

Zátěžové testování

MUDr.Martin Komzák, Ph.D.

Laboratorní zátěžové testy

W170

a

maximální zátěžové testy

W170

Zátěžový test zjišťující pracovní kapacitu při SF 170 tep/min.

Zátěžový test zjišťující teoretický výkon (P) [W], který by měl proband podat při SF 170 tep/min.

Fyziologický princip:

Lineární závislost (pozitivní korelace) mezi SF a intenzitou zatížení v rozsahu 120–170 (180) tep/min.

Poznámka: od 120–170 (180) tep/min se nemění systolický objem, srdeční výdej je tedy závislý jen na srdeční frekvenci. Systolický objem do 120 tep/min roste, od 170–180 tep/min klesá (krátká diastola).

W170

Další charakteristika:

- 1) Jedná se o jeden z nejstarších submaximálních testů stanovujících tělesnou zdatnost, hodnotících tréninkový efekt či vliv rehabilitačního programu...**
- 2) Předpokládalo se, že výsledek testu velmi silně koreluje s aerobní kapacitou ($VO_2\text{max}$). Dnes se ukazuje, že to platí jen pro běžnou populaci (zejména muže), ne tak úplně pro vysoce trénované sportovce, starší osoby či děti.**
- 3) SF 170 tep/min je přibližnou hodnotou, při které se u mladého zdravého jedince nalézá anaerobní práh. Pro starší či nemocné osoby (mají sníženou SFmax i SF při AnP) se někdy volí modifikace W150 či W130.**

W170

Zařízení: - **bicyklový ergometr**
 - **monitor SF**

Vlastní provedení:

- 1) 2(někdy 3–4)stupňová ergometrie. Mezi stupni většinou pauza cca 1 min, která však nemusí být.**
- 2) trvání každého stupně 4–6 min (dosažení setrvalého stavu)**
- 3) na konci každého stupně se měří SF (v posledních 15 s)**
- 4) intenzita zatížení [W] by měla být taková, aby SF byla :**
 - na konci 1. stupně asi 120–140 tep/min**
 - na konci 2. stupně asi 140–160 tep/min**

W170/kg

Intenzita zatížení na kg hmotnosti (W/kg) při TF 170/min:

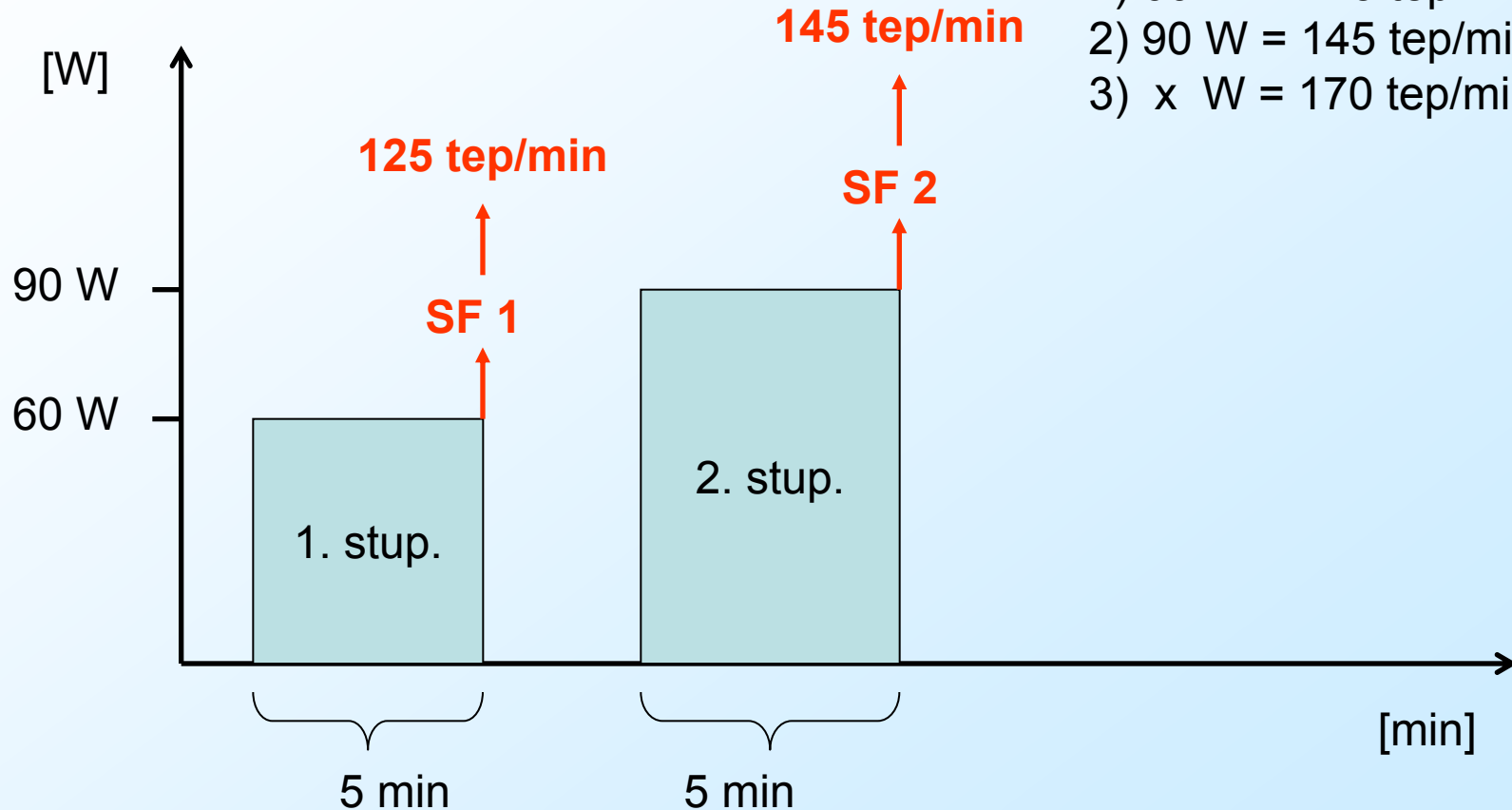
		a děti	trénovaní
1. stupeň	1,5 W/kg	1 W/kg	≥ 2 W/kg
2. stupeň	2 W/kg	1,5 W/kg	$\geq 2,5$ W/kg

Výsledný výkon je závislý i na frekvenci šlapání, která by měla být udržována v rozsahu 5 otáček/min.

Optimální frekvence pro netréované je 60 ot/min (tedy 55–65), pro trénované vyšší (až 85–95). Čím vyšší wataž, tím je potřeba vyšší frekvence otáček.

W170

Schéma provedení (60 kg):

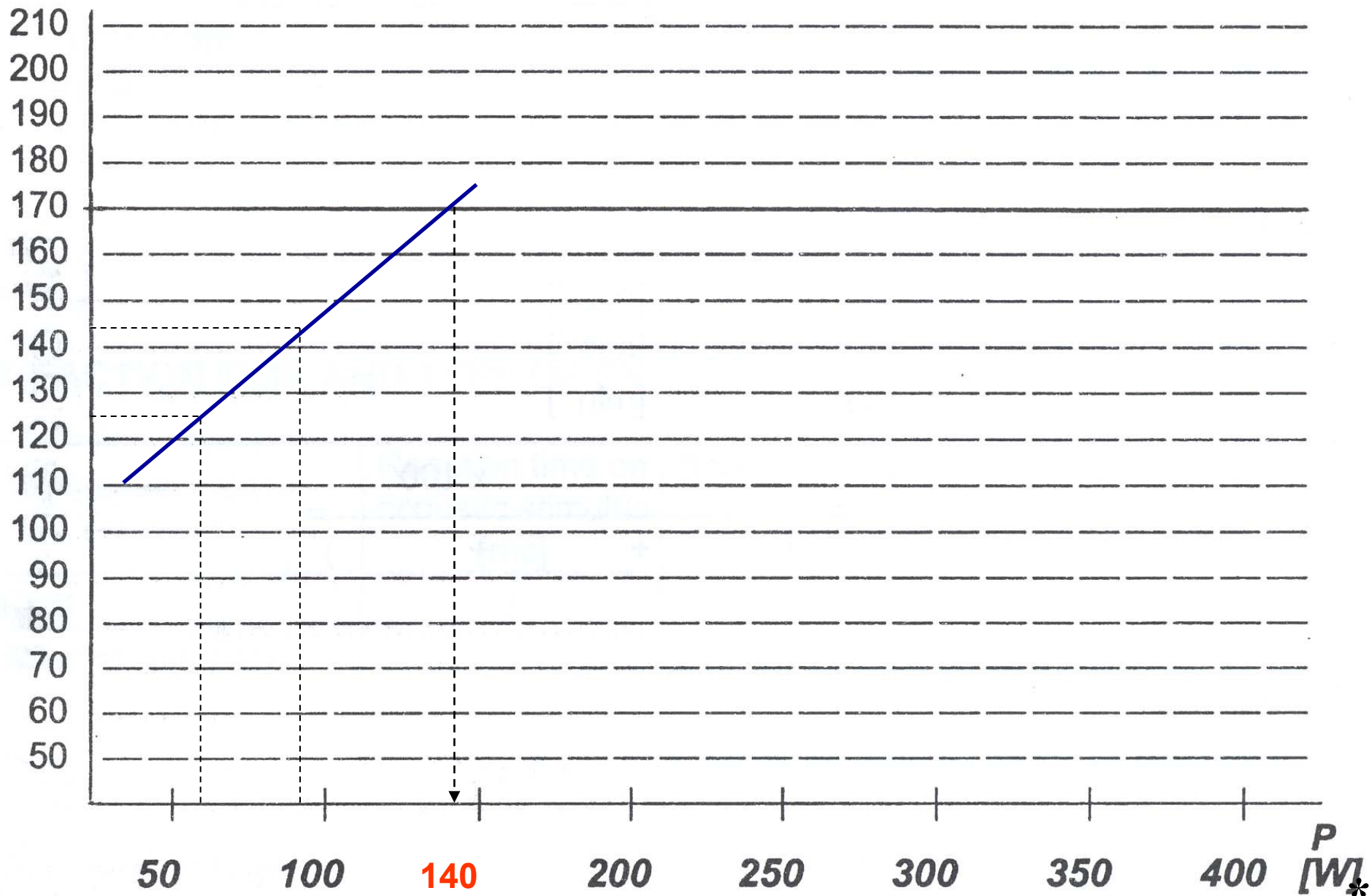


Výsledek testu:

- 1) 60 W = 125 tep/min
- 2) 90 W = 145 tep/min
- 3) x W = 170 tep/min

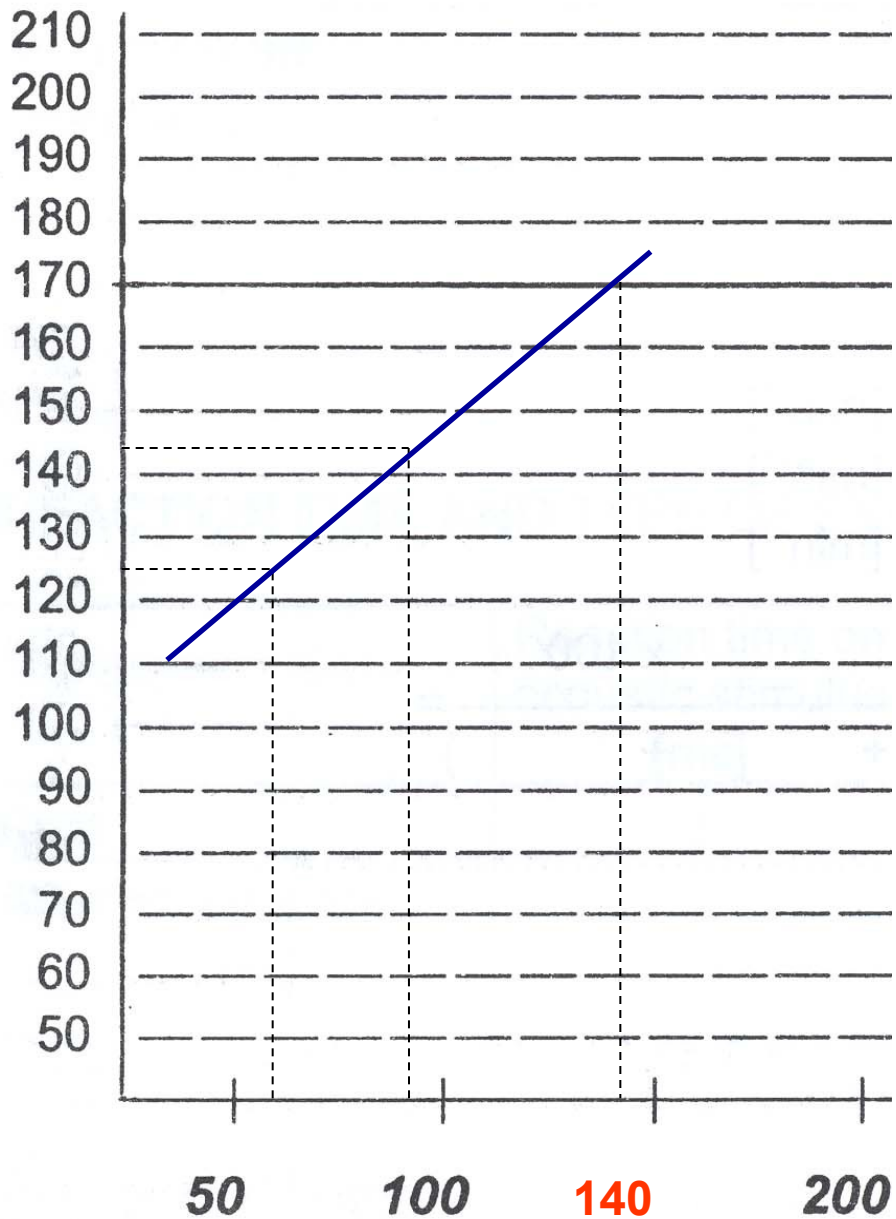
Grafické zjištění W170 extrapolací

HR
[min⁻¹]



HR
[min⁻¹]

Grafické zjištění W170 extrapolací



Výsledek testu:

1) 60 W = 125 tep/min

2) 90 W = 145 tep/min

3) 140 W = 170 tep/min

Index W170:

140 W : hmotnost (60) = **2,33 W/kg**

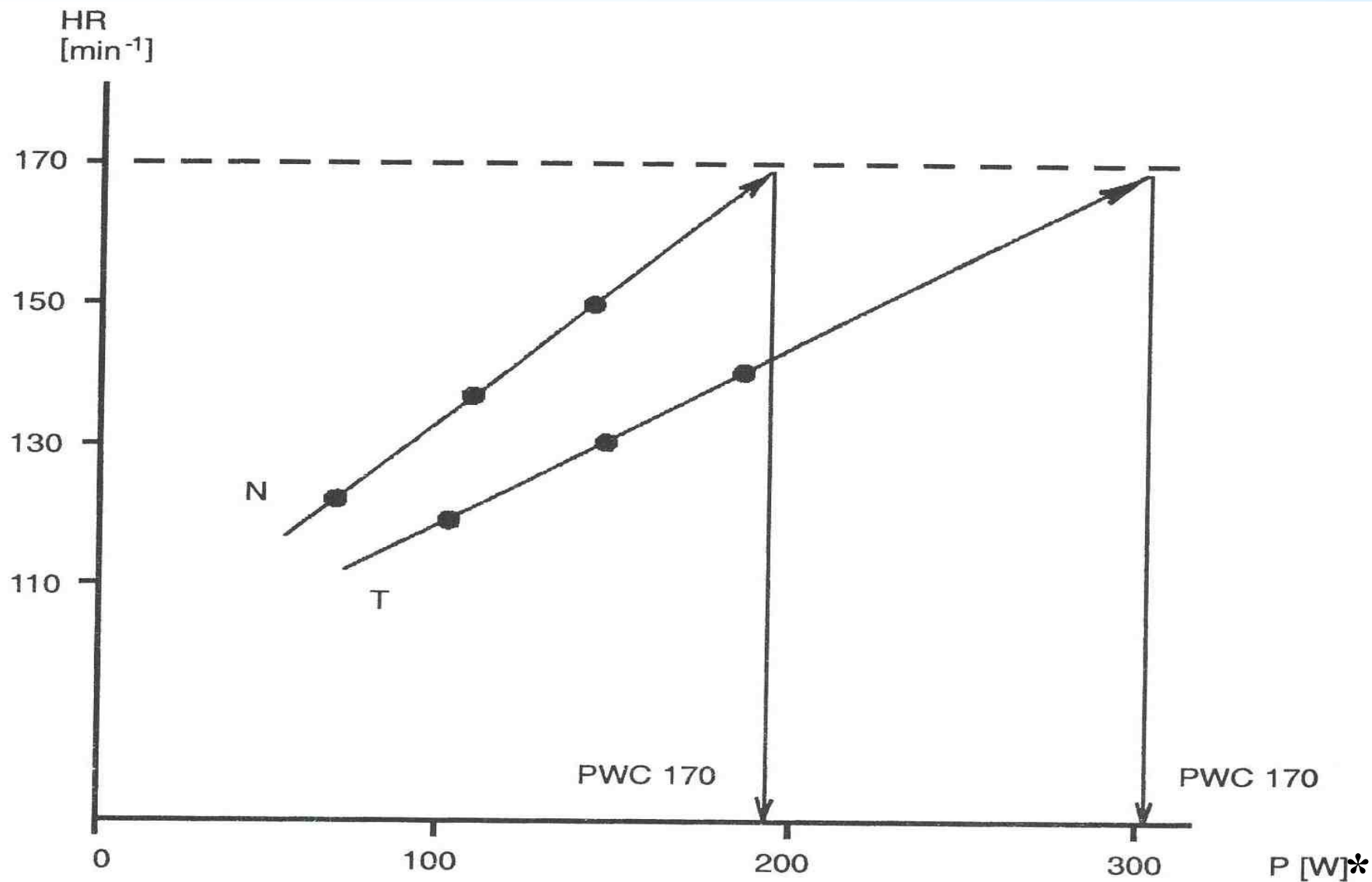
W170

Populační normy:

Age [years]	Male		Females	
	[W]	[W.kg ⁻¹]	[W]	[W.kg ⁻¹]
18	178	2.7	103	1.8
20	185	2.7	106	1.8
22	190	2.7	107	1.8
25	193	2.7	109	1.8
30	194	2.6	112	1.8
35	195	2.6	115	1.8
40	195	2.5	118	1.8
45	195	2.4	121	1.8

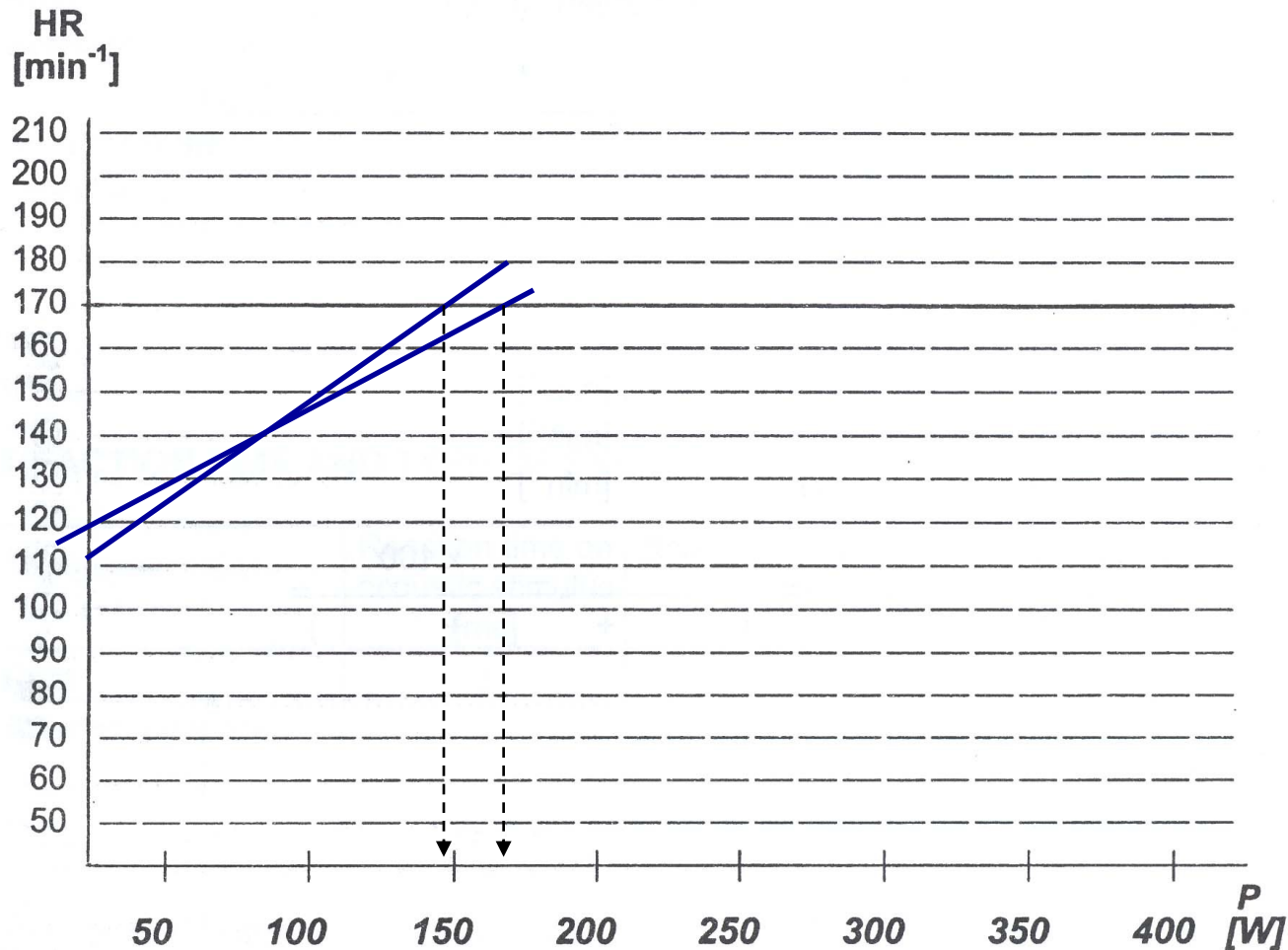
(Heller, 2005)

Srovnání netrénovaného (N) a trénovaného (T) jedince při použití 3 stupňů:



W170

K vytvoření přímky stačí dva body, tedy k provedení W170 by měly stačit dva zátěžové stupně. Někteří autoři však doporučují alespoň tři, což umožní redukovat na minimum případnou chybu.



W170

Problém:

Pokud bude SF na konci prvního stupně nižší jak 120, nemusí platit lineární vztah. V tom případě je vhodné přidat třetí stupeň.

Maximální zátěžové testy

Laboratorní testy, při kterých je intenzita zatížení postupně zvyšována až do maxima.

Smyslem je zjistit zejména $VO_2\text{max(peak)}$ - výkonnost kardiovaskulárního systému a tak určit pracovní kapacitu či pracovní toleranci.

Někdy označovány jako **spiroergometrie**.

Pracovní kapacita je výkon dosažený bezprostředně před výskytem projevů zejména ischemie na EKG, které jsou důvodem k ukončení testu. U pacientů s ischemií v klidu je nulová. *Pracovní tolerance* je nejvyšší tolerované zatížení, při kterém bylo dosaženo kritérii k ukončení maxima.

Maximální zátěžové testy

Zdroje zatížení:

- bicyklový ergometr
- běžecký pás
- klikový ergometr

Další zařízení:

- monitor srdeční frekvence
- analyzátor dechových plynů
 - elektrochemicky či infračerveně měřící O_2 a CO_2 v nadechovaném a vydechovaném vzduchu (*každý den nutno kalibrovat pomocí směsi plynů o známe koncentraci: například CO_2 – 5 %, O_2 – 15 %, zbytek N_2*)
 - průtokovým snímačem měřící objem nadechnutého a vydechutého vzduchu (*nutnost kalibrace před každým měřením pomocí průtokové pumpy*)

Spiroergometrická jednotka

Směs kalibračních plynů

Kalibrační pumpa

Běžný PC

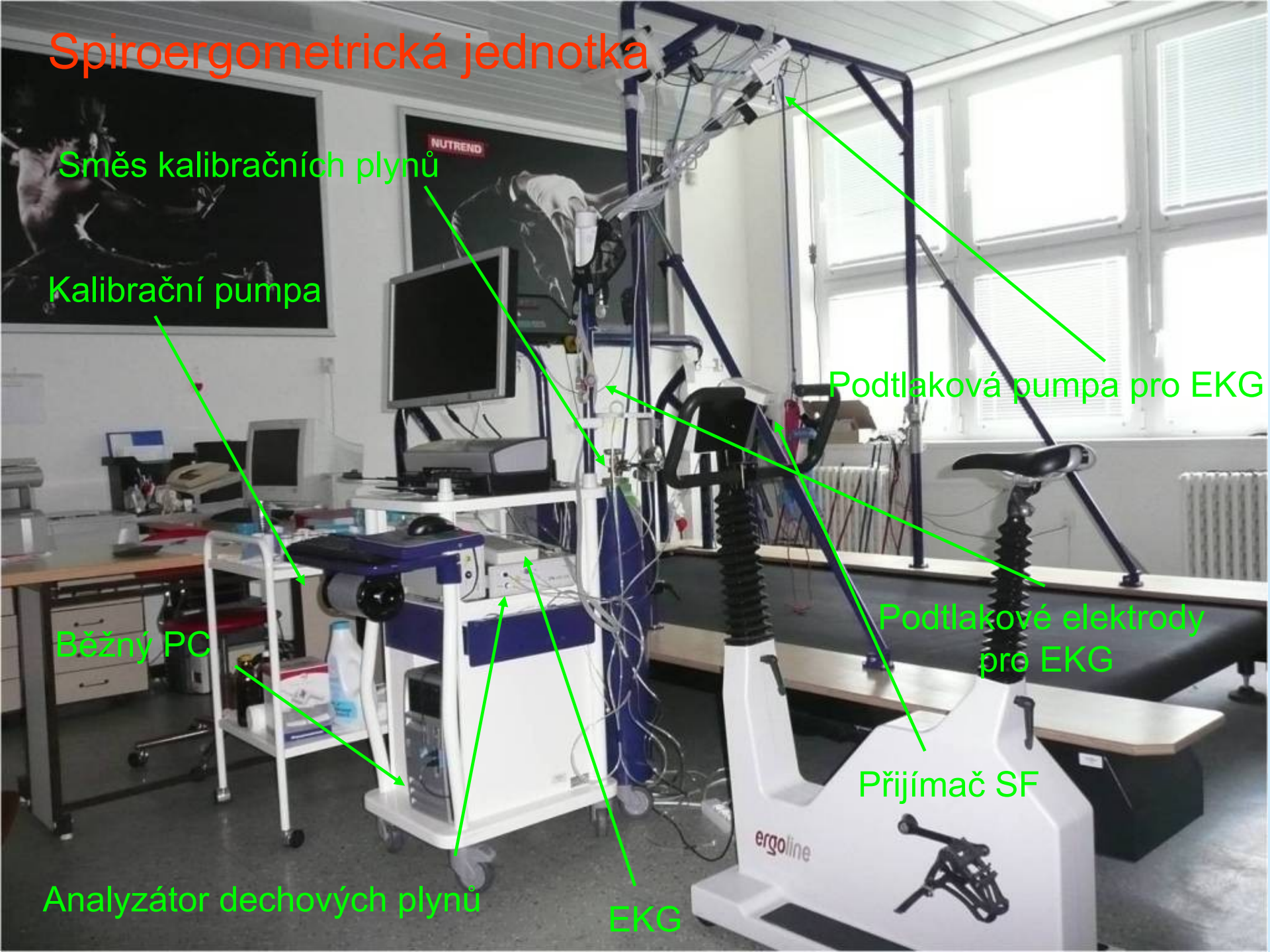
Analyzátor dechových plynů

EKG

Podtlaková pumpa pro EKG

Podtlakové elektrody pro EKG

Přijímač SF



Analyzátor dechových plynů

Na základě rozdílů v koncentraci O_2 (CO_2) v nadechnutém a vydechnutém vzduchu v daném dechovém objemu stanovuje spotřebu O_2 a výdej CO_2 .

Z dechové frekvence a dechového objemu stanovuje ventilaci.

Testovaná osoba má náustek a svorku na nose, nebo masku.

Náustek – vysychání sliznice, diskomfort, ale menší mrtvý prostor

Maska – vyšší komfort (možno dýchat i nosem), ale možné zkreslení výsledků velkým mrtvým prostorem (hromadění CO_2) + netěsnost.



Odběr vzorku vzduchu pro analýzu množství CO_2 a O_2

Informace o objemu nadechnutého a vydechnutého vzduchu

Musí dokonale těsnit





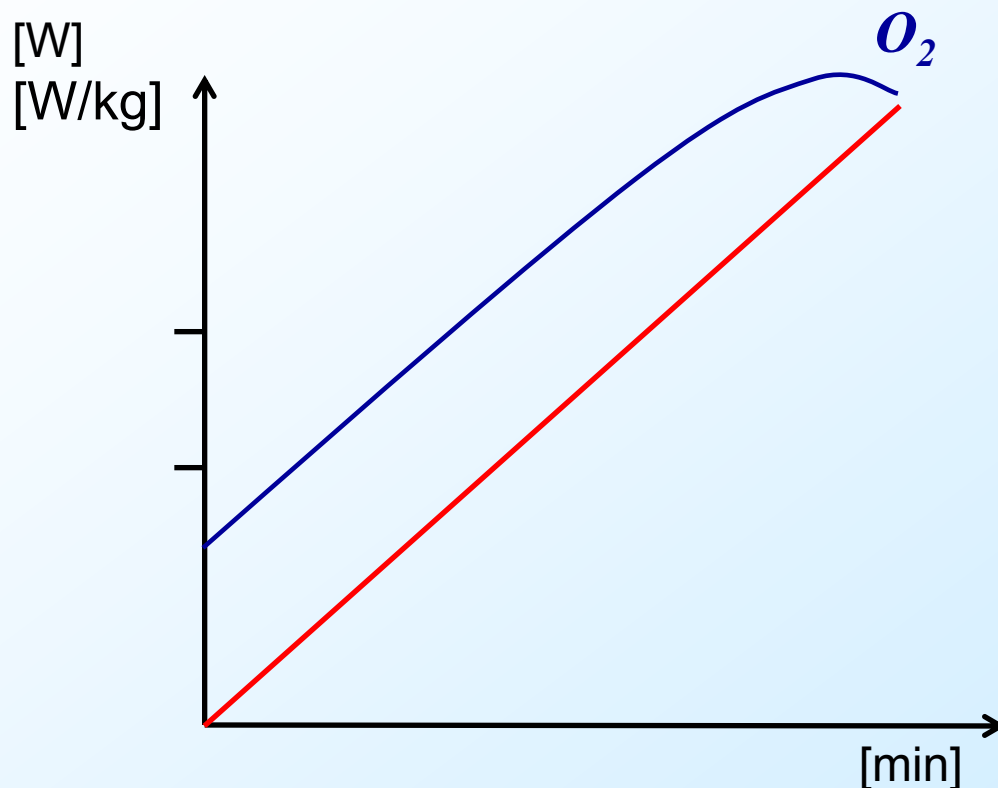
Průtokový snímač pracující na principu rozdílných tlaků před a za membránou.

Před každým měřením musí být desinfikován a kalibrován pomocí kalibrační pumpy.

Maximální zátěžové testy

Zvyšování zatížení:

- kontinuální (rampový) test



Zatížení [W] je zvyšováno plynule bez zjevných stupňů až do maxima.

