

Prahy, pásma, adaptace

## Maximální kyslíkový deficit

... čeká na využití?

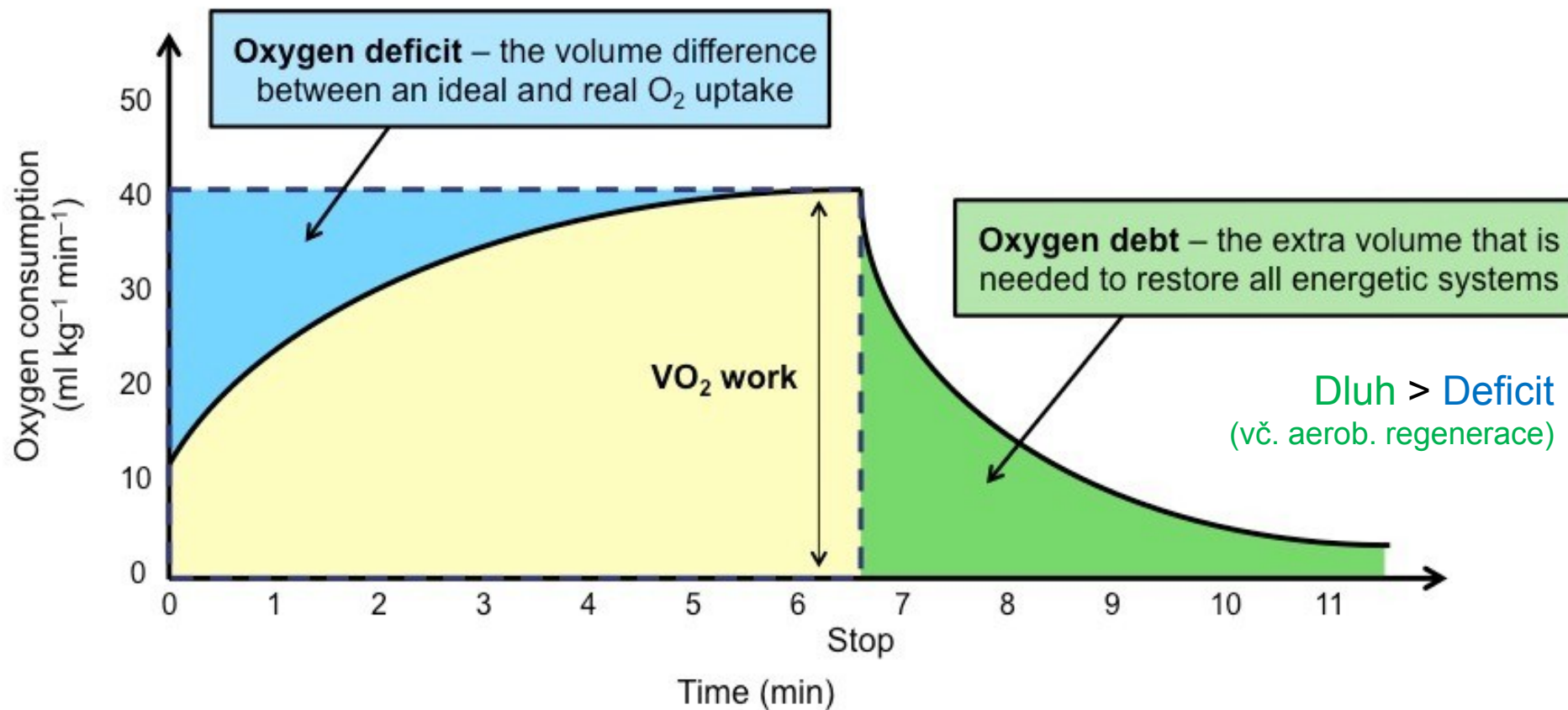
(MAOD – maximal accumulated oxygen deficit)

## Maximální kyslíkový dluh

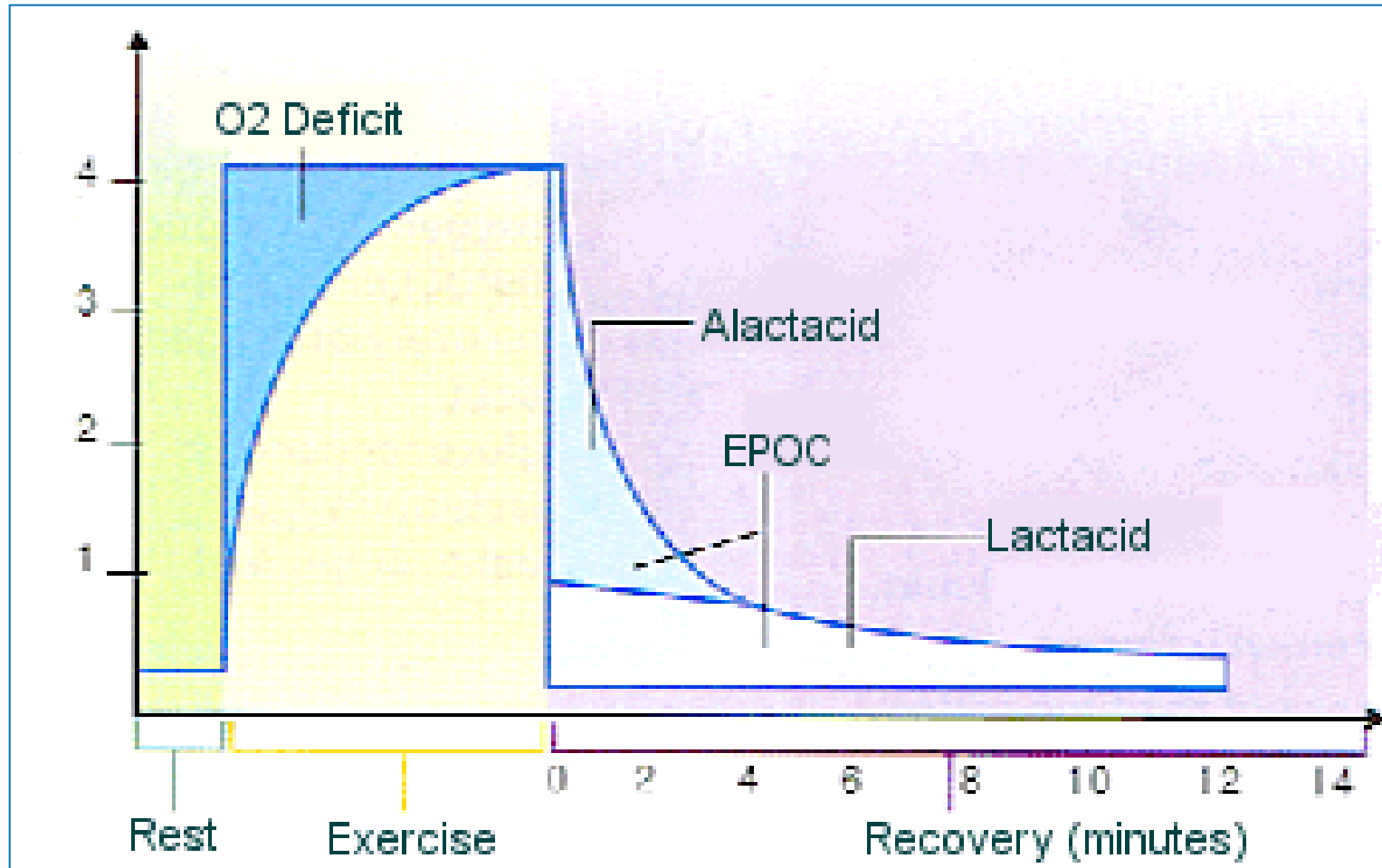
- po max. vyčerpávajícím výkonu se splácí ~ 30 minut

