

# Fyziologie ASEBS



**Martina Bernaciková**

## Principy pohybového zatěžování

- Tělesnou zátěž může objektivizovat jak z hlediska fyzikálních ukazatelů (energetický výdej, práce, výkon, síla), tak i z hlediska funkčních a biochemických změn, probíhajících s pohybovým zatížením.
- Volba prostředku a způsob pohybového zatěžování souvisí jak s cíly, kterých se chce dosáhnout, tak i s možnostmi (tj. s dostupností a kvalitou přístrojového vybavení).

## Cíl pozorování či vyšetření

- Stanovení energetické náročnosti jednotlivého pohybového výkonu, sportovní trénink či běžné denní aktivity pomocí různých dotazníkových metod.
- Stanovení funkční (energetické) náročnosti daného pohybového výkonu některými dobře měřitelnými funkčními nebo biochemickými ukazateli (např. SF, VO<sub>2</sub> apod.) či koncentrace některých látek v krvi nebo v moči (laktát, urea, ionty, hormony ad)
- Sledování různých reaktivních a adaptačních fyziologických změn v organismu v závislosti na čase (před, při nebo po pohybovém výkonu), na charakter zatížení (cyklická a acyklická činnost, dynamická a statická práce, různá intenzita zatížení atd.) či na splupůsobících faktorech (zevní prostředí, výživa, biorytmy...)
- Testování jedince, tj. posuzování funkčních a biochemických změn, které doprovázejí určitý standardní pohybový výkon, doplněný srovnáním se známými populačními normami či trénovaných osob

## Způsoby zatěžování

- Nejjednoduššími způsoby pohybového zatěžování jsou proto snadno přístupné činnosti:
  - běh (Cooperův běh, Conconiho test)
  - chůze (test chůze na 2km)
  - vystupování (step test, modifikovaný test W170 vystupováním, Margariův (schodový) test)
  - dřepy (Ruffierův test)
  - změna posturální polohy (ortoklinostatický test)
  - vertikální výskok, testy opakovaných výskoků

## Způsoby zatěžování

- Složitější způsob zatěžování je zprostředkován různými mechanickými prostředky, umožňujícími měření svalové práce a výkonu:
  - bicyklový ergometr
  - běhátko (s nastavitelnou rychlostí pohybu a sklonu)
  - trenažer pro specifický způsob zatěžování (veslařský, kajakářský, plavecký, lyžařský)
  - ruční rumpál a klikový ergometr (pro práci horních končetin)

## Způsoby zatěžování

- Velmi náročná jsou vyšetření, vyžadující ztížené podmínky zevního prostředí:
  - barokomora
  - termokomora
  - hypoxické přístroje

## Charakter zatížení

- Pohybová zátěž může být:
  - cyklická
  - acyklická
- Z hlediska trvání může být zátěž:
  - krátkodobá (od několika s po 2min)
  - dlouhodobá (minuty až hodiny)
  - nepřerušovaná, kontinuální setrvalý stav
  - přerušovaná, s pauzami (např. na měření různých parametrů či krevních vzorků) nebo na odpočinek

## Charakter zatížení

- Pohybová činnost z hlediska svého průběhu může mít:
  - konstantní intenzitu zatížení
  - stupňovanou intenzitu zatížení
- Z hlediska intenzity zatížení rozlišujeme:
  - submaximální zatížení (nedosahuje max. hodnot funkčních ukazatelů, je méně rizikové, vhodné pro průměrnou populaci)
  - maximální zatížení (do vita maxima, tj. do stavu subjektivního vyčerpání – vhodné jen pro zdravé jedince)
  - supramaximální zatížení (tj. zatížení, které převyšuje intenzitu odpovídající „vita maxima“, resp. VO<sub>2</sub>max – je pouze krátkodobé s velmi vysokou intenzitou, vhodné jen pro zdravé a zdatné jedince)



## Vybavení zátěžové laboratoře

- Přístroje pro měření a grafické znázornění oběhových funkcí (sport-testry, EKG, tonometry)
- Dynamometry (izometrické, izokinetické)
- Reaktometry
- Spirometry (na měření ventilačních funkcí)
- Analyzátoři dýchacích plynů (na měření respiračních funkcí či metabolických pochodů)
- Stabilometr (na posouzení rovnováhy)
- Váha s výškoměrem, antropometry, kaliper
- Kalibrační plyny
  
- Zátěžová laboratoř by měla být napojena na laboratoř biochemickou, sloužící ke stanovení některých krevních či močových parametrů – laktát, glukóza, urea apod.

## Indikace zátěžových testů

- Indikace diagnostické:
  - posouzení funkčního stavu a funkčních rezerv jednotlivých orgánových systémů i organismu jako celku (zdatnost, výkonnost)
  - doplňkové vyšetření zjevných symptomů a nemocí
- Indikace kontrolní:
  - hodnocení vlivu PA a ověření správnosti její ordinace
  - posouzení výsledků účinnosti režimové, dietní, meikamentózní nebo invazivní (operační) terapie
  - kontrola výsledků rehabilitace
- Indikace prognostické:
  - předpověď fyzické zdatnosti a výkonnosti s posouzením budoucí schopnosti k výkonu povolání, absolvování rehabilitačního programu

## Indikace zátěžových testů

- Ve sportovní fyziologii a tělovýchovném lékařství je zátěž vyšetření indikováno zejména:
  - jako součást preventivních prohlídek sportovců (periodické prohlídky, výběrová řízení, kontrola účinnosti přípravy v jednotlivých etapách tréninkového cyklu)
  - v rámci preventivních prohlídek osob s potenciálním kardiovaskulárním a metabolickým rizikem
  - pro posudkové účely (stanovení bezpečné tolerance zátěže rekondičního tréninku, stanovení schopnosti výkonu povolání)
  - pro diferenciálně funkčně diagnostické indikace (podezření na ischemickou chorobu srdeční, různé typy arytmií apod.)

# Struktura zátěžových testů

ZATÍŽENÍ

DYNAMICKÉ

STATICKÉ

ZDROJ

INTENZITA

TYP

chůze

nízká

jednostupňový

stupně

střední

kontinuální  
zvyšování

ergometr

submaximální

stupňovaný s  
přestávkami

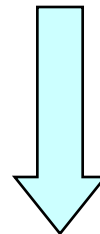
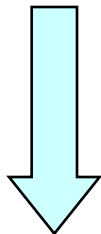
běhátko

maximální

stupňovaný  
bez přestávek

speciální  
ergometr

# ZÁTĚŽOVÁ DIAGNOSTIKA



LABORATORNÍ TESTY

TERÉNNÍ TESTY

DIAGNOSTIKA  
schopností

AEROBNÍCH

ANAEROBNÍCH

ATP-CP systém

Glykolitický systém



# TESTY AEROBNÍHO SYSTÉMU

- testy sloužící ke zjištění úrovně kondice (vytrvalosti)

$VO_2\text{max}$  = maximální příjem kyslíku

ANP = anaerobní práh

MAOD = maximální akumulovaný deficit

TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

TEST W170

## VO<sub>2</sub>max = maximální příjem kyslíku

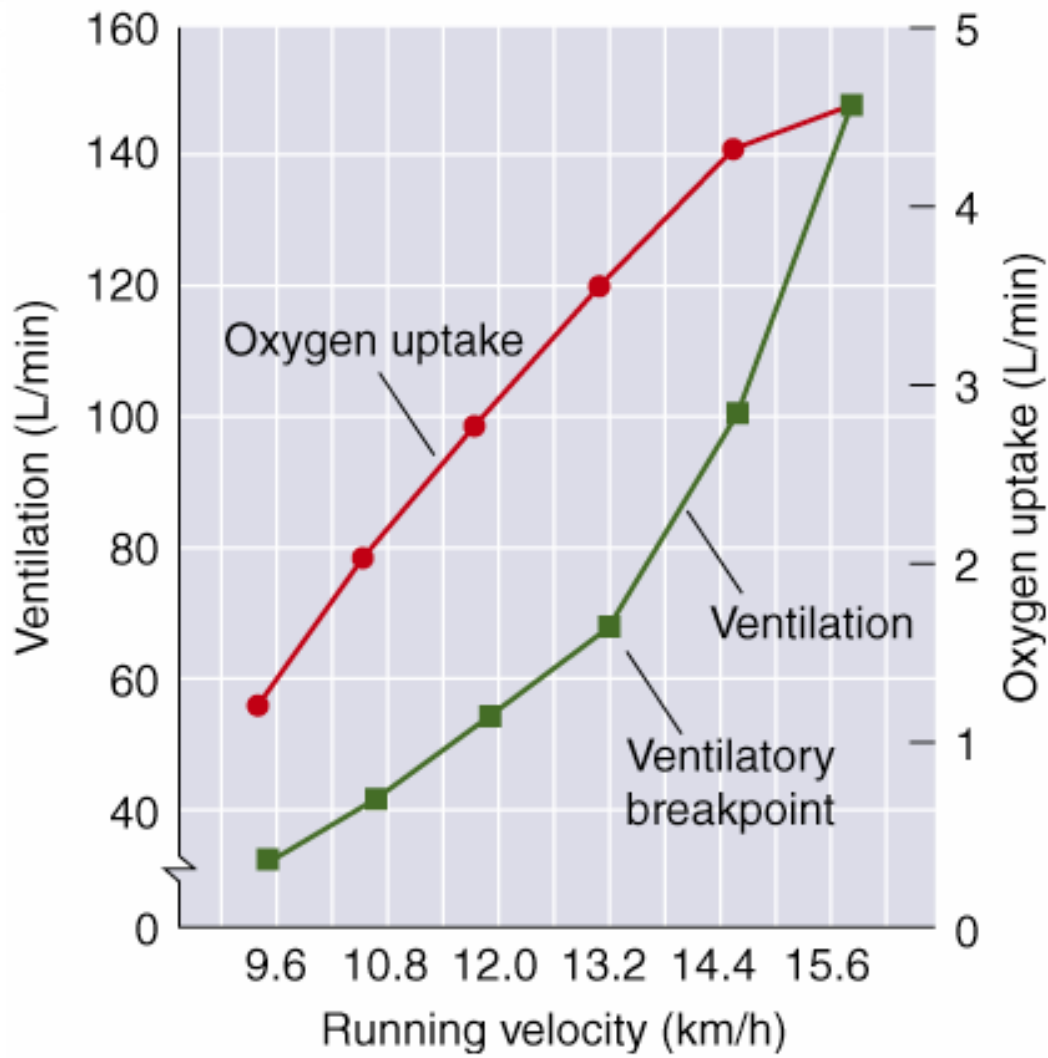
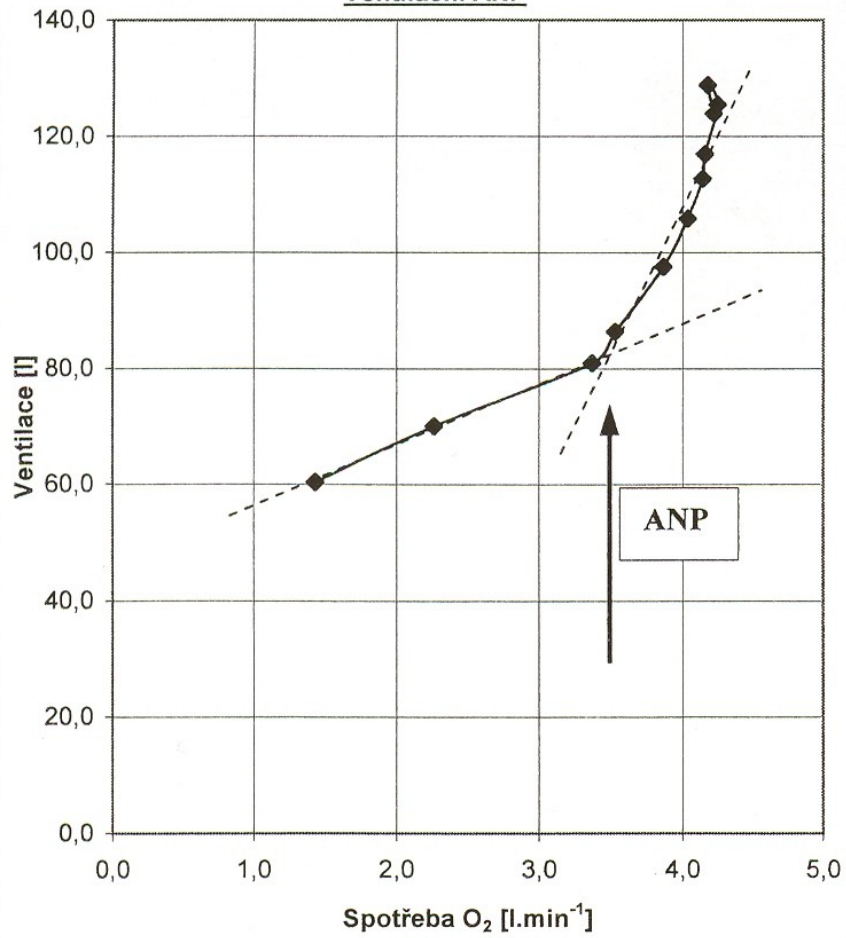
- dlouhodobě celosvětově uznávaným nejlepším a standardním ukazatelem aerobní kapacity
- čím vyšší tím lepší
- zjištění během spiroergometrického stupňovaného testu do maxima (do vyčerpání)
- pro srovnání různé velikosti osob je potřeba absolutní hodnoty přepočítat na kg hmotnosti
  
