která vyvolá stagnaci krve v dolních končetinách a snížení žilního návratu a QS. U zdravého člověka se zvýší HR, dochází k periferní vasokonstrikci a vyrovnává se Q a TK Test má význam v diagnostice kolapsových stavů, stavů bezvědomí, ortostatických poruch regulace TK a HR. Jeho výhodou, proti testu na sklopném stole, je jeho jednoduchost a dostupnost.

◆ Novotný 2003

**FSpS MU v Brně**

## ◆ “Handgrip”

Stisk ručního dynamometru určitou silou a po určité době představuje fyzickou izometrickou a výraznou oběhovou zátěž. Hlavní výhodou je jednoduchost, malá přístrojová náročnost a to, že se neprovádí dynamický pohyb – pacient nepohybuje tělem (možnost sledování ekg, katetrizace

◆ Novotný 2003

## ◆ **Chladový zátěžový test**

Chladem vzniklá periferní vasokonstrikce a zvýšení TK aktivuje baroreflex a kardioinhibiční (vagové) centrum prodloužené míchy. Zátěž může vyvolat anginu pectoris, bradykardii až srdeční zástavu. Proto lze test použít v diagnostice uvedených patologií.

◆ Novotný 2003

## ◆ **Wingateský test**

- ◆ (Wingate anaerobic test WAnT) během 30 sec šlapání maximální rychlostí na bicyklovém ergometru s konstantním odporem (individuálně nastaveným momentem síly) se nejvyšší dosažený výkon [W] a počítá celková práce [J].

◆ Novotný 2003

- ◆ **Margariův test** (Margaria step - running test - Margaria a kol, 1966) běží se co nejrychleji do 14 schodů, měří se čas běhu mezi 3. a 9. schodem, výkon se vypočítá  $P = m \cdot v / t$  (m – hmotnost těla, v – výška schodu, t – čas)
- ◆ **Kinderman-Schnabelův test** spočívá ve dvou zatíženích s odstupem 40 minut, první zatížení je 40 sekund, druhé do vyčerpání, porovnávají se časy a laktáty obou zatížení (Komadel, 1997; Skorocká a kol. 2003)

Novotný 2003