

# VYUŽITÍ SPIROERGOMETRIE U SPORTOVců VÝKONNOSTNÍCH A VRCHOLOVÝCH

0.9.19



Centrum Sportovní Medicíny



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

MUDr. Jiří Dostal, Ph.D.

# Indikace vyšetření



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**0.9.19**



Centrum Sportovní Medicíny



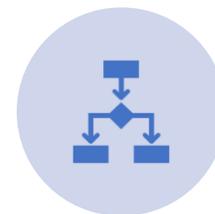
BĚŽNÉ PREVENTIVNÍ  
VYŠETŘENÍ



DEFINICE TRÉNINKOVÝCH  
INTENZIT



DIAGNOSTIKA SYNDROMU  
NEJASNÉ NEVÝKONNOSTI  
(DŘÍVE SY. PŘETŘÉNOVÁNÍ)



PRŮKAZ EFEKTU TRÉNINKU  
ČI JINÉ INTERVENCE ( NAPŘ.  
NUTRIČNÍ)



PODEZŘENÍ NA SPECIFICKÉ  
DIAGNÓZY –  
EILO, EIB, EIH, MYOPATIE, A  
RYTMIE APOD.



RED-S A PPP – BAZÁLNÍ  
METABOLISMUS



METABOLICKÁ FLEXIBILITA A  
SPOTŘEBA SACHARIDŮ/H  
VÝKONU



VÝZKUMNÉ ÚČELY

# Integrovaný kardiorespiračně - metabolický test (IKMT)



Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

0.9.17



Centrum Sportovní Medicíny

Spiroergometrie + EKG  
Impedanční kardiografie  
Laktátové testy  
Arteriální saturace O<sub>2</sub>  
Svalová saturace O<sub>2</sub>  
Vyšetření krevních plynů

Kola Ergoline, Lode, Wattbike, Cylus 2  
Běhátko klasické + Woodway  
Airbike – horní + dolní končetiny  
Pádlovací trenažér  
Veslařský trenažér  
Rumpál - parasport



# Příklad výstupů z IKMT



Český  
olympijský  
výbor

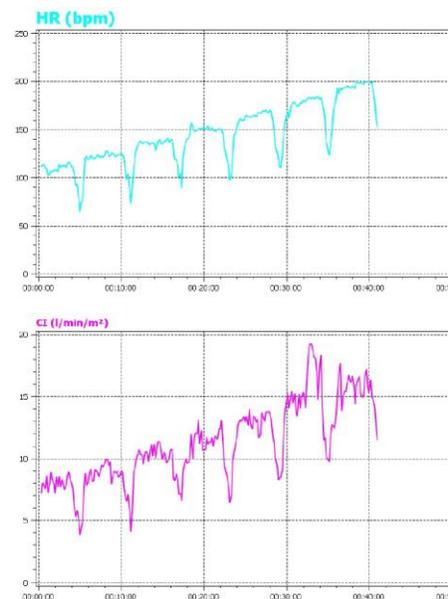
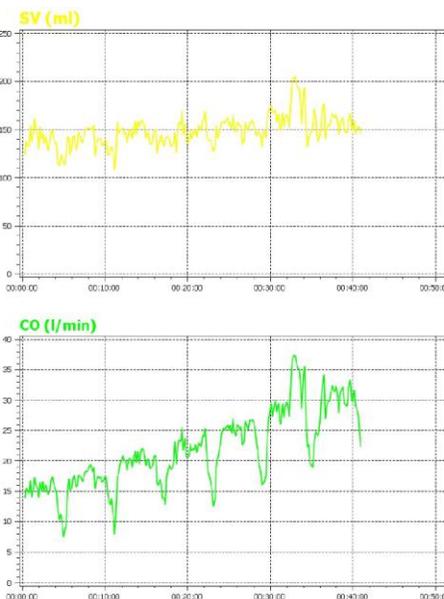
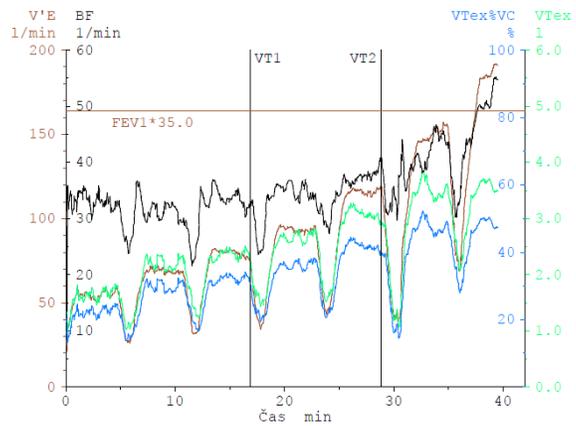
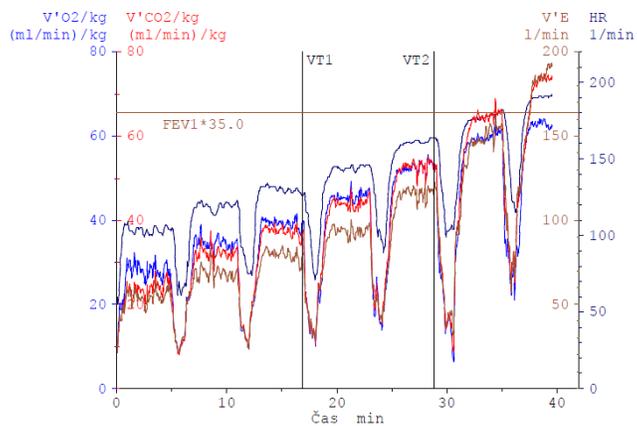
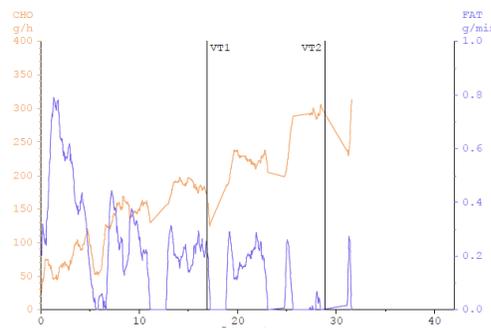
**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**8.9.19**