- Muži VO<sub>2</sub>max [ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>):
  - sprinteři 48, středotračaři 70, vytrvalci 75-80
- Ženy VO<sub>2</sub>max [ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>):
  - sprinterky 47, středotračařky 55-66, vytrvalkyně: 65-70

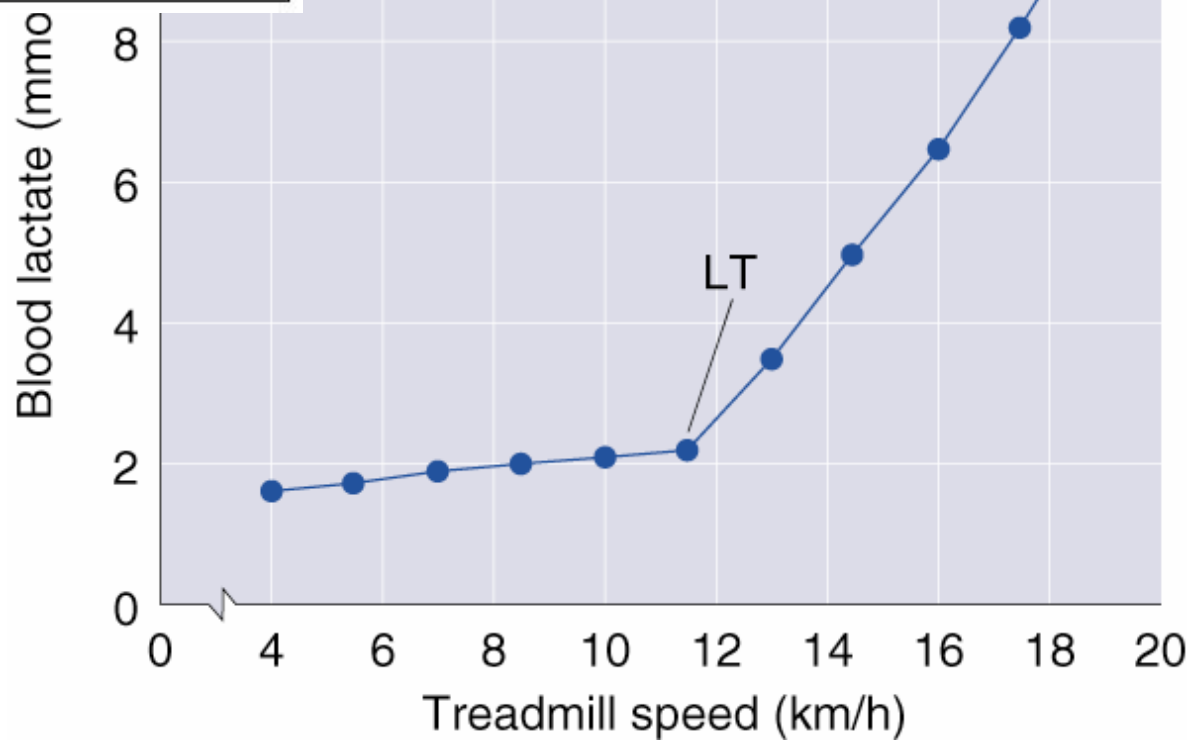
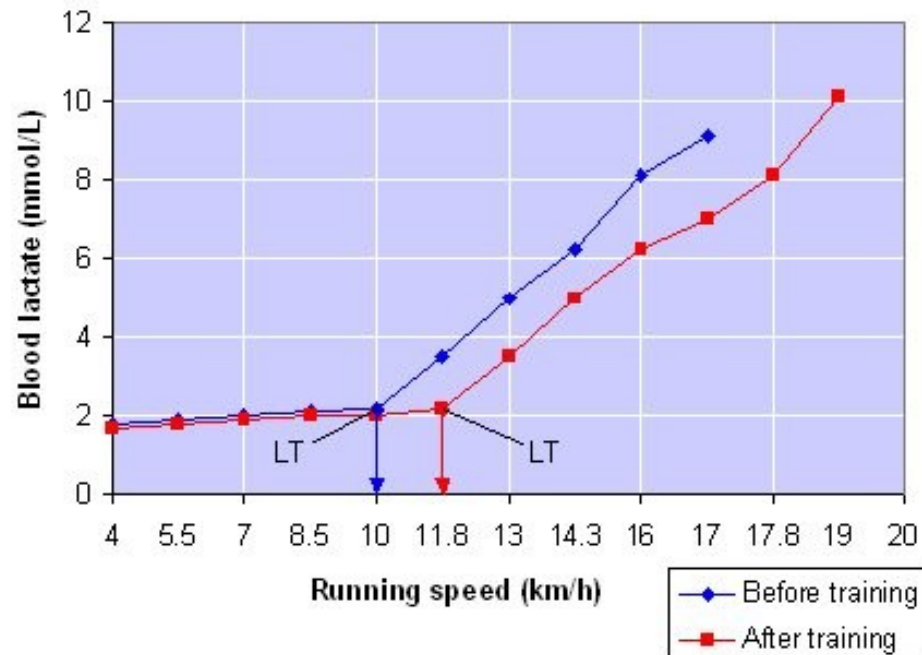
## ANP = anaerobní práh

- intenzita zátěže při níž se začne více využívat anaerobní glykolýza pro získání energie svalů
- osoby s lepší aerobní kapacitou mají tento práh při vyšší rychlosti běhu a vyšším % $\text{VO}_2\text{max}$
- stanovuje se jako začátek nárůstu koncentrace laktátu v krvi (laktátový práh) nebo ventilace (ventilační práh) při stupňované zátěži
- u netrénovaných sportovců bývá „anaerobní práh“ při intenzitě aerobního metabolismu na úrovni 50-60%  $\text{VO}_2\text{max}$ , u vytrvalostně trénovaných na 65-80, resp. 80-90%



Ventilační ANP





## MAOD = maximální akumulovaný deficit

- je ukazatel, který lze získat při kontinuální maximální zátěži do vyčerpání
- jde o sumu „chybějícího“ kyslíku v době „vytváření kyslíkového dluhu“ od začátku zátěže do okamžiku dosažení maximálního příjmu kyslíku a ukončení zátěže

