

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

1) Podle počtu zapojených svalů:	lokální vytrvalostní schopnost (1/3 svalové hmoty)
	globální vytrvalostní schopnost (více jak 1/3 sv. hm.)
2) Podle doby trvání:	rychlostní: 0-20 s (ATP – CP systém)
	krátkodobá: 20 s – 2 min (LA systém)
	střednědobá: 2 – 10 min (O ₂ systém)
	dlouhodobá: I 10 – 35 min (glykogen)
	II 35 – 90 min (glykogen + tuky)
	III 90 – 6 hod (tuky)
	IV nad 6 hod (bílkoviny)
3) Podle vnějšího projevu:	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-1.kg-1 u žen a 45 ml.min-1.kg-1 u mužů.**

- ◆ Trénovaní sportovci s převahou aerobního tréninku (vytrvalostní sporty jako cyklistika, severské lyžování, triatlon atd.) dosahují často hodnot **80 ml.min-1.kg-1 i vyšších.**

FSpS MU v Brně

- ◆ Maximální spotřeba kyslíku je závislá na **několika faktorech**, přičemž vždy nejslabší z těchto faktorů ovlivňuje konečnou hodnotu VO₂ 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 2,61- více	3,90- více
Průměrná	x 1,63- 2,27 1,96- 2,60	3,30- 3,80
Nedostatečná	x méně- 1,62 méně- 1,95	méně- 3,20