Centrum Sportovní Medicíny

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	MAX
Čas [min]	00:07	04:55	10:52	16:54	22:54	29:00	34:55	39:33		38:59
Rychlost [km/h]	0.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0		22.0
Elev [%]	0	1	1	1	1	1	1	1		1
HR [1/min]	55	104	122	126	146	163	181	191		191
Lac [mmol/l]	1.5	1.5	1.6	2.0	1.9	2.9	4.9	9.6		
V'O <sub>2</sub> /kg [(ml/min)/kg]	11.3	27.6	35.4	38.5	47.4	52.3	61.4	62.3		63.4
V'O <sub>2</sub> [ml/min]	882	2150	2761	3005	3698	4082	4792	4861		4948
V'CO <sub>2</sub> [ml/min]	750	2023	2608	2835	3609	4131	5165	5750		5765
RER	0.85	0.94	0.94	0.94	0.98	1.01	1.08	1.18		1.16
VE [l/min]	25	59	69	78	96	117	156	192		184
BF [1/min]	21	31	31	36	31	39	42	54		50
VTex [l]	1.2	1.9	2.2	2.2	3.1	3.0	3.7	3.5		3.7
VTex%VC [%]	16	25	30	30	41	41	50	48		50
EE [kcal/h]	257	641	825	898	1113	1239	1475	1530		1552
CHO [kcal/h]	125	515	673	730	1023					
CHO [g/h]	30	123	161	175	245					
CHO E% [%]	49	80	82	81	92					
FAT [kcal/h]	115	110	136	152	74					
FAT [g/min]	0.20	0.19	0.24	0.27	0.13					
FAT E% [%]	45	17	16	17	7					
SpO <sub>2</sub> [%]	98	96	97	96	95	95	94	94		94



# Otázky co si ( většinou) nekladete



Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

0.9.17



Centrum Sportovní Medicíny

Jaký test použiji – vybavení, protokol, cíl testu, provedení apod?

Jak to je s aerobním a anaerobním prahem a tréninkovými intenzitami?

Je VO<sub>2</sub>max opravdu maximální? Je odpočatý, hypoglykémie, jaká je motivace?

Jak vyšetřit kajakáře/veslaře/rychloubruslařku/sjezdařku/skimo/vrhače?

# Jak to je s terminologií AP/ANP?



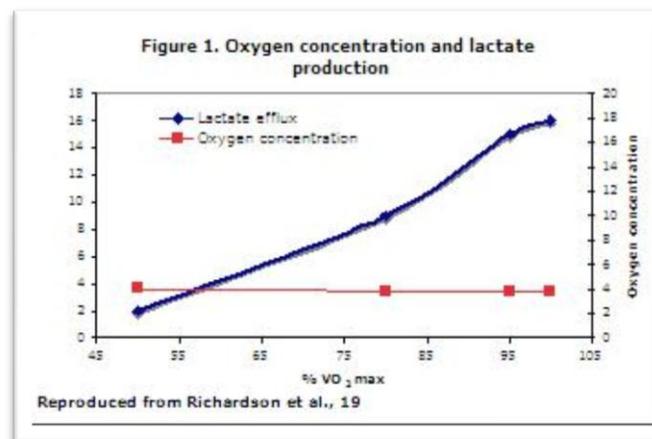
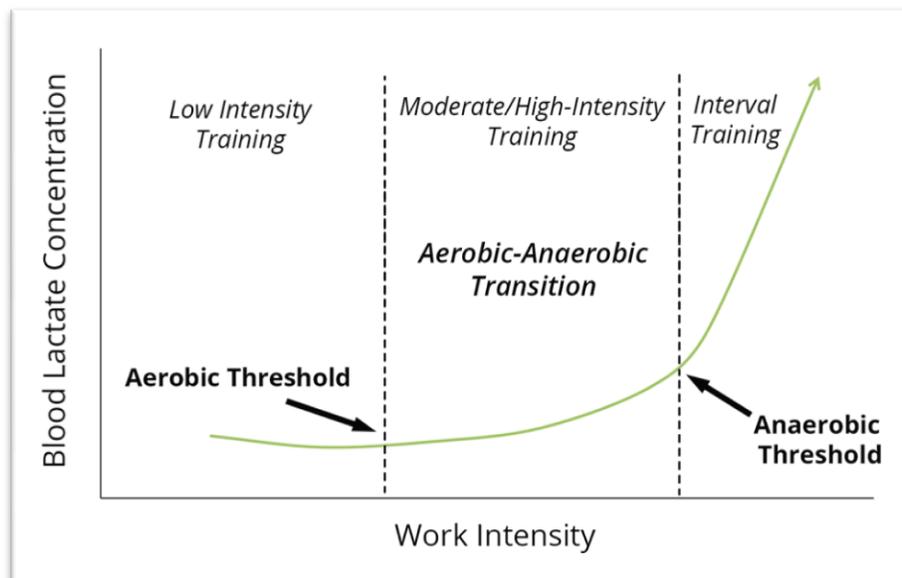
Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