- např. 3-8 l  $VO_2$  (100-150 ml/kg)

( $O_2$ -debt, EPOC – excess post-exercise oxygen consumption)

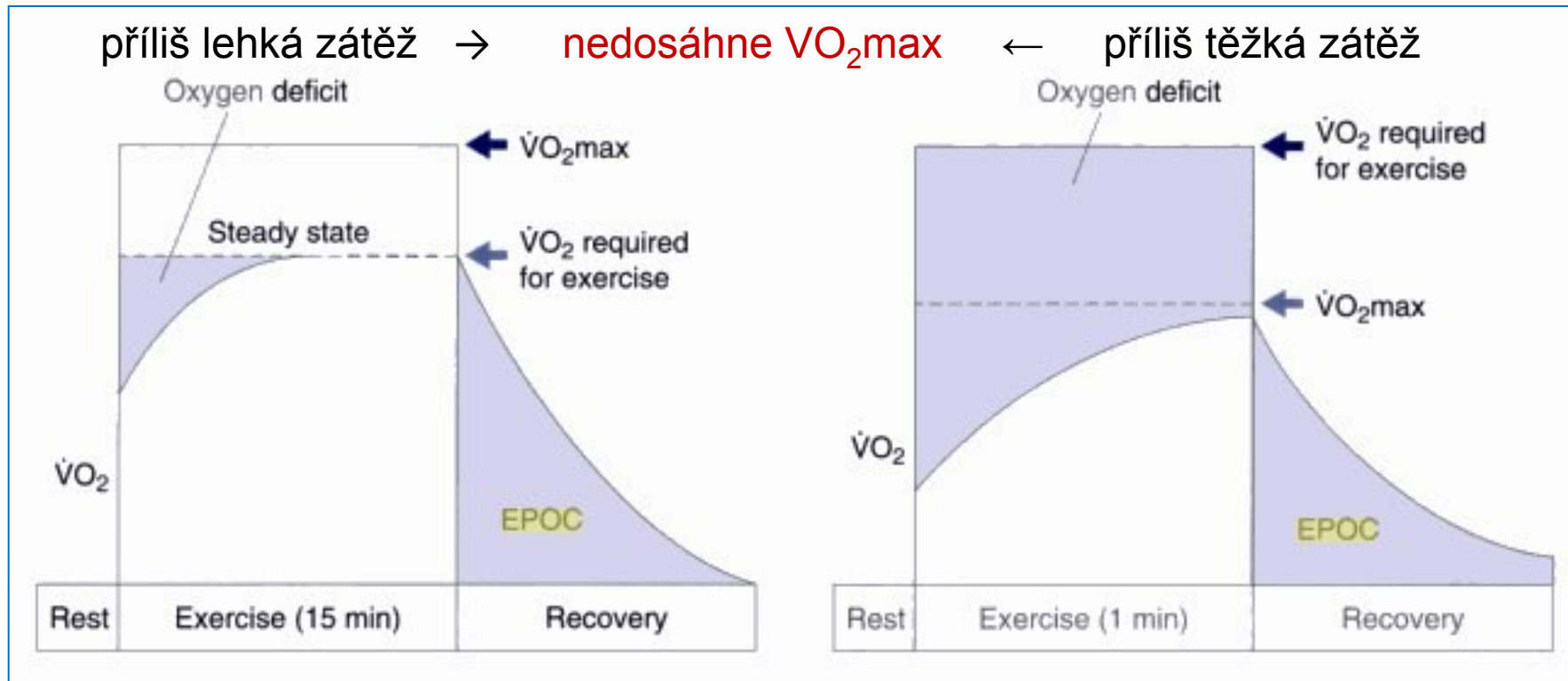


**Maximální kyslíkový deficit a dluh**  
„alaktátová a laktátová“ složka kyslíkového dluhu



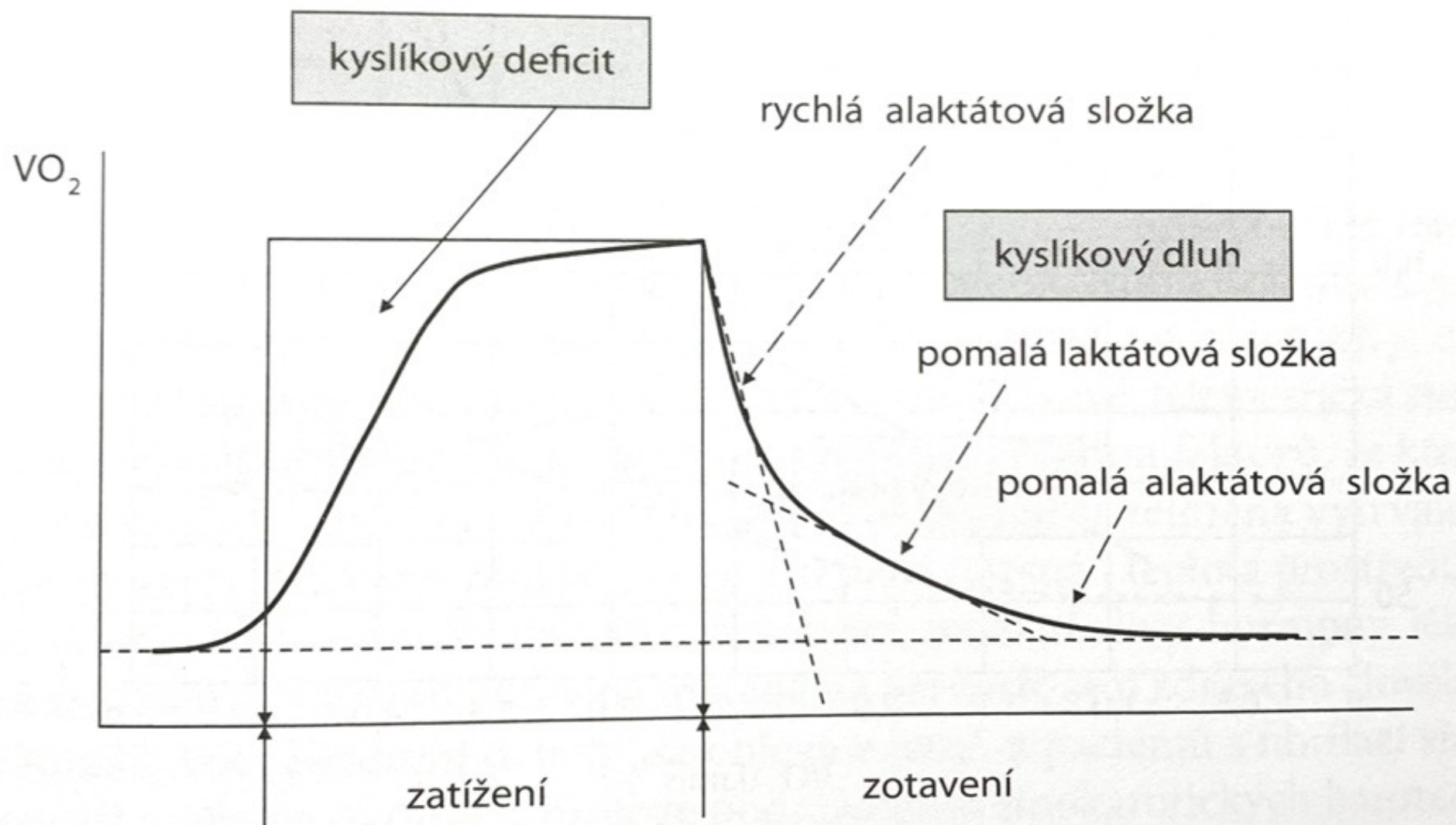
Hill, A.V., C. Long., and H. Lupton. 1924. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Pt. 1-III. *Proceedings of the Royal Society* 96: 438. In: Scott Christensen. The Oxygen Deficit Curve: The Limiter of Mid-Distance Performance. <http://completetrackandfield.com/oxygen-deficit/>