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

Brně

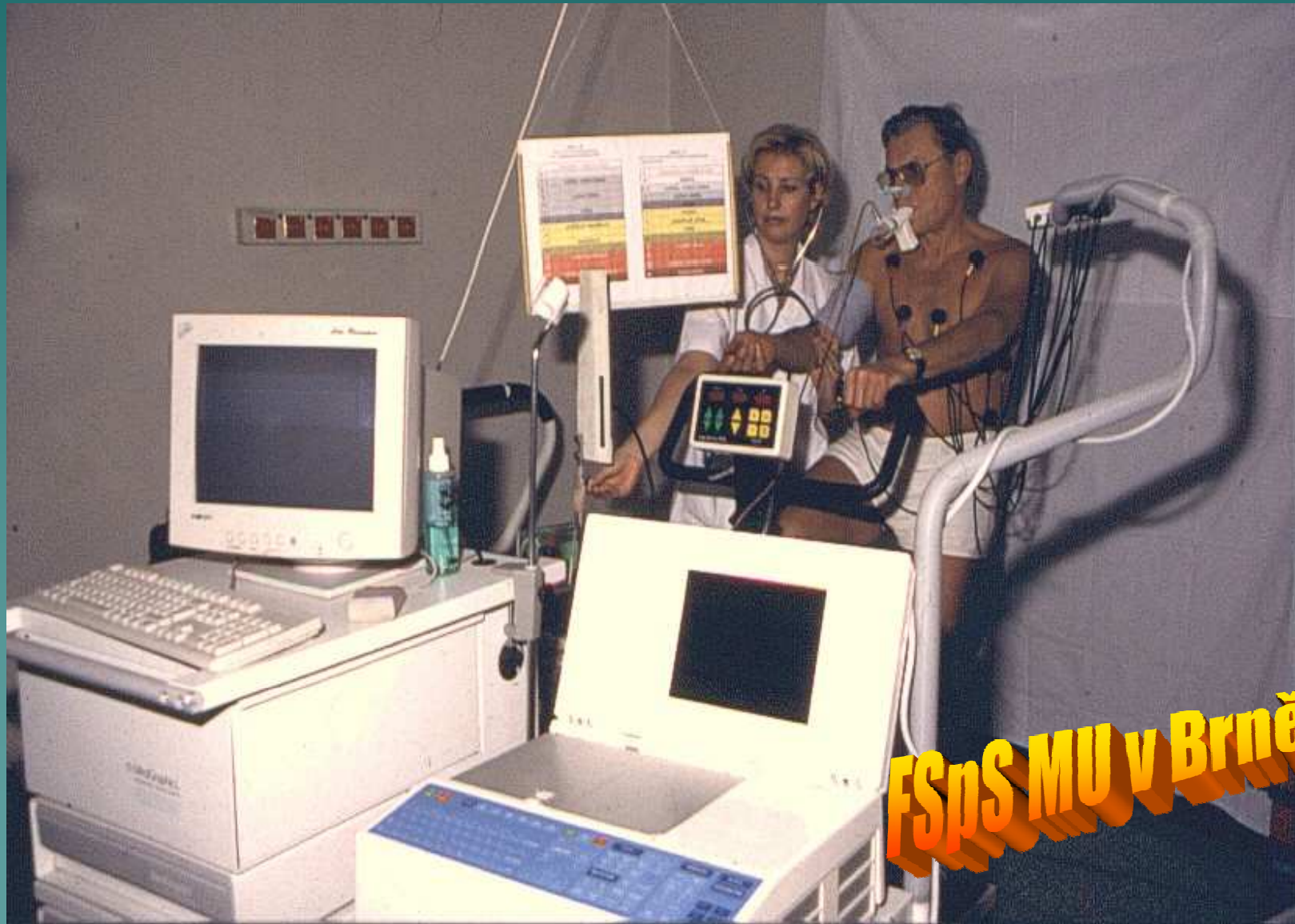
◆ AEROBNÍ TESTY

- ◆ 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

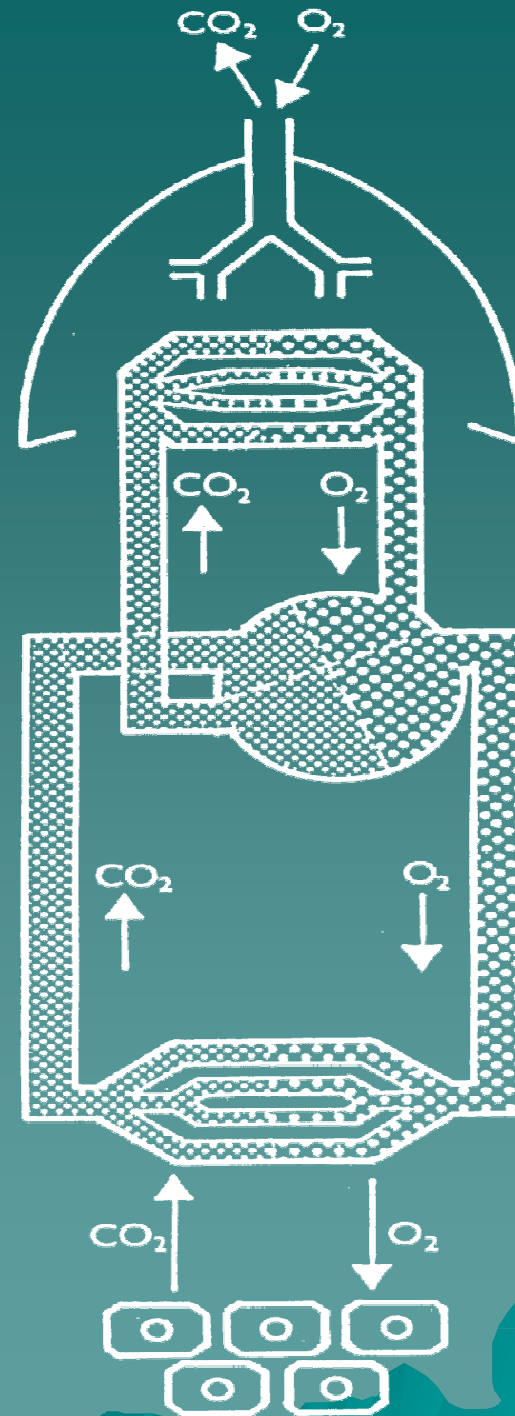
$$\dot{V}_{O_2} = D_{IO_2} (P_{cO_2} - P_{IO_2})$$

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

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	

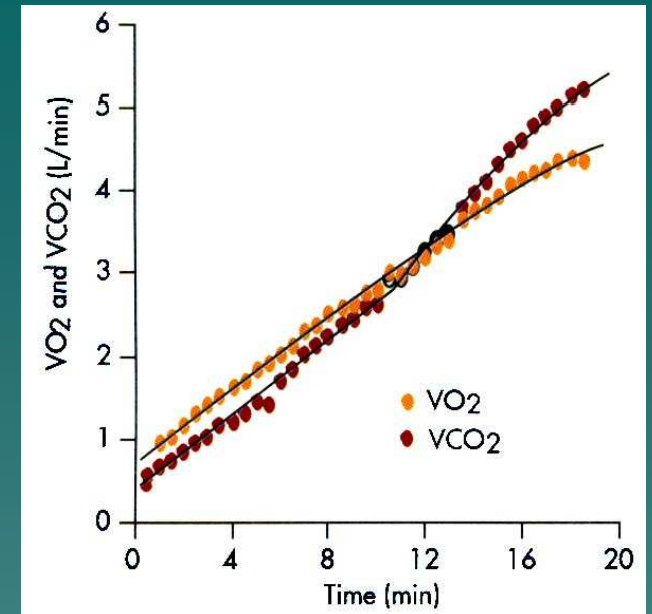
FSPS MU v Brně

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)