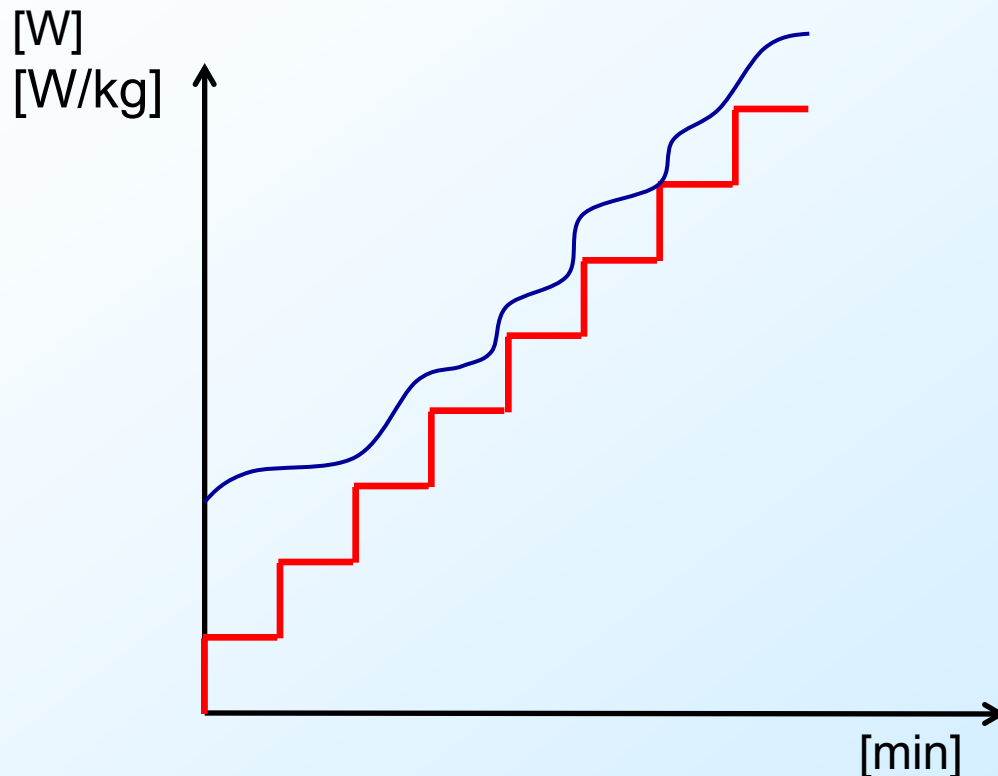
Problém: zpoždění v dynamice zvyšování spotřeby O_2 znamená, že daná spotřeba nemusí odpovídat danému zatížení při kterém byla změřena.

Spotřeba O_2 se zvyšuje plynule.

Maximální zátěžové testy

Zvyšování zatížení:

- stupňovaný test



Zatížení [W] je zvyšováno po stupních od nejnižších nastavitelných hodnot (cca 20 W) až do maxima a to po:

0,5; 1; 2–5 min.

Spotřeba O_2 by měla na konci každého stupně odpovídat danému zatížení.

Spotřeba O_2 se „stabilizuje“, dosahuje jistého setrvalého stavu na každém stupni.

*

Maximální zátěžové testy

Zvyšování zatížení:

Každou minutu (stupeň) nárůst asi o 1/3 W/kg hmotnosti. VO₂ by se neměla mezi stupni zvýšit o víc jak 3 METs. (Jinak hrozí předčasné ukončení z důvodu svalové neschopnosti přizpůsobit se danému zvýšení.)

- 75 kg = 25 W/min
- 60 kg = 20 W/min

Celkové trvání testu by mělo být 8–12 min.

Bylo zjištěno že v případě jak kratšího, tak i delšího trvání byly dosažené hodnoty VO₂max nižší. Při kratším nebyl čas pro přizpůsobení se zatížení a mohlo dojít k předčasnému „zakyselení“. V případě delšího již dochází k únavě.

Obecně delší testy s menšími nárůsty jsou vhodnější pro méně trénované (starší)

Maximální zátěžové testy

Zvyšování zatížení:

Netrénovaný muž

$W_{max} = 175$ (cca) . Pokud se bude zvyšovat zatížení každou minutu o 25 W, trvání bude 7 minut.

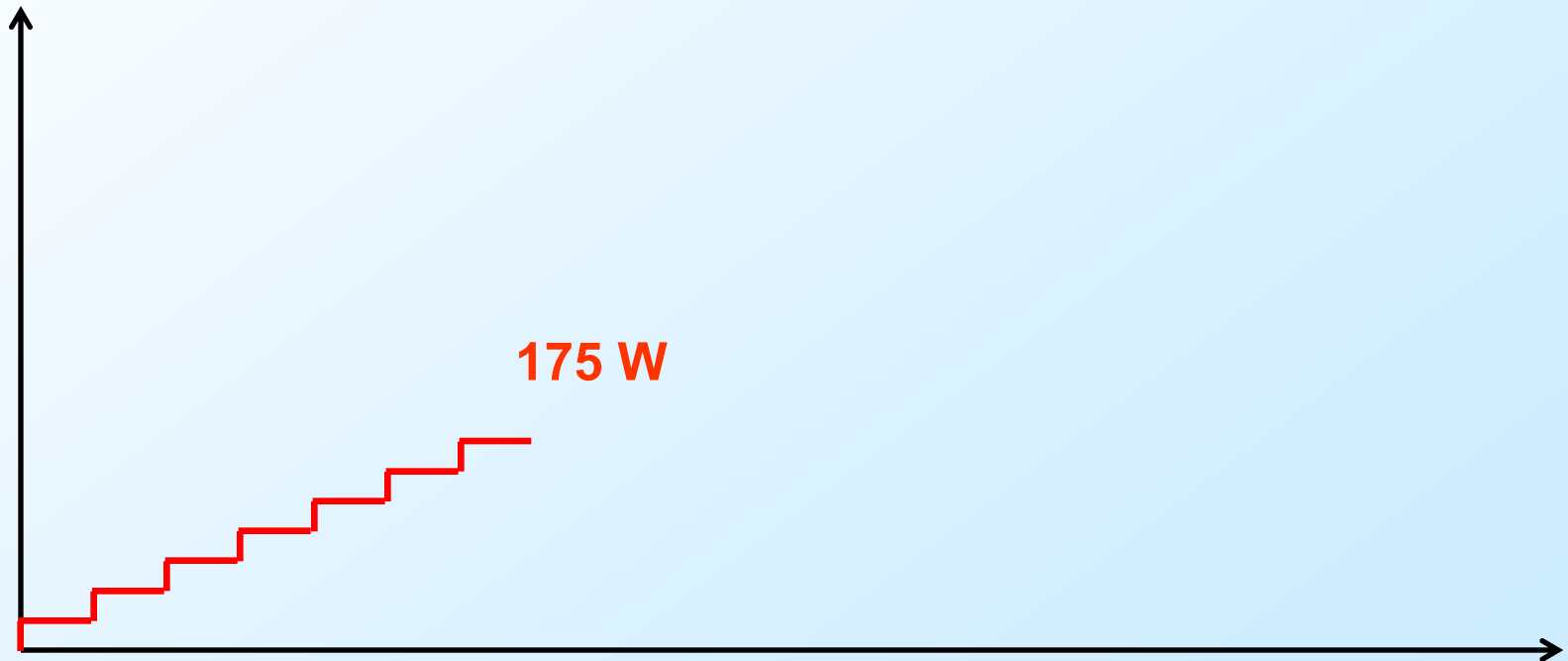
Trénovaný cyklista

$W_{max} = 550$ (i víc). Pokud se bude zvyšovat zatížení každou minutu o 25 W, trvání bude 22 minut. Proto jednak zvýšení nárůstu zatížení (na 30 W), jednak úprava iniciální fáze testového protokolu spočívající v:

- 1) 4–5 min rozcvičení na konstantní nízké–střední intenzitě**
- 2) vlastní test začne na výkonu odpovídající individuálnímu anaerobnímu prahu**

Maximální zátěžové testy

Netrénovaný 7 stupňů x 25 W = 175 W



Maximální zátěžové testy

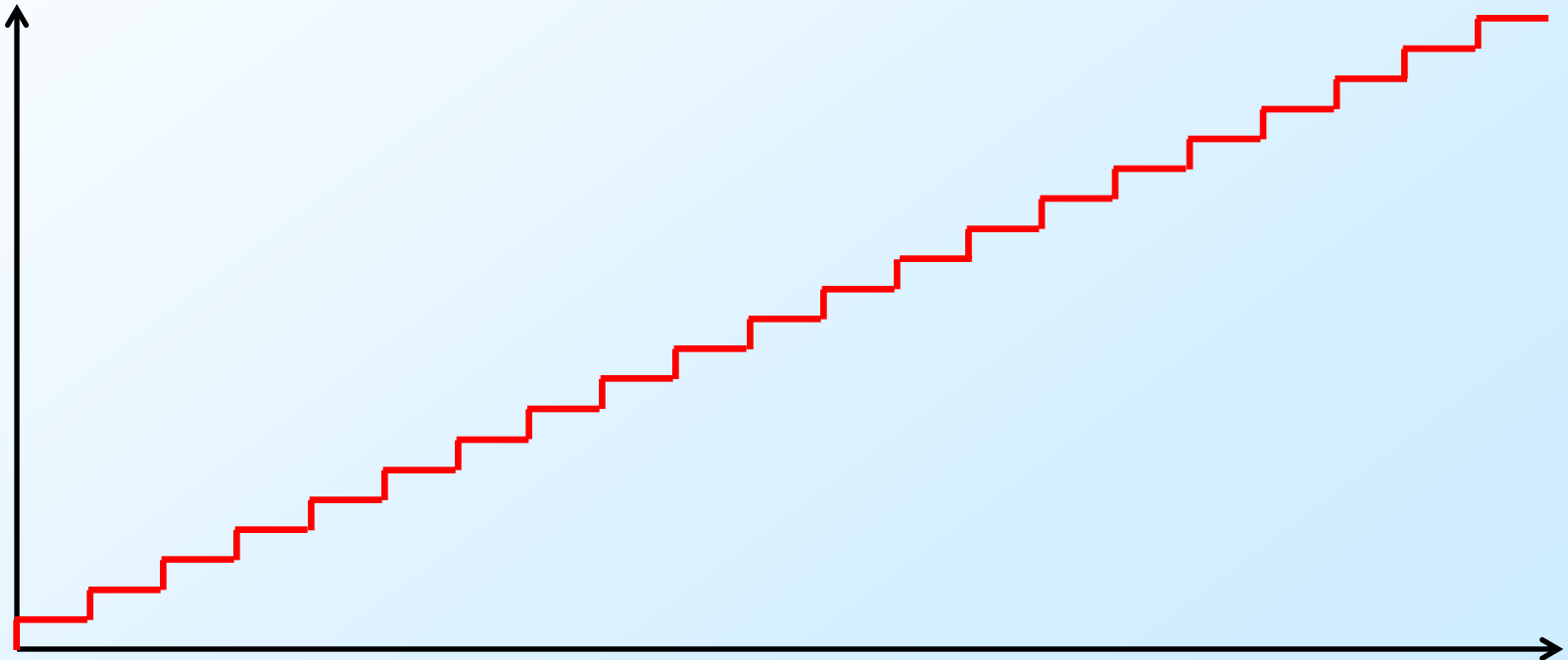
Trénovaný by potřeboval 22 stupňů x 25 W = 550 W

Problém:

- 1) Dlouhé trvání
- 2) Nízká (nudná) intenzita na začátku

PROTO

550 W

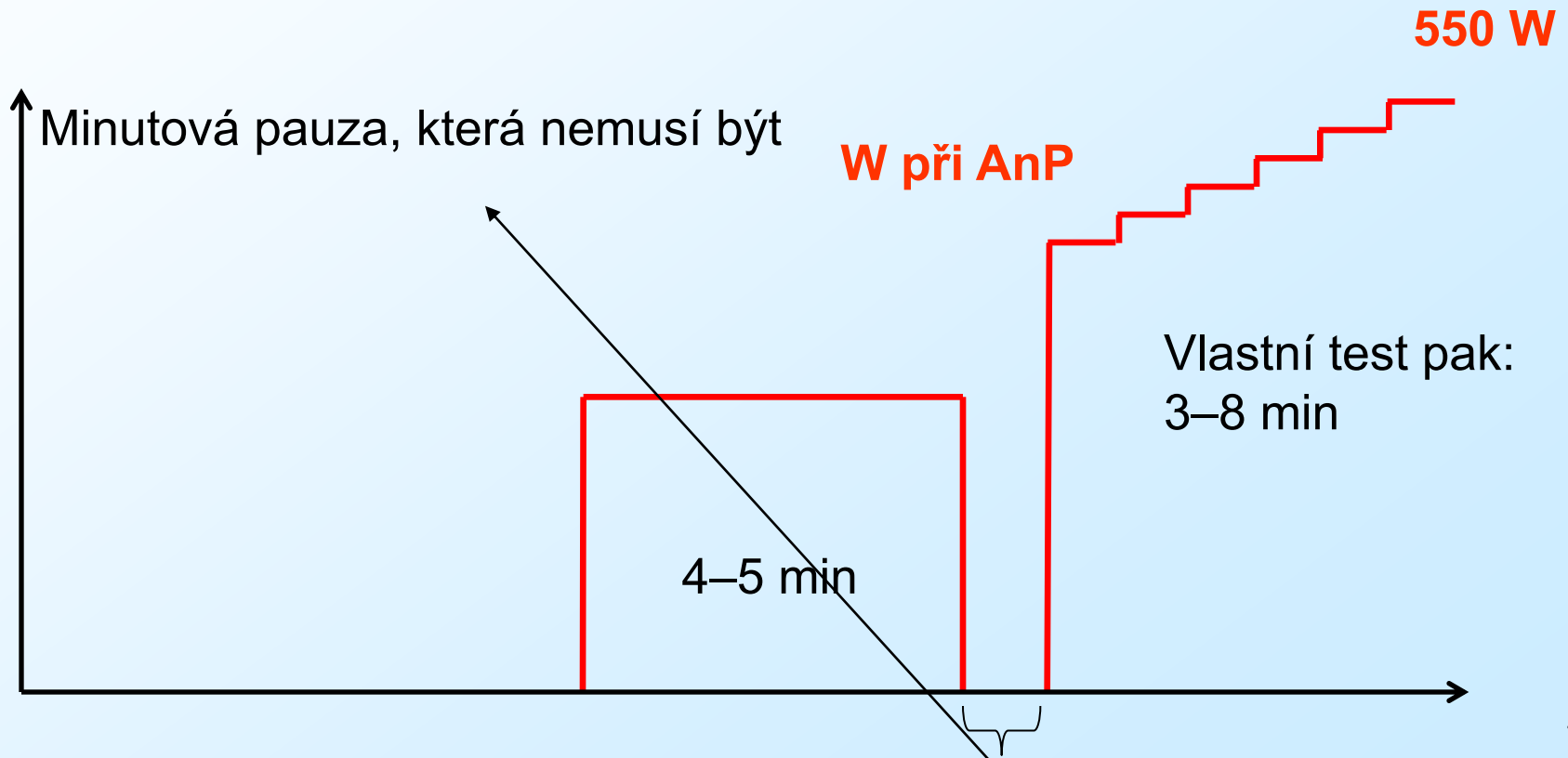


Maximální zátěžové testy

Trénovaný by potřeboval 22 stupňů x 25 W = 550 W

Problém: 1) Trvání
2) Nízká (nudná) intenzita na začátku

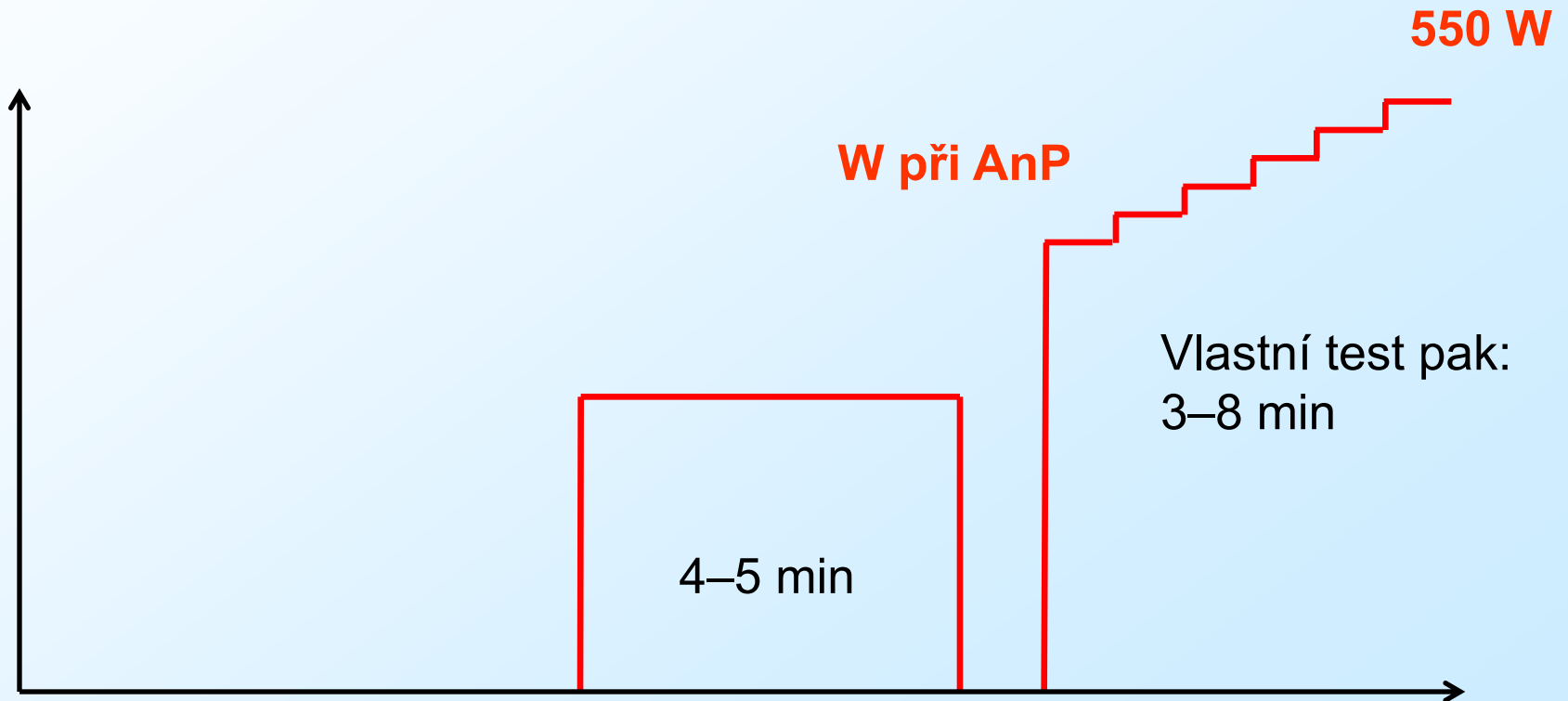
PROTO



Maximální zátěžové testy

Jak určit výkon při AnP?