**Maximální kyslíkový deficit a dluh**  
*problém s dávkováním zátěže při testu (intenzita a trvání)*



<http://archive.yeahmanh.com.s97240.gridserver.com/wp-content/uploads/2009/05/nsca-epoc.jpg>

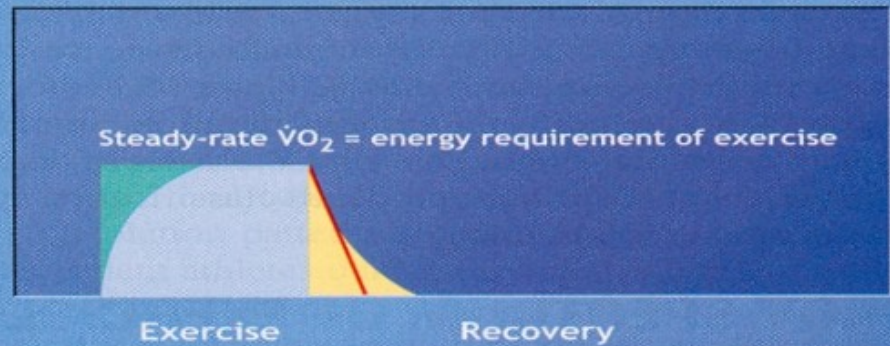
*Problém s interindividuálním srovnáním – s referenčními hodnotami*



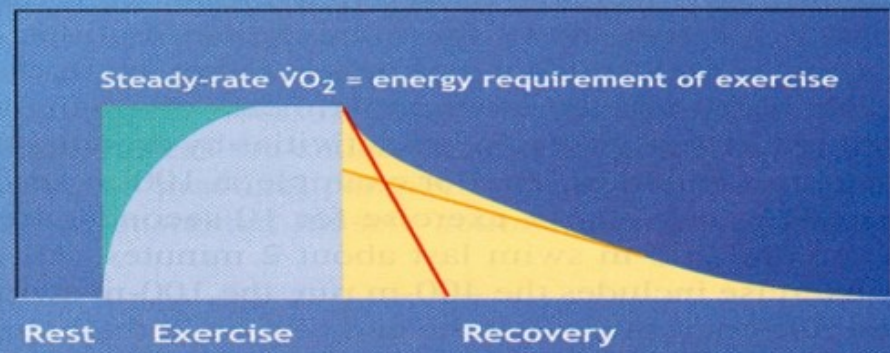
**Obr. 1.2** *Kyslíkový dluh a kyslíkový deficit*  
**Zdroj:** *podle různých autorů.*



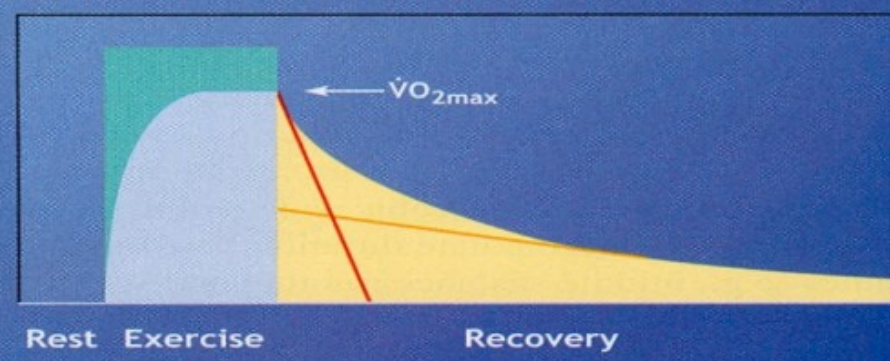
**A** Light aerobic exercise



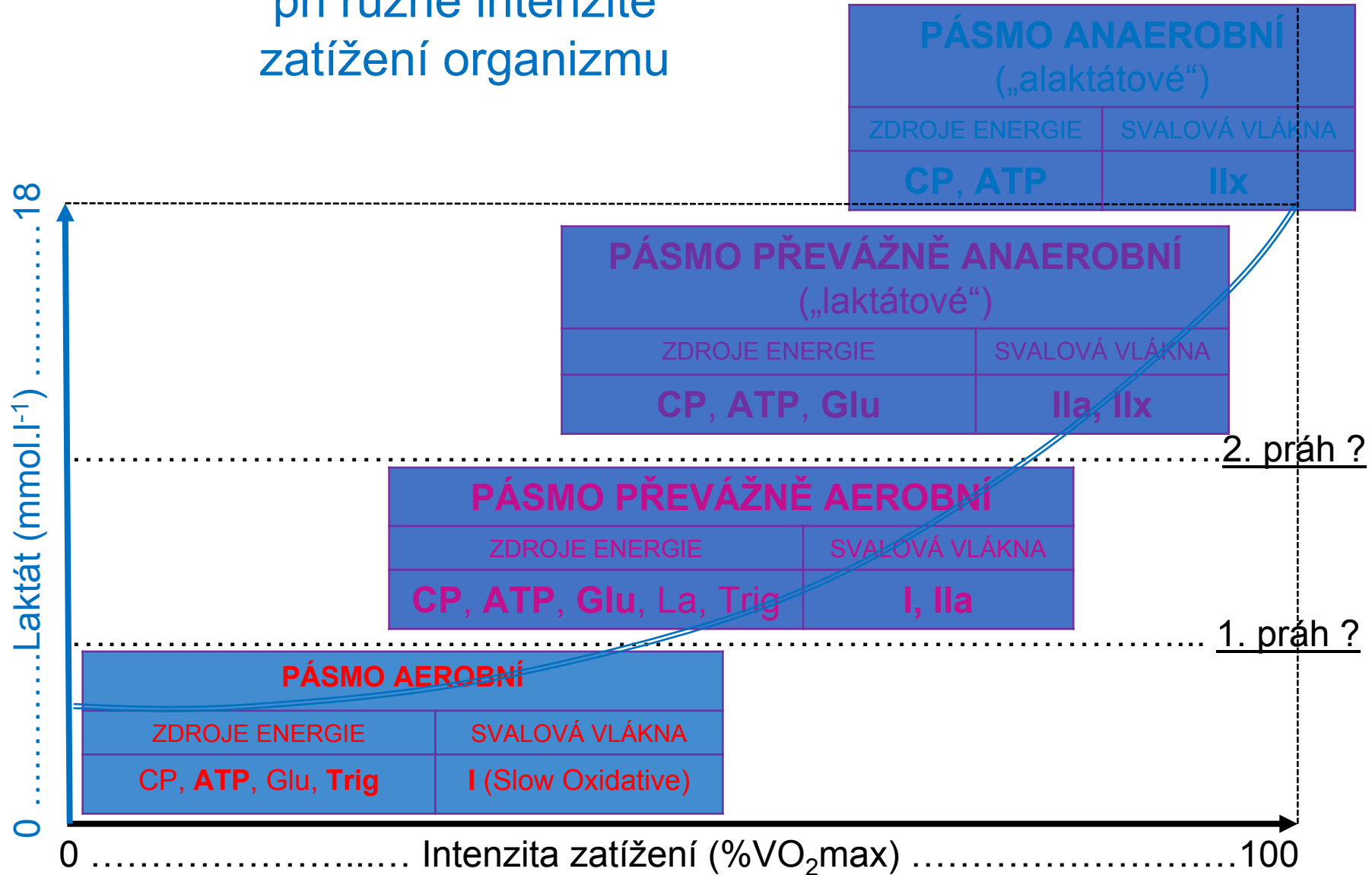
**B** Moderate to intense aerobic exercise