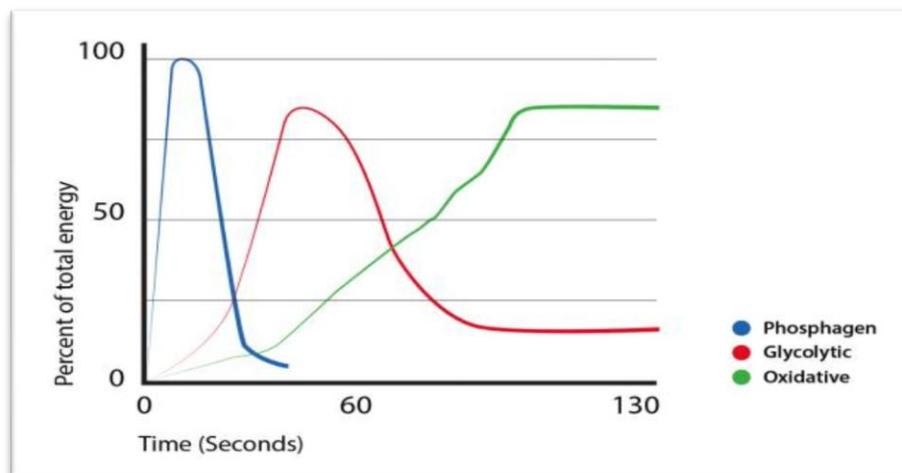
0.9.17



Centrum Sportovní Medicíny



“With respect to the concept of the “anaerobic” threshold, these data demonstrate that, during incremental exercise, skeletal muscle cells do not become anaerobic as lactate levels suddenly rise, as intracellular  $pO_2$  is well preserved at a constant level, even at maximal exercise”



The other hypothesis assumes that the formation of lactic acid during the short work periods is reduced to a minimum. This would mean that the liberation of energy during the initial phase (0.5 min) of a work of 2,160 kpm/min could take place practically aerobically. This conflicts with earlier assumptions but seems nevertheless to give the most probable explanation for the experimental findings related here. Oxygen transport by the blood to the muscles during work is both absolutely and relatively less during the short work periods; if in spite of this the work is aerobic, this must depend upon the amount of oxygen which the muscles dispose of at the very moment when the work is started. The oxygen bound to myohemoglobin and to hemoglobin in the muscles and the amount which comes to the muscles with the blood during the 0.5 min of work must be the prerequisite for this aerobic work.

Astrand, Acta Phys Scand. 1960. 48. 448-453

# Který práh máte na mysli



Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

0.9.19



Centrum Sportovní Medicíny

## Nomenklatura

Aerobní práh (AE)

Anaerobní práh (ANP)

Lactate treshold (LT)

Onset of blood lactate accumulation (OBLA)

Maximal lactate steady state (MLSS)

Lactate Balance Point (LBP)

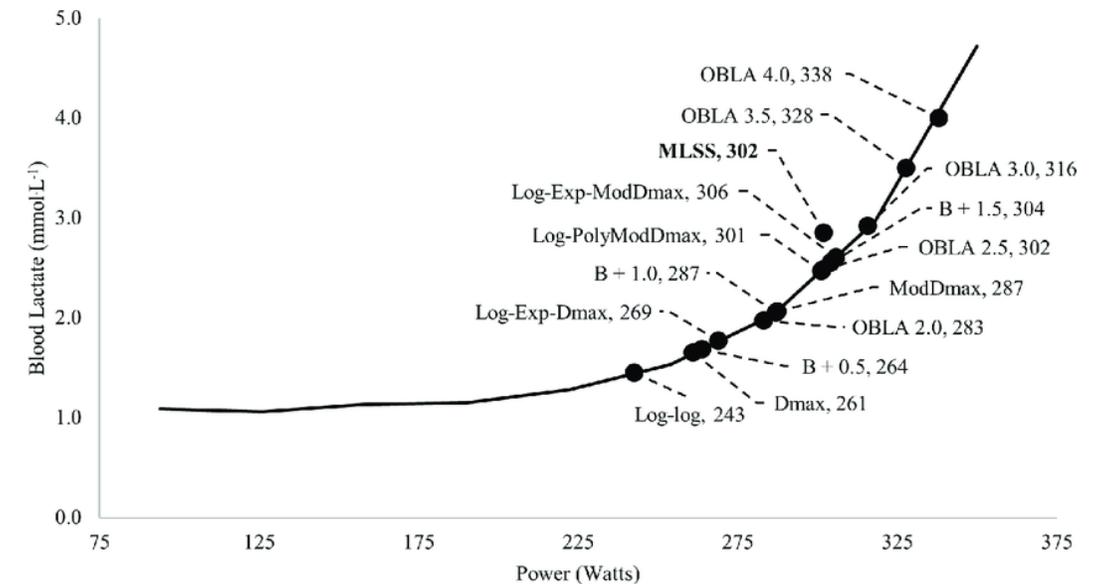
Respiratory Compensation Point (RCP)

Ventilatory Threshold (VT)

Kritická rychlost (CS)

Lactate turnpoint (LTP)