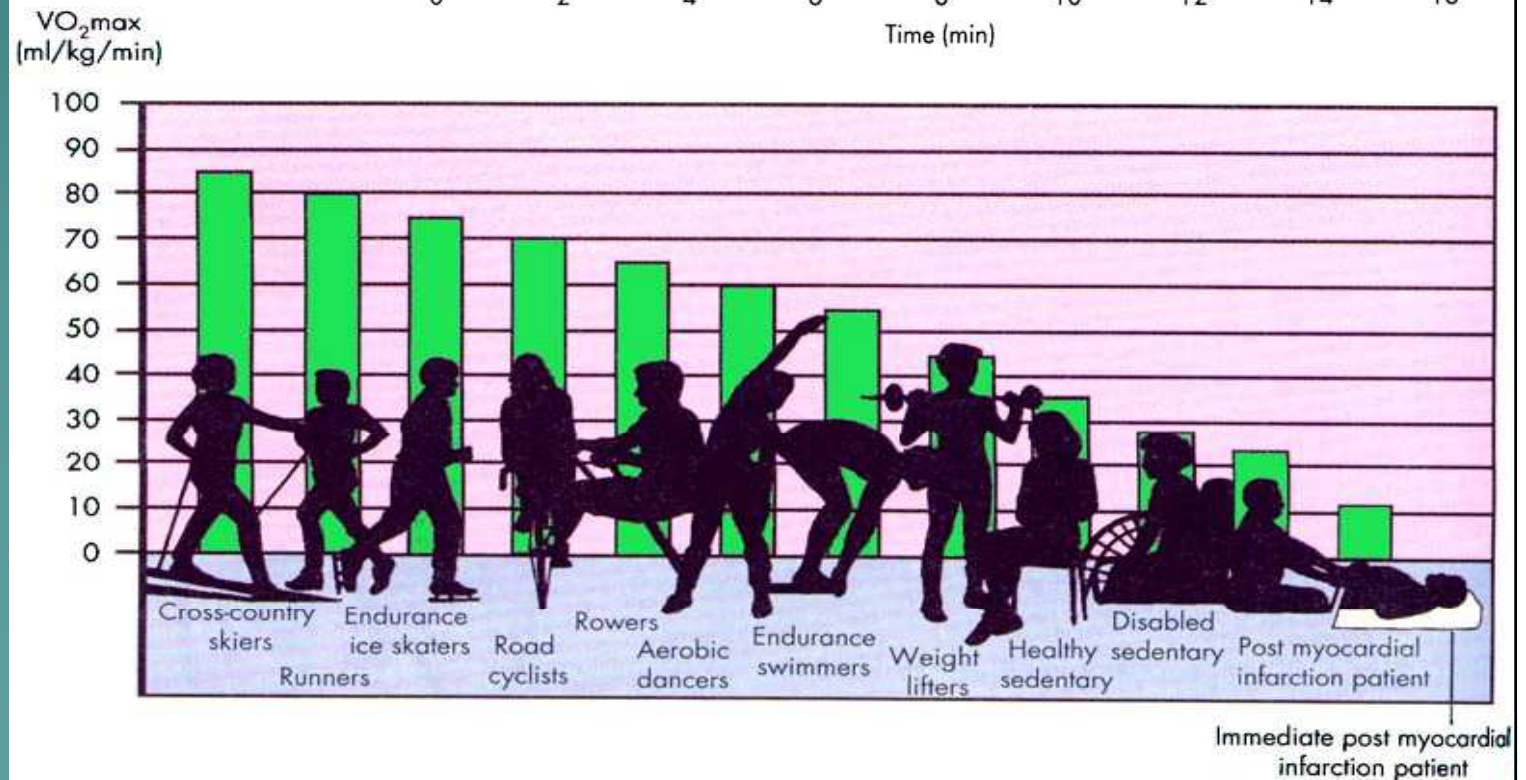
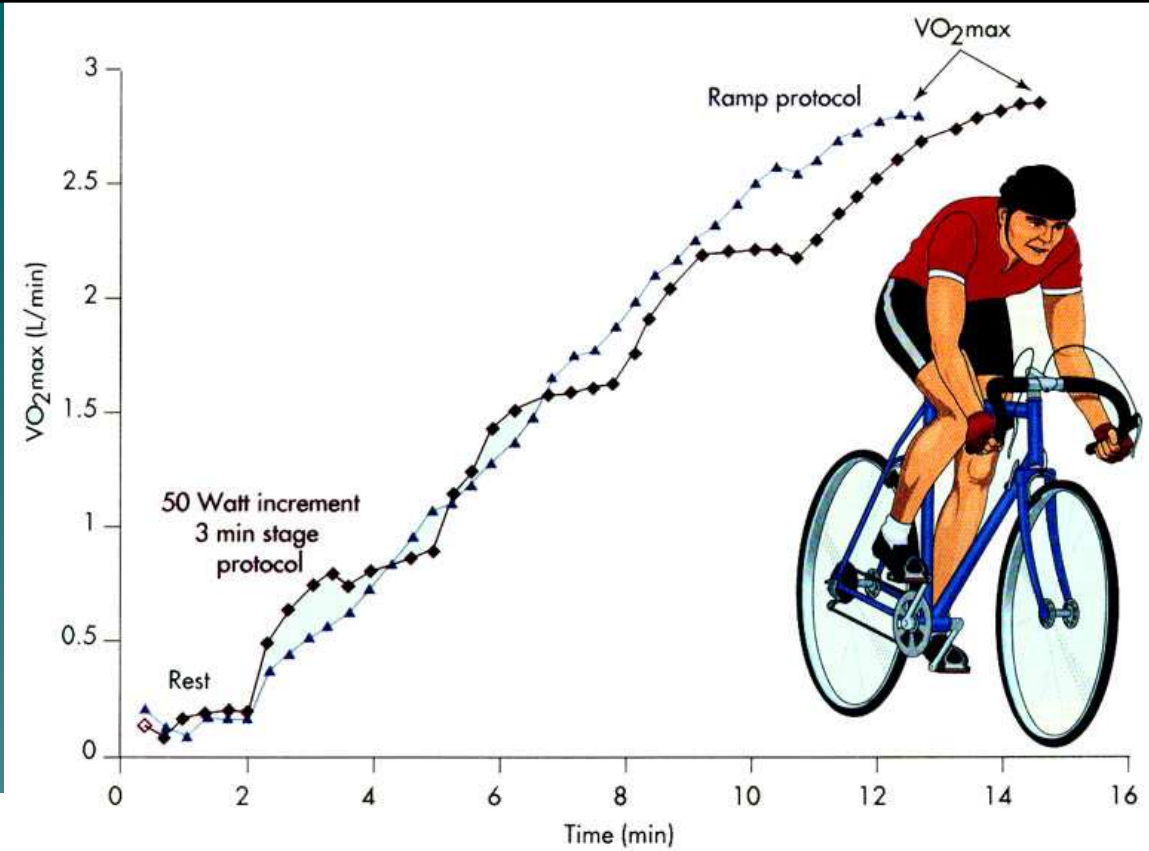
[l/min] nebo [l/min/kg]

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.)