**C** All-out maximal exercise (aerobic-anaerobic)



# Energetická pásma při různé intenzitě zatížení organismu



# Aerobní práh

- VT1, LT1 (VE/VO<sub>2</sub>)



# Anaerobní práh

- ANP (VT2) - úroveň zátěže, kdy dochází k exponenciálnímu nárůstu  $V_e$  vzhledem k nárůstu  $VO_2$  (nárůst  $V_e$  je vysvětlován jako proces k eliminaci  $CO_2$ , který vzniká při nedostatku  $O_2$  pro pracující svaly)

Metody měření:

- Orientační (nesportovci 45-65%  $VO_{2max}$ , sportovci výše)
- **Invazivní odběr laktátu** (LT2 – cca 2,5-6 mmol/l (nejčastěji cca 4 mmol/l))
- **Metoda V slope** – poměr  $VCO_2$  (osa y) a  $VO_2$  (osa x) místo zlomu křivky (nárůst výdeje  $CO_2$ )
- Ventilační ekvivalenty – hodnocení křivek  $V_e/VCO_2$  a  $V_e/VO_2$  (ANP v místě překřížení křivek)

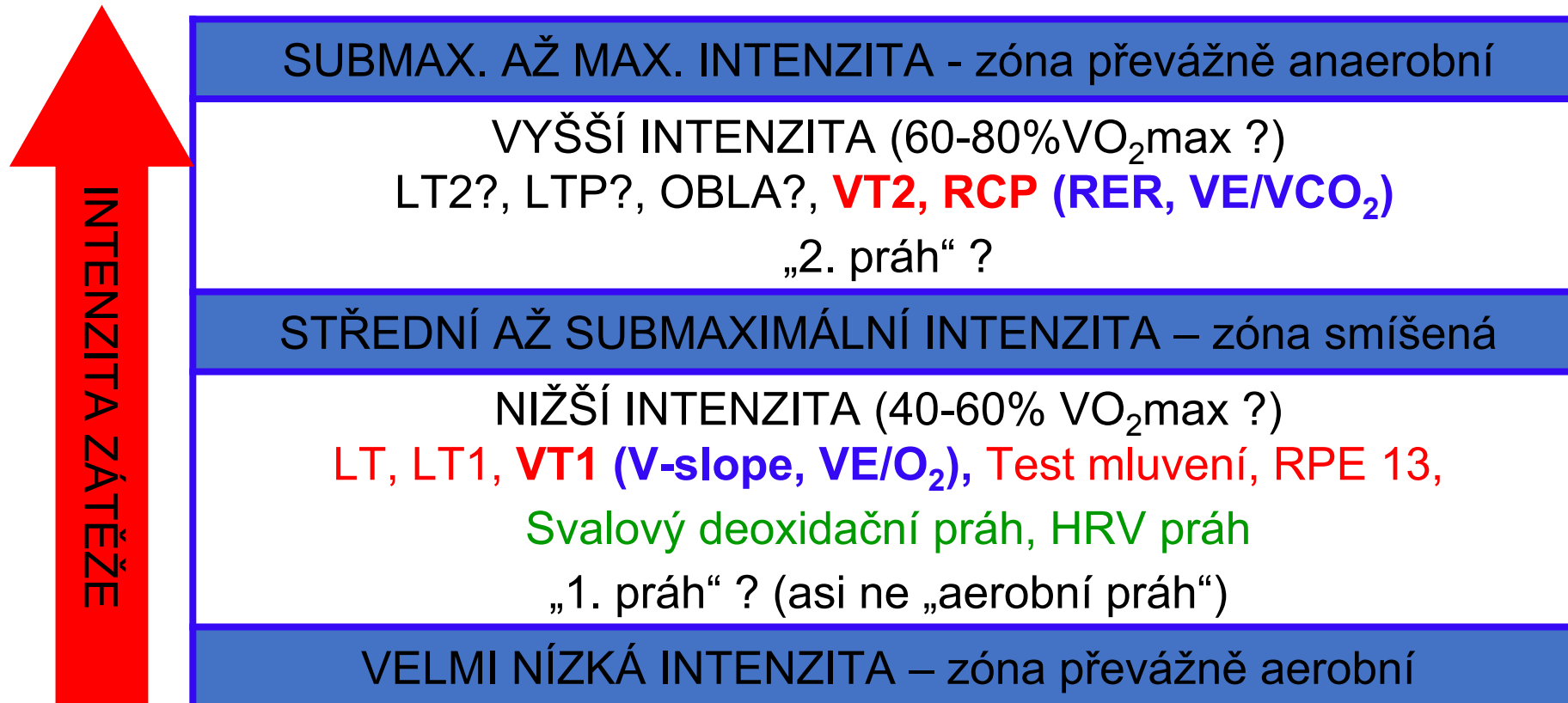
## VENTILAČNĚ – RESPIRAČNÍ ANAEROBNÍ PRÁH

přechod mezi rozdílnými energeticko-metabol. režimy: Začátek strmého  $\uparrow$  anaerobně získávané energie

a) jako hranice mezi zónami tréninkové intenzity

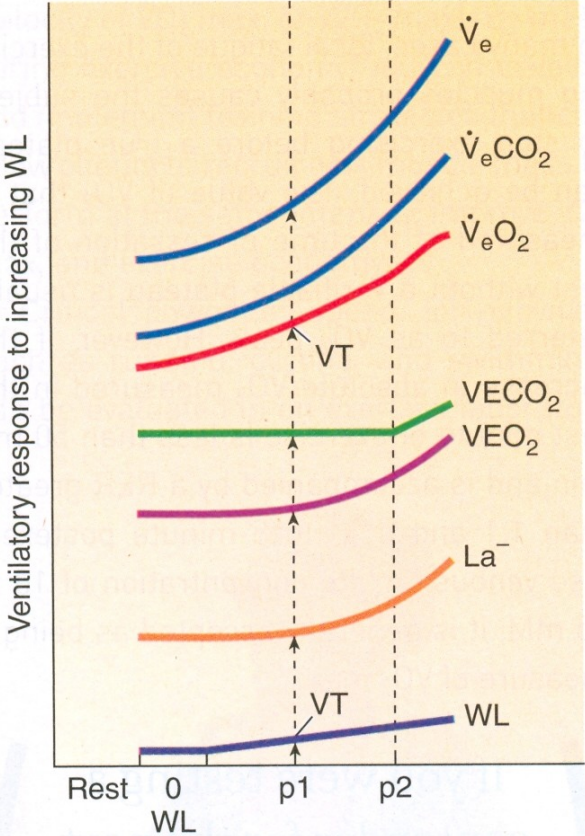
b) k hodnocení aerobní schopnosti, připravenosti k vytrvalostnímu výkonu

c) k hodnocení efektivity aerobního tréninku



# Stanovení ventilačního prahu

Spiroergometrie:  $\dot{V}_E$ ,  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ , RER, ...

