

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, VO₂ 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. VO₂max – 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)
- Analyzátory 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

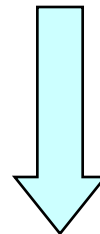
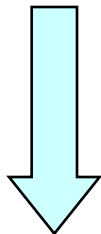
běhátko

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

VO₂max = maximální příjem kyslíku

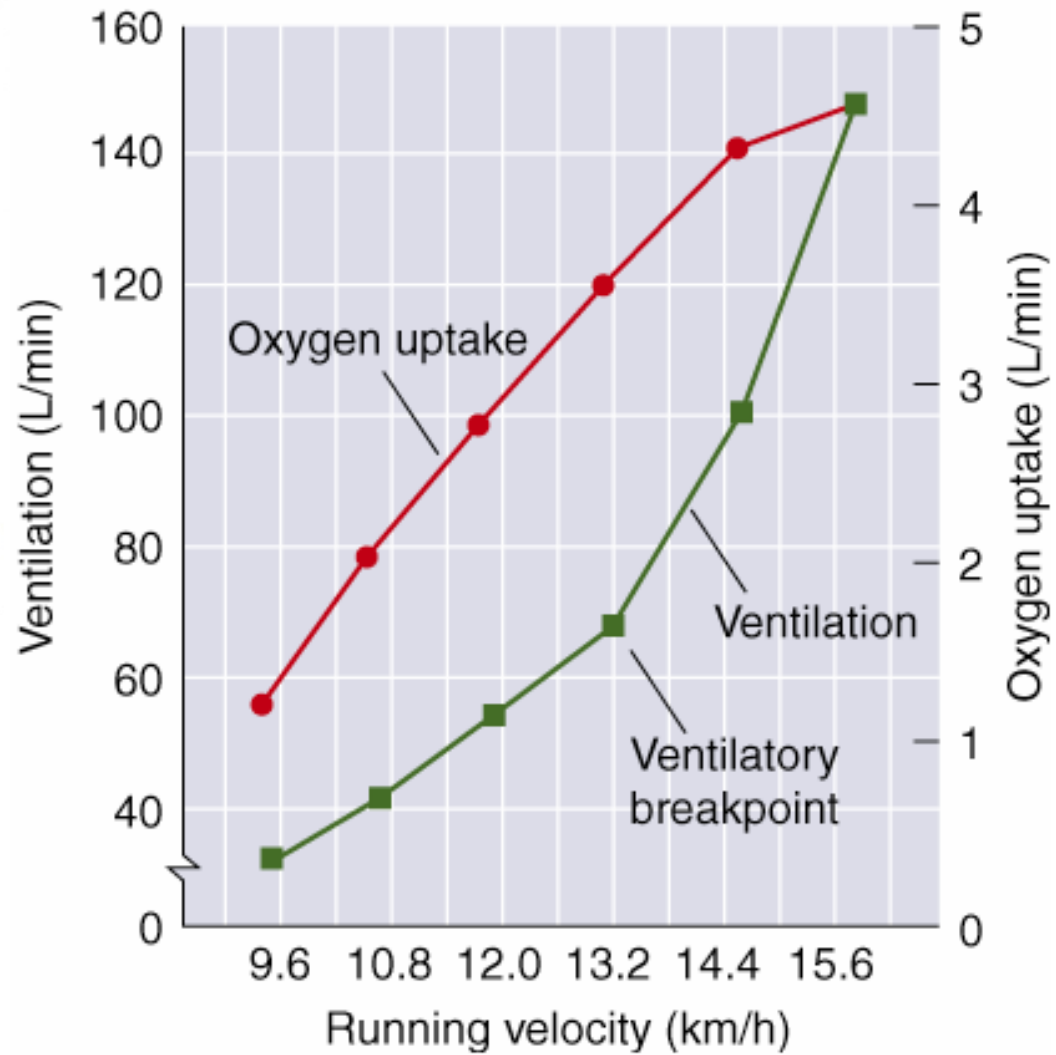
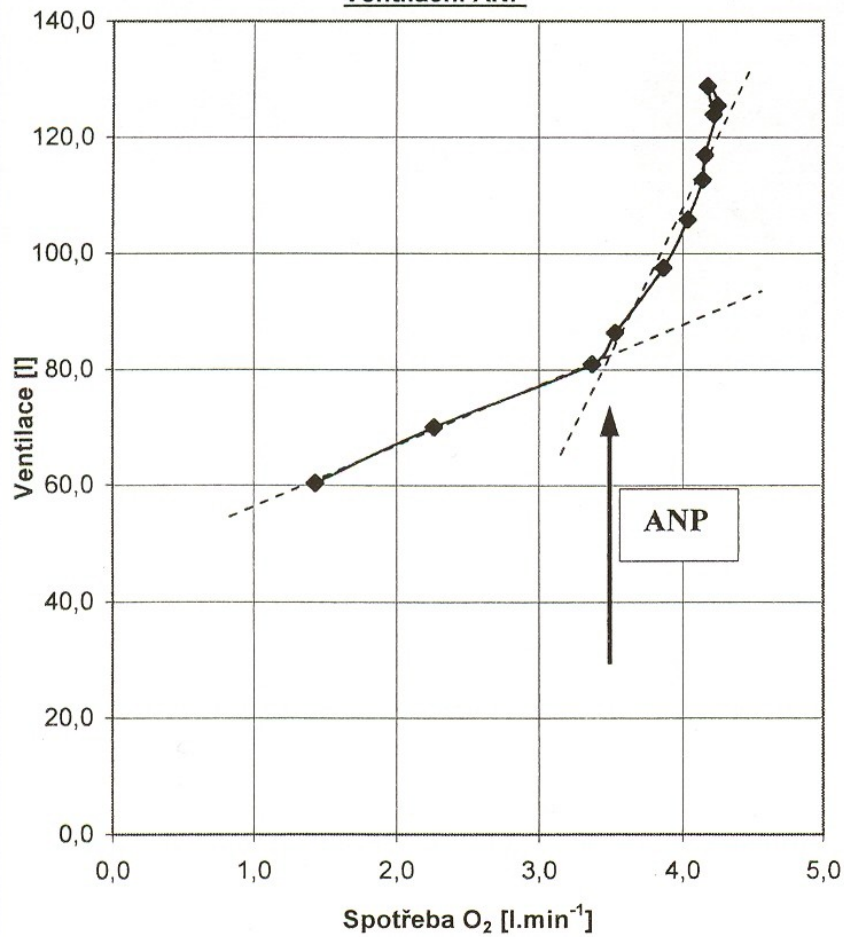
- dlouhodobě celosvětově uznávaným nejlepším a standardním ukazatelem aerobní kapacity
- čím vyšší tím lepší
- zjištění během spiroergometrického stupňovaného testu do maxima (do vyčerpání)
- pro srovnání různé velikosti osob je potřeba absolutní hodnoty přepočítat na kg hmotnosti