## Biologie – 14 definic



Jamnack, PlosOne, 13, e0199794, 2018

Anaerobní práh 4mmol/l ( Mader 1985) – netrénovaní studenti VŠ  
Ani jeden výsledek na 4mmol a ještě jen při 5 min protokolu  
SD odchylka +/-0,8

- 68% ANP Lac 3,2- 4,8
- 95% ANP Lac 2,4-5,6

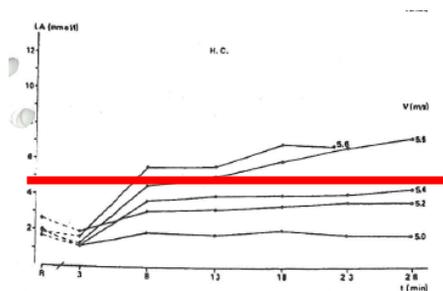


Fig. 17 Heart rate and lactate concentration in continuous exercise tests with five different speeds by subject H.C.

Application of the 4-mmol/l Lactate Threshold Int. J. Sports Med. 6 (1985) 119

Table 2 Individual and mean values, standard deviations of maximal lactate steady state from continuous exercise tests, and corresponding running speeds and heart rates. The lactate values of both graded exercise tests are presented in columns D and E and the corresponding running speeds in column B

No.	A Max. lactate steady state (mmol/l)	B Constant work load		D Stepwise increase	
		Work load (m/s)	Heart frequency (min <sup>-1</sup> )	3-min step LA (mmol/l)	5-min step LA (mmol/l)
1	3.81	5.40	178	3.60	3.70
2	3.05	4.50	178	2.90	3.00
3	5.52	4.40	173	4.24	5.00
4	4.43	3.70	165	4.35	5.20
5	4.59	3.80	190	3.00	3.15
6	4.00	3.50	157	4.00	4.95
7	4.01	5.40	184	3.30	4.40
8	5.09	3.20	185	3.50	2.85
9	3.74	4.30	183	2.40	3.50
10	3.89	2.70	159	4.12	4.95
11	4.75	4.20	187	4.15	5.05
12	4.00	3.30	170	3.20	2.90
13	3.19	4.10	160	3.85	4.70
14	3.50	5.50	184	3.55	4.40
15	3.11	4.10	172	2.50	3.50
16	3.66	5.40	184	3.35	3.50
SD	4.021 0.7032	4.218 0.8611	175.5 10.74	3.501 0.6027	4.053 0.8609

# ANP – CPT model – RCP/VT2



Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

0.5.17



Centrum Sportovní Medicíny

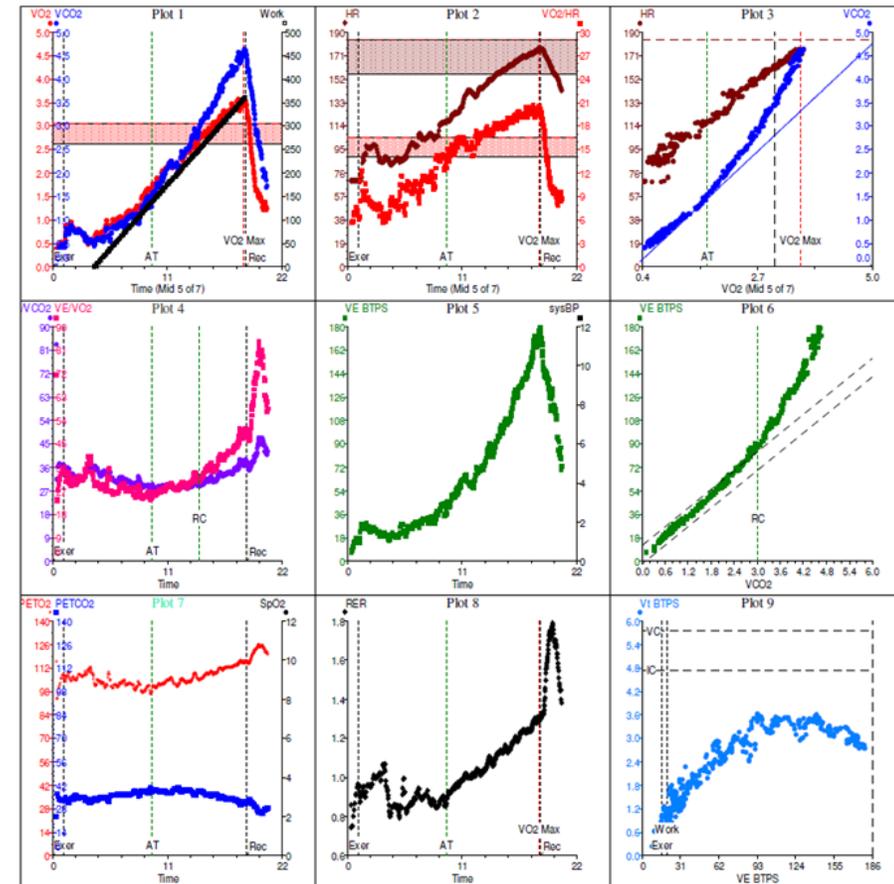
Spiroergometrie Wasserman 1969

Nárůst VE na konci zátěže

Funguje ale jen pro rychlé testy  
(ramp)