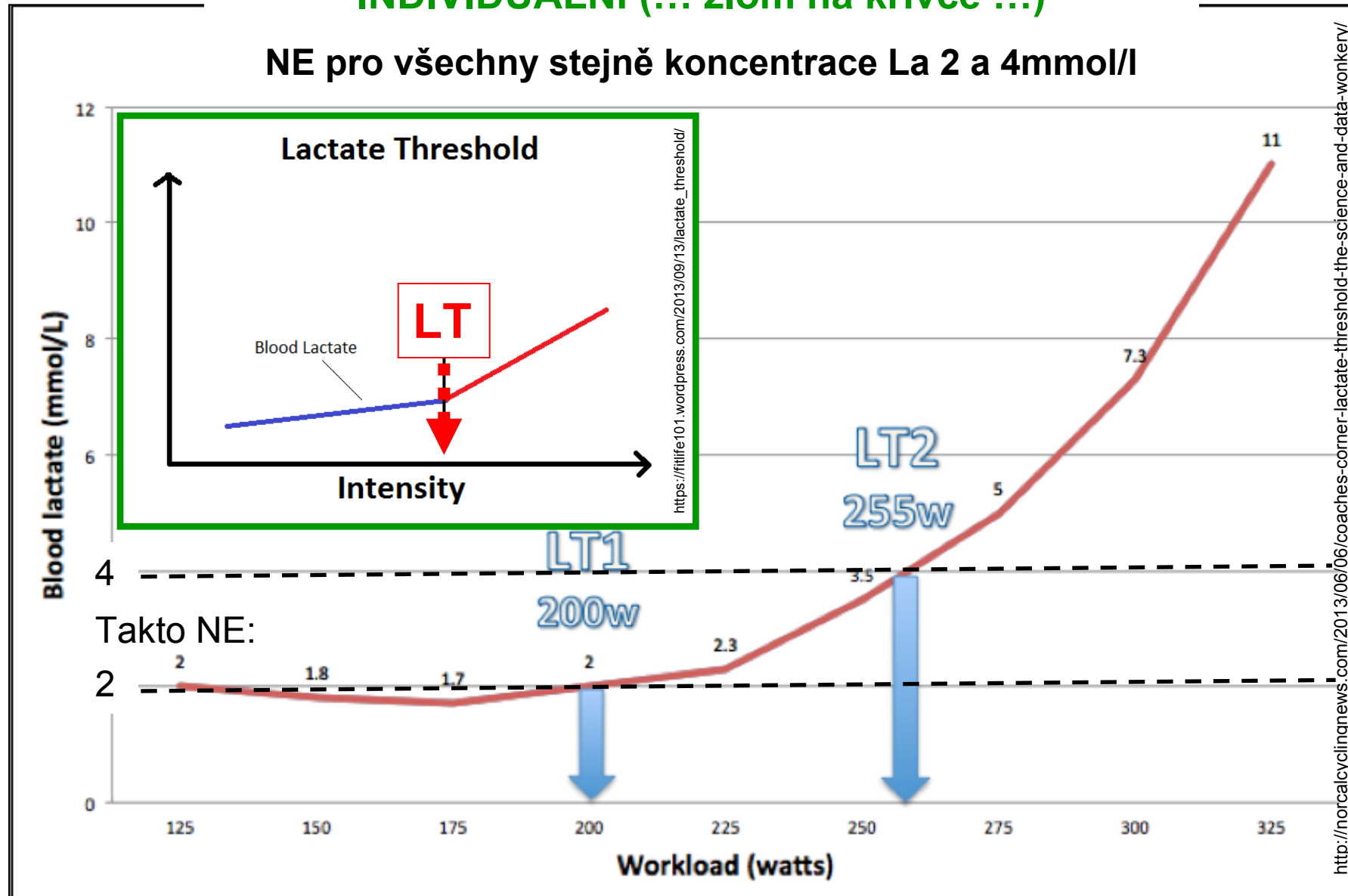


**FIGURE 10.11** Schematic representation of the ventilatory responses to a progressive increase in workload exercise test. As noted in Figure 9.10, the ventilation threshold ( $VT$ ) is identified as the workload ( $WL$ ), or oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ), at  $P^1$ , that is when the ventilatory equivalent for oxygen ( $VEO_2$ ) increases and ventilatory equivalent for carbon dioxide ( $VECO_2$ ) is maintained constant as a result of an increase in ventilation resulting in an increased exhalation of carbon dioxide ( $CO_2$ ). (Adapted from Wasserman, K., J. E. Ha **Raven et al., 2013**)  
2.10 in  
Principi delphia:  
Lea & Febiger.)