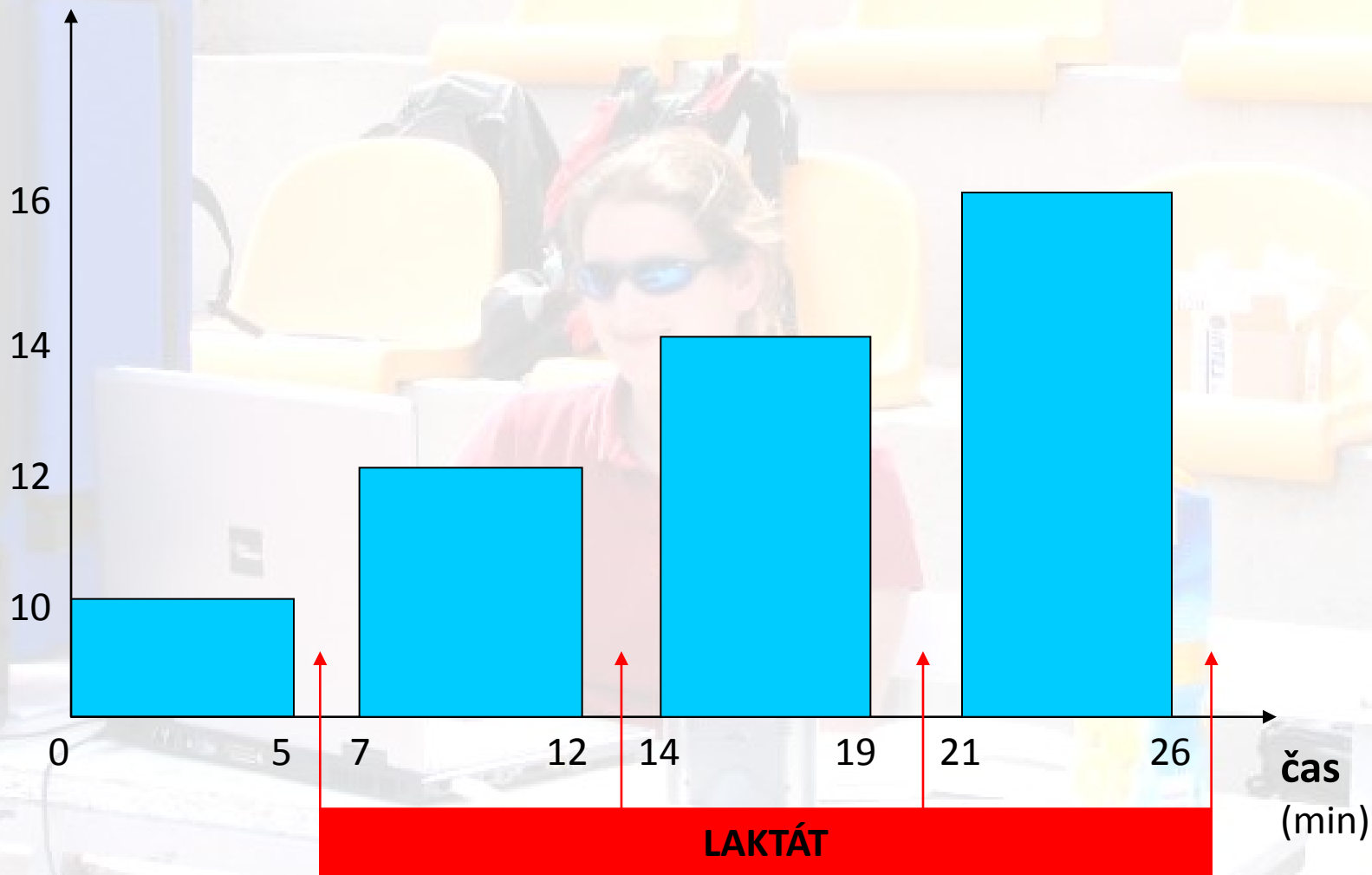
## TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

- jde o speciální test pro vytrvalostní běžce špičkové výkonnosti na běžícím pásu
- může přinést ukazatele ekonomiky běhu, hranice mezi pásmy tréninkové intenzity, tj. mezi „lehkým“, „vytrvalým“ a „tempovým“ během
- ekonomika běhu – nižší příjem kyslíku při určité rychlosti běhu znamená lepší ekonomiku (tab. při 16 km/hod)

$VO_2$ [ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ]	Hodnocení ekonomiky běhu
44-47	výborná
48-50	velmi dobrá
51-54	průměrná
55-58	slabá

# Modifikovaný Saltinův submaximální test

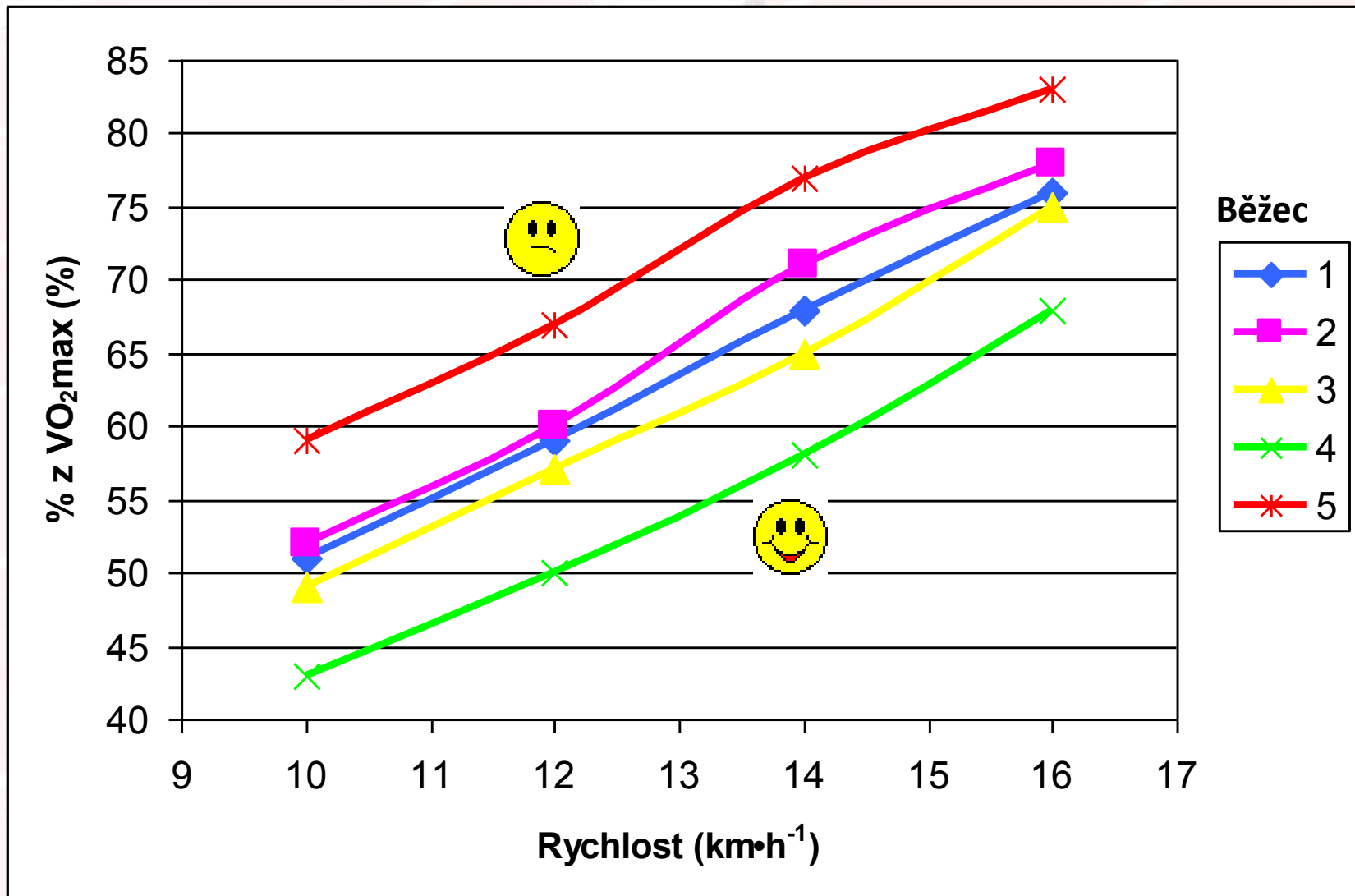
rychlost  
( $\text{km}\cdot\text{hod}^{-1}$ )



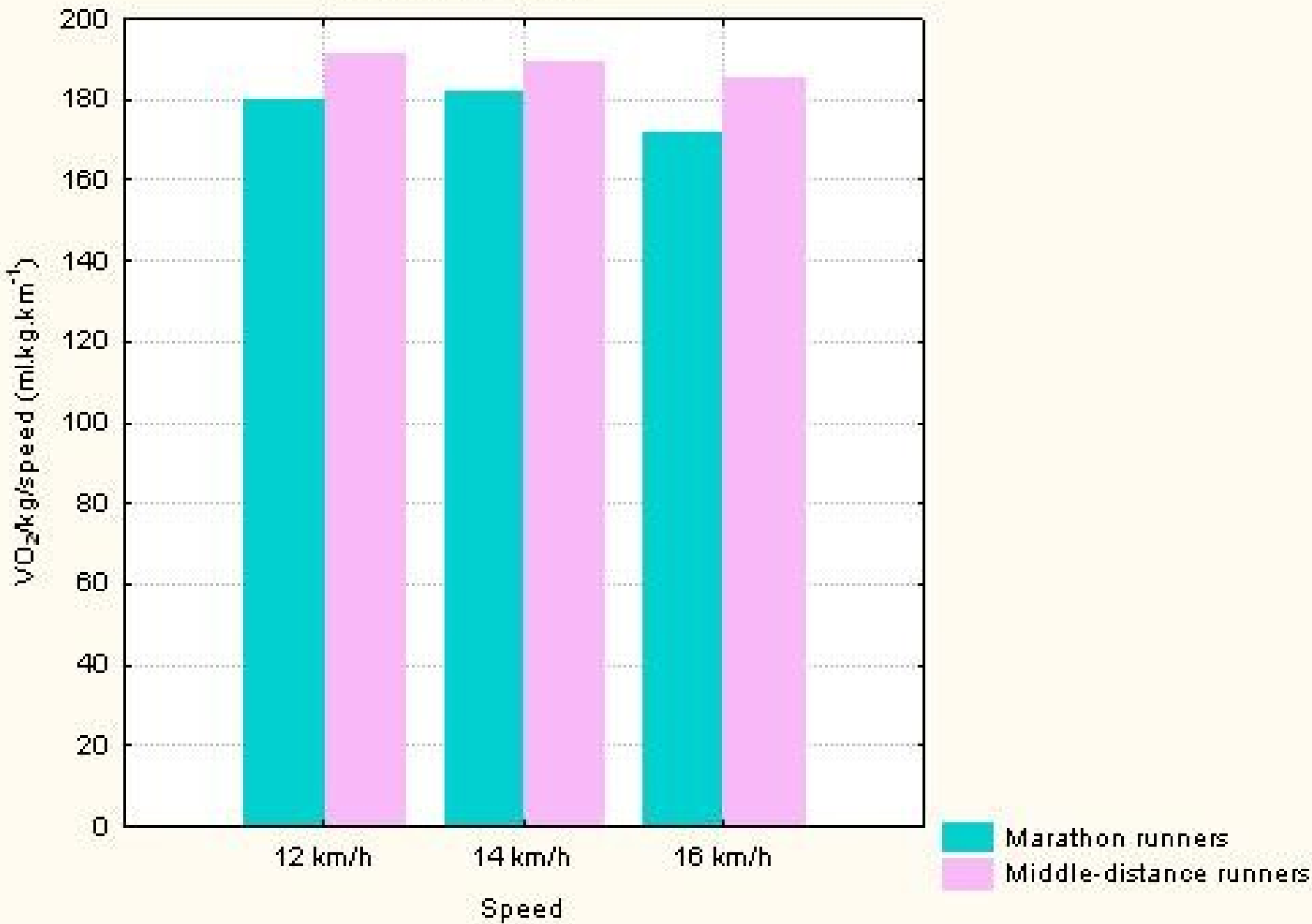
LAKTÁT

čas  
(min)