V cca 25% není vůbec patrný

Vysoce závislý na hodnotiteli testu



# Aerobní práh



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

0.9.19



Centrum Sportovní Medicíny

# Poslední doporučení 11/2025



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**C.S.M**

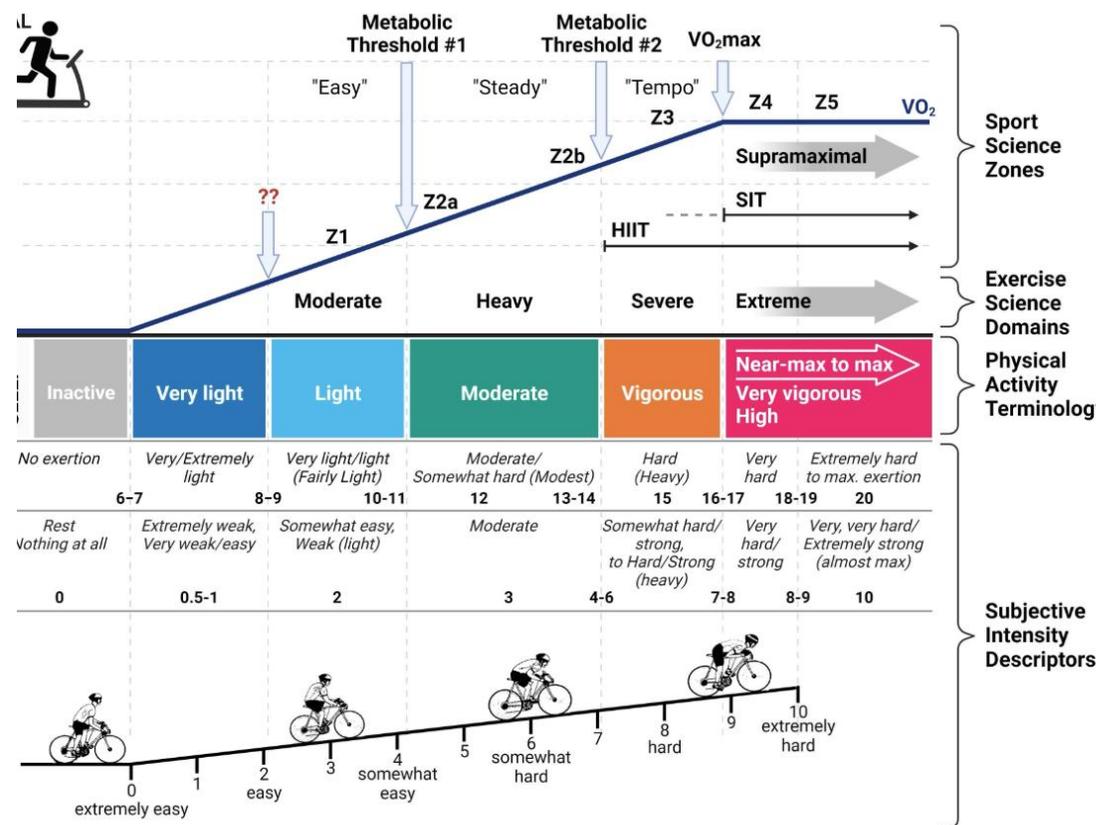


Centrum Sportovní Medicíny

Mění definice AP/ANP/LT/VT na jednu univerzální MT1 – MT2  
 Popis intenzit je směřovaný k obecnému modelu a jde do pozadí biologická podstata  
 Více je to směřováno k intenzitám  
 A použití v reálném světě sportu a zátěže

Návrat Borgovy škály a vnímaného úsilí

Bishop, MSSE, Nov 2025



# Proč postupně opouštíme prahy?



Český  
olympijský  
výbor

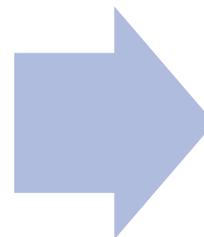
**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**0.9.17**



Centrum Sportovní Medicíny

Prahy a maximum



Funkční kontinuum

	pred.	rest	AT	Max.Load
Time .....h:mm:ss	-	0:01:00	0:28:50	0:41:10
Speed ..... km/h	-	10,0	18,0	22,0
HR ..... 1/min	176	-	-	-
VO2 ..... l/min	3,27	0,99	4,54	5,32
VCO2 ..... l/min	3,60	0,78	4,05	5,69
VO2/kg ..... ml/kg/min	43,6	13,2	60,5	71,0
RER .....	-	0,78	0,89	1,07
VE ..... l/min	187,15	24,09	107,22	173,85
f-ergo ..... 1/min	33	37	34	49
VT ..... l	2,99	0,65	3,13	3,54
BR .....	-	87	43	7
EE ..... kcal/h	-	300	1357	2008
CHO ..... kcal/h	-	78	876	1993
fat ..... kcal/h	-	207	466	-
FETO2 ..... %	-	14,9	14,1	15,8
FETCO2 ..... %	-	4,8	5,9	5,5