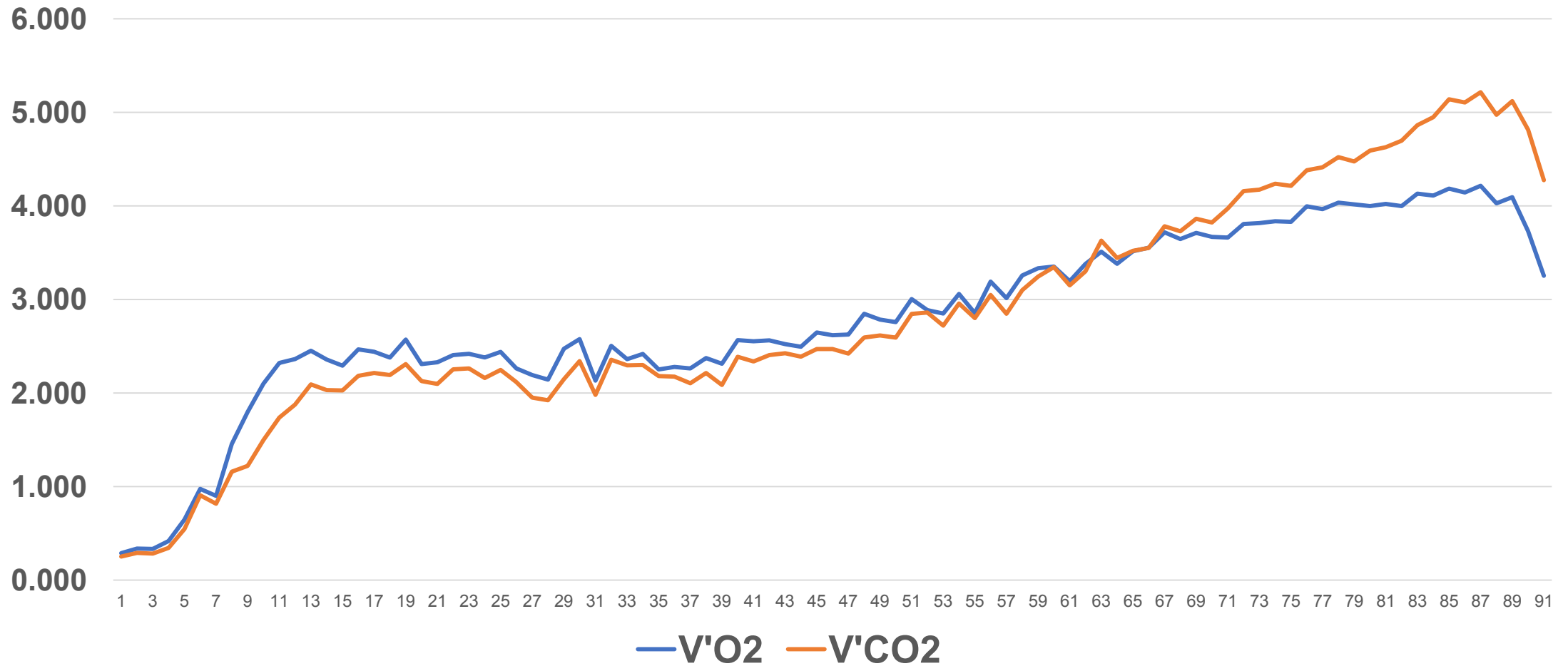
# Stanovení laktátového prahu

INDIVIDUÁLNÍ (... zlom na křivce ...)

NE pro všechny stejně koncentrace La 2 a 4mmol/l

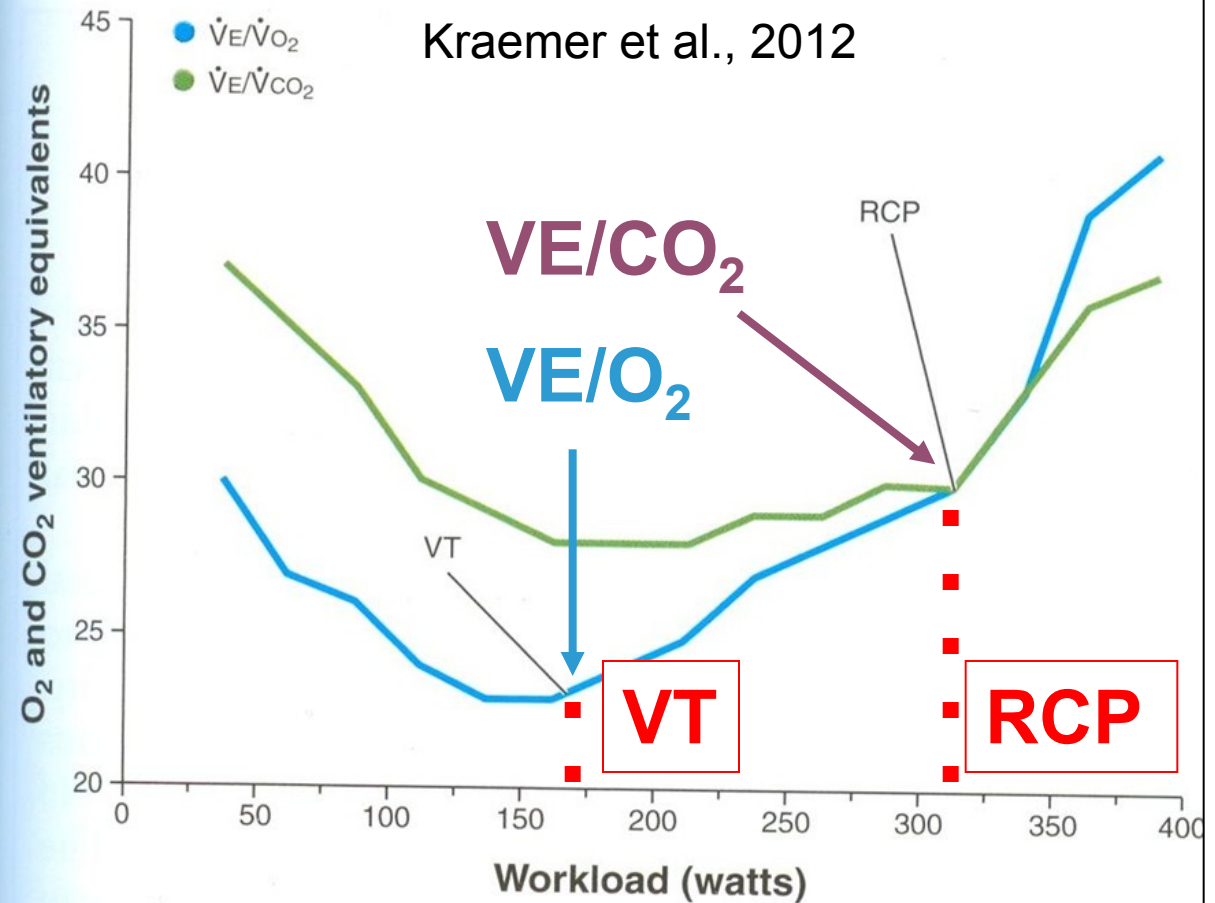


# Spotřeba O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> během zátěže (L/min)



## VENTILAČNĚ – RESPIRAČNÍ ANAEROBNÍ PRÁH

„Současné“  
stanovení dvou ventilačních prahů  
zlom a nárůst  
ventilačních ekvivalentů  
pro  $O_2$  a  $CO_2$



RCP – respiratory  
compensation  
point

**Figure 6-13.** Detection of ventilatory threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP) is shown using oxygen and carbon dioxide ventilatory equivalents. See the text for explanation of oxygen ( $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$ ) and carbon dioxide ventilatory equivalents ( $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$ ). The data is for a 23-year-old triathlete with a cycling  $\dot{V}_{O_{2peak}}$  of  $70.7 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , maximal pulmonary ventilation of  $159.4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , and maximal heart rate of 202 beats per minute. (Data courtesy of A. Lucia's laboratory, European University of Madrid, Madrid, Spain.)



# CP - Critical Power – kritický výkon (running)

**Critical Power** is the **highest** workload you can sustain without using your **anaerobic reserve**, and research papers often consider this workload that an athlete can sustain "indefinitely." Or course, "indefinitely" here means until glycogen reserves get depleted, or other limiting factors set in. Typically, you can maintain **Critical Power for 30-70 minutes**

**Best critical power test: 10km running test (running power meter needed)**

Critical Power je nejvyšší pracovní zátěž, kterou dokážete udržet, aniž byste použili svou anaerobní rezervu, a výzkumné práce často zvažují tuto zátěž, kterou může sportovec vydržet „nekonečně dlouho“. Nebo samozřejmě, „na neurčito“ zde znamená, dokud se nevyčerpají zásoby glykogenu nebo nenastanou jiné omezující faktory. Kritický výkon můžete obvykle udržovat po dobu 30–70 minut Test nejlepšího kritického výkonu: 10 km běhový test (potřebný měřič provozního výkonu)

# Critical Power zones based on 10 km power test

Zone	Training Intensity	% of CP	Example Workouts	Adaptation
1	Easy	65-80%	Long run, base	Vascularization Cardiovascularity Injury resistance
2	Moderate	80-90%	Marathon sim, tempo	Vascularization Cardiovascularity Injury resistance
3	Threshold	90-100%	10k specific	Lactate clearing
4	Interval	100-115%	5k specific	Aerobic power
5	Repetition	115-130%	Track, short duration	Anaerobic power

# Function Treshold Power (FTP) – Funkční prahový výkon

Functional Threshold Power (FTP) represents your ability to sustain the highest possible power output over 45 to 60 minutes, depending on whether you're a trained athlete or not. As a result 95% of the 20 minute average power is used to determine FTP.