Procenta z  $\text{VO}_2\text{max}/\text{kg}$  (%) při čtyřech různých rychlostech  
(10, 12, 14 a 16  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )



# RUNNING ECONOMY



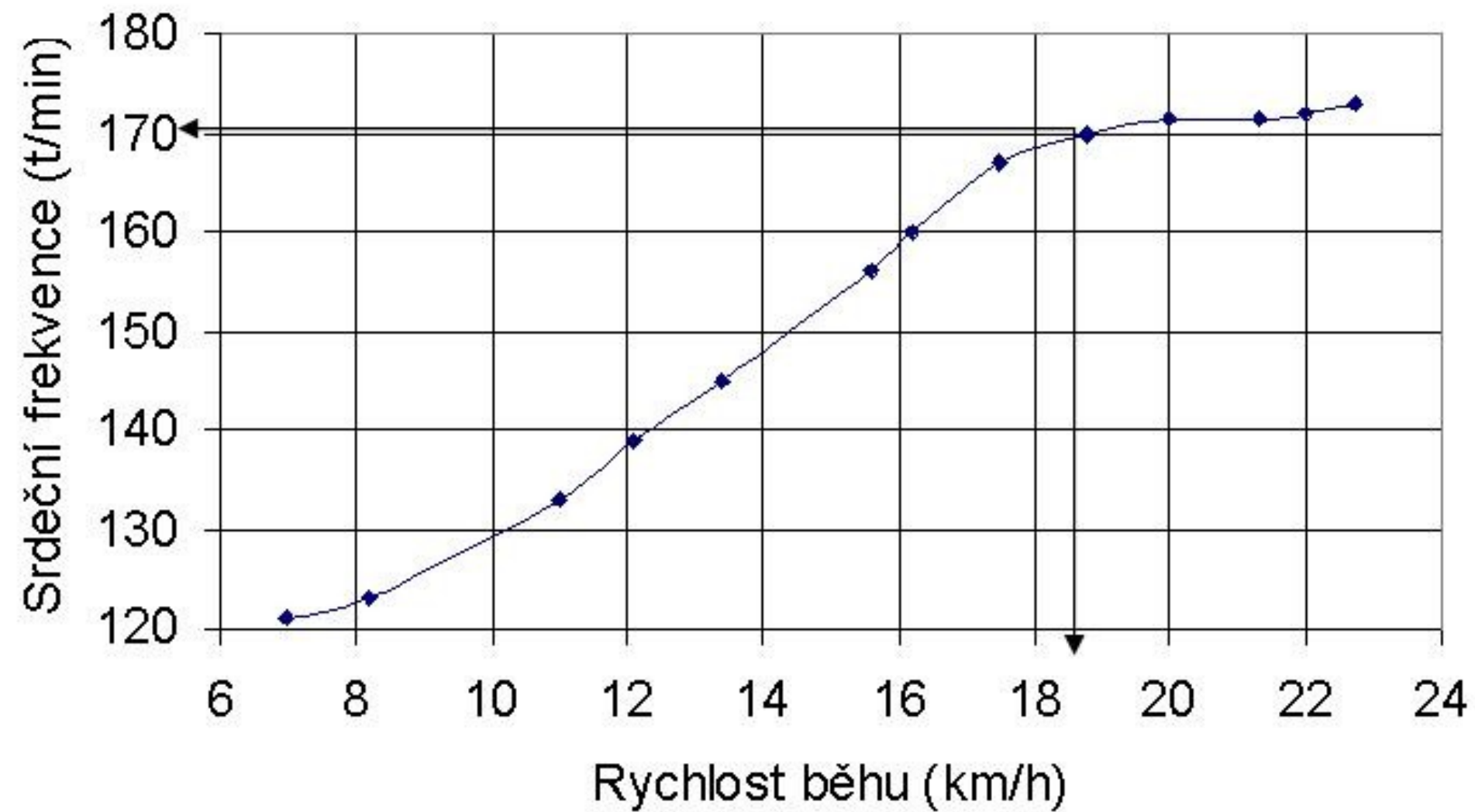
- vytrvalostní trénink posunuje laktátový práh do vyšších rychlostí běhu (Noakes, 2003)
- $VO_2\text{max}$  je nejlepším prediktorem výkonu v běhu na 5-10 km než laktátový práh (Noakes, 2003)
- Tzv. Conconiho anaerobní práh (stanovený ze závislosti SF na rychlosti běhu) nevypovídá o metabolickém prahu (Noakes, 2003)

Testy mohou poskytnout výchozí údaje pro řízení intenzity zátěže běžce v tréninku:

- 100%  $VO_2\text{max}$
- 100% SFmax
- 100% rezervaSF
- laktátový nebo ventilační práh



## Anaerobní práh (Conconiho test)



# Hodnocení běžecké vytrvalosti

		prahová rychlost
Rekreační běžci	Velmi slabá	nižší jako 9 km/h
	Slabá	9 – 12 km/h
	Dobrá	12 – 14 km/h
	Velmi dobrá	vyšší jako 14 km/h
	Vytrvalci	16 km/h a vyšší
	Vytrvalci špičkové úrovně	vyšší jako 20 km/h

<b>Běžec</b>	SFmax	VO <sub>2</sub> max/kg	Rychlost při VO <sub>2</sub> max	VO <sub>2</sub> /kg při ANP	ANP % VO <sub>2</sub> max/kg	RERmax
	(tepy·m <sup>-1</sup> )	(ml·kg <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )	(km·h <sup>-1</sup> )	(ml·kg <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )		
1	198	64,0	23	51,9	81	1,33
2	177	61,8	22	54,2	88	1,13
3	193	70,4	23	56,8	81	1,12
4	202	75,2	23	60,4	80	1,12
5	197	56,7	19	45,9	81	-

# TESTY GLYKOLITICKÉHO SYSTÉMU

- testy slouží ke zjištění účinnosti tréninku a prediktorů běžeckého výkonu na 200-1500m.

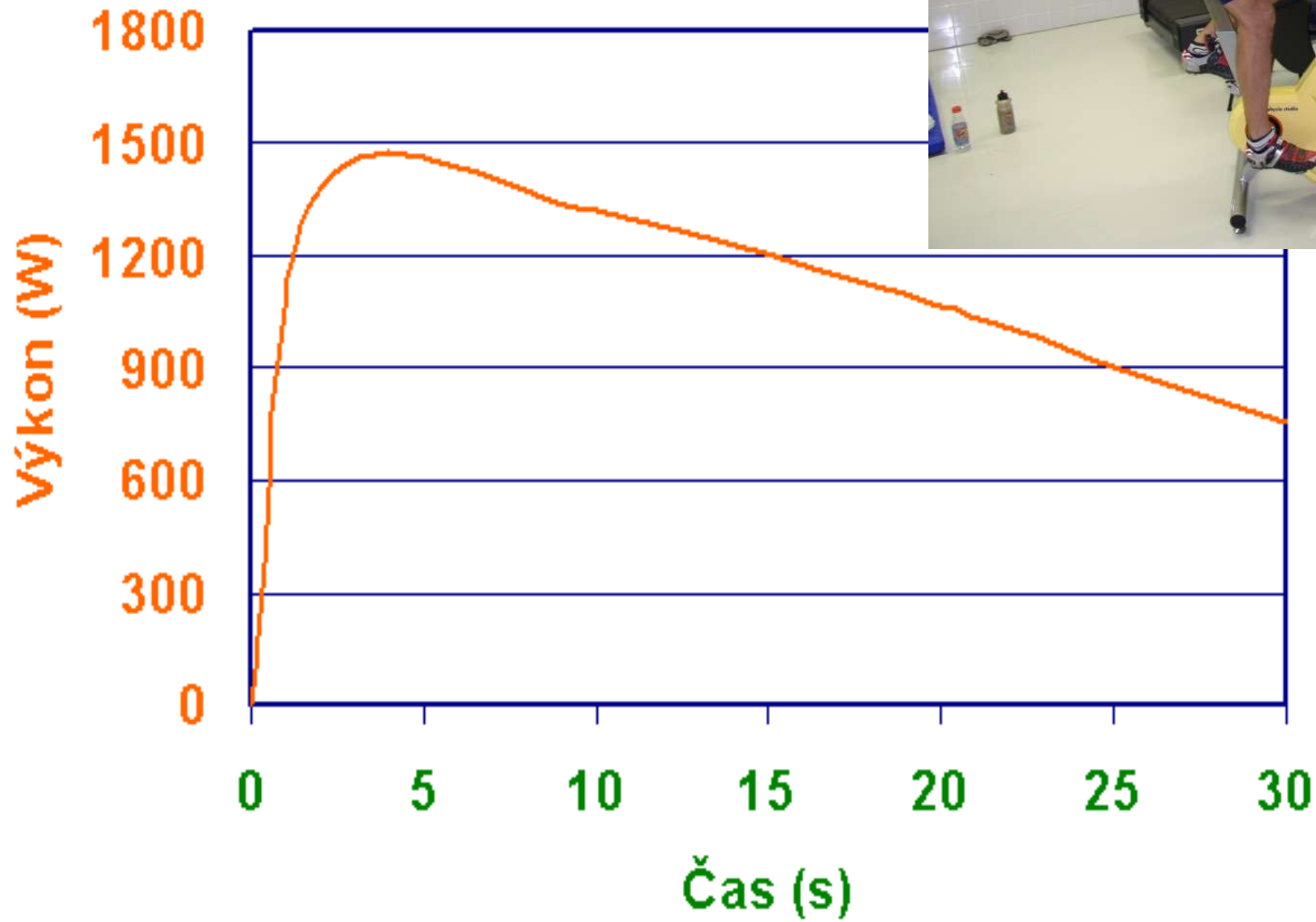
## WINGATE TEST

MAOD = maximální akumulovaný deficit

$La_{max}$  = maximální koncentrace laktátu

## WINGATE TEST

- provádí se na izokinetickém bicyklovém ergometru
- během 30s testu se sportovec snaží překonávat odpor (7,5 N/kg) maximálním úsilím
- v průběhu testu se zpravidla výkon postupně snižuje
- hlavními ukazateli funkční („anaerobní“) zdatnosti jsou:
  - práce vykonaná za 30 s
  - nejvyšší dosažený výkon
  - průměrný výkon
  - index únavy (poměr nejnižšího výkonu na konci testu proti nejvyššímu výkonu)
- protože jde o test na bicyklovém ergometru, zátěž se méně podobá běžeckému výkonu a výsledky neposkytují nejlepší obraz „anaerobních“ běžeckých schopností



## $La_{\max}$ = MAXIMÁLNÍ KONCENTRACE LAKTÁTU

- hodnotí se po 30s vyčerpávající zátěži, kterou sportovec absolvoval s co největším úsilím
- větší kapacita anaerobního glykolitického systému vyprodukuje více laktátu
- okamžik odběru krve na stanovení max. koncentrace laktátu musí respektovat dobu, po kterou se laktát dostává z jeho místa produkce (svalu) do místa odběru (ušní lalůček, prsty ruky); tato doba může být kolem 2-3 min.
- hodnoty max. koncentrace laktátu mohou být kolem 12-18 mmol/l a jsou značně individuální
- správnější je zjistit rozdíl mezi max. koncentrací laktátu a její hodnotou v klidu před zátěží

# TESTY ATP-CP SYSTÉMU

- testy slouží ke zjištění účinnosti tréninku a prediktorů běžeckého výkonu na 60-400m a dalších atletických disc.