Třída	Poškození	VO₂max (sl) (ml . min.kg⁻¹)	ANP (ml . min⁻¹kg⁻¹)
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⁻¹ . min⁻¹ představuje indikaci k transplantaci srdce.

FSpS MU v Brně

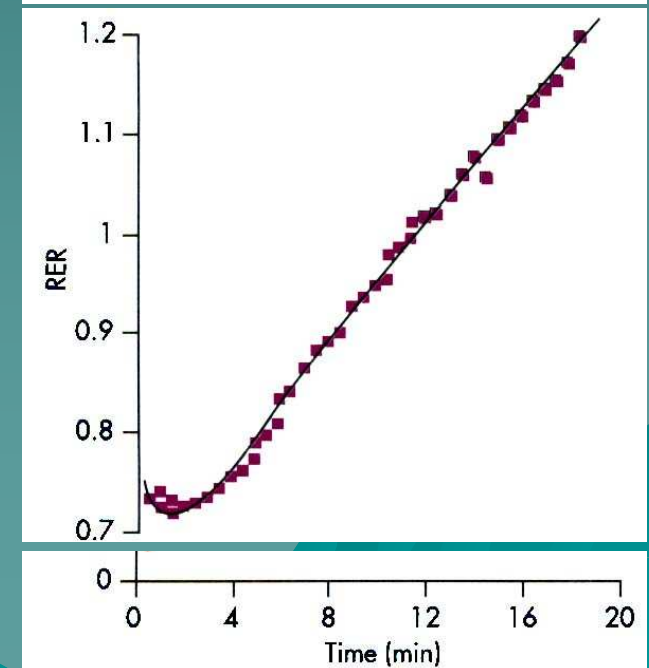
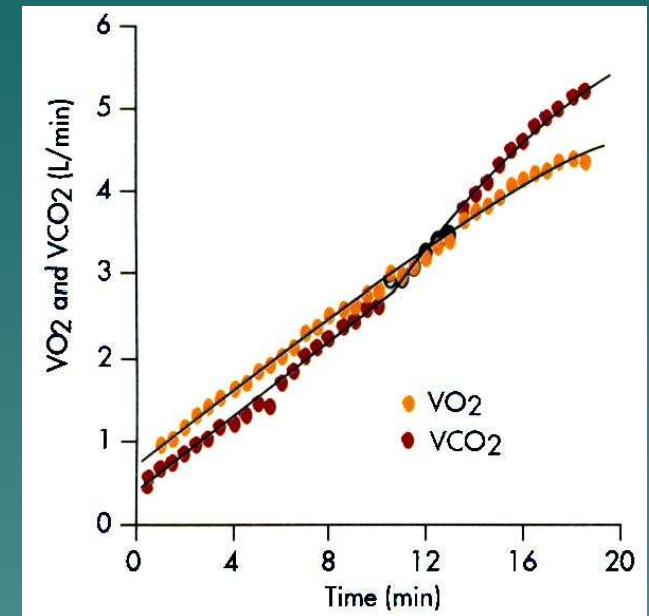
TEPOVÝ KYSLÍK $\dot{V}O_2:SF$ [ml]

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

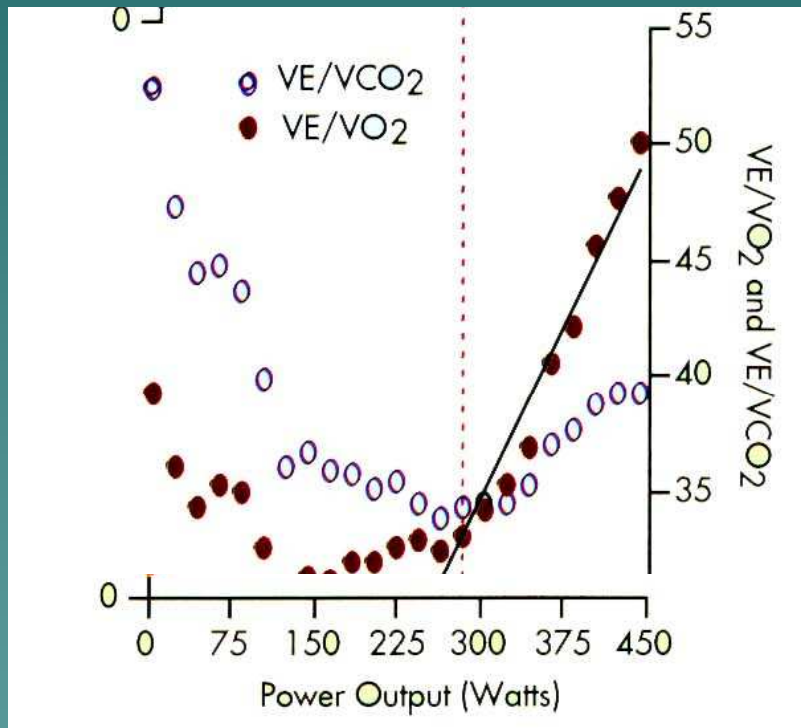


VENTILAČNÍ EKVIVALENT $\dot{V}E_{O_2}$ [1]