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	MAX
Čas [min]	00:07	04:55	10:52	16:54	22:54	29:00	34:55	39:33		38:59
Rychlost [km/h]	0.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0		22.0
Elev [%]	0	1	1	1	1	1	1	1		1
HR [1/min]	55	104	122	126	146	163	181	191		191
Lac [mmol/l]	1.5	1.5	1.6	2.0	1.9	2.9	4.9	9.6		
V'O2/kg [(ml/min)/kg]	11.3	27.6	35.4	38.5	47.4	52.3	61.4	62.3		63.4
V'O2 [ml/min]	882	2150	2761	3005	3698	4082	4792	4861		4948
V'CO2 [ml/min]	750	2023	2608	2835	3609	4131	5165	5750		5765
RER	0.85	0.94	0.94	0.94	0.98	1.01	1.08	1.18		1.16
V'E [l/min]	25	59	69	78	96	117	156	192		184
BF [1/min]	21	31	31	36	31	39	42	54		50
VTex [l]	1.2	1.9	2.2	2.2	3.1	3.0	3.7	3.5		3.7
VTex%VC [%]	16	25	30	30	41	41	50	48		50
EE [kcal/h]	257	641	825	898	1113	1239	1475	1530		1552
CHO [kcal/h]	125	515	673	730	1023					
CHO [g/h]	30	123	161	175	245					
CHO E% [%]	49	80	82	81	92					
FAT [kcal/h]	115	110	136	152	74					
FAT [g/min]	0.20	0.19	0.24	0.27	0.13					
FAT E% [%]	45	17	16	17	7					
SpO2 [%]	98	96	97	96	95	95	94	94		94

# CLE – kontinuální zátěžová laryngoskopie



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**C.S.M.**



Centrum Sportovní Medicíny

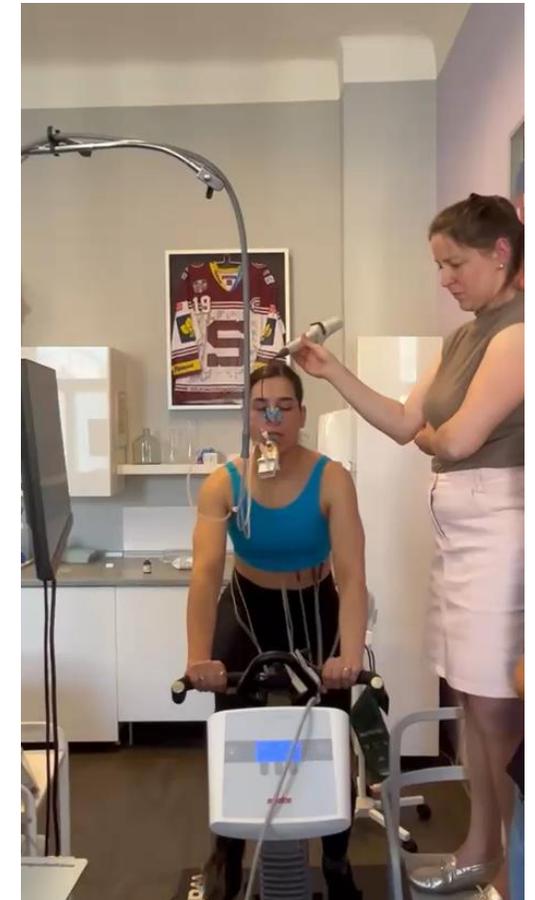
Zátěží indukovaná obstrukce laryngu (EILO)

Dif. dg. vs. EIB (původně zátěžové astma)

Terapie – rehabilitace + logopedie

Program za podpory HPP ČOV - centralizace péče do CSM, vytvoření doporučených postupů a metodik

	EILO	EIB
Symptom intensity	<p>Peak exercise &lt; 5 minutes Breathlessness and wheeze</p>	<p>Peak exercise Up to 30+ minutes Inhalers Breathlessness and wheeze</p>
Localisation and symptom quality	<ul style="list-style-type: none"><li>Inspiratory stridor</li><li>Throat tightness</li><li>Inhalers (β agonists) do not work</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Inspiratory and expiratory symptoms</li><li>Chest tightness</li><li>Cough following exercise cessation</li></ul>
Management	<ul style="list-style-type: none"><li>Discuss diagnosis, impact on performance</li><li>Mitigate environmental triggers</li><li>Improve laryngeal hygiene</li><li>Manage co-morbidities (allergy, EIB, reflux)</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>Optimise breathing control at high intensity</li><li>Laryngeal relaxation</li><li>Consider use of inspiratory muscle training</li><li>Pharmacological treatment (anticholinergics)</li></ul> <p>Surgical treatment (selected cases)</p>	<p>Evaluate with objective tests Non-pharmacological treatment (physiotherapy) Pharmacological treatment Monitor treatment effect</p>



# Podívejte se nám na něj, nový Štybar...



Český  
olympijský  
výbor

**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**0.9.19**



Centrum Sportovní Medicíny

Ergometer type: Bicycle ergometer

Male 16 years 57,0 kg 179,0 cm

Born: 30.07.2008 BMI: 17,79

ID

VT1 2223 ml/min VT1 determined manually in the Ventilation graph

Date of test:

VT2 3441 ml/min VT2 determined manually in the Ventilation graph

10.01.2025 10:28:44

VO2peak 4730 ml/min | 83,0 ml/kg/min | pred. 3083 ml/min, 153% | Aerobic capacity: Superior

Metabolic Rate pred. BMR = 1614 kCal/24h

Parameters	Unit	Pred.	Max	% Pred.	at VT1	% Max	at VT2	% Max
Load	W	275	340	124	145	43	255	75
HR	1/min	204	192	94	144	75	178	93
VO2	ml/min	3083	4730	153	2223	47	3441	73
VO2/kg	ml/min/k	54,1	83,0	153	39,0	47	60,4	73
VO2/HR	ml/b	15,1	24,9	165	15,7	63	19,4	78
VCO2	ml/min	4007	4556	114	1793	39	3060	67
RER			0,97		0,81	83	0,89	92
VE	l/min	144,5	160,5	111	48,6	30	91,6	57
BF	1/min		65,4		21,8	33	41,2	63
BPsys	mmHg		217		167	77	217	100
BPdia	mmHg		166		46	28	166	100
BR	%		-11,0		66,4	-602	36,6	-332
VE/VCO2			40,7		28,2	69	29,2	72
HRR	1/min		12		60	500	26	219