MARGARIŮV TEST (SCHODOVÝ TEST)

VERTIKÁLNÍ VÝSKOK/VÝSKOKOVÁ ERGOMETRIE

KYSLÍKOVÝ DEFICIT INICIÁLNÍ FÁZE

60s TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

AGILITY TEST



## MARGARIŮV TEST (SCHODOVÝ TEST)

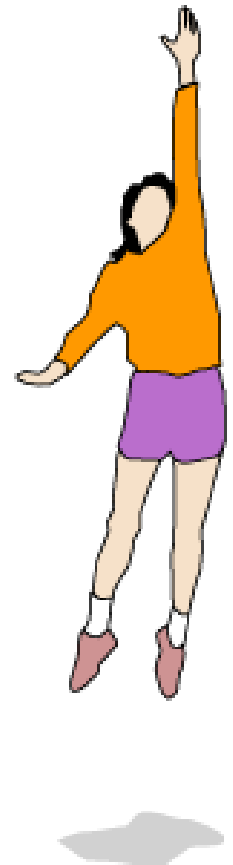
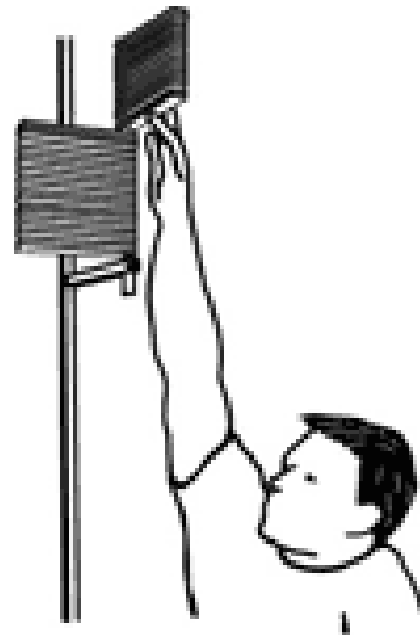
- z rozběhu po rovině 6m se vyběhne co nejrychleji do 9 schodů, měří se čas úseku 3.-9. schodu
- hlavním ukazatelem je podaný výkon, který se vypočte takto:

$$\text{výkon [kg.m.s}^{-1}\text{]} = \{\text{hmotnost [kg]} * \text{výška schodu [m]}\} / \text{čas [s]}$$

- po vynásobení výkonu konstantou (9,8) získáme údaj o výkonu ve watech
- větší výkon ukazuje na větší kapacitu ATP-CP systému

## VERTIKÁLNÍ VÝSKOK

- měří se výška výskoku za pomoci jednoduchého mechanického zařízení (např. vodorovné tyčky nebo značek na zdi)
- pokud chceme srovnávat osoby různé velikosti, je třeba výšku výskoku (u dospělých mužů kolem 40-50 cm) dělit výškou postavy nebo povrchem těla
- výška výskoku koreluje s kapacitou ATP-CP systému

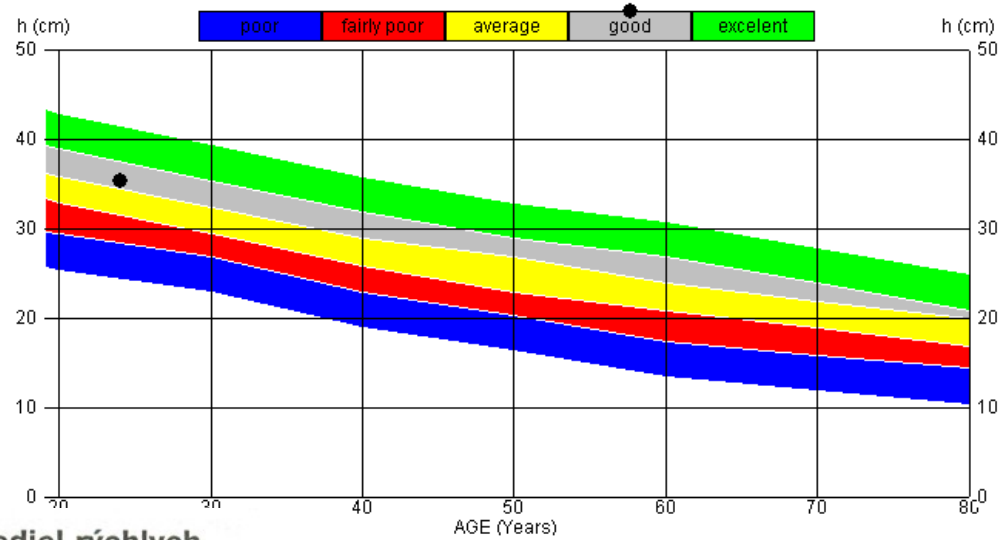


## VÝSKOKOVÁ ERGOMETRIE

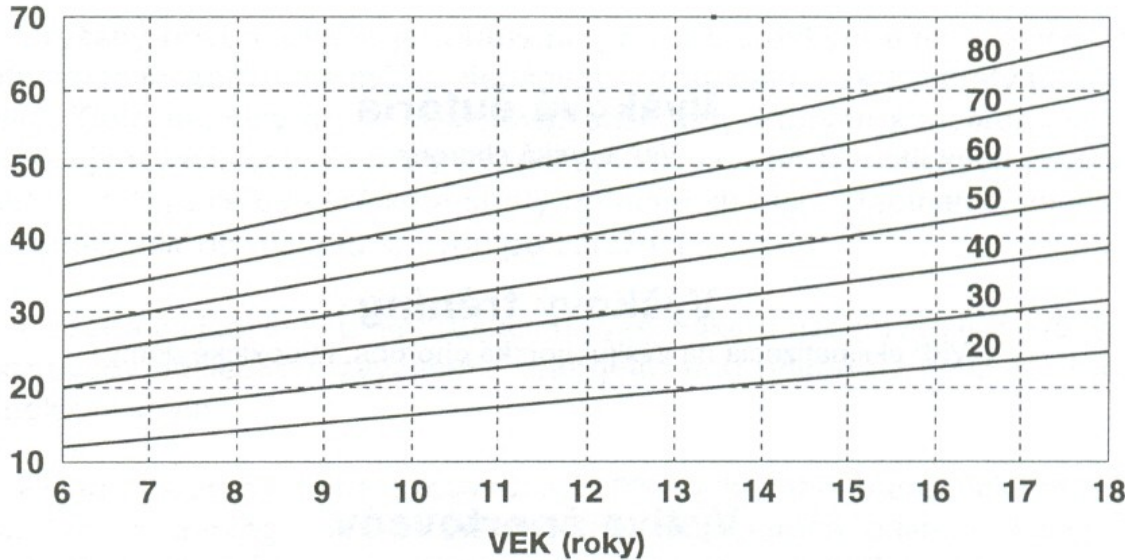
- skáče se na výskokovém ergometru (1, 2, 3 skoky, do 10s)
- delší test již přesahuje do testování anaerobního glykolitického systému
- při měření je potřeba uvést hmotnost, výšku sportovce; z primárních dat se vypočte výška výskoku, výkon, zrychlení
- jejich velikost koreluje s kapacitou ATP-CP systému



$t_c$  (s) = doba kontaktu s podložkou  
 $t_f$  (s) = doba letu  
 $P$  (W/kg) = výkon v aktivní fázi odrazu  
 $\bar{P}$  (W/kg) = průměrný výkon  
 $h$  = výška výskoku  
 $v$  (m/s) = rychlost v závěrečném momentě odrazu  
 $a$  (m/s<sup>2</sup>) = zrychlení v aktivní fázi odrazu  
 $h/t_c$  (cm/s) = výška výskoku/doba kontaktu