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

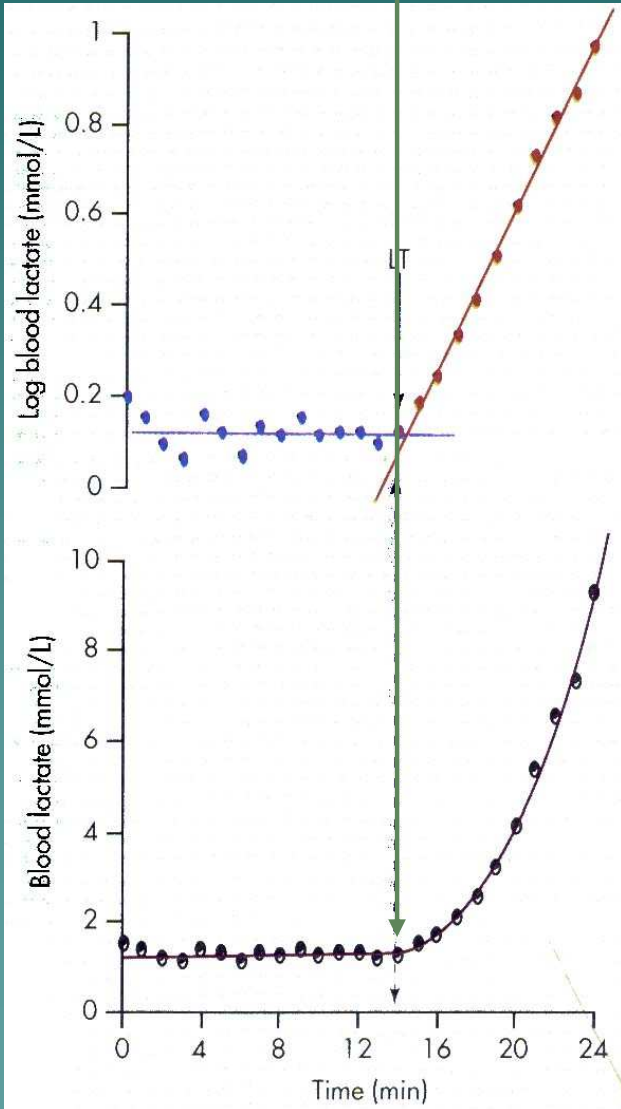


METABOLICKÁ ACIDÓZA:

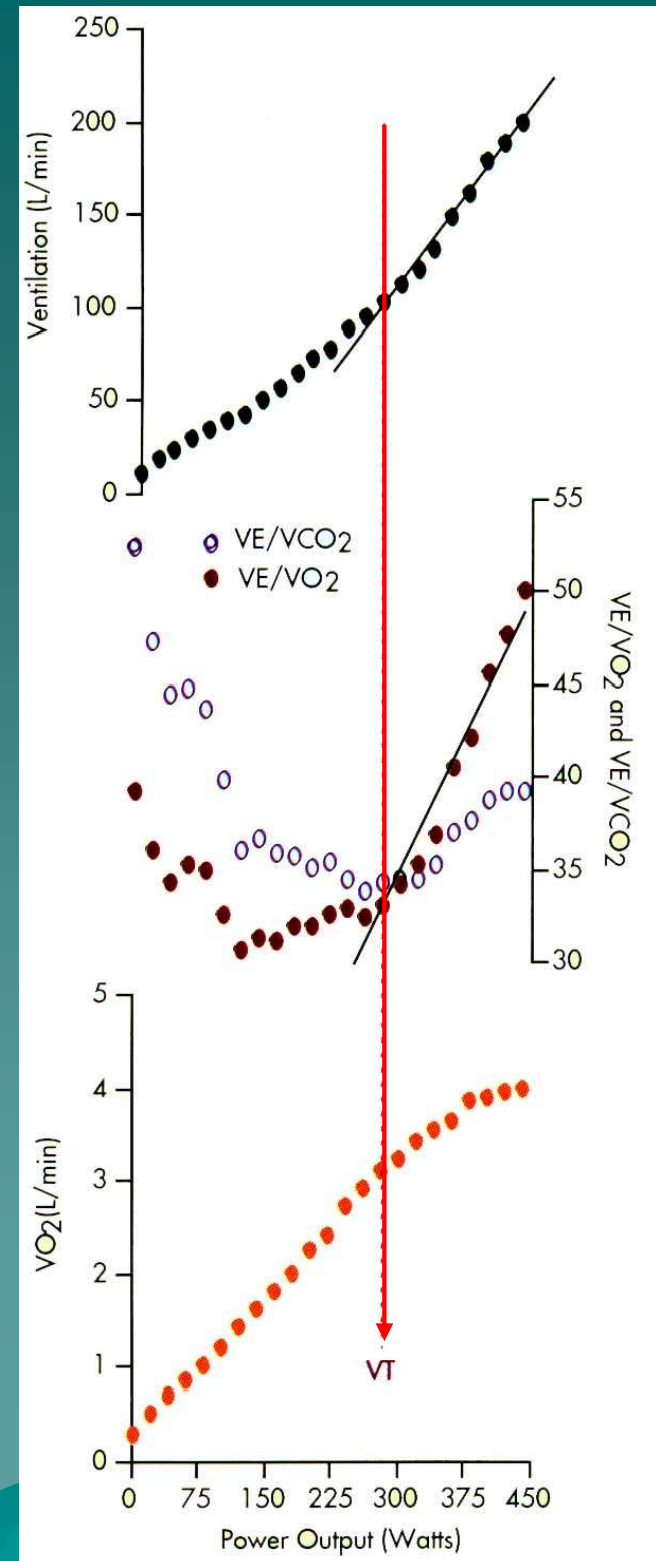
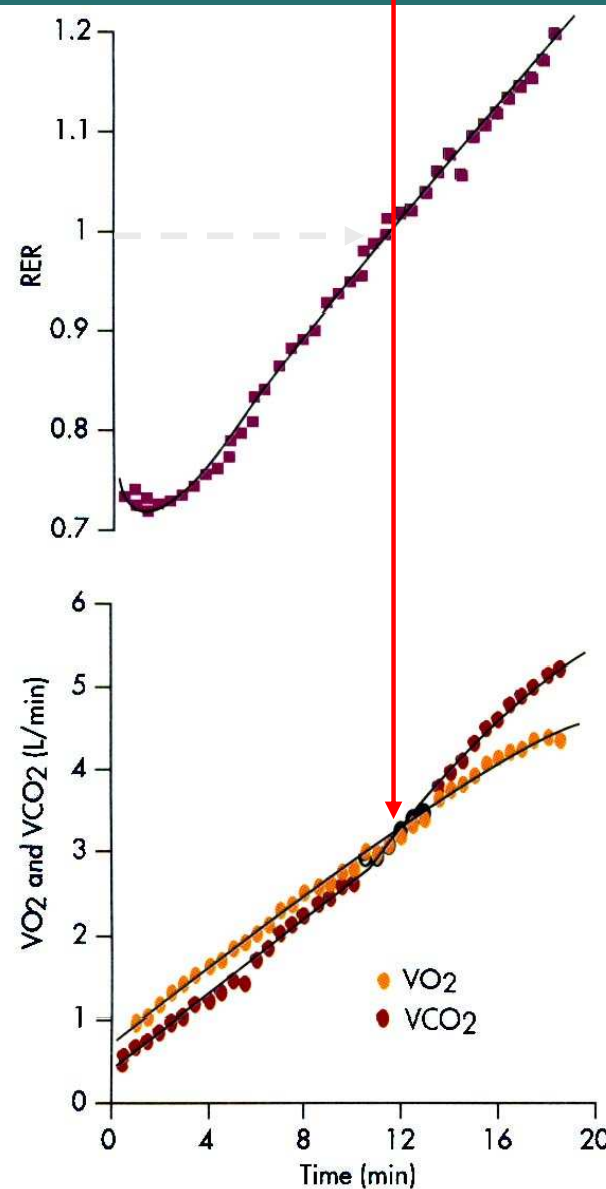