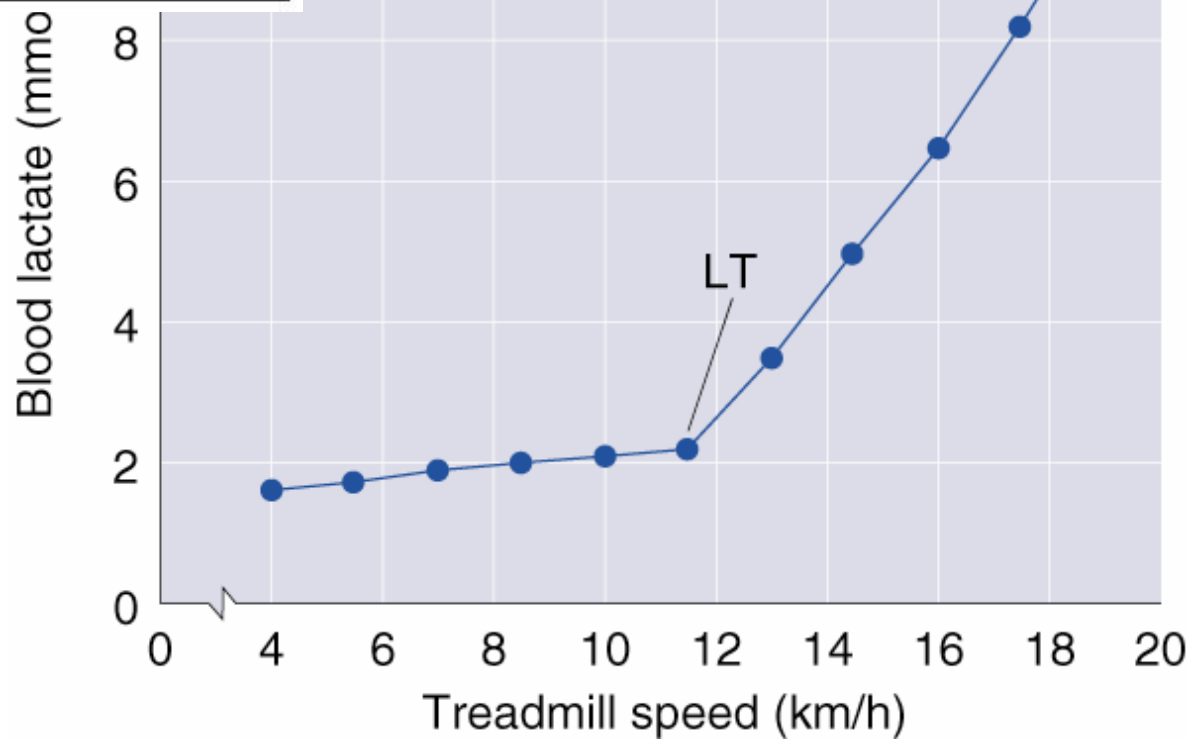
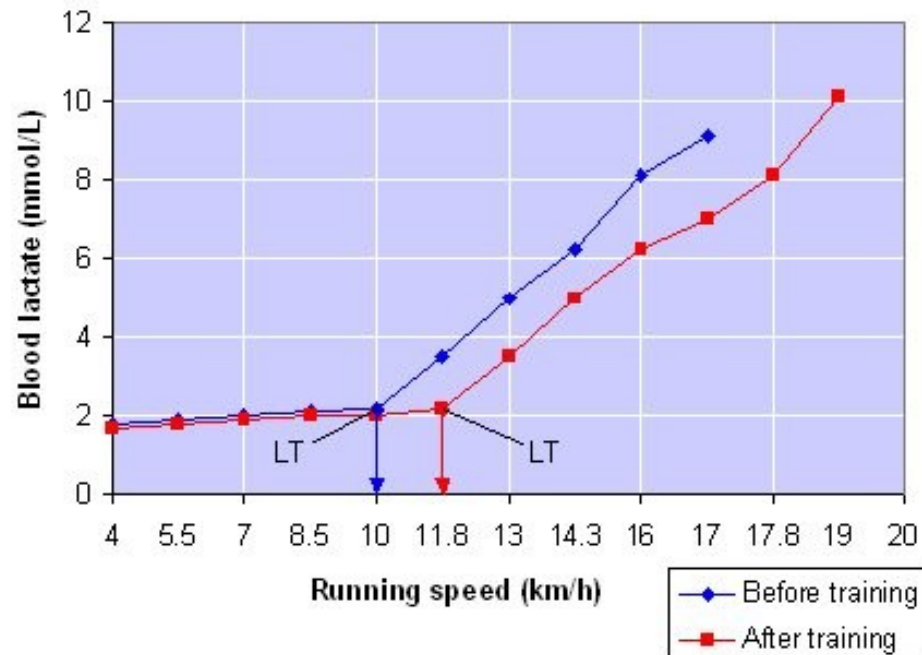
- Muži VO₂max [ml.min⁻¹.kg⁻¹):
 - sprinteři 48, středotračaři 70, vytrvalci 75-80
- Ženy VO₂max [ml.min⁻¹.kg⁻¹):
 - sprinterky 47, středotračařky 55-66, vytrvalkyně: 65-70

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 % VO_2max
- 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% VO_2max , 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

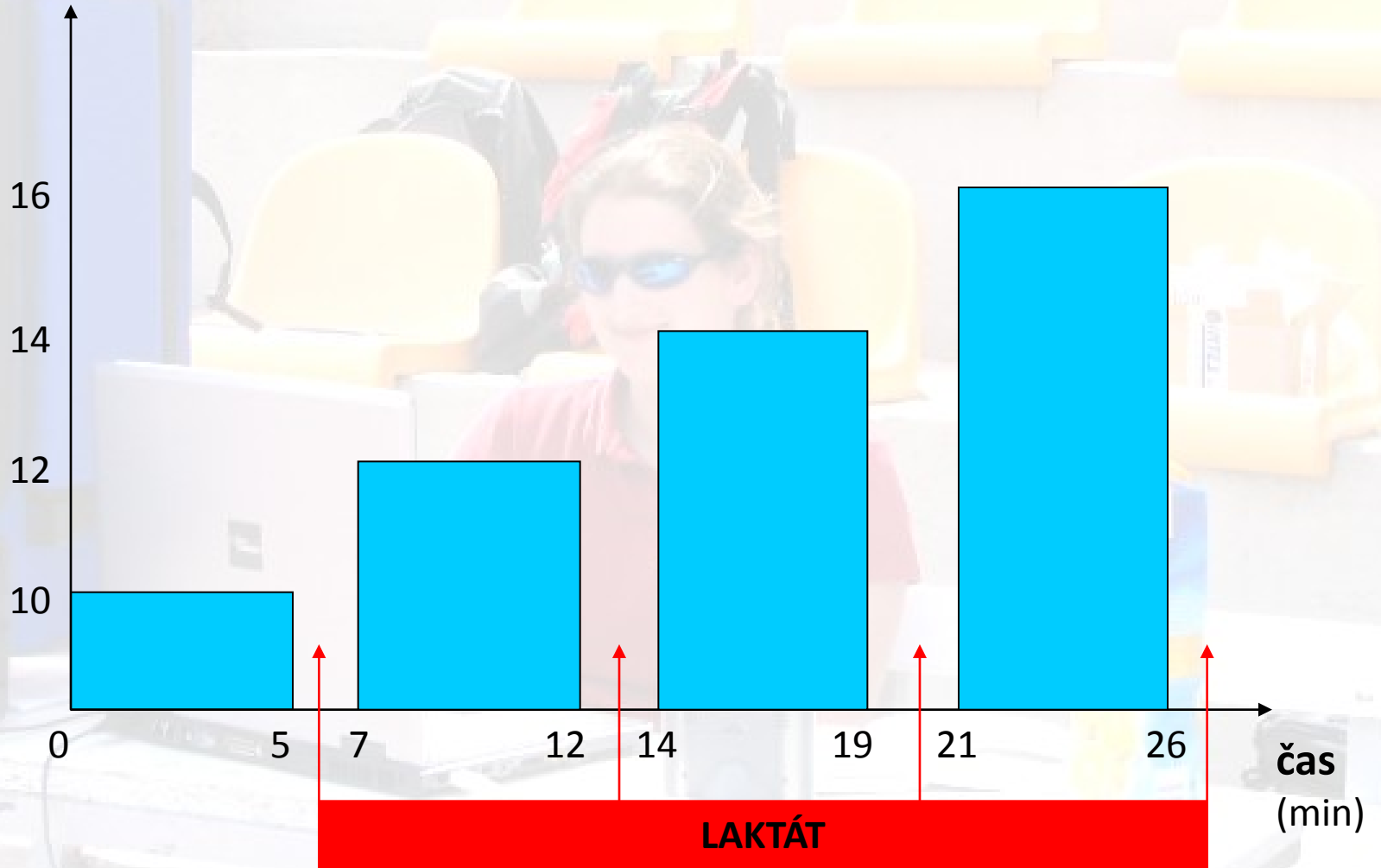
TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

- 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)