**Pakt (W/kg)**

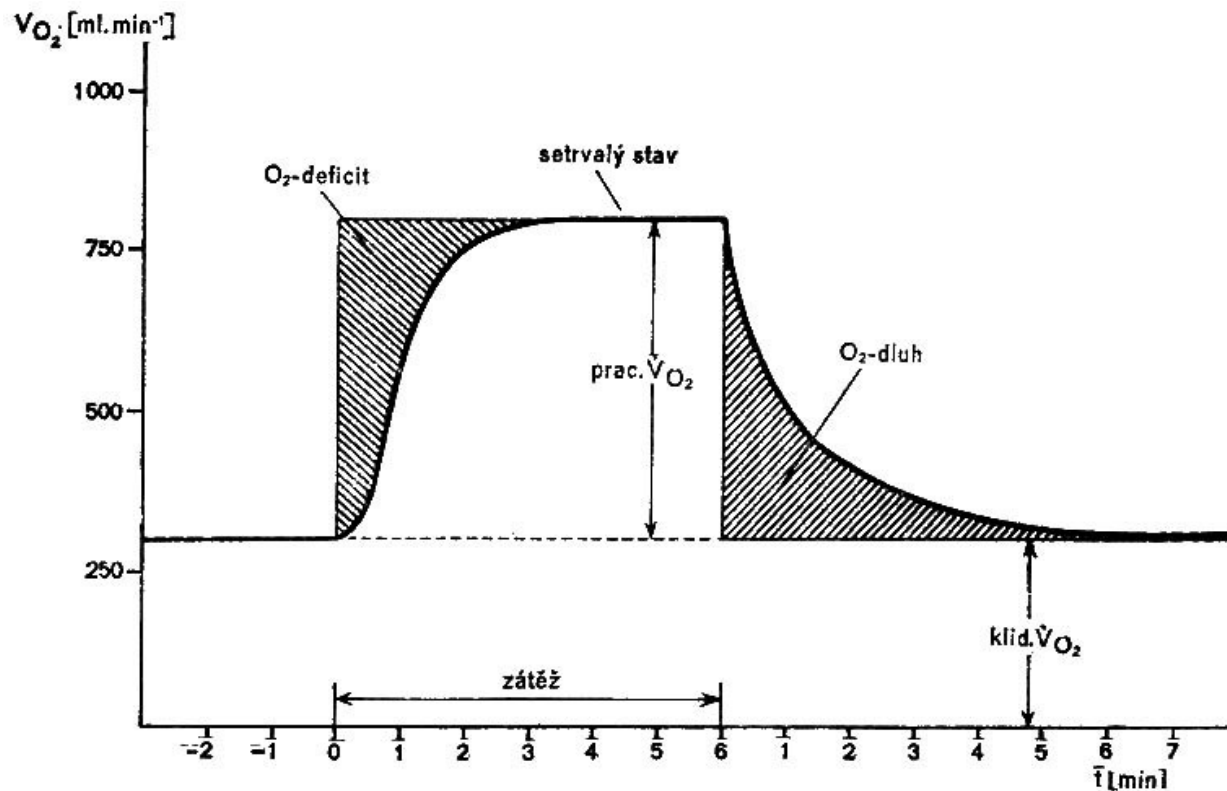


**Podiel rychlych vláken (%)**

	P	AnC	FI
Sprinteři	14,4	332	42
Sprinterky	11,4	272	37

## KYSLÍKOVÝ DEFICIT INICIÁLNÍ FÁZE

- u osob s větší kapacitou ATP-CP systému je na začátku lehké nebo středně intenzivní tělesné zátěže, při níž dojde ke stabilizaci příjmu kyslíku, větší poměr kyslíkového deficitu k příjmu kyslíku než u osob s lepší aerobní kapacitou
- měření se dělá v průběhu spiroergometrie, s analýzou vydechovaného vzduchu

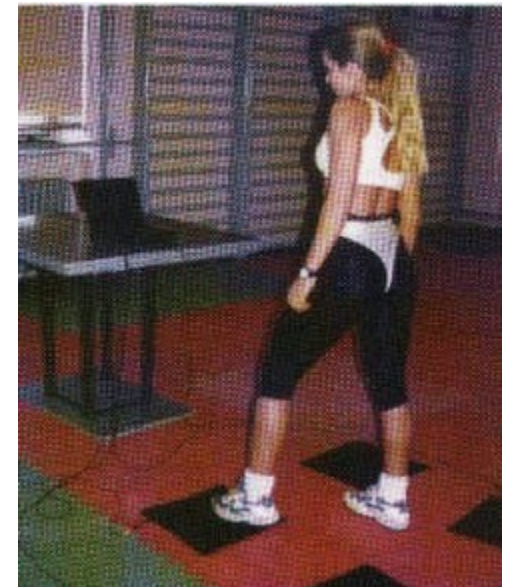


## 60s TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

- jde o speciální test pro běžce na 400m a středotračáře 800-1500m s konstatní vyšší rychlosti běhu do kopce (supramaximální intenzitou)
- sklon běhátka na 4%
- rychlost 22km/hod pro muže a 20km pro ženy
- běžec naskočí an běžící pás a běží 60s
- provádí se odběr vzorku krve pro stanovení koncentrace laktátu
- lépe připravený běžec má nižší koncentraci laktátu v krvi a nižší SF

## AGILITY TEST

- test reakčně-rychlostních schopností
- měření a hodnocení senzomotorické reakce (agility)
- vhodné pro sporty a výkony, kde je třeba reagovat na vizuální podněty a provést rychlý pohyb



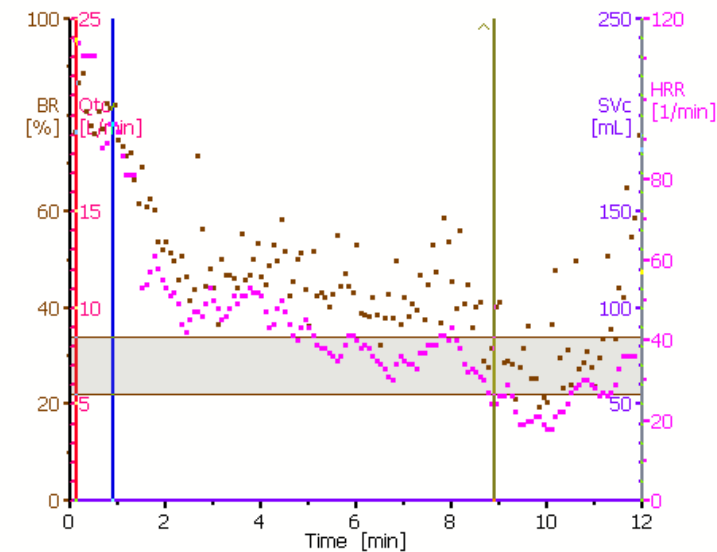
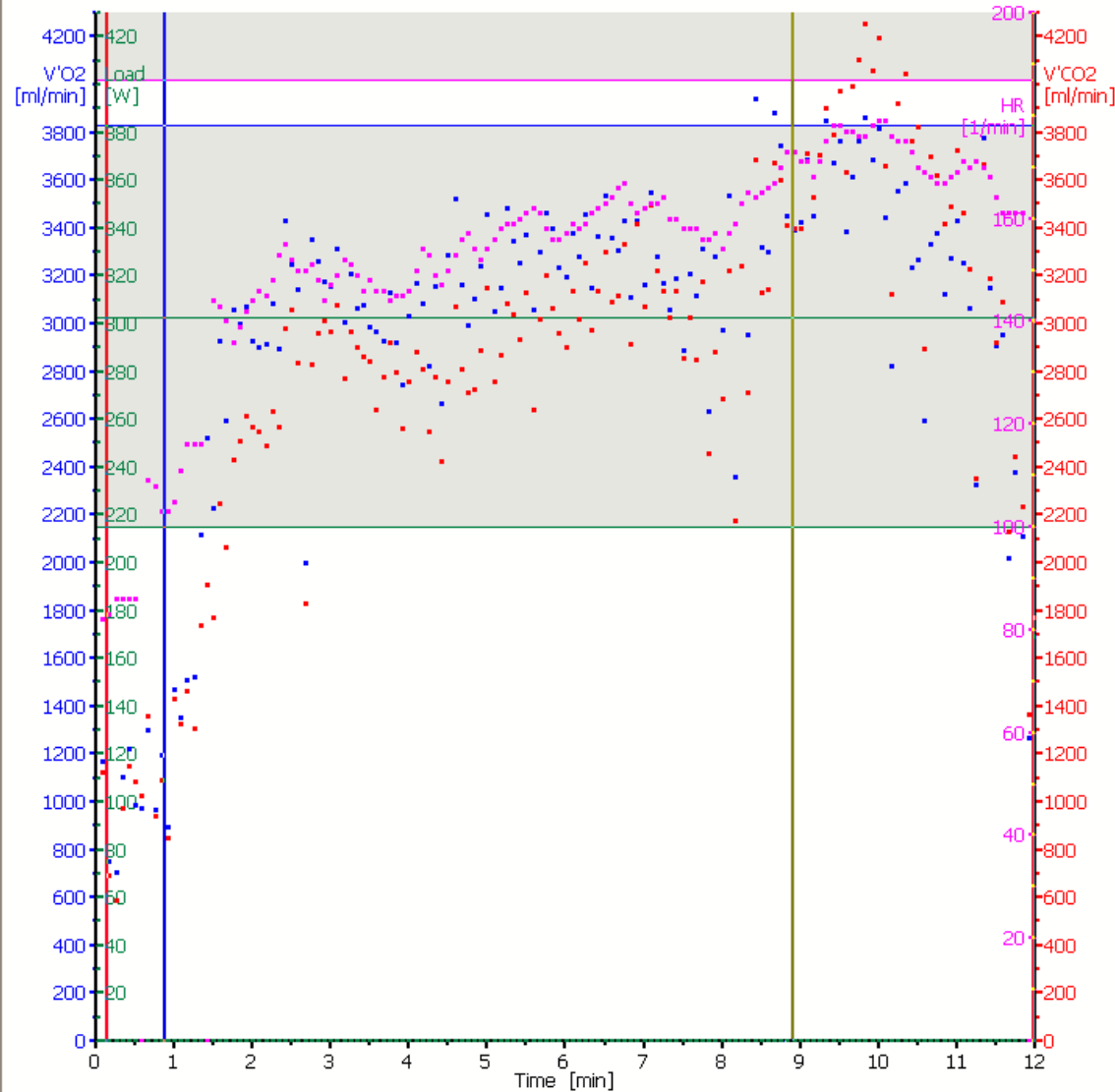
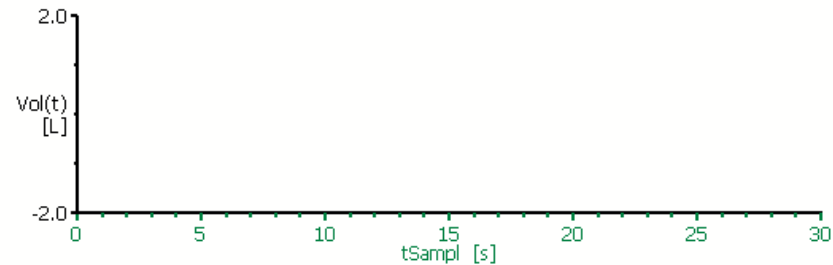
## DYNAMOMETRICKÉ TESTY

- testy silových schopností
- testování se provádí na izometrických či izokinetických dynamometrech