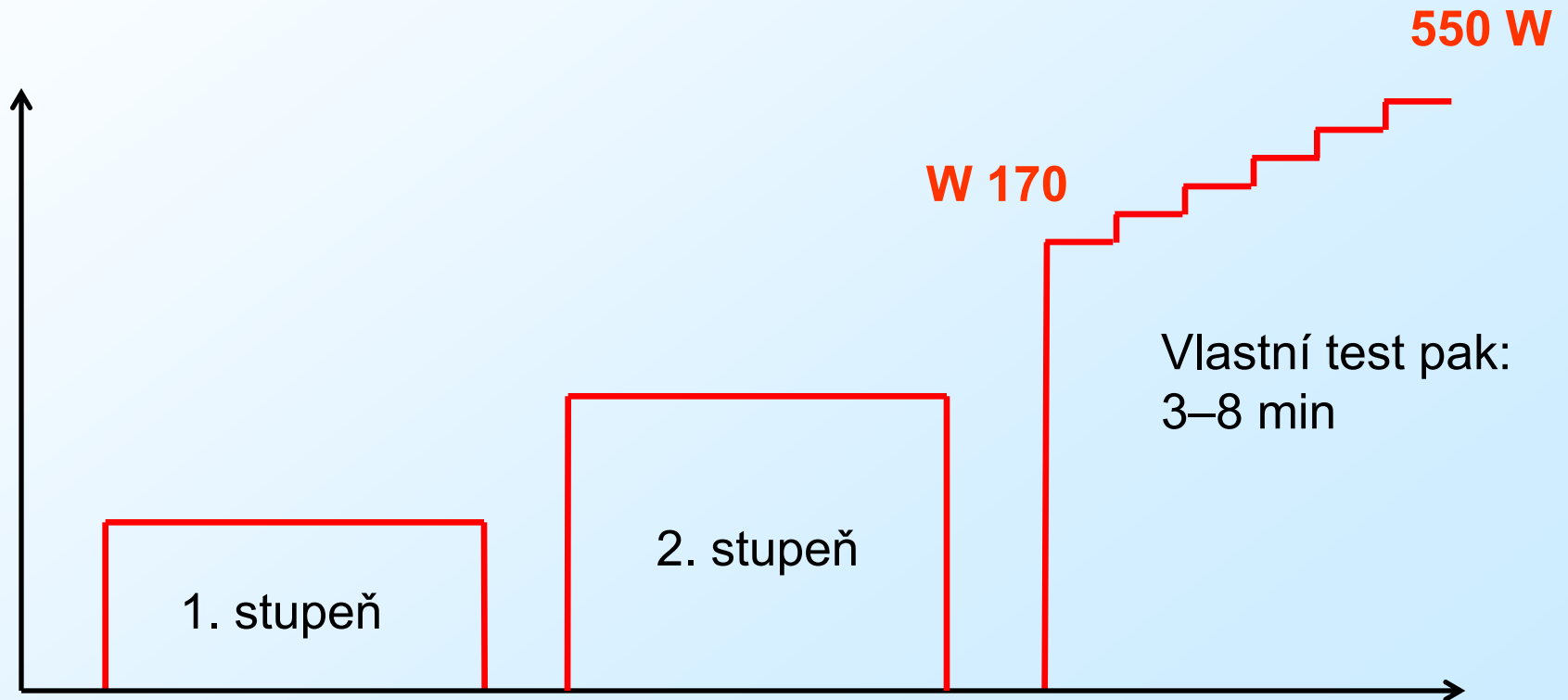
- 1) Odhad z tabulek
 - 2) Použít test W170, který může současně sloužit jako rozcvičení
- TEDY**



Maximální zátěžové testy

Jak určit výkon při AnP?

Použití testu W170 jako rozcvičení před testem do maxima



Maximální zátěžové testy

Vybrané sledované ukazatele:

1) **Srdeční frekvence** (SFmax, SF při AnP), **krevní tlak** (TK) a saturace



Saturace představuje % sycení krve O_2 z maximálního možného nasycení. V klidu je kolem 98 %, při zátěži klesá. Při max. zátěži i pod 90 %.

Maximální zátěžové testy

Vybrané sledované ukazatele:

- 1) Srdeční frekvence (SFmax, SF při AnP)
- 2) **Výkon** – P (Wmax, W při AnP)

$$P = F \times v$$

[W = Nm/s]

The diagram illustrates the equation $P = F \times v$ in red text. Two red arrows originate from the variables 'F' and 'v'. The arrow from 'F' points to the word 'síla' (force), and the arrow from 'v' points to the word 'rychlost' (velocity). Below the equation, the unit '[W = Nm/s]' is also written in red.

Maximální zátěžové testy

Vybrané sledované ukazatele:

- 1) Srdeční frekvence (SFmax, SF při AnP)
- 2) Výkon – P (Wmax, W při AnP)

Obecně jsou hodnoty Wmax/kg:

		trénování	onemocnění KVS
3,5	2,8	≥6–9	od 0,5

Více viz následující tabulka

Table 23.:

Watts per kg body weight at maximal load (W/kg)

M E N				W O M E N		
$\bar{x} - 1s$	\bar{x}	$\bar{x} + 1s$	Age (yr)	$\bar{x} - 1s$	\bar{x}	$\bar{x} + 1s$
3.9	4.4	5.0	11	3.0	3.5	4.0
3.9	4.4	4.9	12	3.0	3.5	4.0
3.8	4.3	4.9	13	2.9	3.5	4.0
3.8	4.3	4.8	14	2.9	3.4	4.0
3.7	4.2	4.8	15	2.9	3.4	3.9
3.7	4.2	4.7	16	2.8	3.4	3.9
3.6	4.1	4.7	17	2.8	3.4	3.9
3.6	4.1	4.6	18	2.8	3.3	3.9
3.5	4.1	4.6	19	2.8	3.3	3.8
3.5	4.0	4.5	20	2.7	3.3	3.8
3.4	4.0	4.5	21	2.7	3.2	3.8
3.4	3.9	4.4	23	2.6	3.2	3.7
3.3	3.8	4.3	25	2.6	3.1	3.6
3.2	3.7	4.3	27	2.5	3.0	3.6
3.1	3.7	4.2	29	2.4	2.9	3.5
3.1	3.6	4.1	31	2.3	2.9	3.4
3.0	3.5	4.0	33	2.3	2.8	3.3
2.9	3.4	4.0	35	2.2	2.7	3.3
2.8	3.4	3.9	37	2.1	2.7	3.2
2.8	3.3	3.8	39	2.1	2.6	3.1
2.7	3.2	3.8	41	2.0	2.5	3.1
2.6	3.2	3.7	43	1.9	2.5	3.0
2.6	3.1	3.6	45	1.9	2.4	2.9
2.5	3.0	3.5	47	1.8	2.3	2.9
2.4	2.9	3.5	49	1.7	2.3	2.8
2.4	2.9	3.4	51	1.7	2.2	2.8
2.3	2.8	3.3	53	1.6	2.2	2.7
2.2	2.7	3.3	55	1.6	2.1	2.6
2.1	2.7	3.2	57	1.5	2.1	2.6
2.1	2.6	3.1	59	1.5	2.0	2.5

Table 24.:

Watts at maximal load (W)

M E N				W O M E N		
$\bar{x} - 1s$	\bar{x}	$\bar{x} + 1s$	Age (yr)	$\bar{x} - 1s$	\bar{x}	$\bar{x} + 1s$
86	124	162	11	76	106	137
124	163	201	12	112	142	173
158	197	235	13	136	166	197
186	225	263	14	149	179	210
207	246	284	15	155	186	218
222	261	299	16	158	189	219
232	271	309	17	159	190	221
239	278	316	18	160	190	221
243	282	320	19	159	190	220
246	284	323	20	159	189	220
247	285	324	21	158	188	219
247	285	324	23	156	187	217
244	283	321	25	154	185	215
241	280	318	27	152	183	213
238	276	315	29	150	181	211
234	272	311	31	148	178	209
230	268	307	33	146	176	207
225	264	302	35	144	174	205
221	260	298	37	142	172	203
217	255	294	39	140	170	201
212	251	289	41	138	168	199
208	246	285	43	136	166	197
204	242	280	45	133	164	195
199	238	276	47	131	162	193
195	233	272	49	129	160	190
190	229	267	51	127	158	188
186	224	263	53	125	156	186
181	220	258	55	123	154	184
177	215	254	57	121	152	182
172	211	249	59	119	150	180

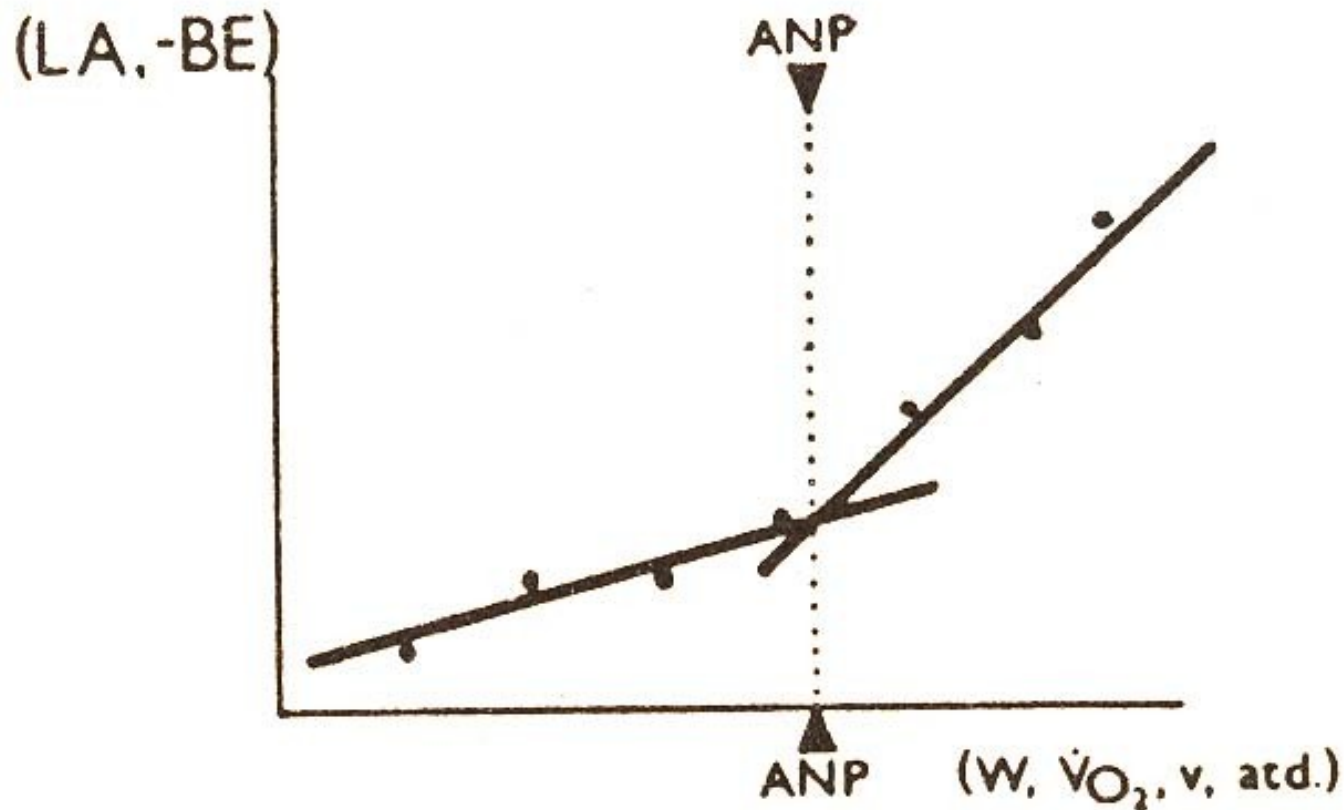
*

Maximální zátěžové testy

Vybrané sledované ukazatele:

- 1) Srdeční frekvence (SFmax, SF při AnP)
- 2) Výkon (Wmax, W při AnP)
- 3) Laktát – pro stanovení metabolického AnP

Invazivní určení AnP z hladiny krevního laktátu průsečíkem dvou regresních přímek



Maximální zátěžové testy

Vybrané sledované ukazatele:

- 1) Srdeční frekvence (SFmax, SF při AnP)
- 2) Výkon (Wmax, W při AnP)
- 3) **Laktát** – pro stanovení metabolického AnP
- 4) **Dechové plyny** (O₂ a CO₂) a ventilace

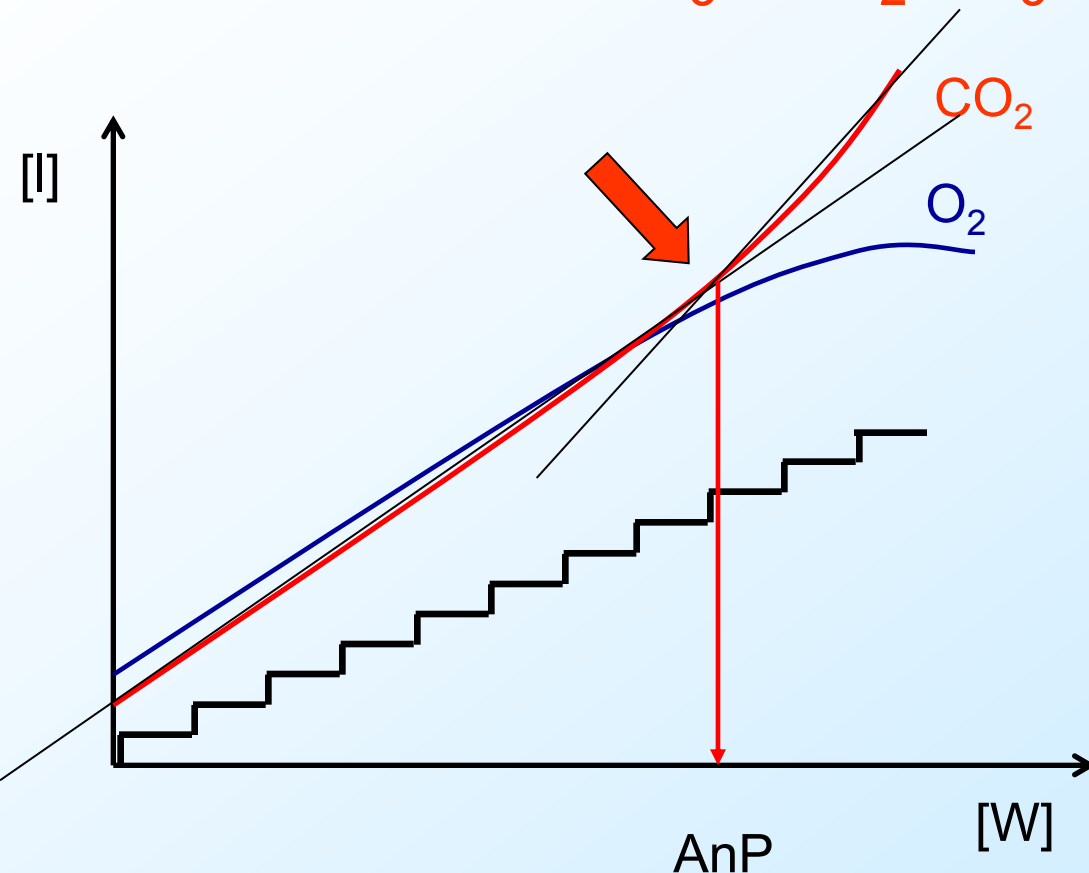
$$\text{RQ} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} \quad \text{RQ tuků} = 0,7. \text{ RQ cukrů} = 1$$