Slopes	AER	ANER	SUM
VCO2/VO2 slope	0,86	1,13	
Oxygen Uptake Efficiency Slope			4004
delta VO2 / delta Watt			10,791 ml/min/Watt
delta HR / delta VO2			28,171 bpm/(l/min)

## Aerobní práh - Ventilací práh 1

168 tf/ min

187 watt

FAT MAX zóna maximálního spalování tuků

## Anaerobní práh - Ventilací práh 2

175 tf/ min

252 watt

Hranice udržitelného maxima. Délka udržení i opakovatelnost závisí na fenotypu cyklisty.

## Dechové funkce

### Maximální ventilace

152 litrů za minutu v maximu

### Využitelný objem/ Tidal volume

2.2 litry

### Dechová frekvence/ Respiratory frequency

69 dechů za minutu

## Kardiovaskulární funkce

### VO2max

78.3 ml/kg/min

196 tf/min

## Kosterní sval

### 326 watt maximum na konci testu

SMO2-průtok kyslíku ve svalové tkáni- V % O2

100% O2 je maximum a 0% O2 je minimum

7.8 % O2 minimum v pracujícím svalu

12.4 % O2 minimum v nepracujícím svalu

# Proč jsem věděl, že to je špatně



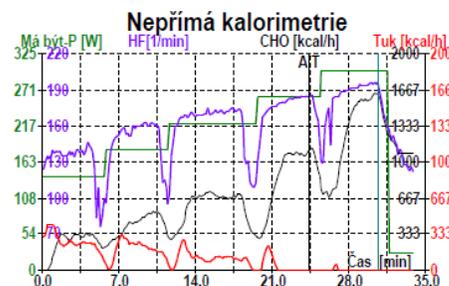
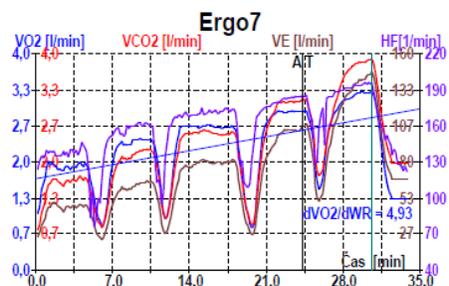
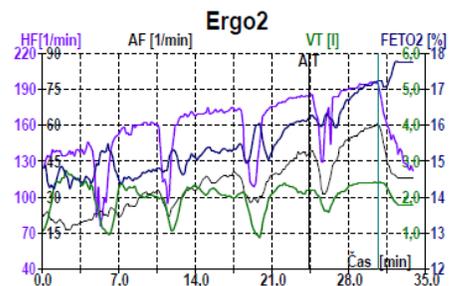
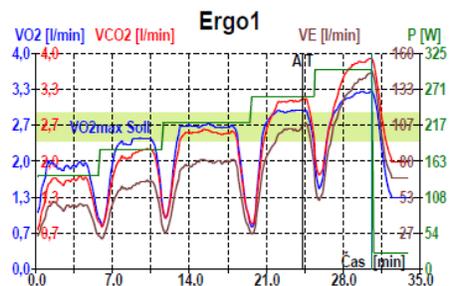
Český  
olympijský  
výbor

HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM

0.9.17



Centrum Sportovní Medicíny



	Ref.	Klid	AT	Max.zátěž	Max/Ref.	AT/Ref	Zotav.
Time .....	-	0:01:00	0:24:20	0:30:40	-	-	0:32:40
Load .....	211	140	260	300	142%	123%	25
Load/kg .....	3,58	2,37	4,41	5,08	142%	123%	0,42
HR .....	184	140	184	196	107%	100%	141
VO2 .....	2,64	1,87	2,95	3,30	125%	112%	1,33
VCO2 .....	2,91	1,43	3,16	3,91	135%	109%	1,99
VO2/kg .....	-	31,7	50,1	56,0	-	-	22,5
RER .....	-	0,77	1,07	1,18	-	-	1,50
VE .....	85,84	42,77	106,67	146,85	171%	124%	67,84
f-ergo .....	35	21	48	61	172%	137%	38
VT .....	3,14	2,05	2,20	2,41	77%	70%	1,79
EE .....	-	549	1128	1647	-	-	1101
CHO .....	-	118	1113	1632	-	68%	1086
Tuk .....	-	416	-	-	-	-	-
BR .....	-	71	28	0	-	-	54

Delta VO2/Watt nereálná  
... buďto špatně O2 senzor nebo  
chlapec se zásadní poruchou  
biomechaniky

Chlapec trénoval „pouze“ 5 tis km/rok

Přístroj byl od firmy co víme, že má  
problémy s kvalitou a druhý přístroj  
němel servis více než rok

... nutnost znát fyziologii a nevěřit  
přístrojům. Vždy nutná kontrola  
výsledků