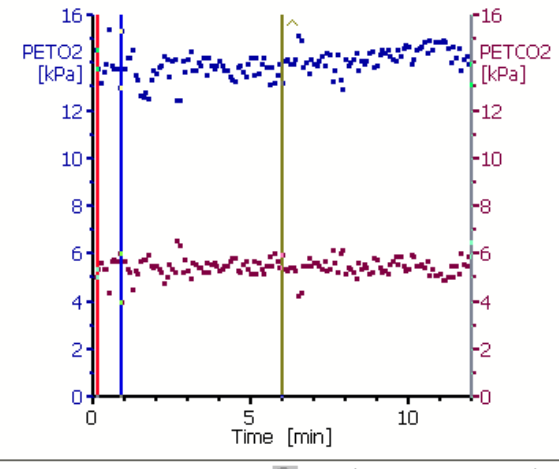
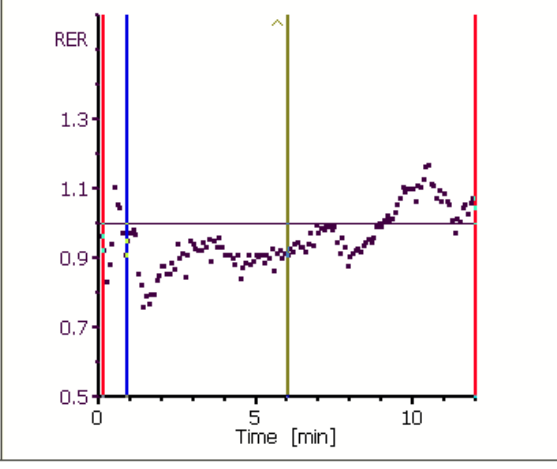
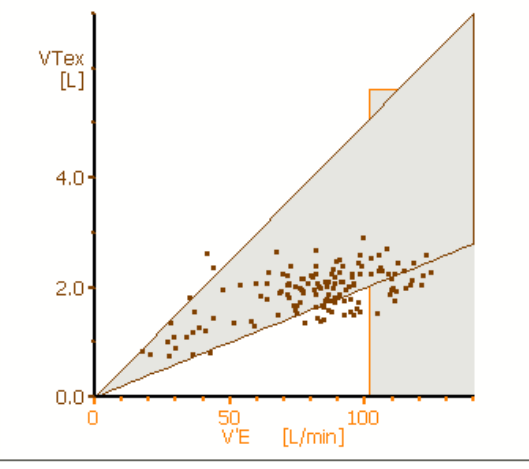
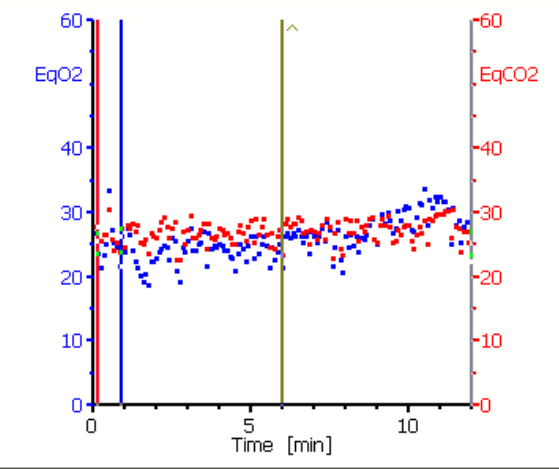
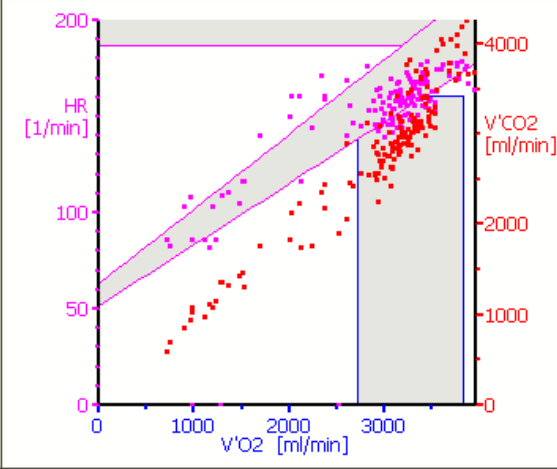
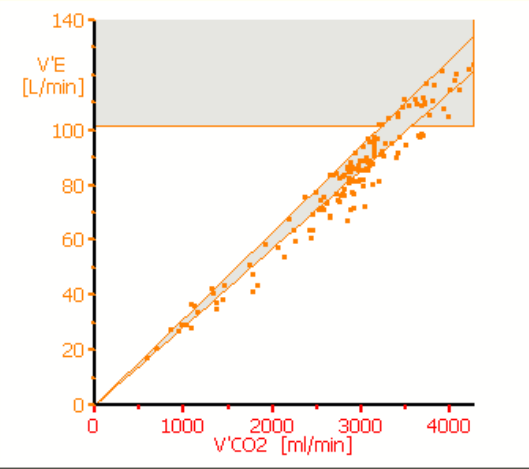
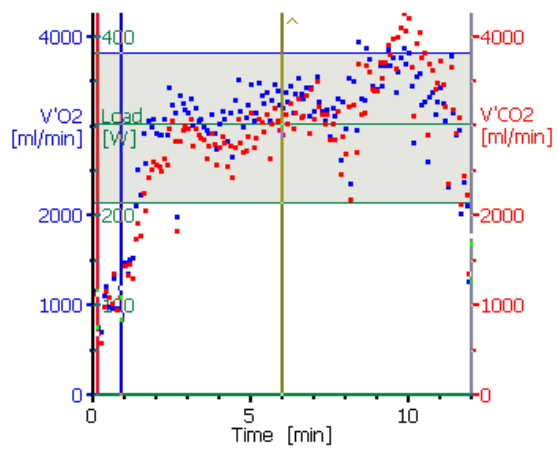
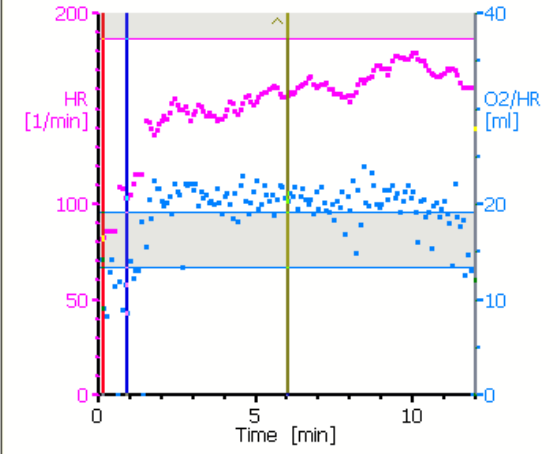
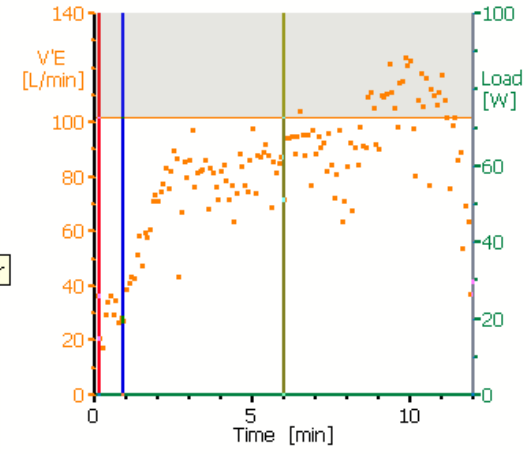




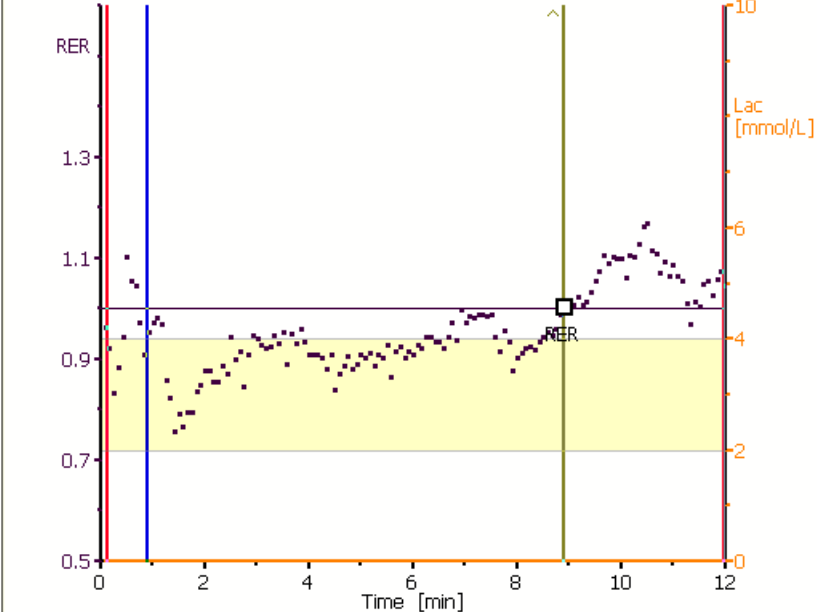
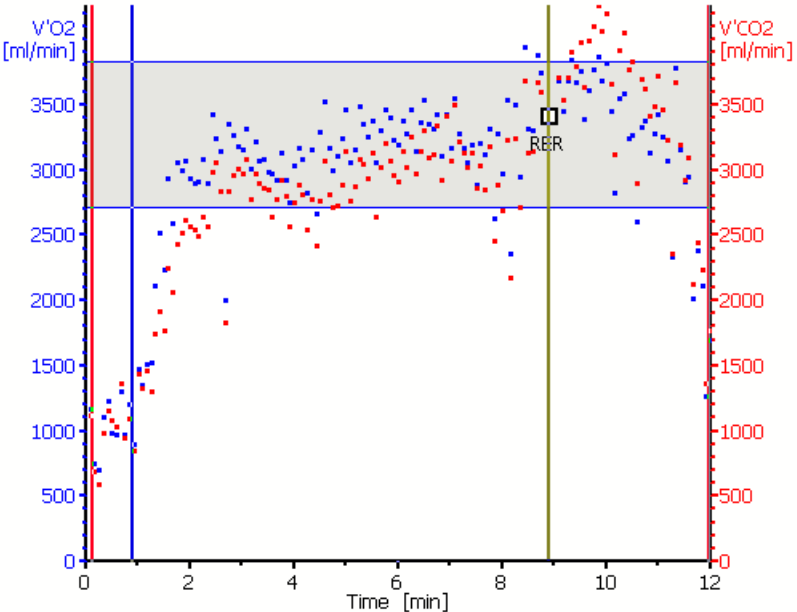
HR	HRR	O2/HR	VO2/kg
<b>173</b>	<b>24</b>	<b>19.6</b>	<b>44.7</b>