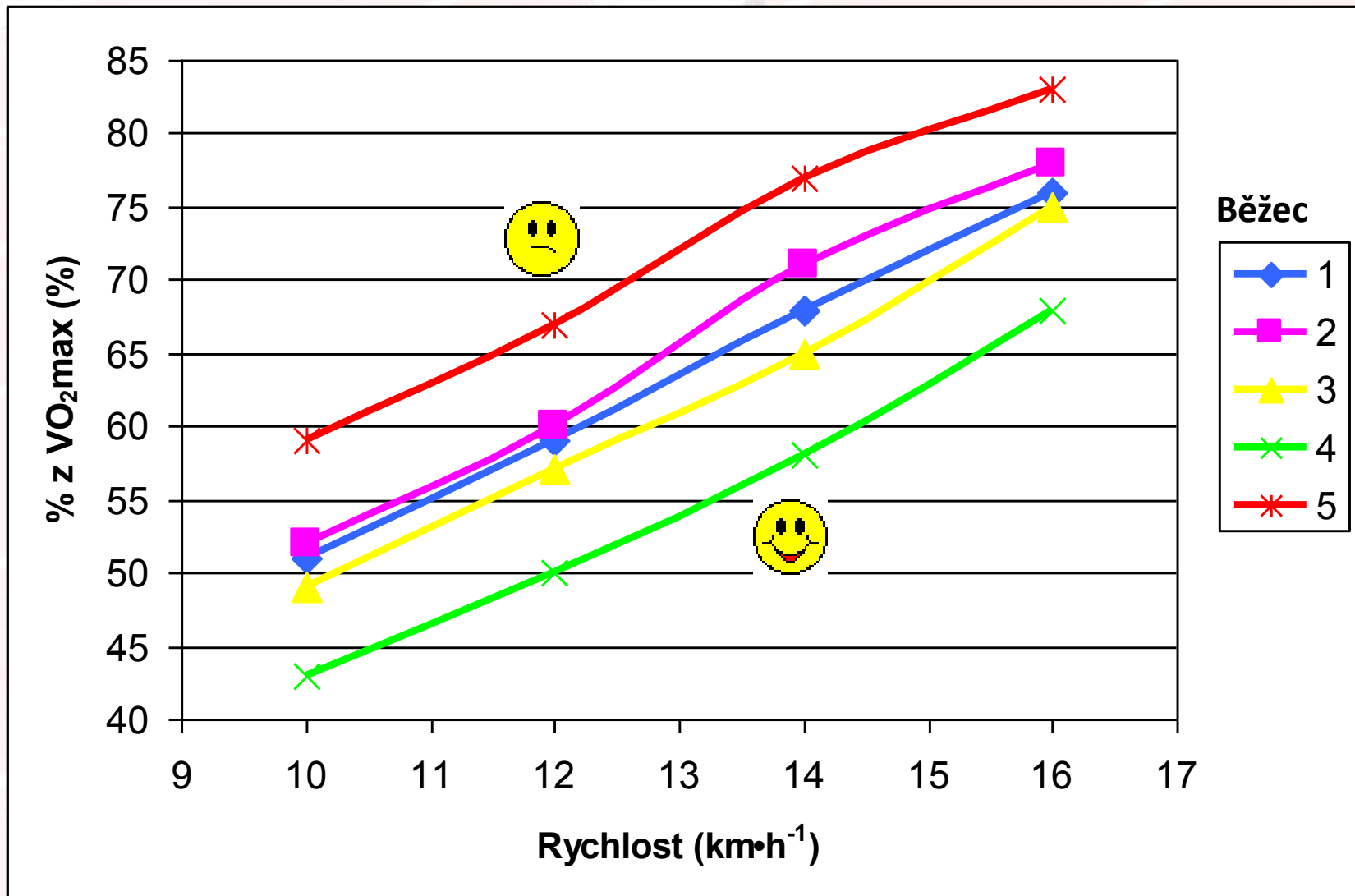
VO_2 [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]	Hodnocení ekonomiky běhu
44-47	výborná
48-50	velmi dobrá
51-54	průměrná
55-58	slabá

Modifikovaný Saltinův submaximální test

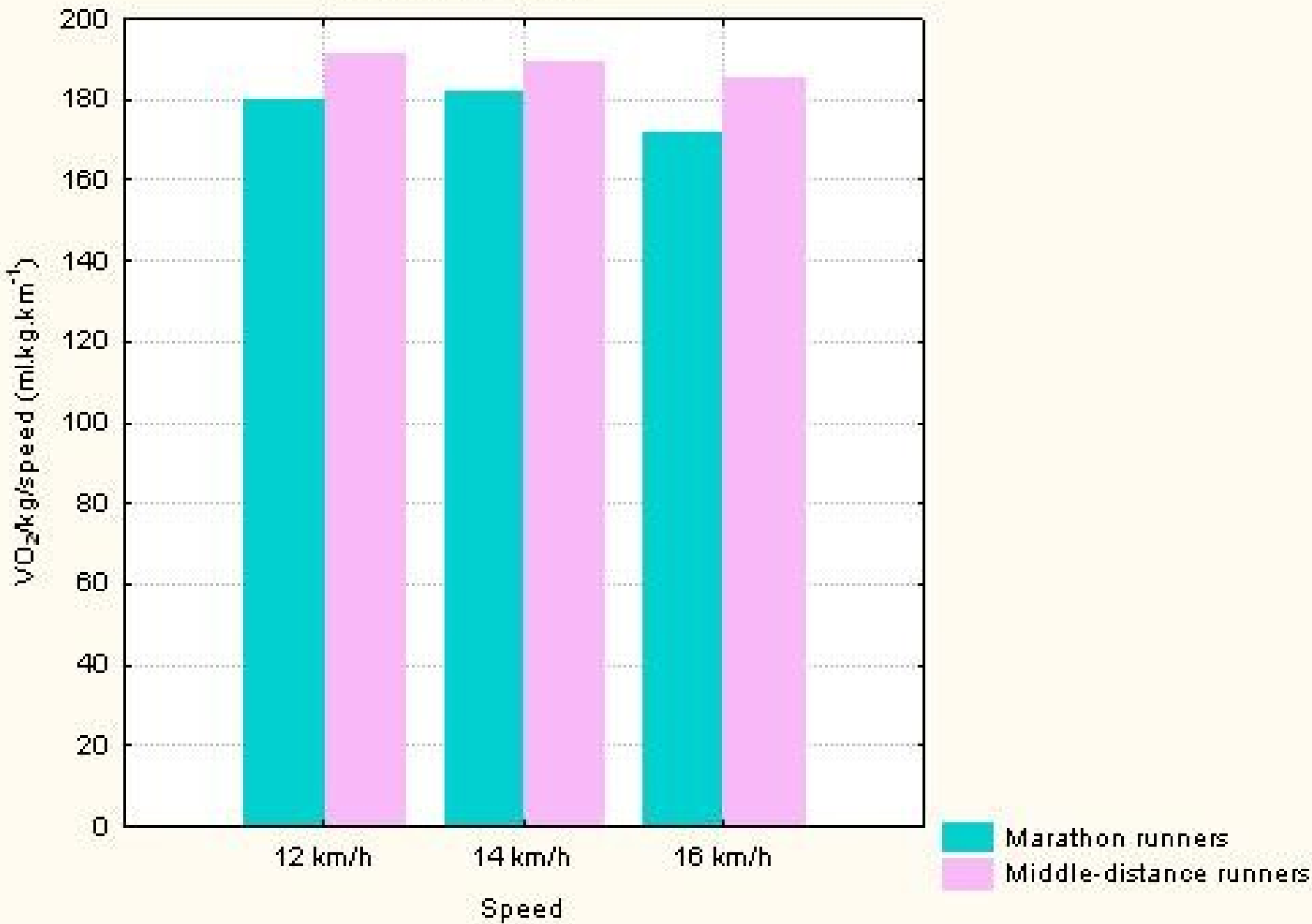
rychlost
($\text{km}\cdot\text{hod}^{-1}$)



Procenta z $VO_2\text{max}/\text{kg}$ (%) při čtyřech různých rychlostech
(10, 12, 14 a 16 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)