Při max. zátěžovém testu však RQ přesahuje hodnotu 1. Důvodem je redukce zakyselení pomocí nárazníkového systému:



Maximální zátěžové testy

Při max. zátěžovém testu však RQ přesahuje hodnotu 1. Důvodem je redukce zakyselení pomocí nárazníkových systému:



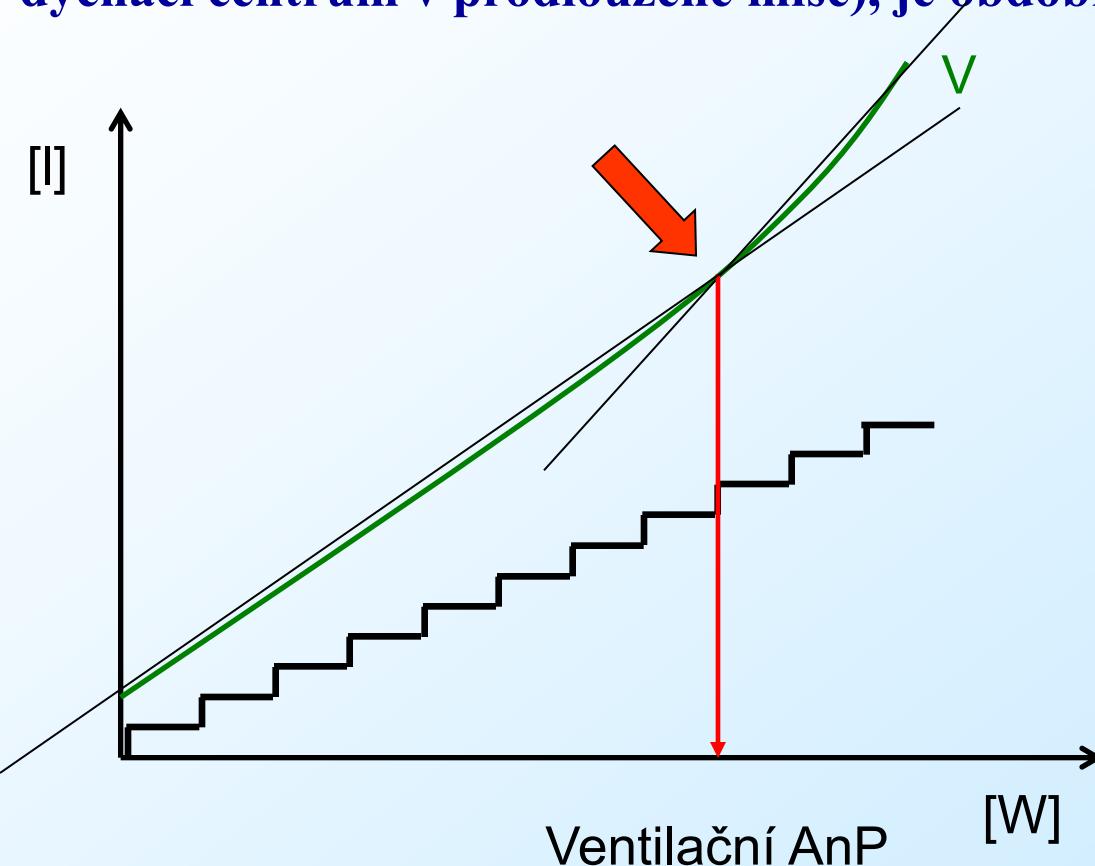
Podobně jako existuje pozitivní lineární vztah mezi spotřebou O₂ a intenzitou zatížení, tak i mezi výdejem CO₂ a intenzitou zatížení.

V určitý okamžik je však tento vztah narušen a dochází k odklonu křivky od lineárního trendu.

Maximální zátěžové testy

Takto zjištěný zlom představuje anaerobní práh, který bývá nazýván jako respirační či ventilační.

Jelikož zvýšení $p\text{CO}_2$ v krvi stimuluje ventilaci – V (přes chemoreceptory a dýchací centrum v prodloužené míše), je obdobný zlom možno vidět i na křivce V .



V praxi se někdy používá k orientačnímu stanovení tzv. „talking“ test.

Určení ventilačního AnP (T_{vent})

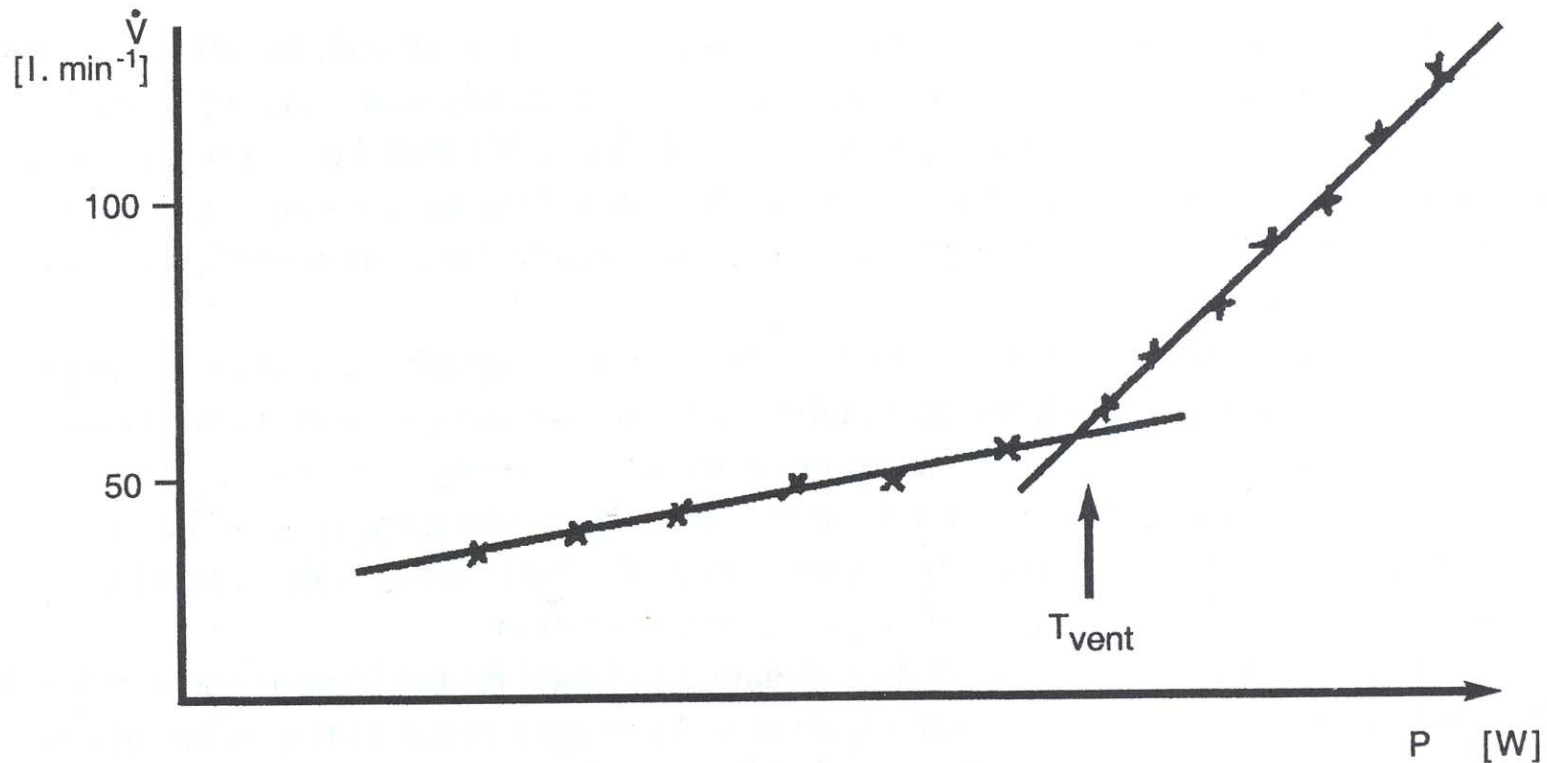


Fig. 26.2 Ventilatory anaerobic threshold determination in the two-component linear model of the dependence of pulmonary ventilation on power.

(Heller, 2005)

*

Určení ventilačního AnP

**AnP může být u některých jedinců (zejména málo trénovaných) obtížně zjistitelný, někdy je úplně nezjistitelný.
Někdy je zjištěno více zlomů, někdy žádný.**

Je nutno sledovat více metod a pak rozhodnout, která může být nejbliže skutečnosti.

Někteří autoři doporučují stanovenou hodnotu ověřit submaximálním testem, kdy se zjištěná SF při AnP udržuje delší dobu a sleduje se zejména hladina krevního laktátu (maximální setrvalý laktátový stav).

Ventilační AnP

Od ventilačního prahu dojde ke zvýšení ventilace, které však neodpovídá náležité zvýšení $\dot{V}O_2$.

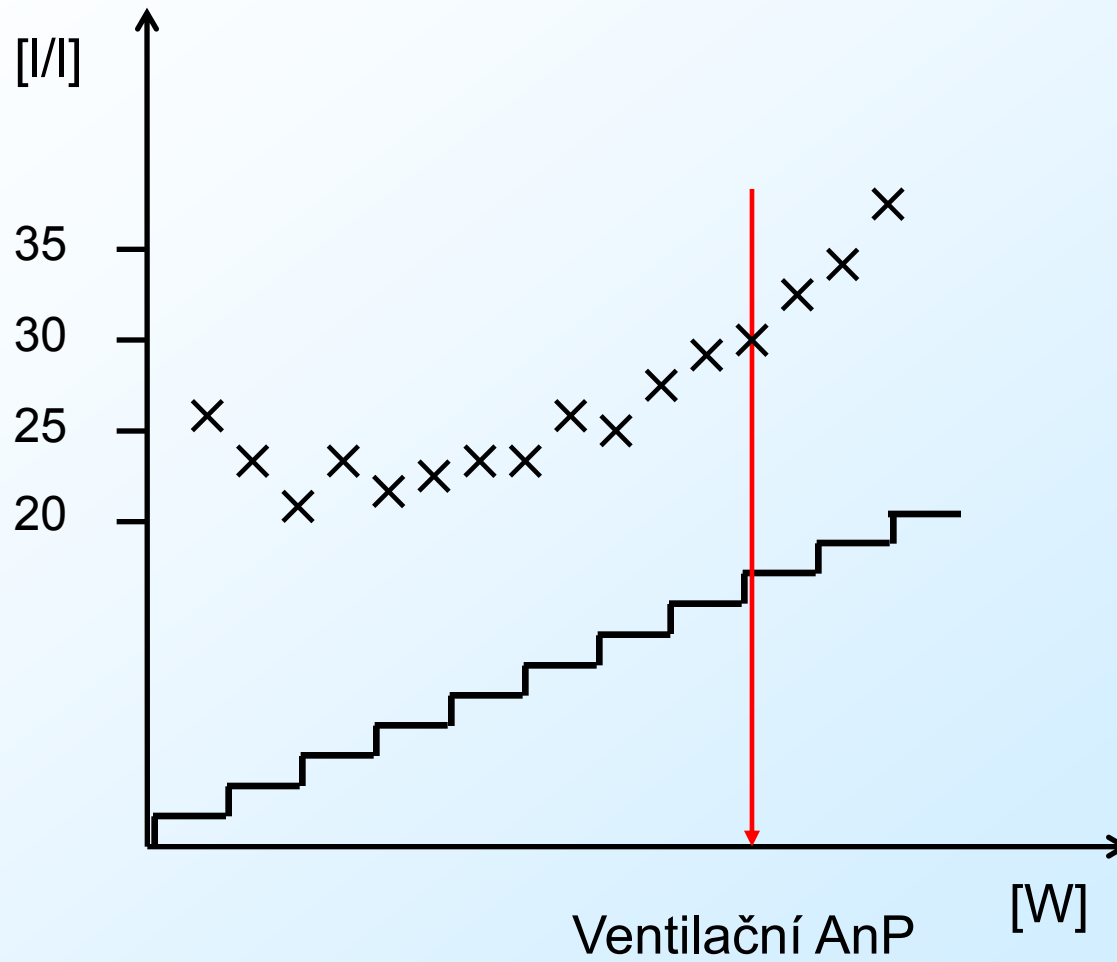
Dá se říct, že dýchání začíná být neekonomické. Důvodem zvýšení ventilace je tedy zvýšení $p\text{CO}_2$ a potřeba se jej vydechováním zbavovat.

$V/\dot{V}O_2$ (ventilační ekvivalent pro kyslík) – vyjadřuje kolik litrů vzduchu musí člověk prodýchat pro získání litru O_2 .

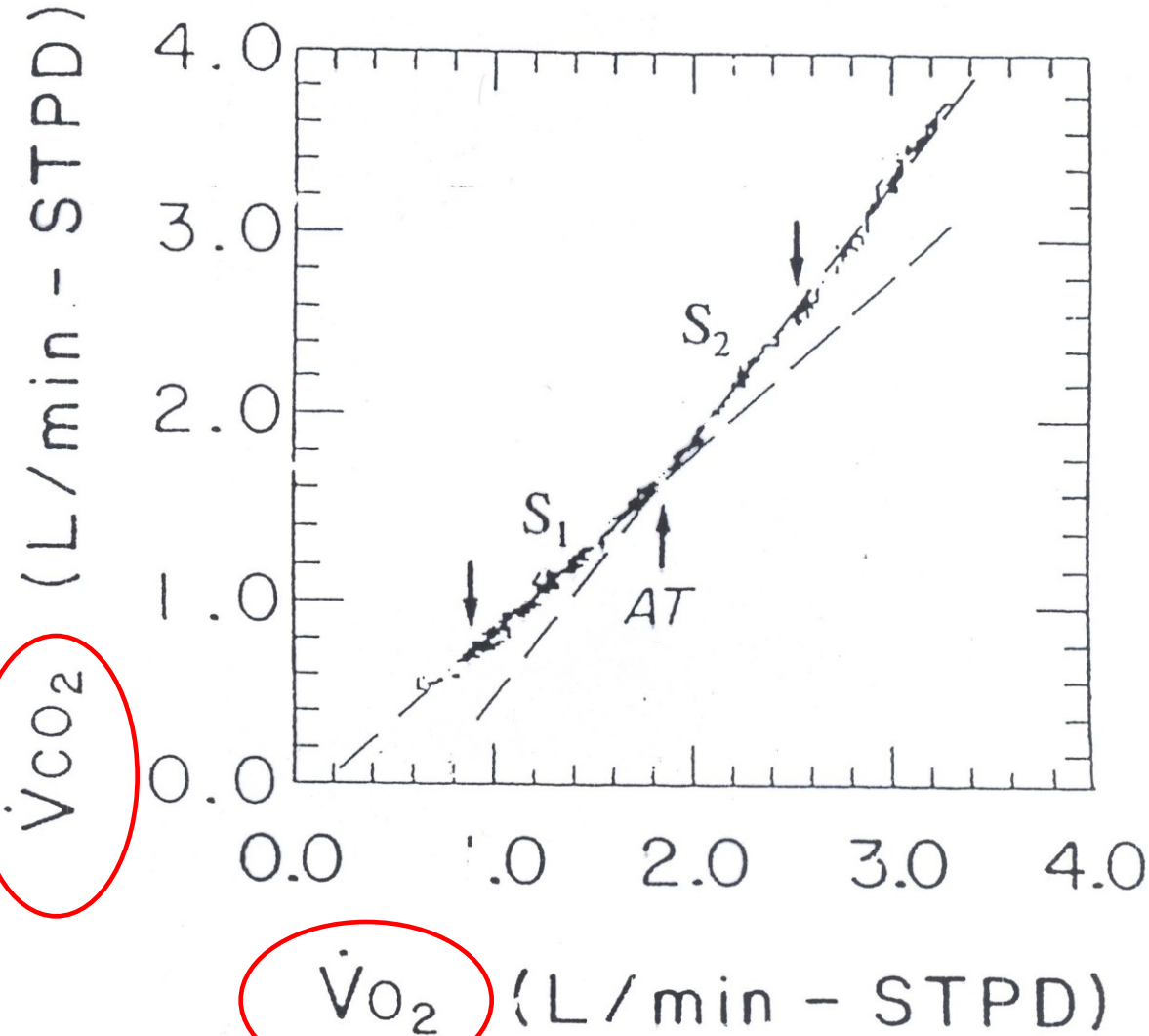
V klidu se hodnota pohybuje kolem 25 (20–30), při zátěži nižší intenzity může klesat později se zvyšuje.