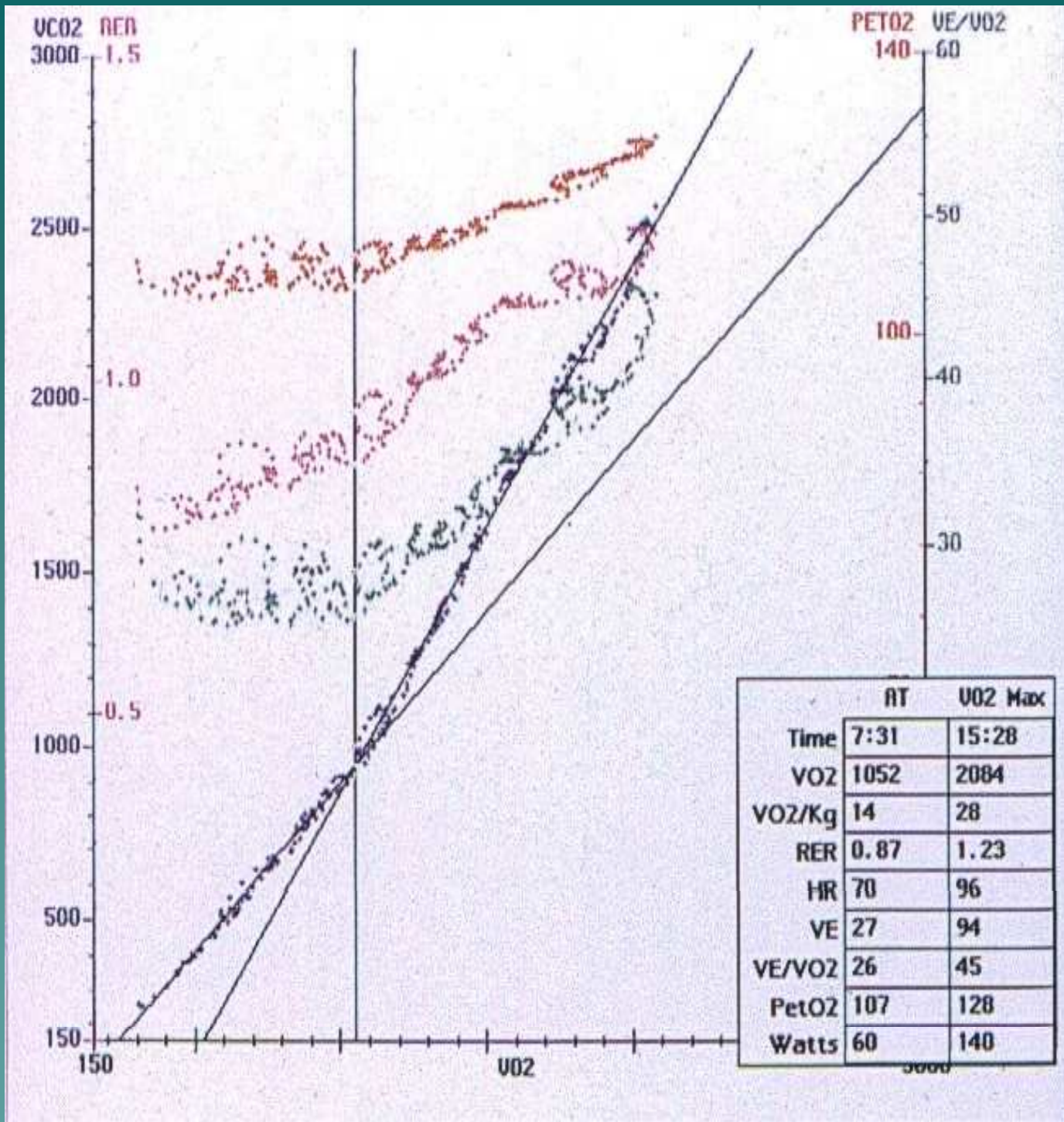
- ◆ Vzestup a kumulace krevního laktátu
- ◆ Pokles pH krve
- ◆ Hyperventilace
- ◆ Pokles bikarbonátu
- ◆ INVAZIVNÍ URČENÍ ANAEROBNÍHO PRAHU
- ◆ „laktátový“
- ◆ „-BE práh“