RUNNING ECONOMY

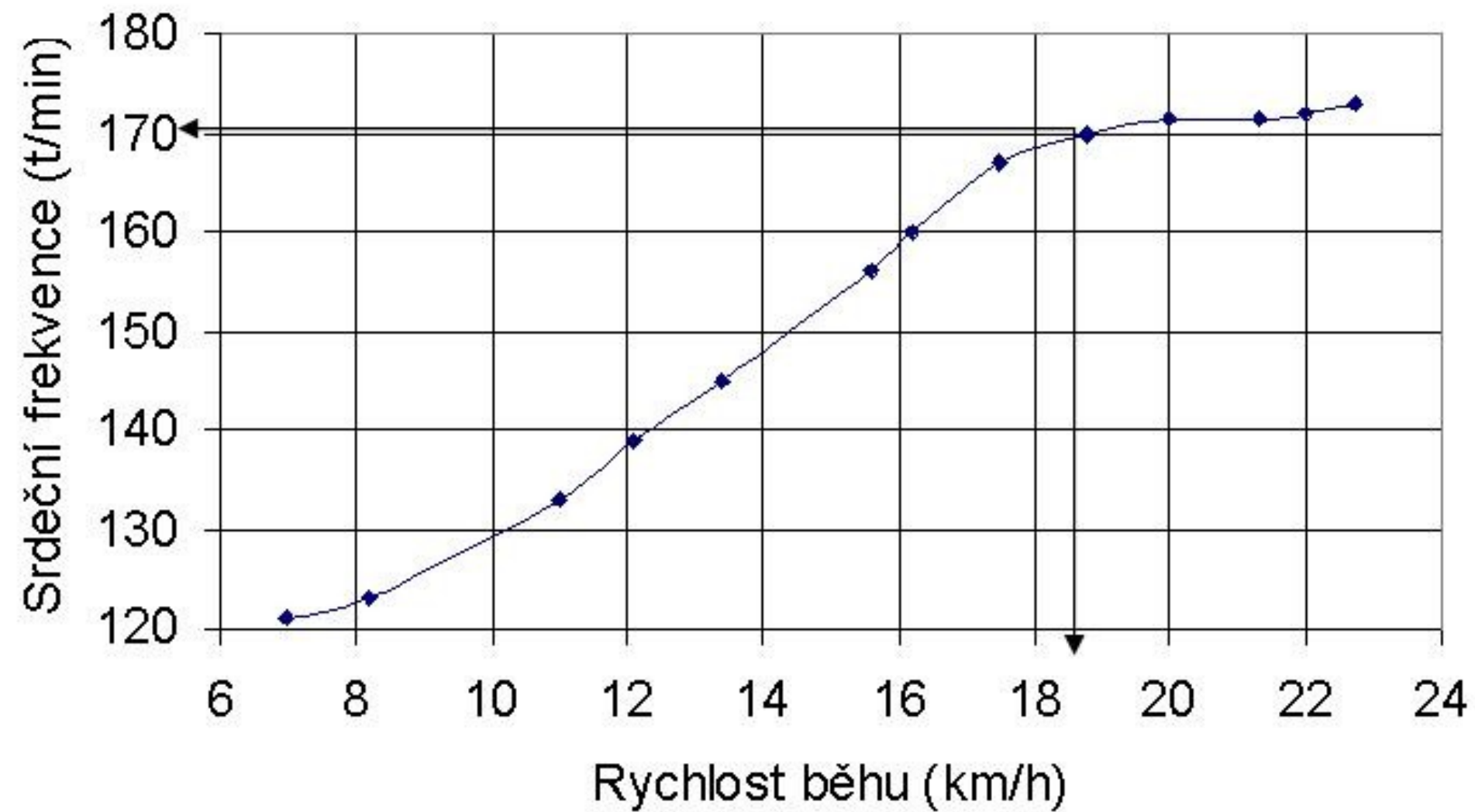


- vytrvalostní trénink posunuje laktátový práh do vyšších rychlostí běhu (Noakes, 2003)
- $VO_2\text{max}$ je nejlepším prediktorem výkonu v běhu na 5-10 km než laktátový práh (Noakes, 2003)
- Tzv. Conconiho anaerobní práh (stanovený ze závislosti SF na rychlosti běhu) nevypovídá o metabolickém prahu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

Běžec	SFmax	VO ₂ max/kg	Rychlost při VO ₂ max	VO ₂ /kg při ANP	ANP % VO ₂ max/kg	RERmax
	(tepy·m ⁻¹)	(ml·kg ⁻¹ ·m ⁻¹)	(km·h ⁻¹)	(ml·kg ⁻¹ ·m ⁻¹)		
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.

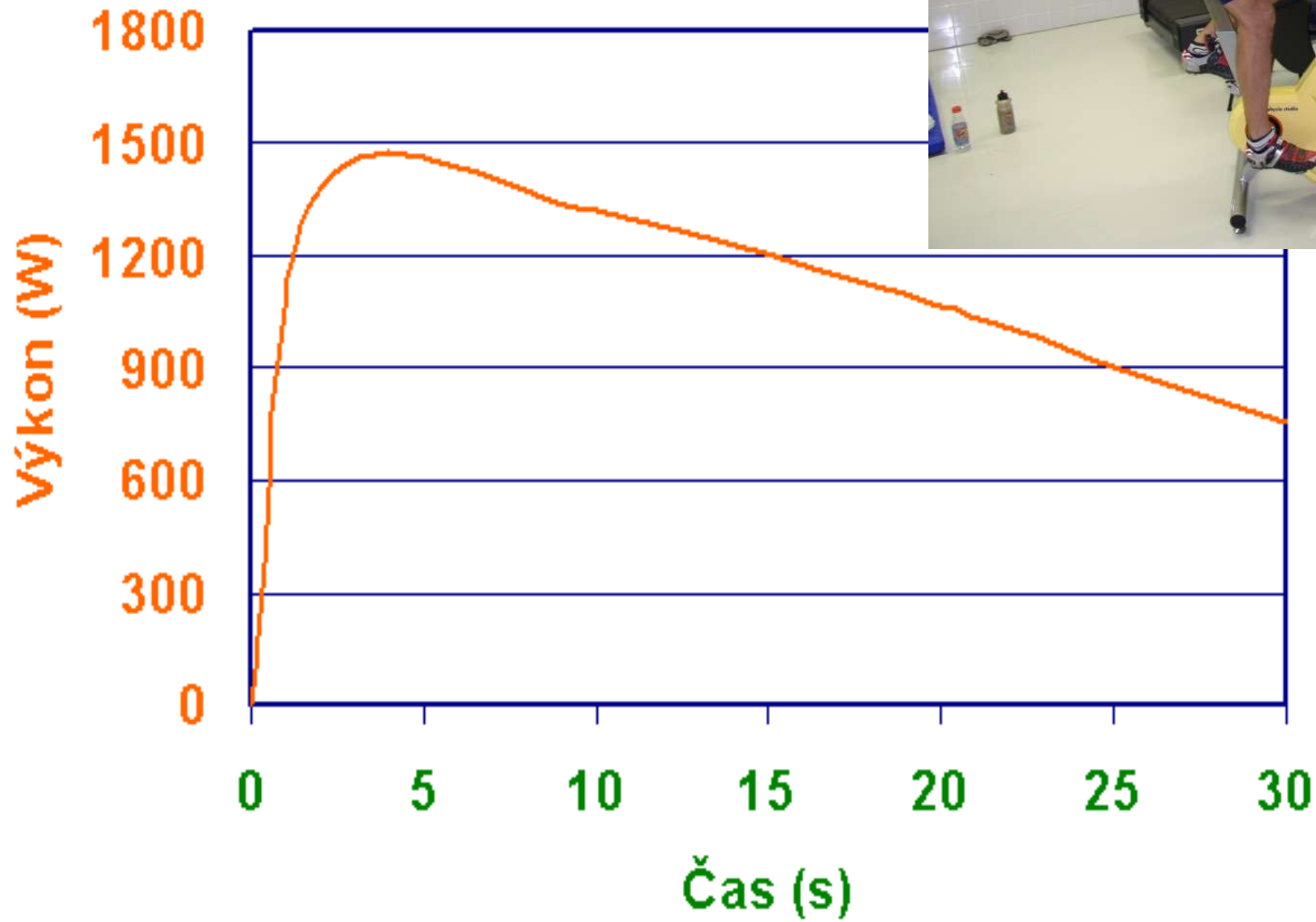
WINGATE TEST

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)

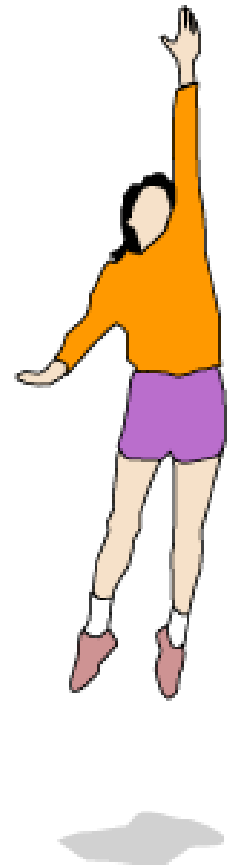
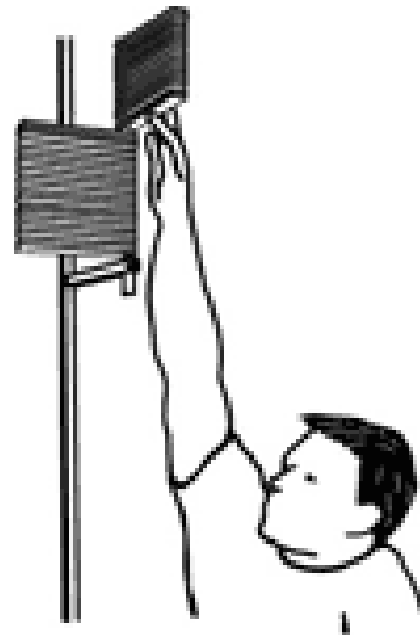
- z rozběhu po rovině 6m se vyběhne co nejrychleji do 9 schodů, měří se čas úseku 3.-9. schodu
- hlavním ukazatelem je podaný výkon, který se vypočte takto:

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

- 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

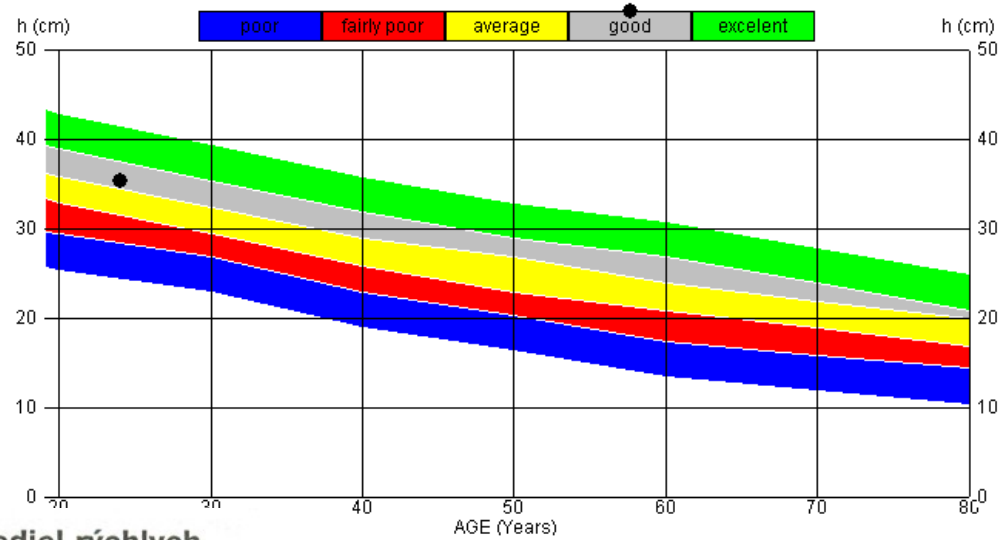


VÝSKOKOVÁ ERGOMETRIE

- 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

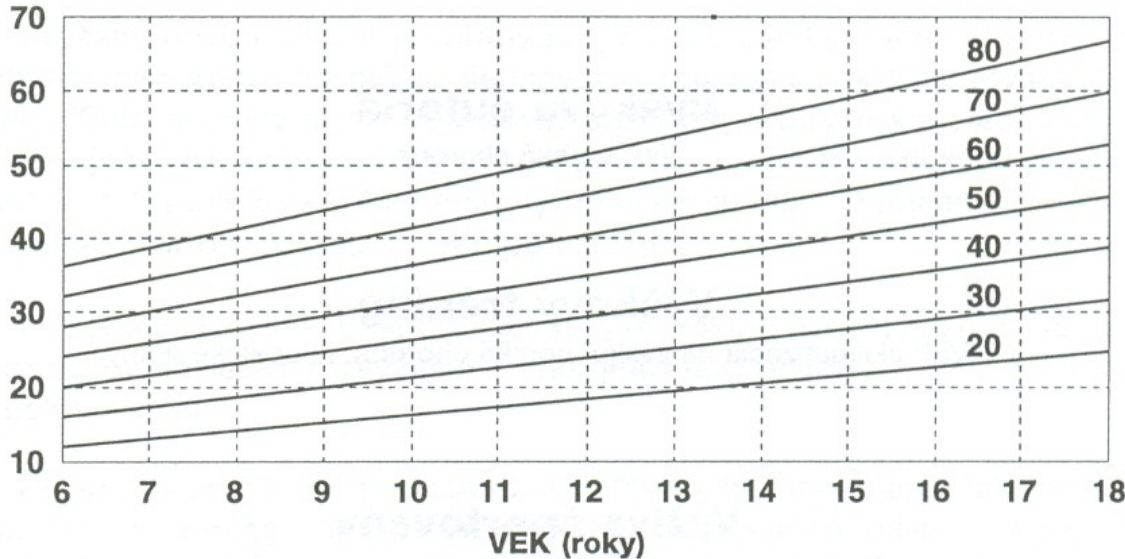


t_c (s) = doba kontaktu s podložkou
 t_f (s) = doba letu
 P (W/kg) = výkon v aktivní fázi odrazu
 \bar{P} (W/kg) = průměrný výkon
 h = výška výskoku
 v (m/s) = rychlost v závěrečném momentě odrazu
 a (m/s²) = zrychlení v aktivní fázi odrazu
 h/t_c (cm/s) = výška výskoku/doba kontaktu



Pakt (W/kg)

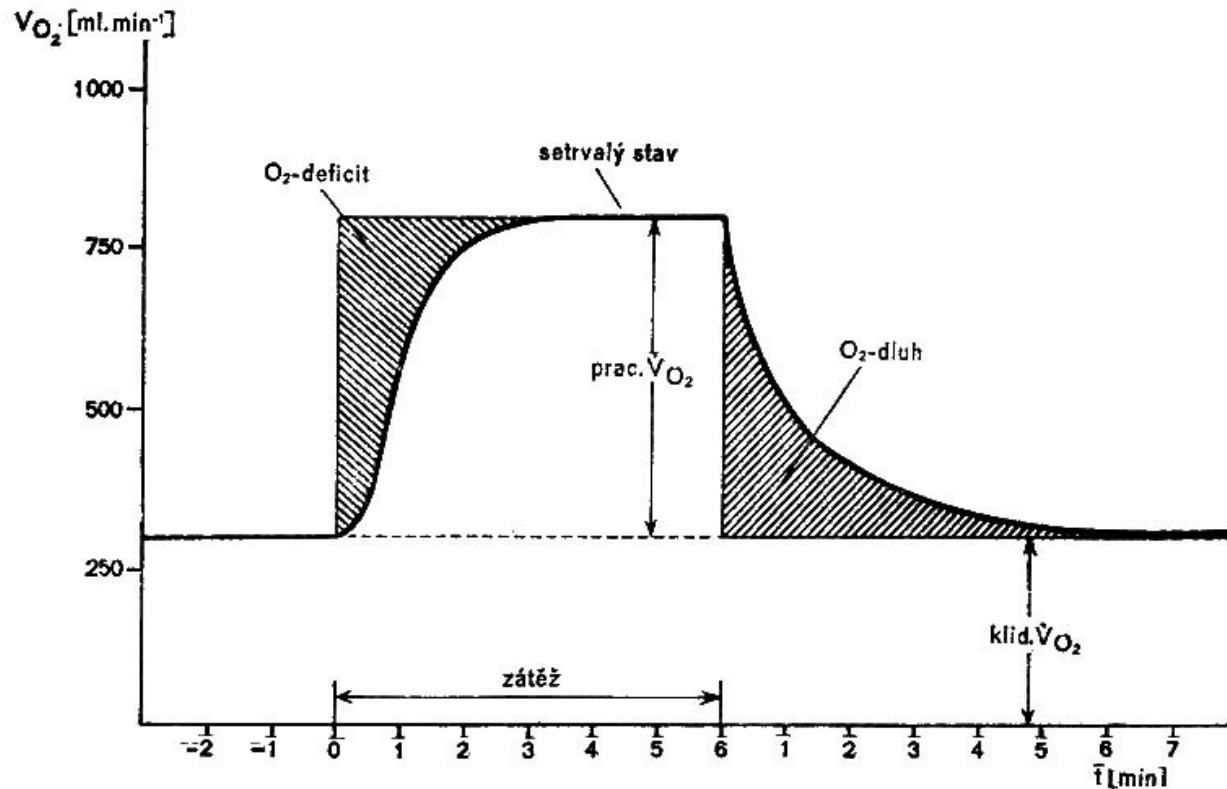
Podiel rýchlych vláken (%)