Při AnP se zvyšuje nad 30, v maximu i přes 35.

$V/\dot{V}O_2$



V-slope metoda k určení AnP



Původně lineární vztah je narušen a to ve prospěch výdeje CO_2 .

Spotřeba O₂ při testu do maxima (VO₂max)

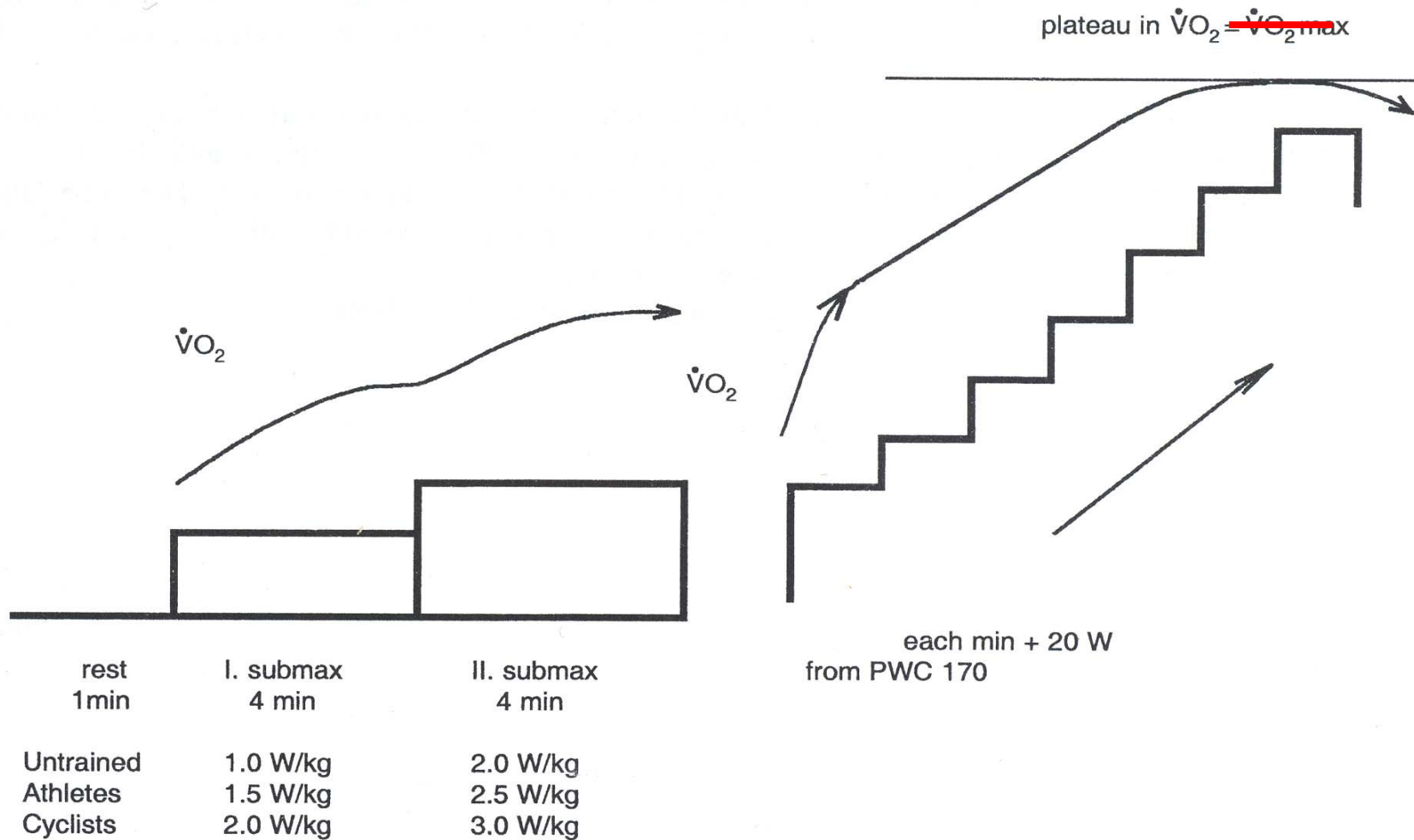


Fig. 27.1 Example of an exercise protocol (cycle ergometry) and plateau in oxygen uptake.

(Heller, 2005)

Spotřeba O_2 při testu do maxima

Plató ve spotřebě O_2 :

- 1) Představuje situaci, kdy je dosaženo maximální spotřeby O_2 a další nárůst zatížení ji už nezvýší.
- 2) Je možno udržet většinou jen několik sekund, trénování déle. Po nějaké době může i mírně poklesnout (únava dýchacích svalů, atd.)
- 3) Je patrné u méně jak 50 % testovaných. Většina ukončí, zejména z důvodu nepříjemných pocitů, test dříve.
- 4) Je považována za jedno z kritérií dosažení maxima

Max. zátěžový test bývá někdy také nazýván jako test do vita maxima. To znamená do volního maxima, které je u každého jiné...

K hodnocení volního maxima se může použít Borgova škála vnímaného úsilí, na které by testovaná osoba měla ukázat (řít) nejméně hodnotu 18.

TABLE 4. Borg Scale for Rating Perceived Exertion

20-Grade Scale	
6	
7	Very, very light
8	
9	Very light
10	
11	Fairly light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Very, very hard
20	

The rating of perceived exertion scale. Reprinted with permission from Borg.¹⁹

(Borg, 1982)

*

UKONČENÍ TESTU DO MAXIMA

Většinou tedy pro neschopnosti pokračovat dál.

POZOR!

Bezprostředně po ukončení zátěže dochází k poklesu aktivity sympatiku a zvýšení aktivity vagu. Po ukončení zatížení vysoké intenzity může dojít u některých jedinců k tak velkému a náhlému poklesu aktivity sympatiku, že dojde ke snížení tonu cév – krev se začne hromadit v cévách dolních končetin – zhorší se žilní návrat – klesne srdeční výdej a může dojít ke ztrátě vědomí.

PROTO:

Bezprostředně po ukončení testu do maxima setrvat v nízké intenzitě zatížení 2–5 min.

Kriteria dosažení maxima

- 1) Dosažení plató ve VO_2 .
- 2) RQ vyšší jak 1. Většinou se však popisuje vyšší jak 1,08 (1,15).
- 3) Laktát 1,5 min od ukončení testu $>8\text{mmol/l}$
- 4) $\text{TFmax} >85\%$ z predikovaného maxima

Poslední kriterium je značně kritizované pro velkou variaci v hodnotách SFmax .

Pokud není některé z těchto kriterii dosaženo, nepoužívá se označení VO_2max , ale VO_2peak .

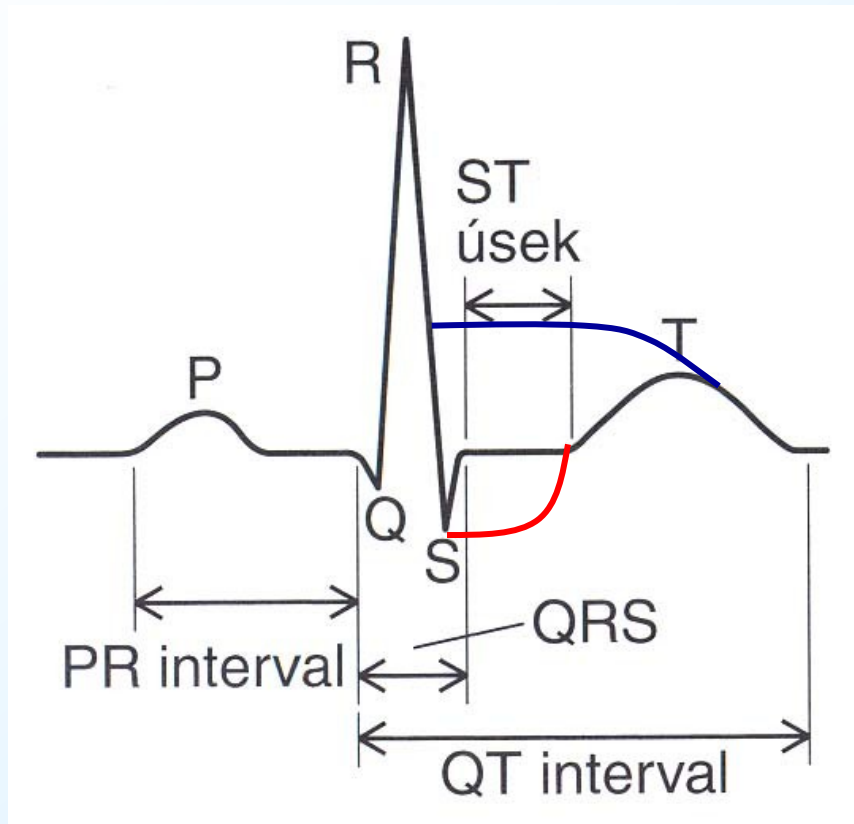
Důvody k „předčasnému“ ukončení testu

- pokles systolického tlaku krevního o >10 mm Hg při zvýšení zatížení
- **bolest za hrudní kostí signalizující anginu pectoris**
- nedostatečná perfuze (cyanóza, bledost)
- **únava, nouze o dech, křeče**
- **hypertenze** (systolický tlak >250 mmHg, diastolický >115 mmHg)
- **poruchy srdečního rytmu** (arytmie, ventrikulární tachykardie, apod.)

Ale hlavně jsou sledovány změny na ST úseku EKG:

- **DEPRESE** (svědčí o ischemii) – jsou častější a méně závažné než **ELEVACE** (většinou v místě staršího infarktu myokardu kde rovněž svědčí o ischemii)

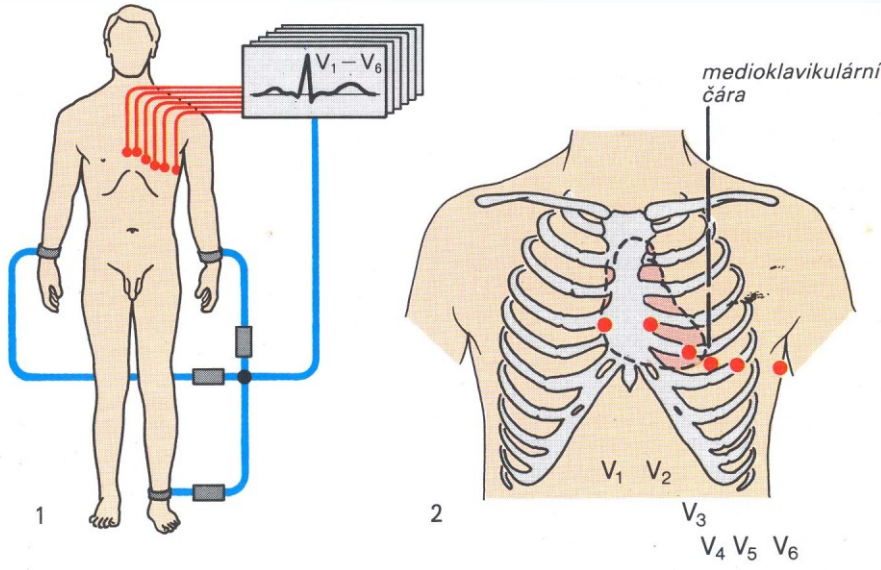
EKG při testu do maxima



Normální úsek ST, **deprese ST úseku**, **elevace ST úseku**.

Poznámka: Vlna P reprezentuje depolarizaci síní, QRS komplex reprezentuje depolarizaci komor ve které je skryta repolarizace síní, T vlna reprezentuje repolarizaci komor.

EKG v klidu a při zátěži



12 svodové EKG

- 6 hrudních svodů
- 3 končetinové unipolární
- 3 končetinové bipolární
- zemnění na pravé DK

Při zátěži dochází k problémům s měřením spočívající v kvalitě EKG záznamu (pohyby kůže vedou k artefaktům). Kvalitní záznam vyžaduje stabilní polohu hrudníku – bicyklový ergometr a použití podtlakových elektrod.

Končetinové svody jsou při práci umístěny na zdaní straně ramen a na bedrech.

Tepový (pulzní) kyslík

$$VO_2/TF$$

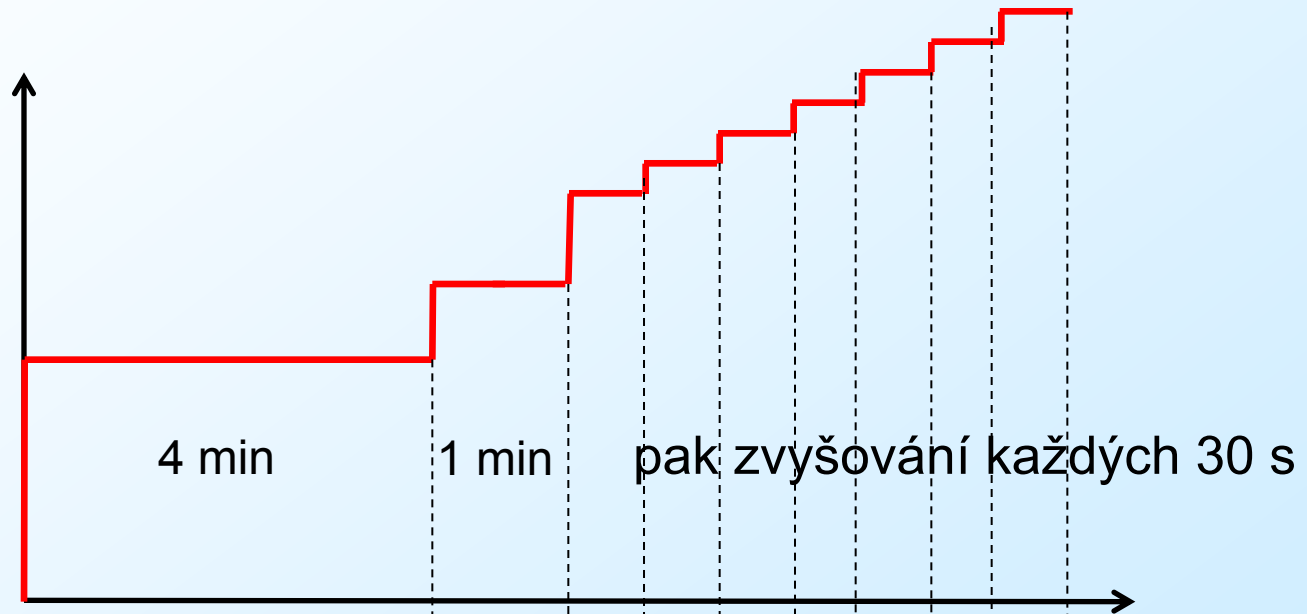
- představuje množství kyslíku které je využito z jednoho tepu (lépe z krve vypuzené jedním srdečním stahem = systolický objem)
- je důležitý ukazatel transportní kapacity (výkonnosti i ekonomiky práce) oběhového systému.
- hodnoty v klidu se pohybují do 5 ml, při zátěži do 15 ml u trénovaných až do 30 ml:

			trénovaní
klid	4,0–4,5	3,0–3,5	5,0–6,5
max. zátěž	15,0–16,0	8,0–11,0	20,0–28,0

Max. zátěžový test na běhacím páse

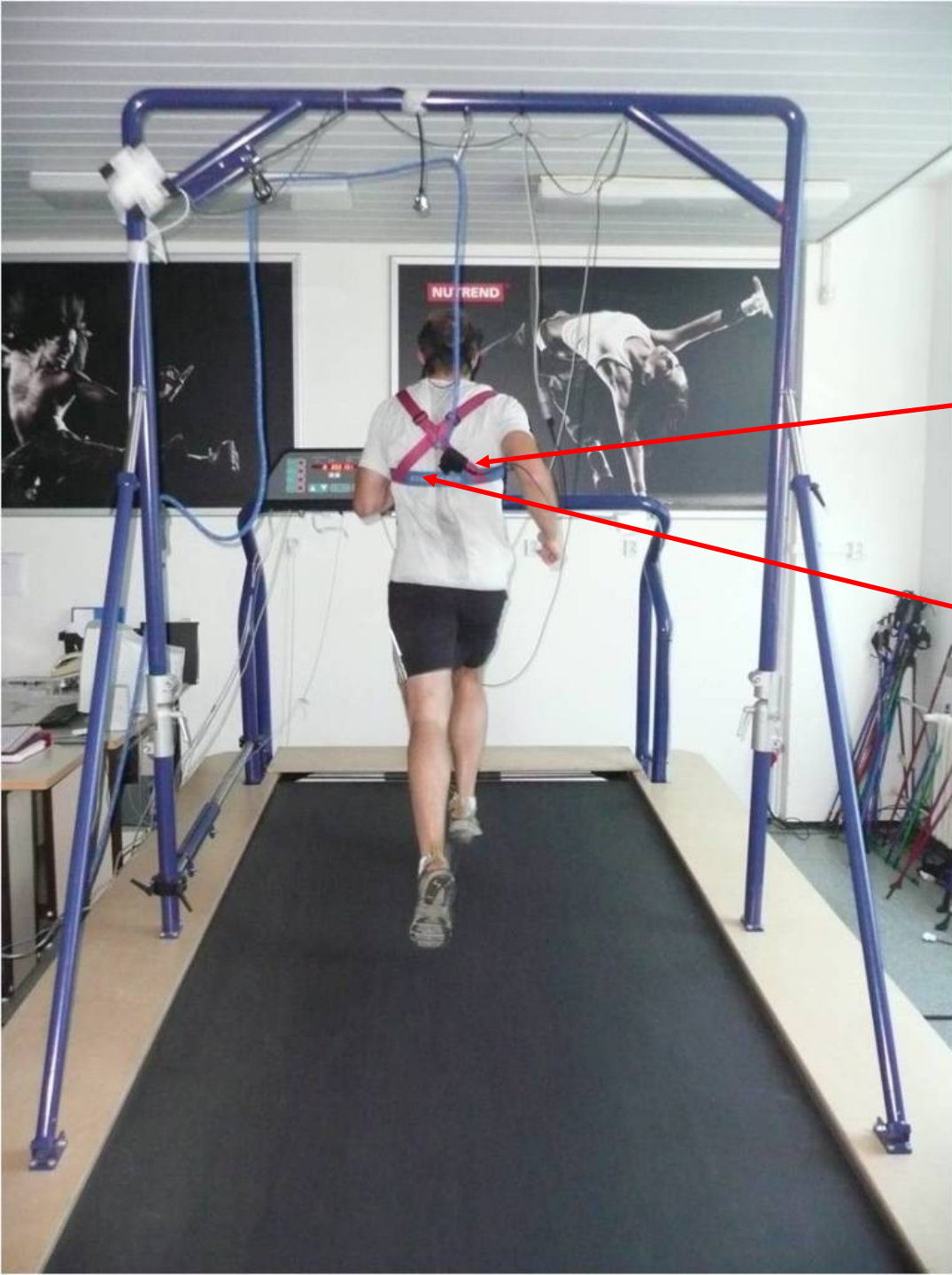
V podstatě se neliší od testu na bicyklovém ergometru. Zátěž není dávana „odporem v pedálech“ (brzděním), ale rychlostí (km/hod) a sklonem (%)

Příklad testu používaného v zátěžové laboratoři FTK



Tr.	km/hod	8	8	10	11	12	13	14	15	15
	%	0	5	5	5	5	5	5	5	7
Tr.	km/hod	7	7	8	9	10	11	12	12	12
	%	0	5	5	5	5	5	7	9	11

Dál jen
zvyšování
sklonu o 2 %



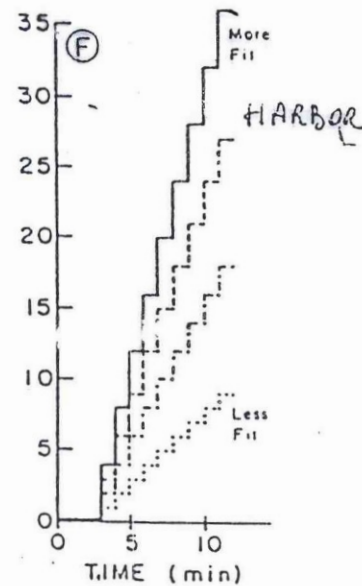
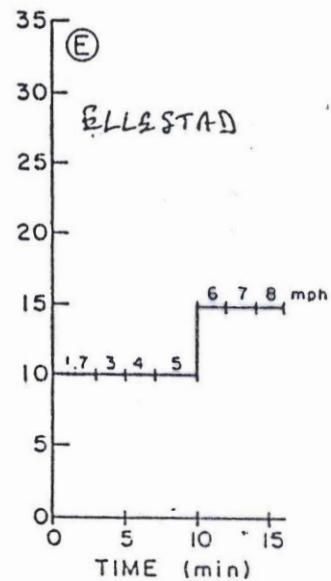
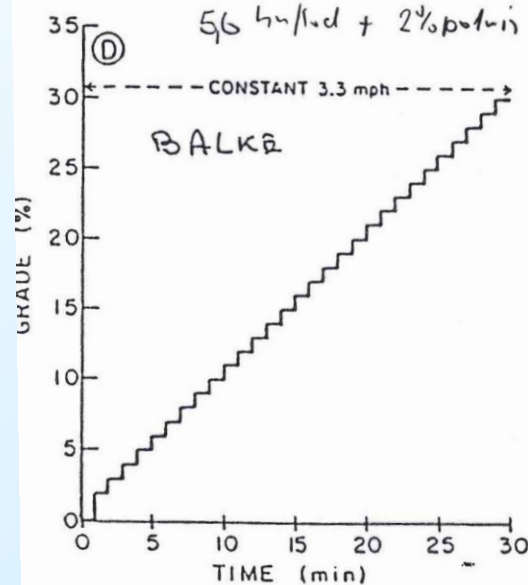
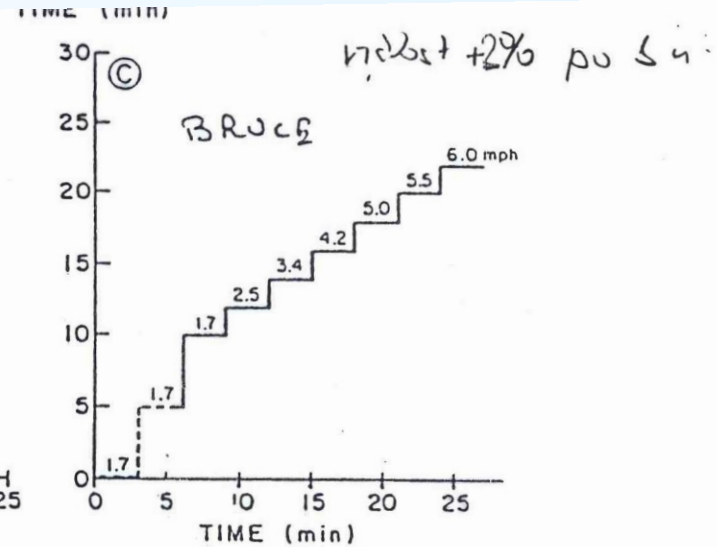
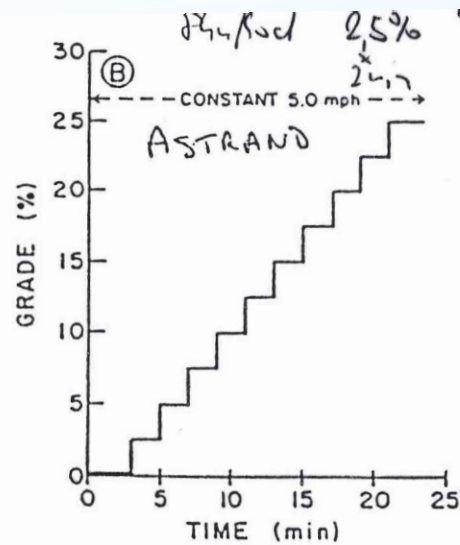
Monitor srdeční frekvence
přijímající informace z
hrudního pásu

Bezpečnostní prsní pás.

Max. zátěžový test na běhacím páse

Příklady dalších protokolů:

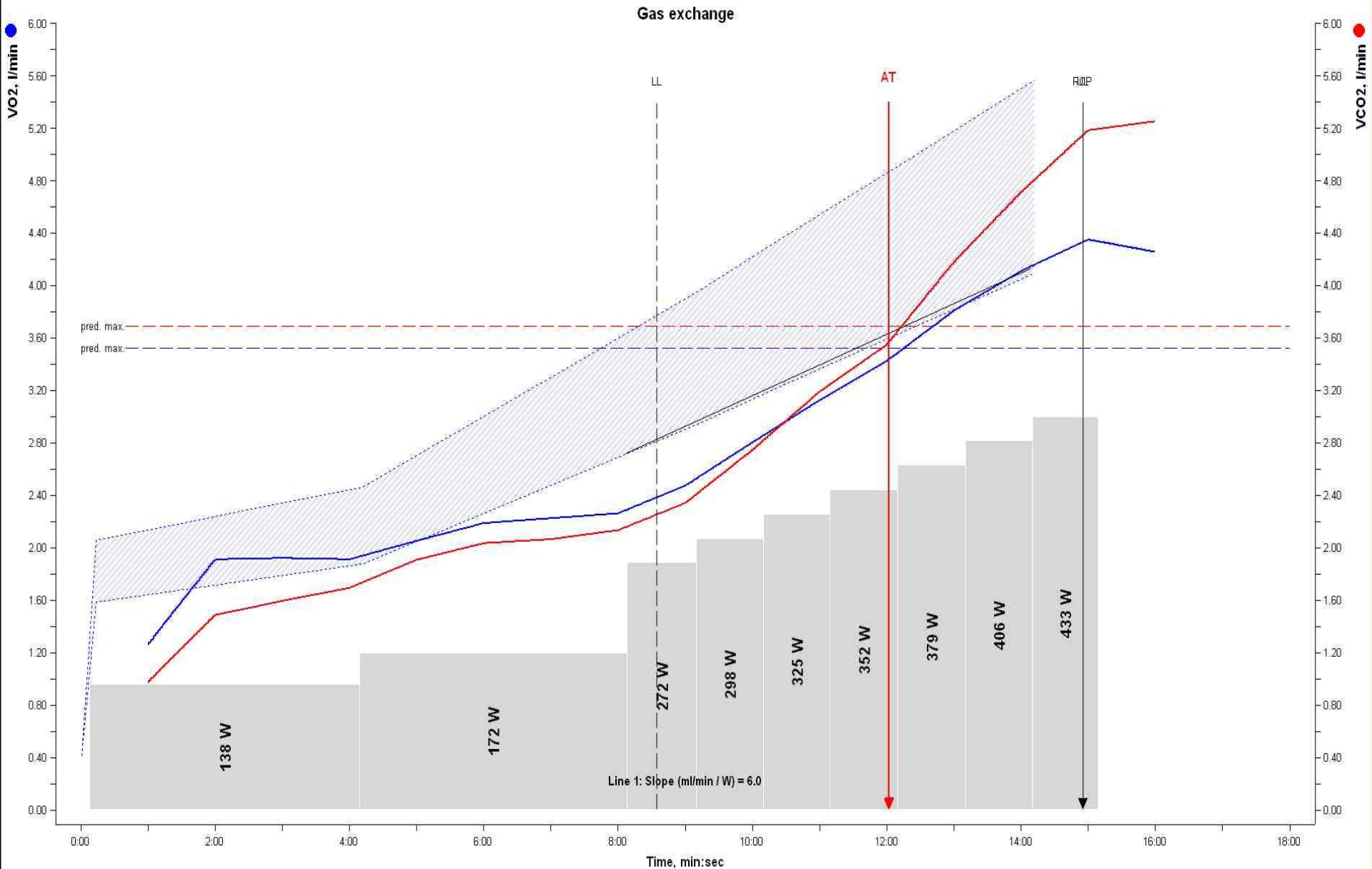
Balke a Bruce jsou například vhodné pro méně zdatné (kardiaci či s obezitou). Pro trénované by trvaly příliš dlouho...