Laktátový práh

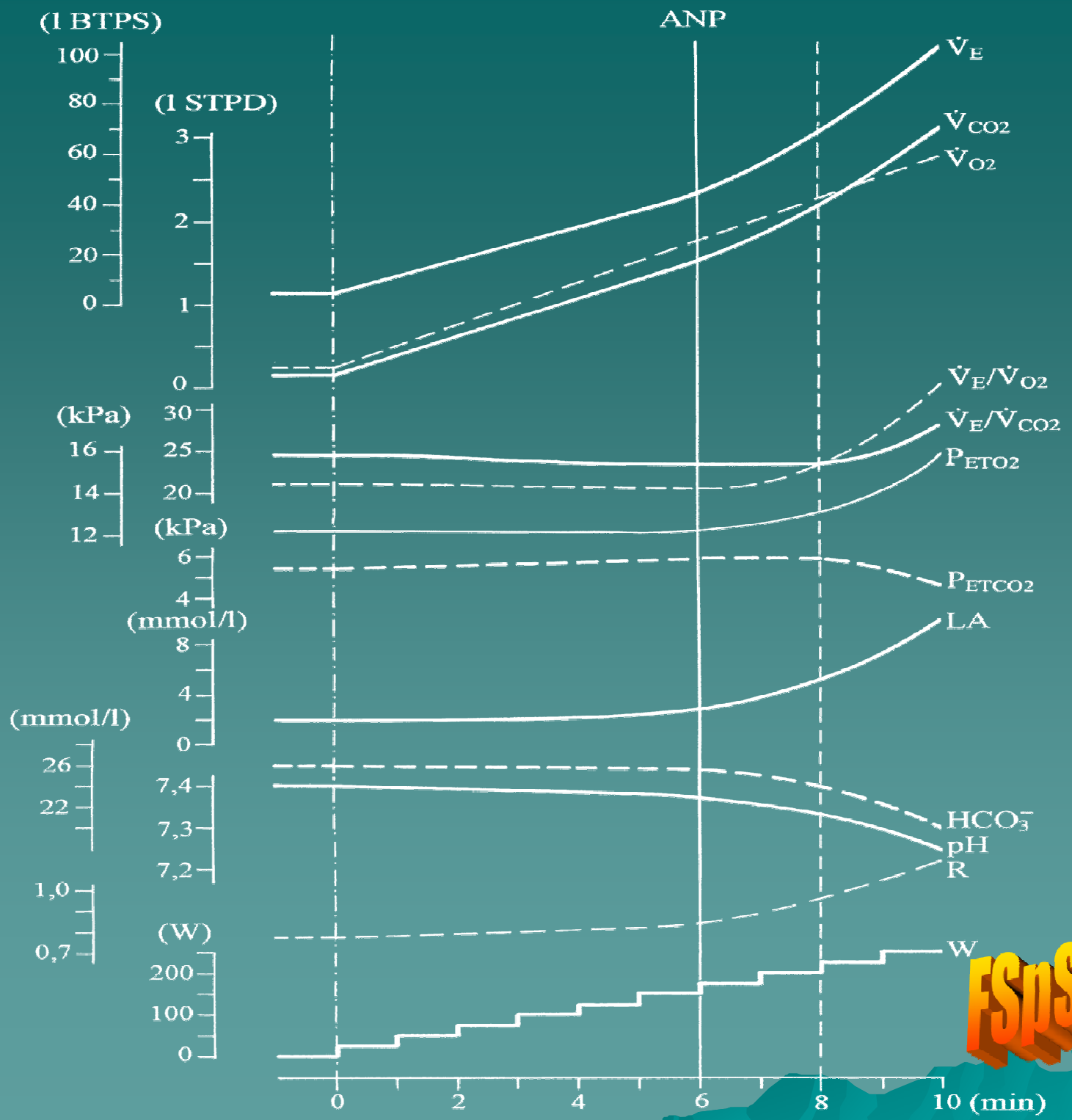


Ventilační práh





FSPS MU v Brně



FSpS MU v Brně

- ◆ **Testem mluvení**“ (test du parler – Croteau a kol.,) lze přibližně odhadnout a stanovit intenzitu blížíící 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)

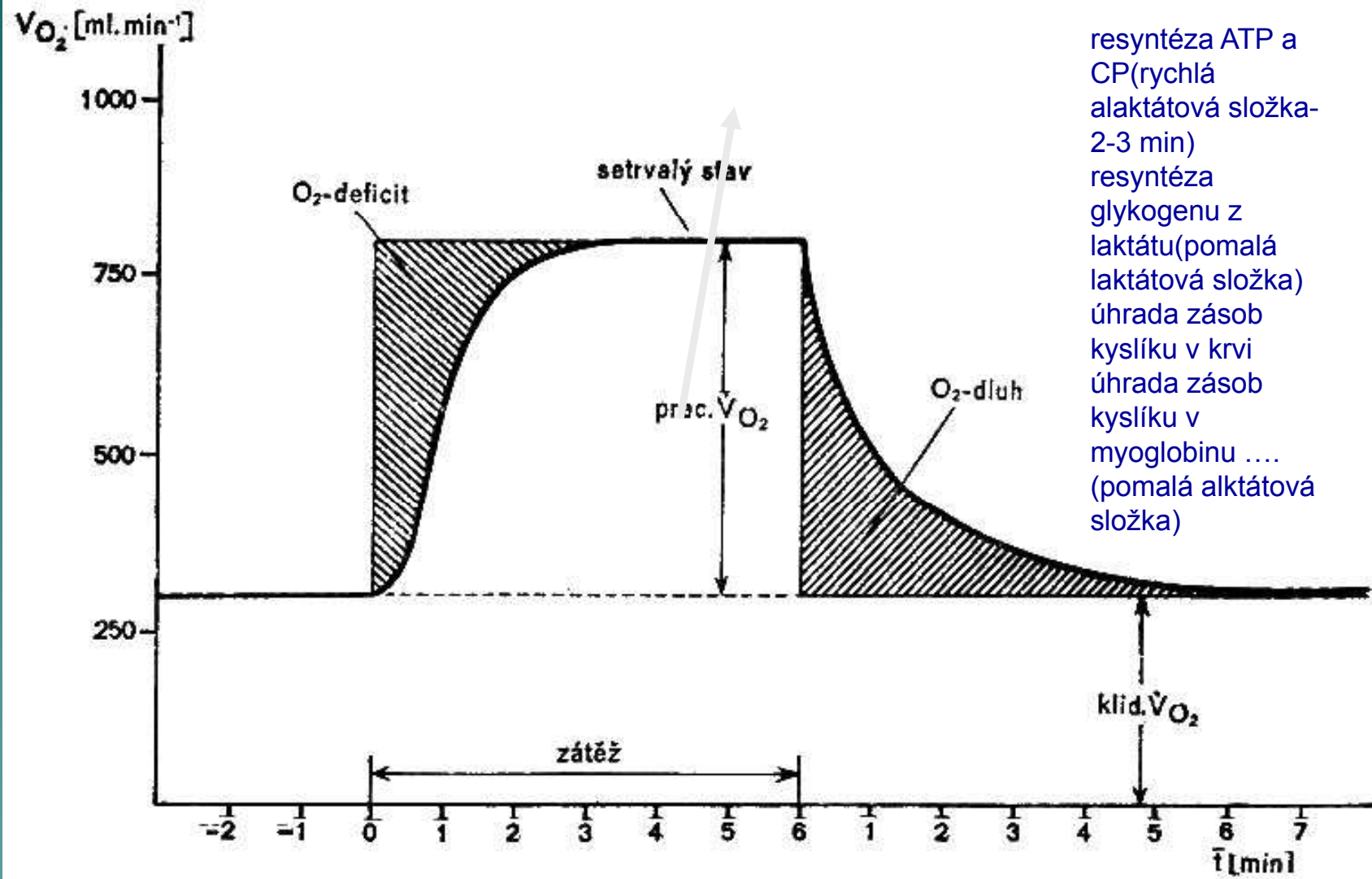
6		14	
7	velmi, velmi lehká	15	namáhavá
8		16	
9	velmi lehká	17	velmi namáhavá
10		18	
11	lehká	19	
12		20	velmi, velmi namáhavá
13	poněkud namáhavá		

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

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

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