	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 vydechaného vzduchu

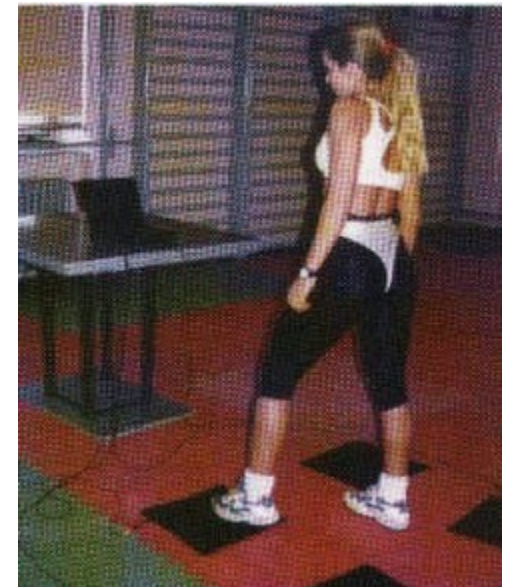


60s TEST NA BĚŽÍCÍM PÁSU

- 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

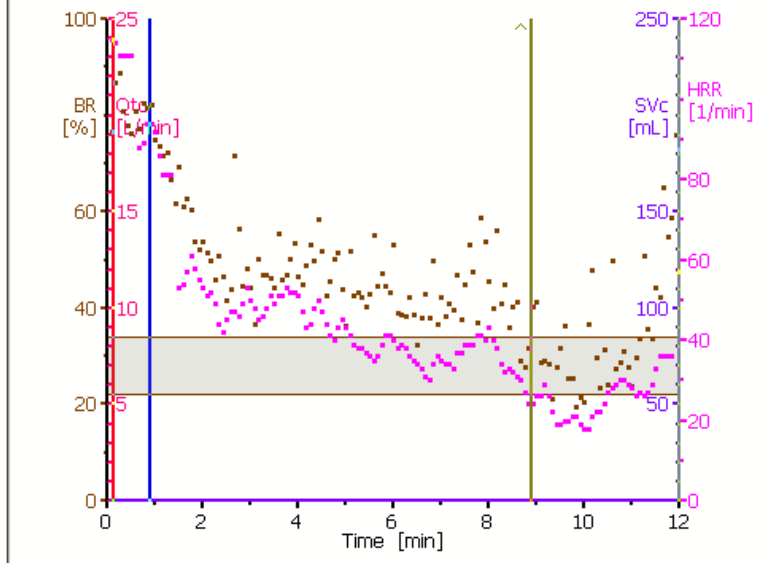
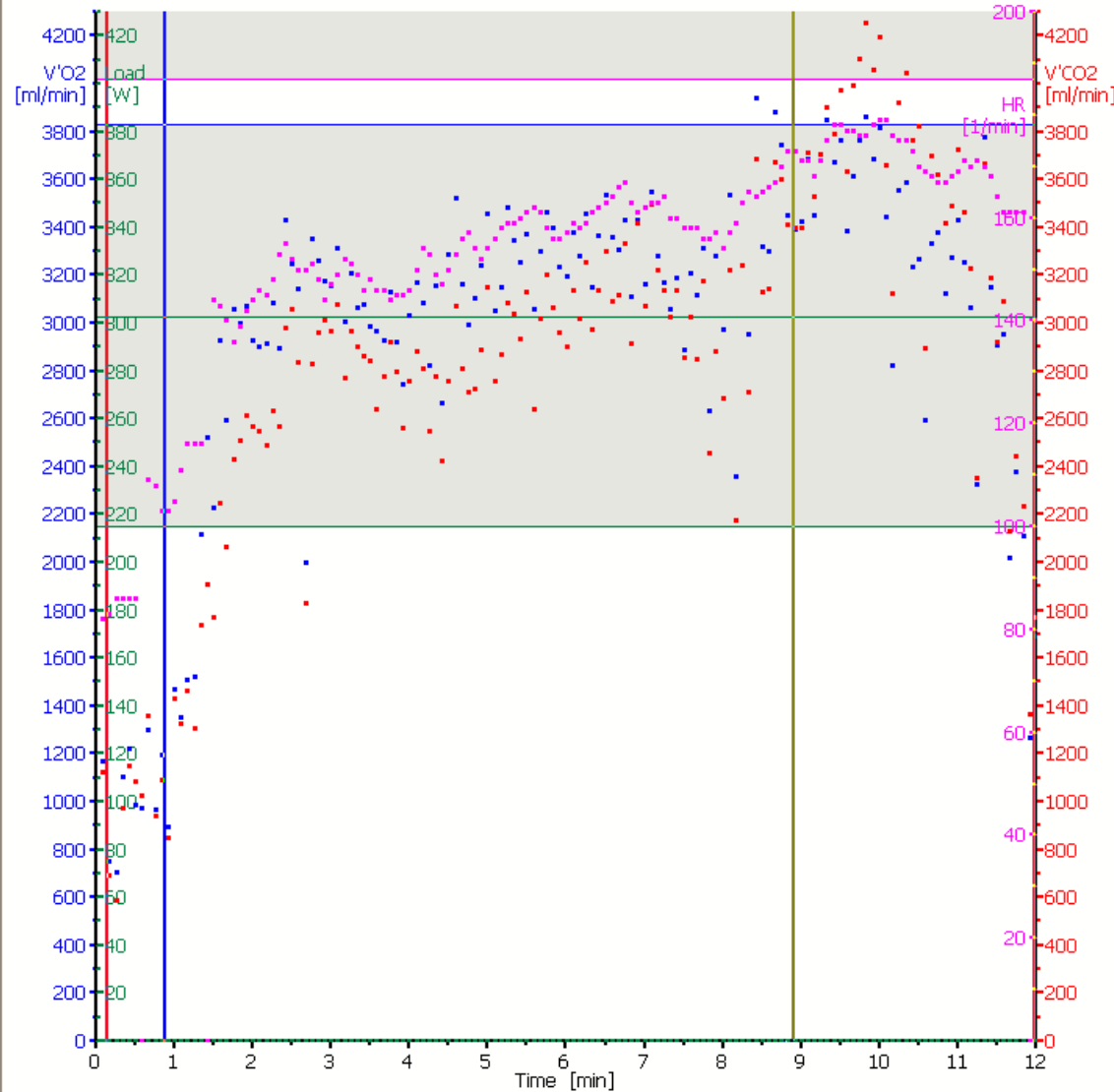
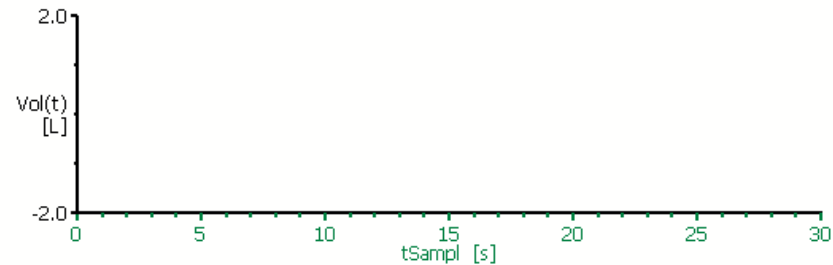