Funkční prahový výkon (FTP) představuje vaši schopnost udržet nejvyšší možný výkon po dobu 45 až 60 minut v závislosti na tom, zda jste trénovaný sportovec nebo ne. Výsledkem je, že 95 % 20minutového průměrného výkonu je použito k určení FTP.

# Function Threshold Power (FTP) (cycling test)

20 min time trial as hard as possible

subtract 5%

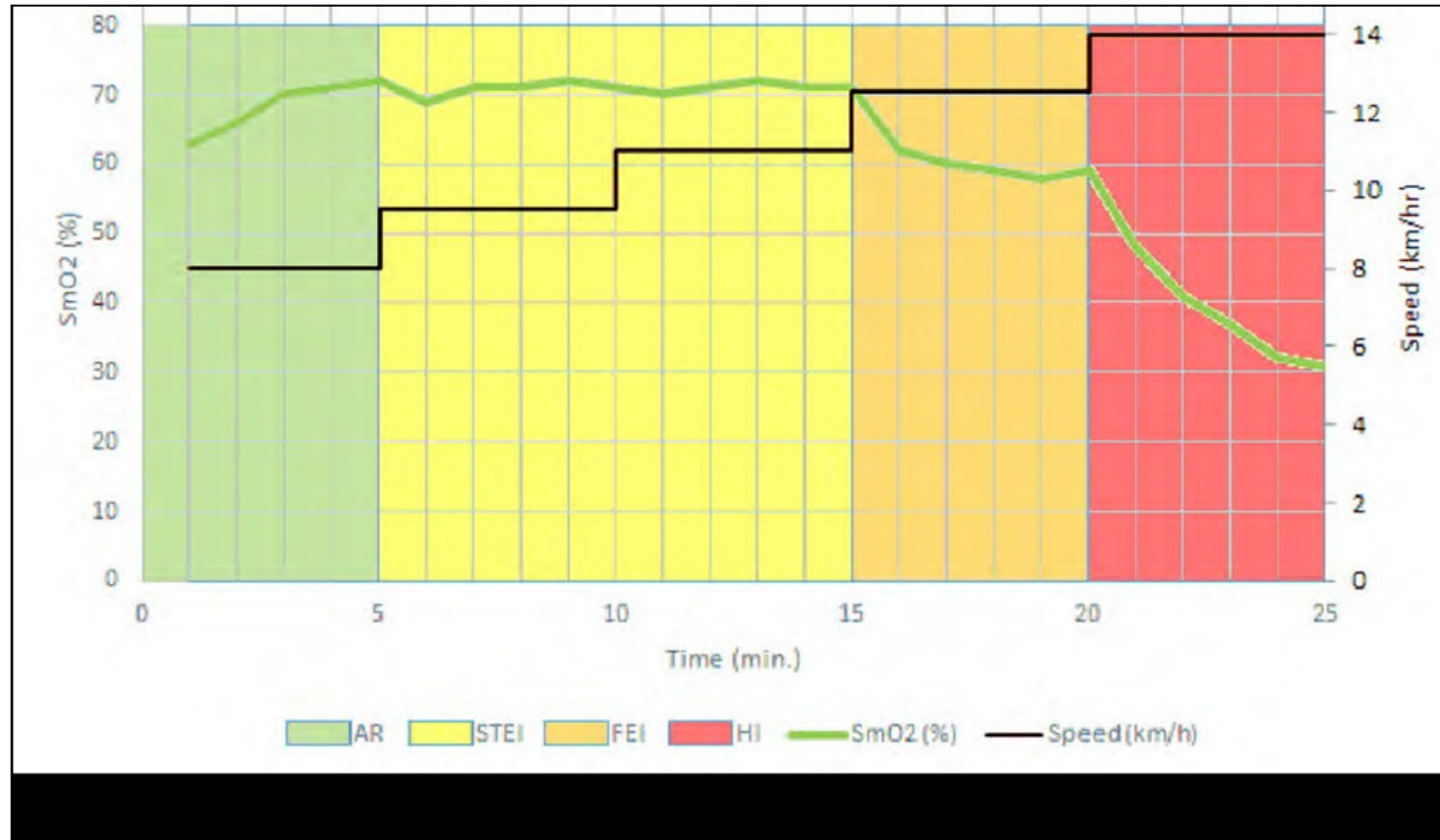
Example: Average power of 20 min time trial is 300 W

Result of FTP is:

## Svalová oxymetrie (hyposaturační práh, test SMO2)

[www.moxymonitor.com](http://www.moxymonitor.com): Identifikace tréninkových zón – běh:

„Zóna aktivní regenerace (AR). Plató v nejvyšším bodě SmO2 značí zónu strukturálně intenzivního tréninku (STEI). Druhé SmO2 plató je možné při nižším SmO2, ale nemusí být vždy přítomné. Toto plató značí zónu funkčně intenzivního tréninku (FEI) a je znázorněno oranžovou barvou. Jasně a kontinuální klesání SmO2 znázorňuje zónu vysoce intenzivního tréninku (HI).“



## VODÍTKO PRO REGULACI INTENZITY – POCIT ZÁTĚŽE

(RPE – rating of perceived exertion)

Škála pocitu zátěže  
(Borg, 1962).

Číselná hodnota	Slovní hodnota
6	
7	velmi velmi lehká
8	
9	velmi lehká
10	
11	lehká
12	
13	poněkud namáhavá (VT1?)
14	
15	namáhavá
16	
17	velmi namáhavá
18	
19	velmi velmi namáhavá
20	

Škála pocitu zátěže s implementací  
prvního (VT1) a druhého (VT2) ventilačního prahu  
(Foster et al. 1996)

Číselná hodnota	Slovní hodnota
0	klid
1	velmi lehká
2	lehká
3	mírná
4	poněkud namáhavá
-	VT1
5	těžká
6	
-	VT2
7	velmi těžká
8	velmi velmi těžká
9	blízko maximální
10	maximální



# VÝPOČET TRÉNINKOVÉ SRDEČNÍ FREKVENCE z určitého **%MSR** nebo **%SFmax**

Příklad:

Cílové zatížení cirkulace: **60 %MSR** nebo **60 %SFmax**

- maximální SF: 210, klidová SF: 58

**Cílová SF z procenta maximální srdeční rezervy**

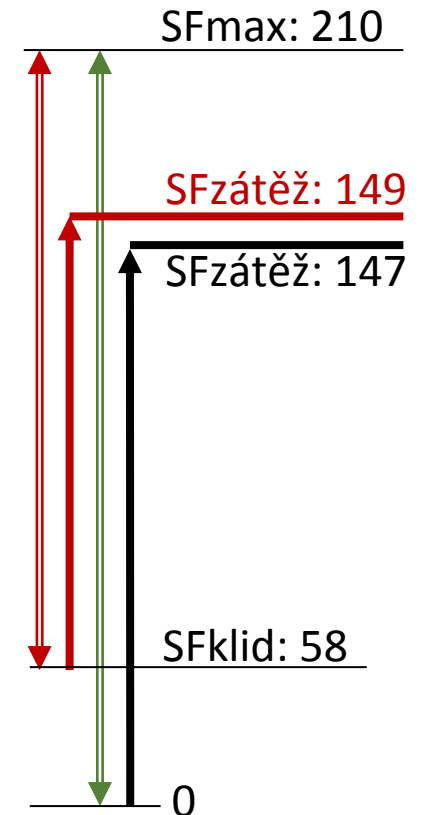
$$\%MSR = ((SF_{\max} - SF_{\text{klid}}) * \%MSR) + SF_{\text{klid}}$$

$$\%MSR = ((210 - 58) * 0,6) + 58 = \mathbf{149 \text{ t/min}}$$

**Cílová SF z procenta maximální srdeční frekvence**

$$\%SF_{\max} = SF_{\max} * \%SF_{\max}$$

$$\%SF_{\max} = 210 * 0,60 = \mathbf{147 \text{ t/min}}$$



<b>Level</b>	<b>Name/purpose</b>	<b>% of threshold power</b>	<b>% of threshold HR</b>	<b>RPE</b>	<b>Time</b>
<b>1</b>	<b>Active recovery</b>	<b>≤55%</b>	<b>≤68%</b>	<b>&lt;2</b>	<b>70-80 years</b>
<b>2</b>	<b>Endurance</b>	<b>56-75%</b>	<b>69-83%</b>	<b>2-3</b>	<b>2.5 hours to 14 days</b>
<b>3</b>	<b>Tempo</b>	<b>76-90%</b>	<b>84-94%</b>	<b>3-4</b>	<b>30min to 8 hours</b>
<b>4</b>	<b>Lactate threshold</b>	<b>91-105%</b>	<b>95-105%</b>	<b>4-5</b>	<b>10 - 60 min.</b>
<b>5</b>	<b>VO<sub>2</sub>max</b>	<b>106-120%</b>	<b>&gt;106%</b>	<b>6-7</b>	<b>3 - 8 min.</b>
<b>6</b>	<b>Anaerobic capacity</b>	<b>121-150%</b>	<b>N/a</b>	<b>&gt;7</b>	<b>30 sec. - 2 min.</b>
<b>7</b>	<b>Neuromuscular power</b>	<b>N/a</b>	<b>N/a</b>	<b>(maximal )</b>	<b>5 - 15 sec.</b>

*Coggan Classic Levels*

CLASSIC LEVELS	TRAINING TARGET	COGGAN iLEVELS
Recovery 1		1 Recovery
Endurance 2		2 Endurance
Tempo 3	Aerobic endurance (extensive)	3 Tempo
		4a Sweet spot
Lactate threshold (FTP) 4	Aerobic power (intensive)	4 Threshold (FTP)
VO2Max 5	Max aerobic power	5 FRC/FTP
Anaerobic capacity 6	Anaerobic endurance (extensive)	6 FRC
	Anaerobic power (intensive)	7a Pmax/FRC
	Maximal power	7 Pmax

(Neuromuscular power 7)

**Tréninková zóna „E“ (easy running): lehký běh, asi do 16 km.h-1**

**Přechod: Laktátový práh (Lactate threshold)**

**Tréninková zóna „S“ (steady running): vytrvalý běh, asi 16-18 km.h-1**

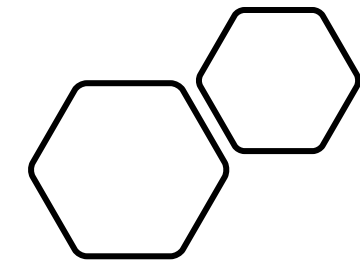
**Přechod: Laktátový bod obratu (Lactate turn-point)**

**Tréninková zóna „T“ (tempo running): tempový běh, asi 18-19 km.h-1**

**Přechod není definován. (při 80% HRmax?)**

**Tréninková zóna „I“ (interval running) – rychlý běh při aerobním intervalovém tréninku, rychlost nad 19 km.h-1**

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
	Active Recovery	Endurance	Tempo	Threshold	VO2 Max	Anaerobic Capacity
Adaptations:						
Increased Plasma Volume		X	XX	XXX	XXXX	X
Mitochondria growth		XX	XXX	XXXX	XX	X
Increased Latate Threshold		XX	XXX	XXXX	XX	X
Increased Muscle Glycogen Storage		XX	XXXX	XXX	XX	X
Increase in Slow Twitch muscle fibers		X	XX	XX	XXX	X
Muscle Capillary Growth		X	XX	XX	XXX	X
Conversion of fast twitch muscle fibers to Slow Twitch		XX	XXX	XXX	XX	X
Increased Cardiac Stroke Volume		X	XX	XXX	XXXX	X
Increase VO2 Max		X	XX	XXX	XXXX	X
Increased ATP muscle storage						X
Increased Latate Tolerance					X	XXX
Increase in Fast Twitch muscle fibers						X
Increased Neuromuscular Power						X



## Expected physiological adaptations from training in Zones 1-7

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Sweet Spot	Zone 4	Zone 5	Zone 7
	Active Recovery	Aerobic Capacity	Tempo	"SST"	Threshold	VO2 MAX	Neuromuscular Power
Example Length	30-90 minutes	1- 6 hrs	1-4 hours	0.5 - 3 hours	8-30 minutes	3-6 minutes	5-15 seconds
Increased plasma volume	x	x	xx	xxx/ xxxx	xxx	xxxx	x
increased mitochondrial enzymes	x	xx	xxx	xxx/ xxxx	xxxx	xx	x
increased lactate threshold	x	xx	xxx	xxx/ xxxx	xxxx	xx	x
increased muscle glycogen storage	x	xx	xxxx	xxxx/ xxx	xxx	xx	x
hypertrophy of slow twitch muscle fibers	x	x	xx	xx	xx	xxx	x
increased muscle capillarization	x	x	xx	xx	xx	xxx	x
interconversion of fast twitch muscle fibers (type IIb>type IIa)	x	xx	xxx	xxx	xxx	xx	x
increased stroke volume/maximal cardiac output	x	x	xx	xx/ xxx	xxx	xxxx	x
increased VO2 Max	x	x	xx	xx/ xxx	xxx	xxxx	x
increased muscle high energy (ATP/PCr) stores	x	x	x		x	x	xx
Increased anaerobic capacity ("lactate tolerance")	x	x	x		x	x	x
Hypertrophy of fast twitch fibers	x	x	x		x	x	xx
increased neuromuscular power	x	x	x		x	x	xxx

Table courtesy of Dr. Andy Coggan, Ph.D "Training and racing using a power meter: an introduction".



PROJEVY KLIDOVÉ **ADAPTACE** KARDIOVASKULÁRNÍHO  
SYSTÉMU **NA VYTRVALOSTNÍ A SILOVÝ TRÉNINK**

(Kraemer et al., 2012)

ADAPTACE KVS	VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK	SILOVÝ TRÉNINK
Hmota LK	↑	↑
Tloušťka stěny LK	↑	↑
End-diastolický objem LK	↑	↑
Systolický objem LK	↑	↑
Srdeční výdej	↑	↑
Systolický TK	↓	↓
Diastolický TK	↓	↓
Objem plazmy	↑	≈
Hmotnost erytrocytů	↑	≈
Hematokrit	↓	≈
Objem krve	↑	≈

Given two athletes with the same VO2 max, the one with a higher lactate threshold will perform better in endurance events