V'O2	Psys	Load
<b>3395</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
V'CO2	Pdia	t-ph
<b>3401</b>	<b>0</b>	<b>08:03</b>
RER	V'E	Time
<b>1.00</b>	<b>92</b>	<b>08:55</b>



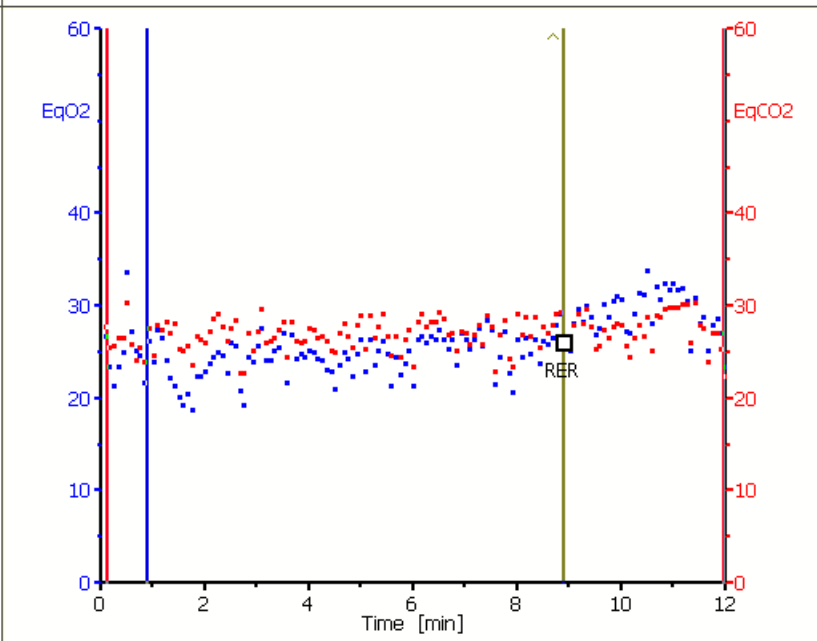
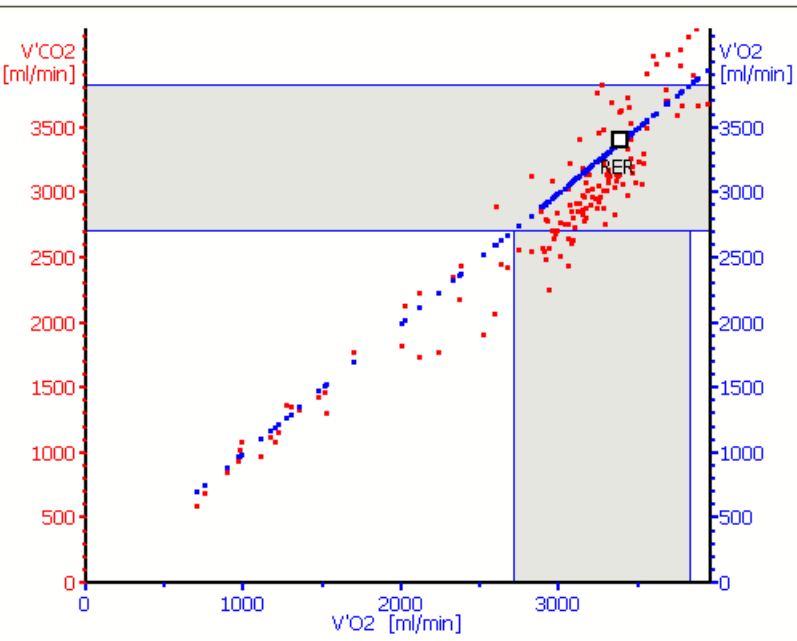
V'O2	3195
V'CO2	2904
RER	0.91
V'E	72
HR	157
Load	0
t-ph	05:07
Time	06:00



HR  
**173**

Lac  
**0.0**

O2/HR  
**19.6**



BR  
**40**

Load  
**0**

V'O2  
**3395**

V'CO2  
**3401**

RER  
**1.00**

V'E  
**92**

BF  
**38**

VTex  
**2.396**

t-ph  
**08:03**

Time  
**08:55**

HR

V'E

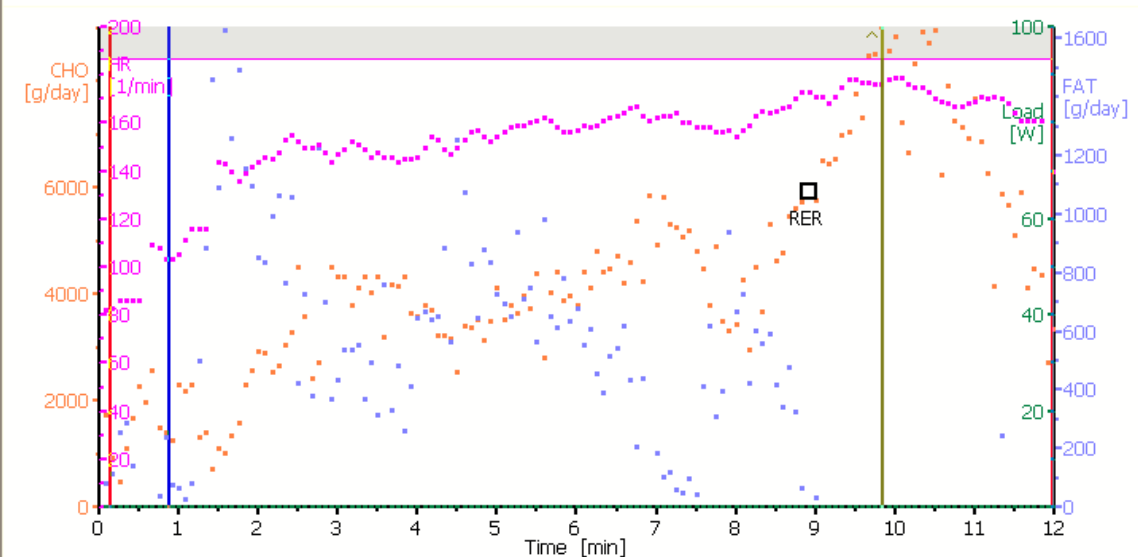
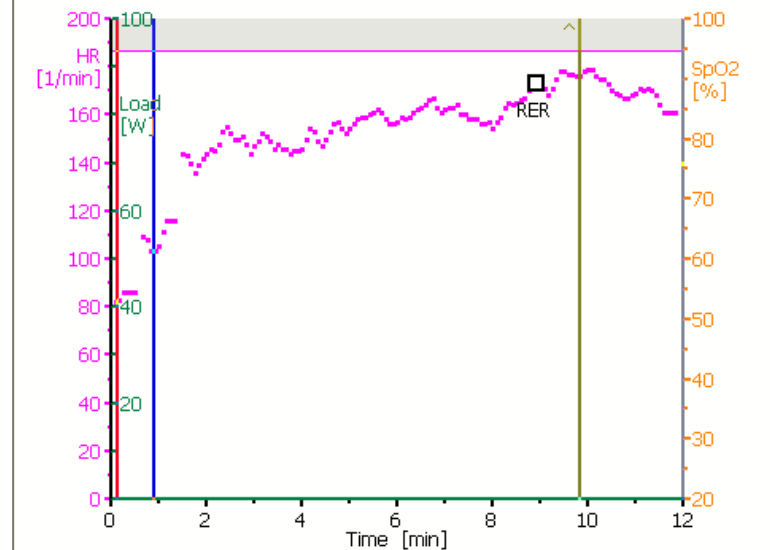
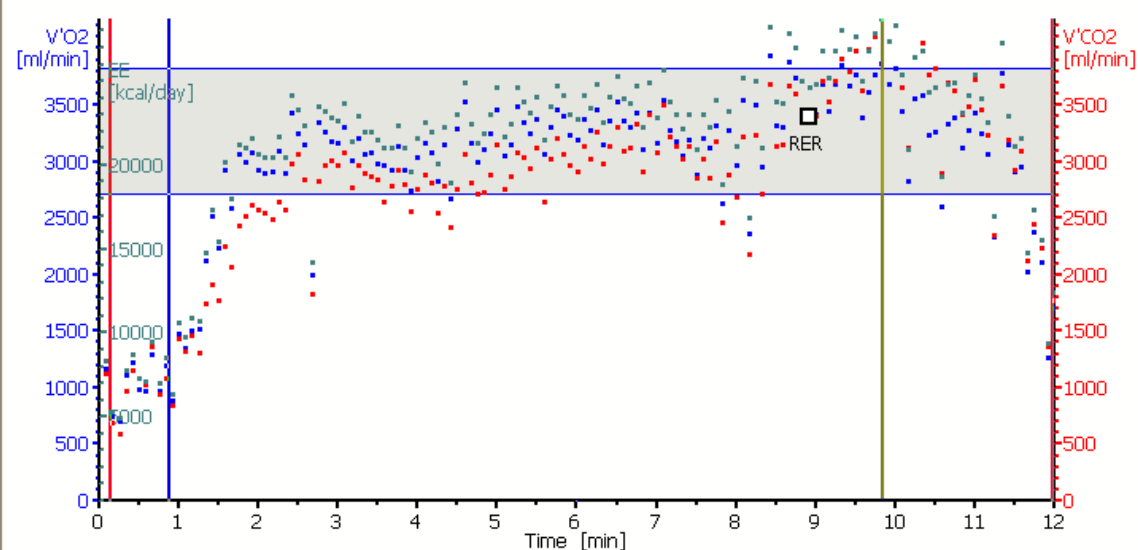
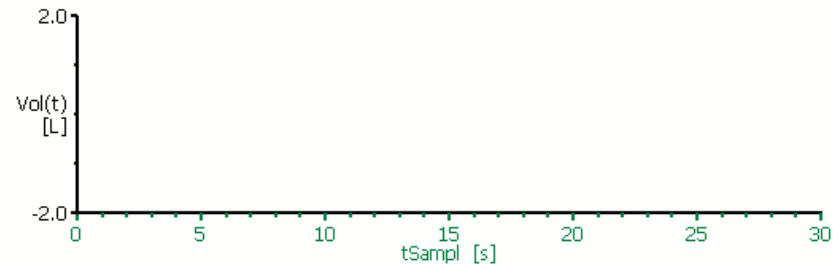
FECO2

SpO2

176

1244.58

0



V'O2	CHO	EE
3864	9012	28684
V'CO2	FAT	t-ph
4256	-982	08:57
RER	PROT	Time
1.10	94	09:50