DYNAMOMETRICKÉ TESTY

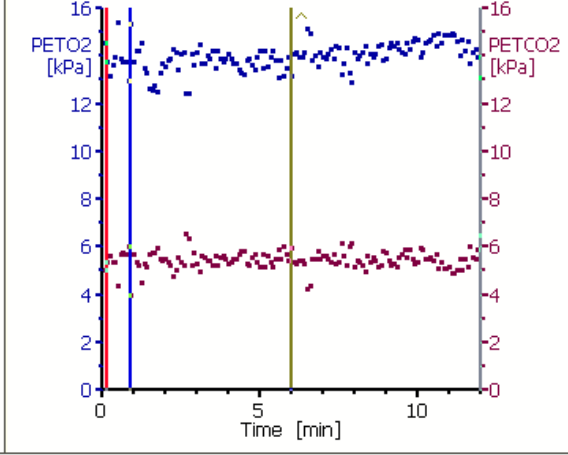
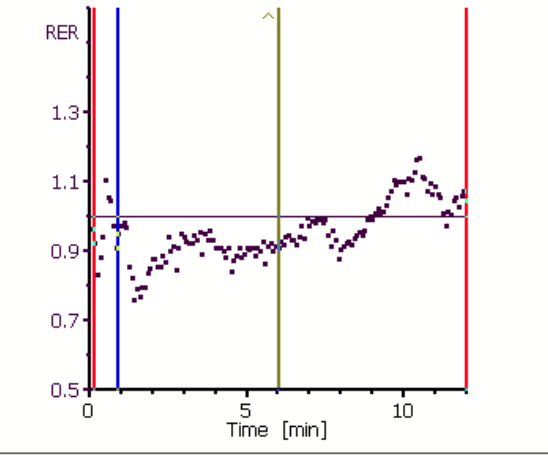
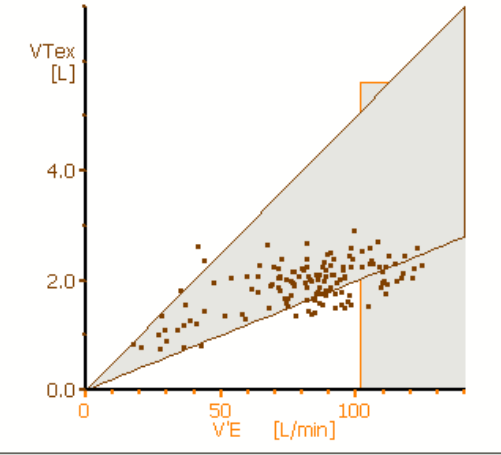
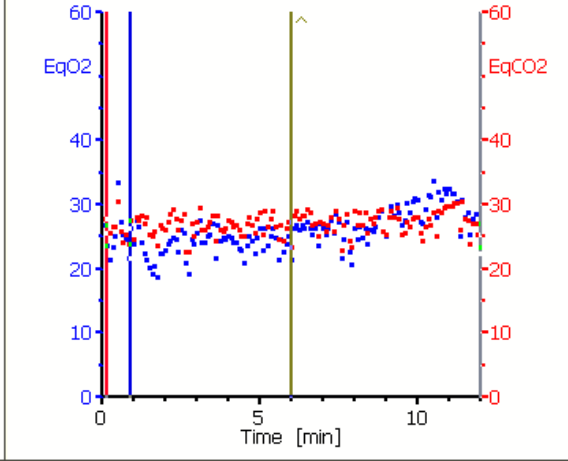
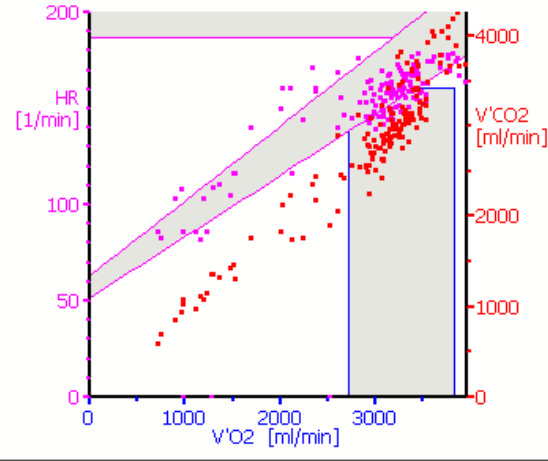
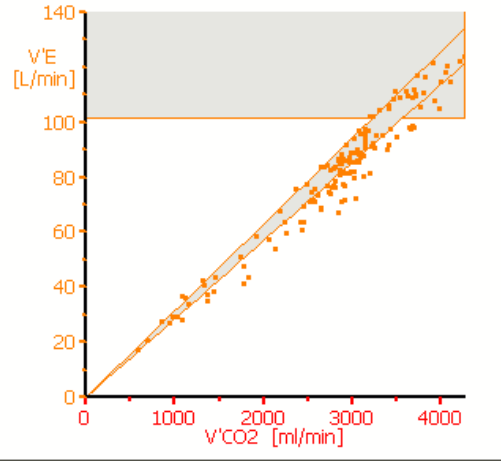
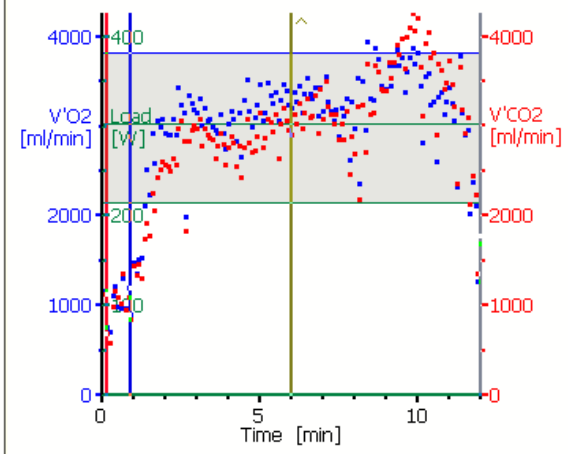
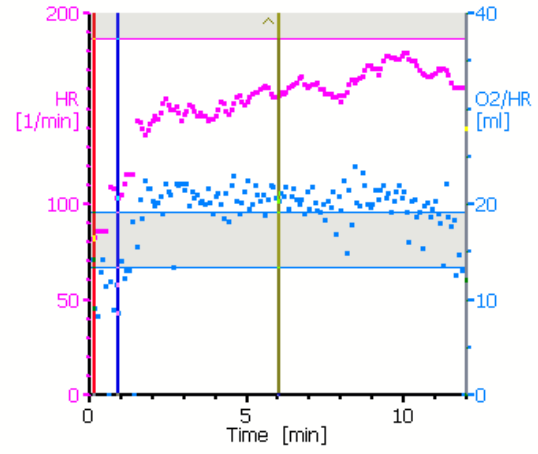
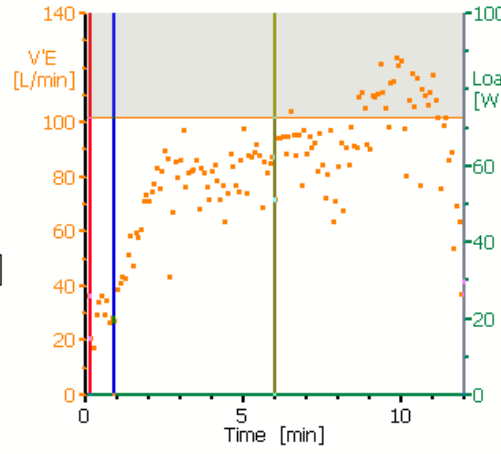
- testy silových schopností
- testování se provádí na izometrických či izokinetických dynamometrech



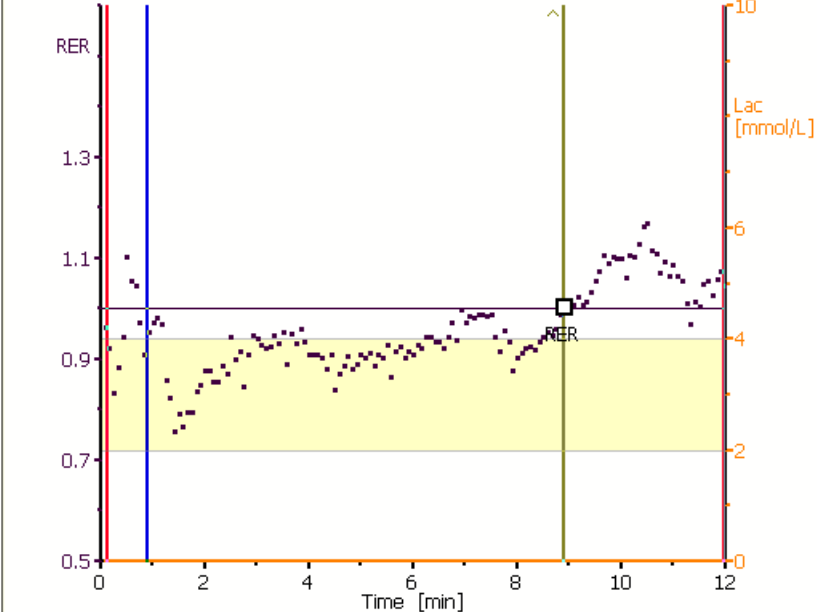
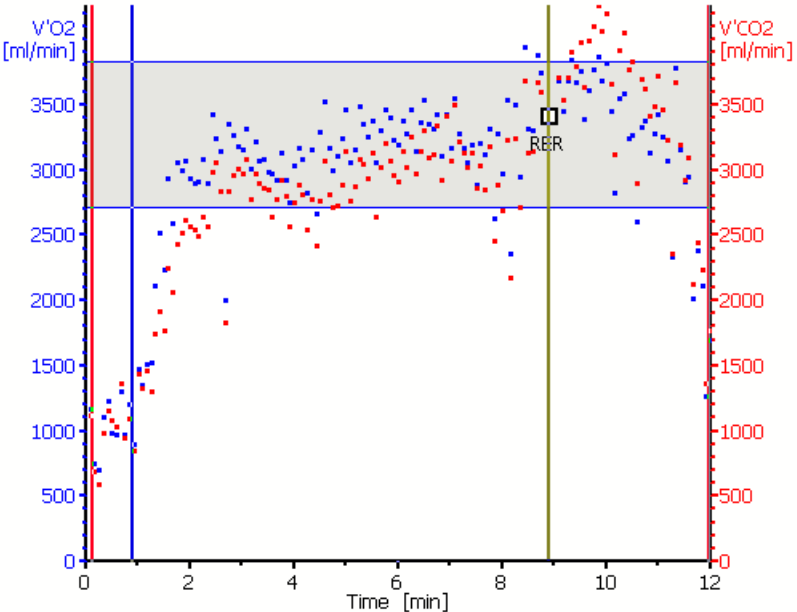
HR	HRR	O2/HR	VO2/kg
173	24	19.6	44.7