# Když nechám přístroj udělat práci za mě



Český  
olympijský  
výbor

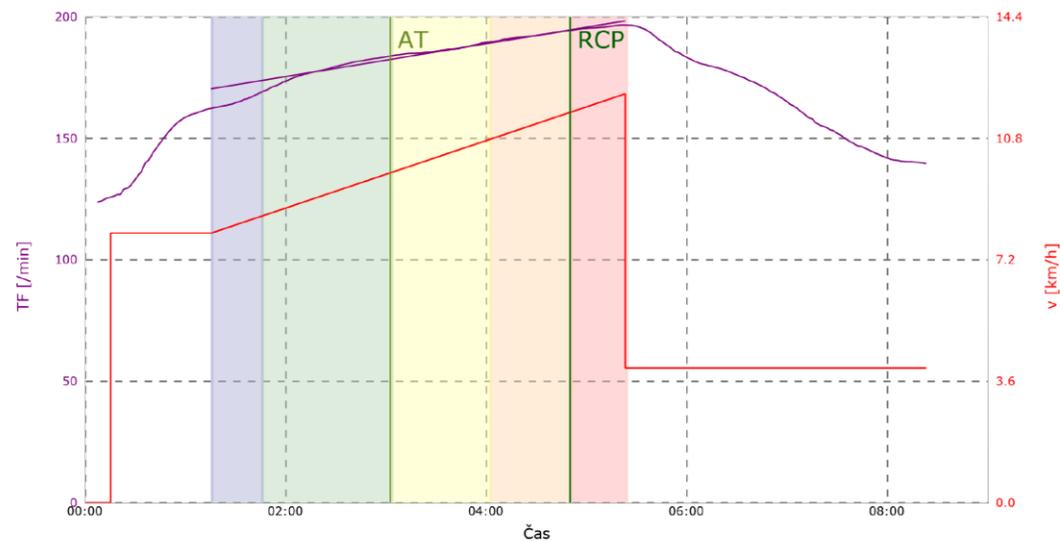
**HIGH PERFORMANCE  
PROGRAM**

**C.S.M**



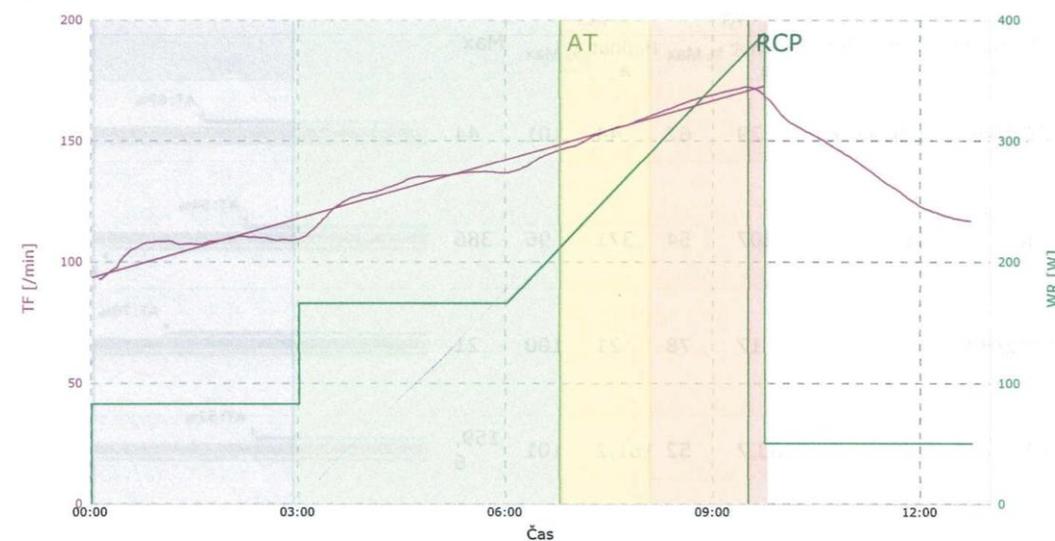
Centrum Sportovní Medicíny

Pásma tepové frekvence



Pásmo	TF [1/min]	v [km/h]	V'O2 [L/min]
E: Maximální intenzita zátěže	> 195	> 11,5	> 2,59
D: Rozvoj	189 - 195	10,7 - 11,5	2,40 - 2,59
C: Intenzivní vytrvalost	184 - 189	9,7 - 10,7	2,23 - 2,40
B: Rozsáhlá vytrvalost	174 - 184	8,5 - 9,7	1,77 - 2,23
A: Kompenzace	< 174	< 8,5	< 1,77

Pásma tepové frekvence



Pásmo	TF [1/min]	WR [W]	V'O2 [L/min]
E: Maximální intenzita zátěže	> 172	> 371	> 3,68
D: Rozvoj	159 - 172	284 - 371	2,95 - 3,68
C: Intenzivní vytrvalost	146 - 159	207 - 284	2,44 - 2,95
B: Rozsáhlá vytrvalost	117 - 146	80 - 207	1,44 - 2,44
A: Kompenzace	< 117	< 80	< 1,44



CPET je metoda, která nám umožní „vidět a pochopit“ kardiorespiračně - metabolické reakce na fyzický stres

Maximální test někdy ani nepotřebuji abych měl cíl vyšetření ( stejně téměř nikdy nejde o reálné maximum). Jde mi hlavně o integrovaný pohled na (pato)fyziologické reakce vyšetřovaného

Integrace fyziologie, klinického pohledu, pohledu sportovní vědy a sportovní praxe je klíčová. Potom CPET systém dokážeme opravdu využít na maximum