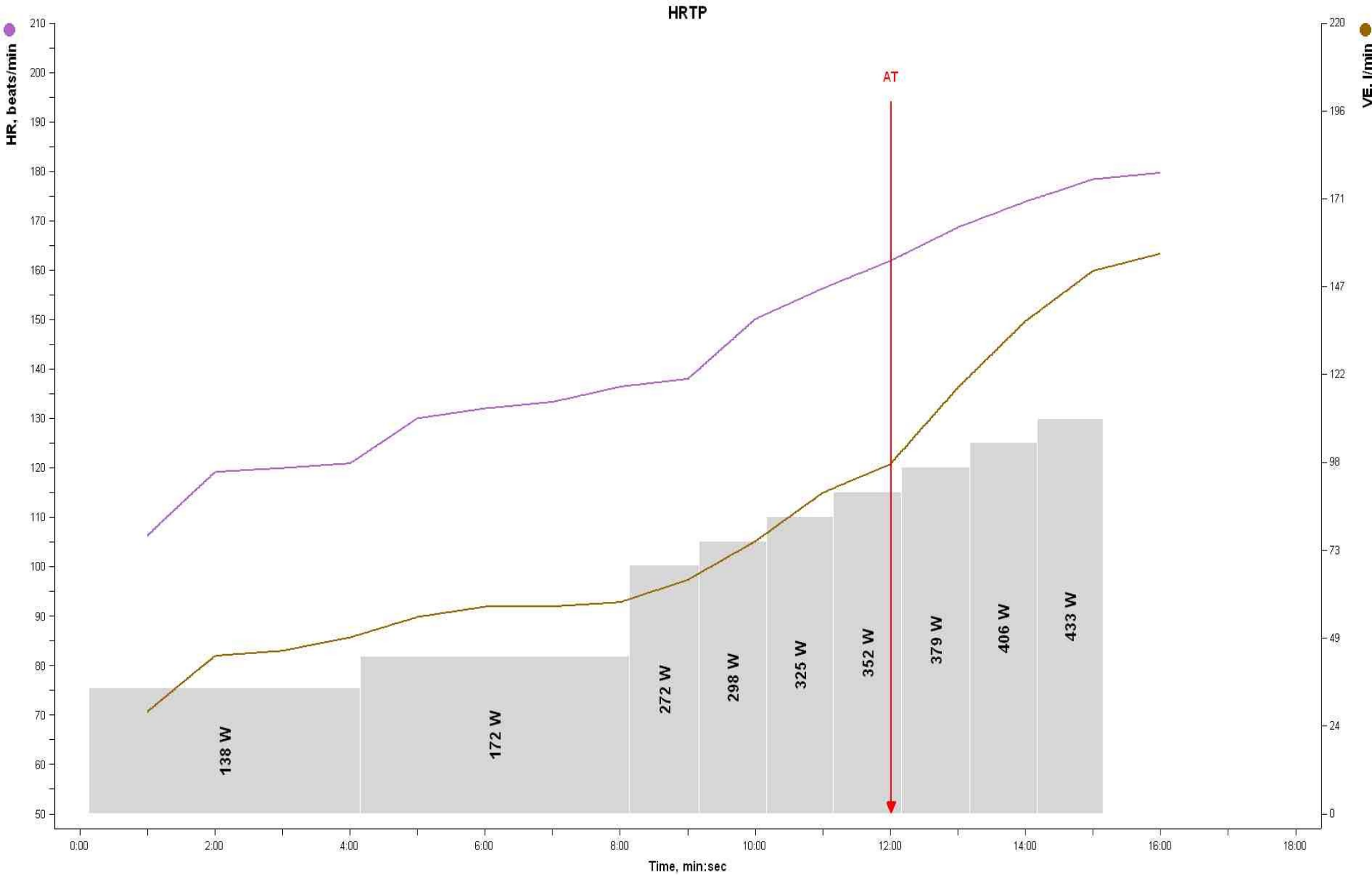
Výstupy z maximálních zátěžových testů

Time min:sec	%peakVO ₂	Speed km/h	Elev %	VE l/min	V _t l	VO ₂ l/min	VO ₂ /kg ml/(kg*min)	VE/VO ₂ l/l	VCO ₂ l/min	VE/VCO ₂ l/l	RER	PETO ₂ mmHg	PETCO ₂ mmHg	O ₂ Pulse 100ml/(beat*kg)	HR beats/min	Bf 1/min
0:30	26	8.0	-	22	1.38	1.17	14.0	16.7	0.92	21.4	0.78	98	35	15.2	94	15
1:00	30	8.0	-	28	1.51	1.31	15.6	20.3	1.01	26.1	0.78	97	35	13.8	112	19
1:30	43	8.0	-	43	1.65	1.88	22.4	21.4	1.43	28.2	0.76	97	35	19.0	118	26
2:00	44	8.0	-	43	1.85	1.92	22.9	21.2	1.54	26.5	0.80	97	36	19.0	121	23
2:30	43	8.0	-	44	1.75	1.86	22.2	22.1	1.53	27.0	0.82	99	36	18.5	120	25
3:00	45	8.0	-	45	2.20	2.01	23.9	21.5	1.69	25.5	0.84	98	37	20.0	120	21
3:30	43	8.0	-	48	1.72	1.89	22.5	23.6	1.66	26.8	0.88	102	36	18.7	120	28
4:00	44	8.0	-	49	1.78	1.91	22.8	24.0	1.70	26.9	0.89	102	37	18.8	121	28
4:30	46	9.4	-	51	1.94	2.04	24.2	23.5	1.86	25.8	0.91	103	37	19.3	126	26
5:00	47	10.0	-	56	1.71	2.05	24.5	25.6	1.94	27.1	0.95	106	36	18.3	133	33
5:30	50	10.0	-	57	1.85	2.20	26.2	24.6	2.05	26.4	0.93	104	37	19.9	132	31
6:00	49	10.0	-	57	1.96	2.19	26.0	24.7	2.03	26.5	0.93	104	37	19.7	132	29
6:30	49	10.0	-	56	1.89	2.15	25.6	24.7	2.02	26.4	0.94	104	37	19.3	133	30
7:00	53	10.0	-	58	2.10	2.30	27.4	24.0	2.12	26.1	0.92	103	37	20.5	134	28
7:30	53	10.0	-	61	1.95	2.31	27.6	25.0	2.20	26.3	0.95	105	37	20.2	136	32
8:00	50	10.0	-	56	2.22	2.23	26.6	24.1	2.09	25.7	0.94	102	38	19.5	136	26
8:30	56	10.0	5.0	60	2.18	2.42	28.9	23.6	2.25	25.4	0.93	103	37	21.5	134	28
9:00	57	10.0	5.0	66	2.07	2.48	29.5	25.4	2.39	26.4	0.96	105	37	20.9	141	32
9:30	63	10.7	5.0	75	2.31	2.77	32.9	25.8	2.70	26.4	0.98	106	36	22.2	149	33
10:00	65	11.0	5.0	76	2.53	2.87	34.2	25.5	2.82	26.0	0.98	105	37	22.5	152	30
10:30	70	11.6	5.0	86	2.55	3.06	36.5	26.9	3.10	26.6	1.01	107	36	23.5	155	34
11:00	72	12.0	5.0	91	2.53	3.17	37.7	27.6	3.26	26.8	1.03	108	36	24.0	157	36
11:30	73	12.6	5.0	94	2.59	3.22	38.3	28.1	3.37	26.9	1.05	109	36	23.9	160	37
12:00	83	13.0	5.0	100	3.23	3.64	43.3	26.5	3.73	25.9	1.02	106	38	26.5	164	31
12:30	83	13.7	5.0	111	3.00	3.67	43.7	29.1	3.96	26.9	1.08	110	35	26.2	167	37
13:00	89	14.0	5.0	124	3.04	3.93	46.8	30.6	4.37	27.5	1.11	112	35	27.5	170	41
13:30	91	14.6	5.0	132	3.04	4.01	47.7	31.8	4.56	27.9	1.14	113	34	27.7	172	43
14:00	96	15.0	5.0	141	3.22	4.21	50.1	32.4	4.85	28.1	1.15	114	33	28.6	175	44
14:30	98	15.6	5.0	151	3.21	4.31	51.3	33.9	5.16	28.3	1.20	115	33	29.0	177	47
15:00	100	16.0	5.0	151	3.39	4.40	52.4	33.2	5.21	28.0	1.19	115	33	29.1	180	45
15:30	97	16.0	5.0	156	2.90	4.24	50.5	35.5	5.24	28.7	1.24	117	33	28.0	180	54

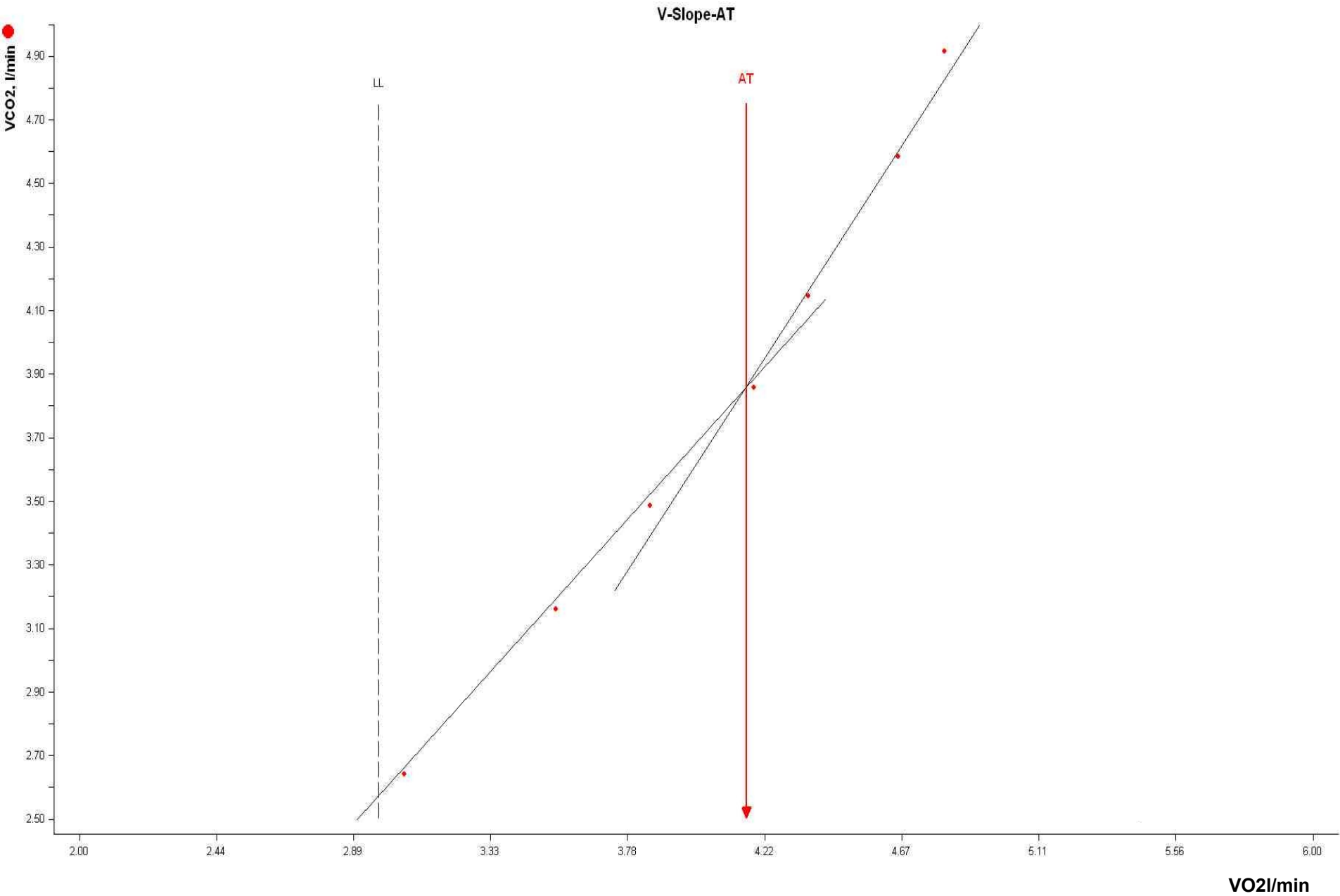
Výstupy z maximálních zátěžových testů



Výstupy z maximálních zátěžových testů



Výstupy z maximálních zátěžových testů



Měření VO_2 v terénních podmínkách

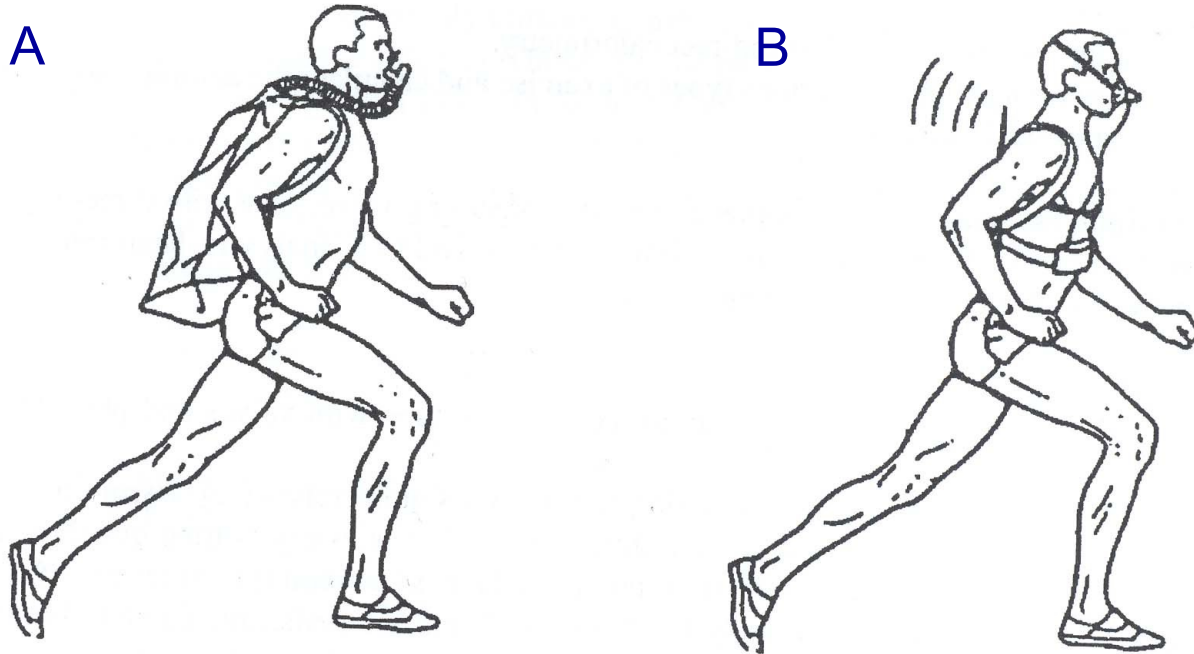


Fig. 20.1 Douglas bag method and a modern portable on-line system.

A) Douglasovy vaky spočívali ve sběru vydechnutého vzduchu. Při analýze se sledoval objem tohoto vzduchu + % kyslíku. Po odečtení od 21 % byla získána spotřeba O_2 .

B) Mobilní analyzátor s bezdrátovým přenosem

Výpočet VO_2 max dle regresní rovnice (Jurča et al.)

1. Ohodnotit pohybovou aktivitu

Name: _____

Date: _____

STEP 1

Physical activity score: Choose one activity category that best describes your usual pattern of daily physical activities, including activities related to house and family care, transportation, occupation, exercise and wellness, and leisure or recreational purposes.

	Score
Level 1: Inactive or little activity other than usual daily activities.	0.00
Level 2: Regularly (≥ 5 d/wk) participate in physical activities requiring low levels of exertion that result in slight increases in breathing and heart rate for at least 10 minutes at a time.	0.32
Level 3: Participate in aerobic exercises such as brisk walking, jogging or running, cycling, swimming, or vigorous sports at a comfortable pace or other activities requiring similar levels of exertion for 20 to 60 minutes per week.	1.06
Level 4: Participate in aerobic exercises such as brisk walking, jogging or running at a comfortable pace, or other activities requiring similar levels of exertion for 1 to 3 hours per week.	1.76
Level 5: Participate in aerobic exercises such as brisk walking, jogging or running at a comfortable pace, or other activities requiring similar levels of exertion for over 3 hours per week.	3.03

Výpočet VO₂max dle regresní rovnice (Jurča et al.)

2. Doplnit dané parametry a vypočítat rovnici

STEP 2
Estimate MET level of cardiorespiratory fitness

Enter 0 for women or 1 for men	<input type="text"/>	x 2.77	=	<input type="text"/>
				minus
Enter age in years	<input type="text"/>	x 0.10	=	<input type="text"/>
				minus
Enter body mass index ^a	<input type="text"/>	x 0.17	=	<input type="text"/>
				minus
Enter resting heart rate	<input type="text"/>	x 0.03	=	<input type="text"/>
				plus
Enter physical activity score from step 1	<input type="text"/>	x 1.00	=	<input type="text"/>
				plus
Constant				<input type="text" value="18.07"/>
				=
Estimated MET value				<input type="text"/>

Výpočet VO_2 max dle regresní rovnice (Jurča et al.)

3. Zhodnocení dosaženého výsledku

<u>Clinical relevance of selected maximal MET levels of cardiorespiratory fitness^b</u>	
1 MET	Resting metabolic rate; sitting quietly in a chair
<3 METs	Severely limited functional capacity; a criteria for placement on a heart transplant list
3–5 METs	Poor prognosis in coronary patients; highly deconditioned individual
10 METs	Good prognosis in coronary patients on medical therapy; approximate maximal capacity expected in regularly active middle-aged men and women
13 METs	Excellent prognosis regardless of disease status
18 METs	Elite endurance athletes
20 METs	World-class athletes

Figure 1. Worksheet for estimating maximal MET levels of cardiorespiratory fitness from routinely collected clinical data. ^aBody mass index = (weight in lbs × 703) / (height in inches)² or (weight in kilograms) / (height in meters)². ^bAdapted from the American Heart Association.^{45,46} MET, metabolic equivalent.

190 American Journal of Preventive Medicine, Volume 29, Number 3

VO_2 max (ml/kg/min) je získána po vynásobení výsledku 3,5. V USA totiž upřednostňují vyjádření v METs.

Výpočet VO_2 max dle regresní rovnice (University of Houston)

Regresní rovnice k odhadu VO_2 max (ml/kg/min) vycházející z:
věku, fyzické aktivity, % tělesného tuku, nebo BMI (body mass index)

Fyzická aktivita (FA):

I. Bez pravidelné pohybové aktivity

0 Vyhýbá se chůzi (výtah)

1 Chodí do schodů, chodí pro radost

II. Pravidelně rekreační sport (stolní tenis, golf, bowling, zdravotní cvičení...)

2 10 až 60 minut/týden

3 víc jak 1 hod/týden

III. Pravidelně těžké fyzické cvičení (běh, plavání, cyklistika, tenis, basketbal, fotbal...)

4 méně jak 1 míle/týden (méně jak 30 minut/týden srovnatelné zátěže)

5 1–5 mil/týden (30–60 minut)

6 5–10 mil/týden (1–3 hod)

7 víc než 10 mil/týden (víc jak 3 hod)

Výpočet VO₂max dle regresní rovnice (University of Houston)

% tuku model:

VO₂max

$$= 50,513 + 1,589(\text{FA}) - 0,289(\text{věk}) - 0,552(\% \text{tuk}) + 5,863(\text{F} = 0, \text{M} = 1)$$

BMI model:

VO₂max

$$= 56,363 + 1,921(\text{FA}) - 0,381(\text{věk}) - 0,754(\text{BMI}) + 10,987(\text{F} = 0, \text{M} = 1)$$

*Maud & Foster , 1995 (Physiological Assessment of Humans Fitness.
Human Kinetics)*

V prezentaci byly použity materiály z:

Heller, J. (2005). *Laboratory Manual for Human and Exercise Physiology*. Charles University in Prague: The Karolinum Press.

Maud, & C. Foster (Eds.). *Psychological assessment of human fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Placheta, Z., Siegelová, J., Štejfa, M., Jančík, J., Homolka, P., & Dobšák, P. (2001). *Zátěžové vyšetření a pohybová léčba ve vnitřním lékařství*. Brno: Masarykova Univerzita.

Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (1988/1993). *Atlas fyziologie člověka* (E. Trávníčková et al., Trans.). Praha: Grada.