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



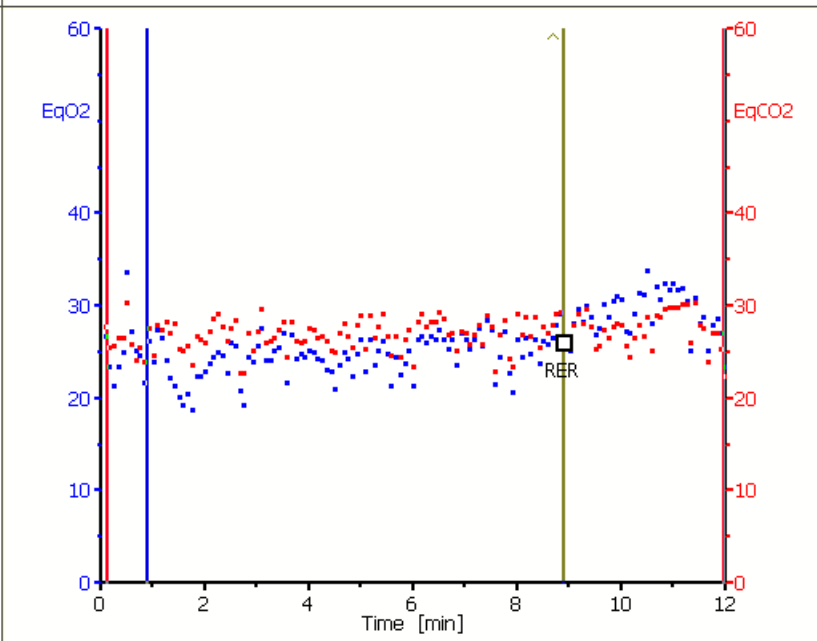
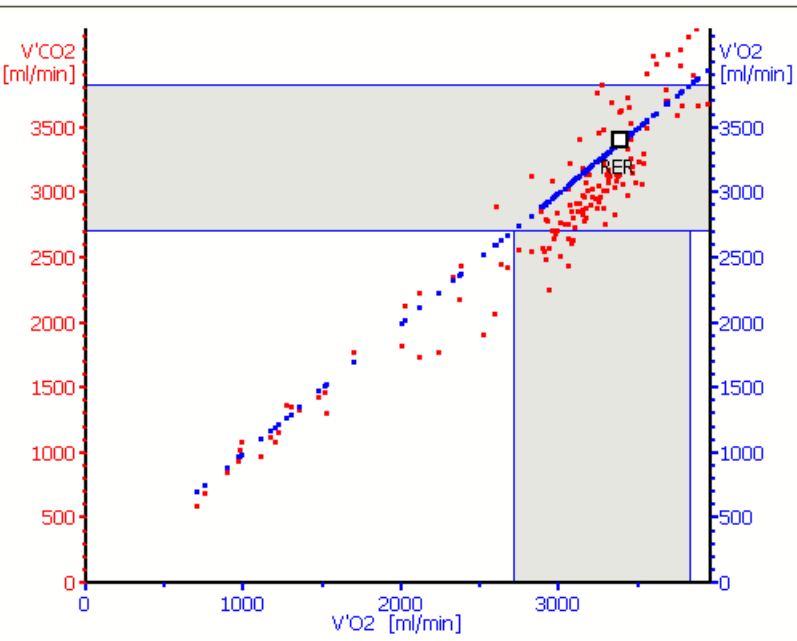
V'O2	3195
V'CO2	2904
RER	0.91
V'E	72
HR	157
Load	0
t-ph	05:07
Time	06:00



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

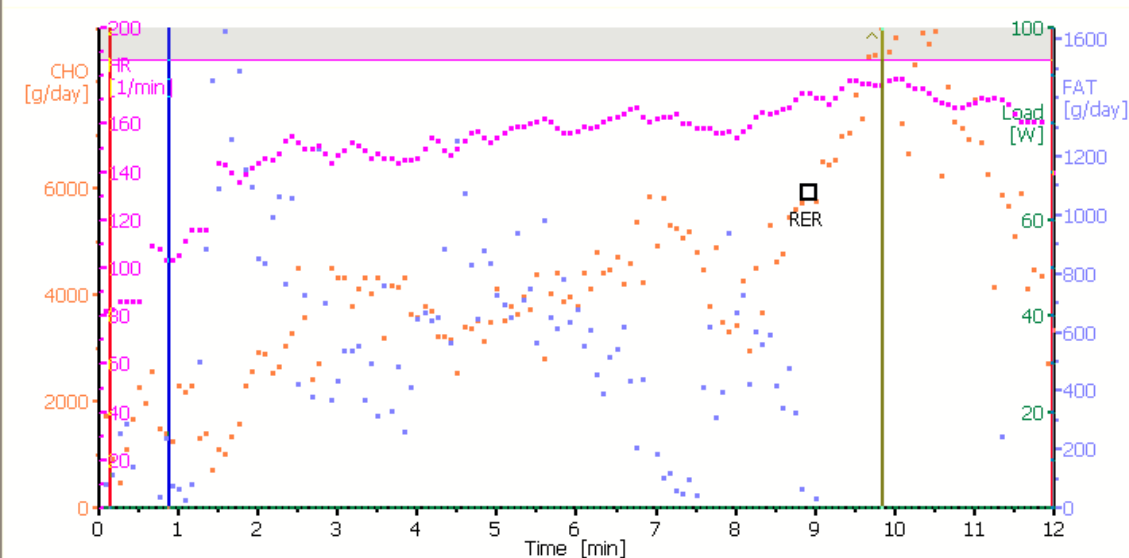
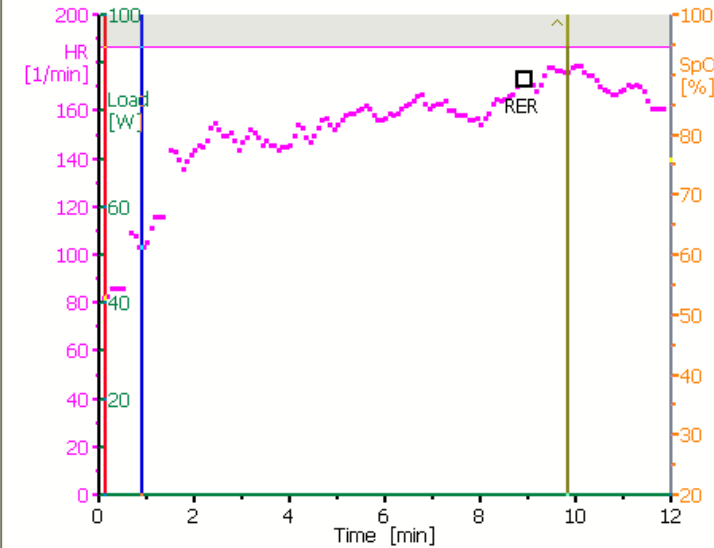
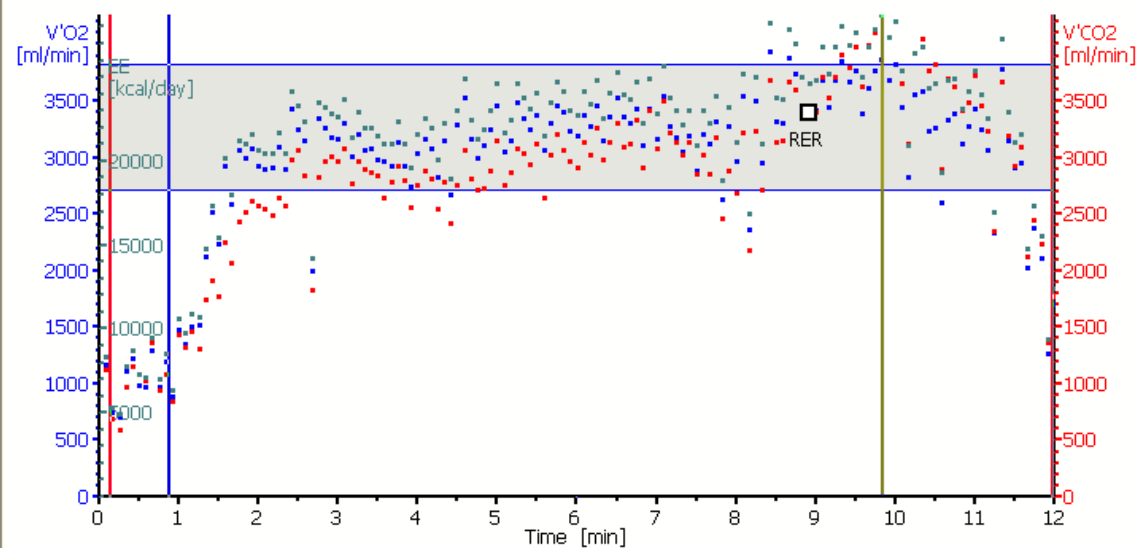
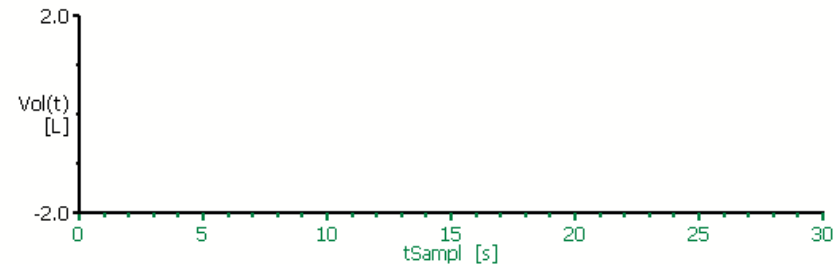
FECO2

SpO2

176

1244.58

0



V'O2

3864

CHO

9012

EE

28684

V'CO2

4256

FAT

-982

t-ph

08:57

RER

1.10

PROT

94

Time

09:50