

Základní termíny zátěžové fyziologie, funkční diagnostika , interpretace

MUDr.Martin Komzák, Ph.D.

Základní pojmy aplikované zátěžové fyziologie

- **Tělesná zdatnost** je schopnost zvládat tělesnou zátěž a jí navozený stres včetně zvládnutí vlivů zevního prostředí, například teploty.
- **Silovou zdatnost** nechte biomechanikům, TVL lékaři všetřují **hangrip**
- **Vytrvalostní zdatnost** vyjádříme velmi dobře pomocí maximální aerobní kapacity, tedy maximální spotřeby kyslíku

Výkonnost a vytrvalost

- * **Silová výkonnost** je schopnost konat krátkodobou tělesnou fyzikální práci vysoké intenzity, vyjádřenou jako působení síly po **dráze**. Je dána pro danou svalovou skupinu především svalovou hmotou, její strukturou (typ svalových vláken), schopností jejího zapojení a pohybové koordinace, méně metabolismem.
- * **Vytrvalostní výkonnost** se měří významně hůře než silová výkonnost (natož u izolované svalové skupiny), a proto v medicíně hovoříme o vytrvalostní zdatnosti. Je to schopnost vzdorovat dlouhodobě zátěžovému stresu. Podstatou je schopnost regulací dosáhnout a udržet dostatečně dlouho (desítky minut a déle) fázi rezistence zátěžovému stresu.

Zdatnost a výkonnost

- **Výkonnost** je pojem užší, bývá definována jako schopnost podat měřitelný výkon v určité pohybové oblasti. Je to pojem, který má blízko ke sportovní výkonnosti. Ta bývá hodnocena jako rychlostní, silová a vytrvalostní (s tímhle operují více trenéři)

K čemu je nutná alespoň minimální vytrvalostní zdatnost

- Schopnost regenerovat po akutní únavě, dlouhodobá pracovní tolerance
- U **závodního rychlostního sportovce** "absolvovat celoroční "kolotoč" zápasů
- **Kardiovaskulárně limitovaný**: svobodná volba koníčků i povolání, tedy schopnost sociální rehabilitace
- **Obézní + nevykonný**: možnost pohybem redukovat **nadváhu** ("jinak by musel chodit šouravým krokem 12 hodin denně..")
- **Kardiovaskulární a metabolická prevence pohybem má nejvyšší benefit při zvýšení zdatnosti z nejnižšího kvartilu zdatnosti**

Výkon (Watt)

- Místo definice: na ergometru sestra nastaví watty, tedy výkon, který od probanda budeme po určitou dobu požadovat
- Práce = výkon za čas (J)
- To, jak měníme watty v čase je zátěžový protokol

Výkon

- **Místo definice: na ergometru sestra nastaví watty, tedy výkon, který od probanda budeme po určitou dobu požadovat**
- **To jak měníme watty v čase je zátěžový protokol**

Základní postulát ukazující že do zátěžové fyziologie alespoň maličko vidím

- Své pacienty (klienty, sportovce) zatěžují ve
wattech na kilogram hmotnosti

Příklad

- **1 W/kg = chůze maličko přes 5 km/h: to je na začátek prima pro sportovce, málo prima pro kardiaka**

proto na kardiologii u starších lidí:

- **Pan David, 50kg ... sestra nastaví 25 W**
- **Pan Goliáš, 100 kg ... sestra nastaví 50 W**

**Interpretační problém: práce a výkon..
práci lze považovat za ekvivalentní jen v rozumném
intervalu výkonů a časů**

- **biologicky vůbec není totéž konat práci**
 - a) výkonem 1000W po dobu 10 sekund
 - b) výkonem 100W po dobu 100 sekund

i když fyzikálně to stejná práce je.
- **Na druhé straně v rozumném intervalu rychlostí běhu spotřebujeme stejně energie na uběhnutí např. 5 km at' běžíme jakkoliv rychle (7 nebo 14 km/h) .. součin rychlosti a délky běhu je konstantní.. a tedy práce je stejná.**

Tepové rozpětí (tepová rezerva)

- HRmax pro daný sport konkrétní osoby - HR klidová
- **!!! Tepové rozpětí pokud to jenom trochu jde stanovujeme individuálně a zvlášt' pro různé sporty**

Pamatujte

- Adaptací na zátěž klesá HR klidová, HRmax jen zcela nepatrně
- Intenzitu zátěže je optimální porovnávat v procentu tepového rozpětí

Raději nepamatujte:

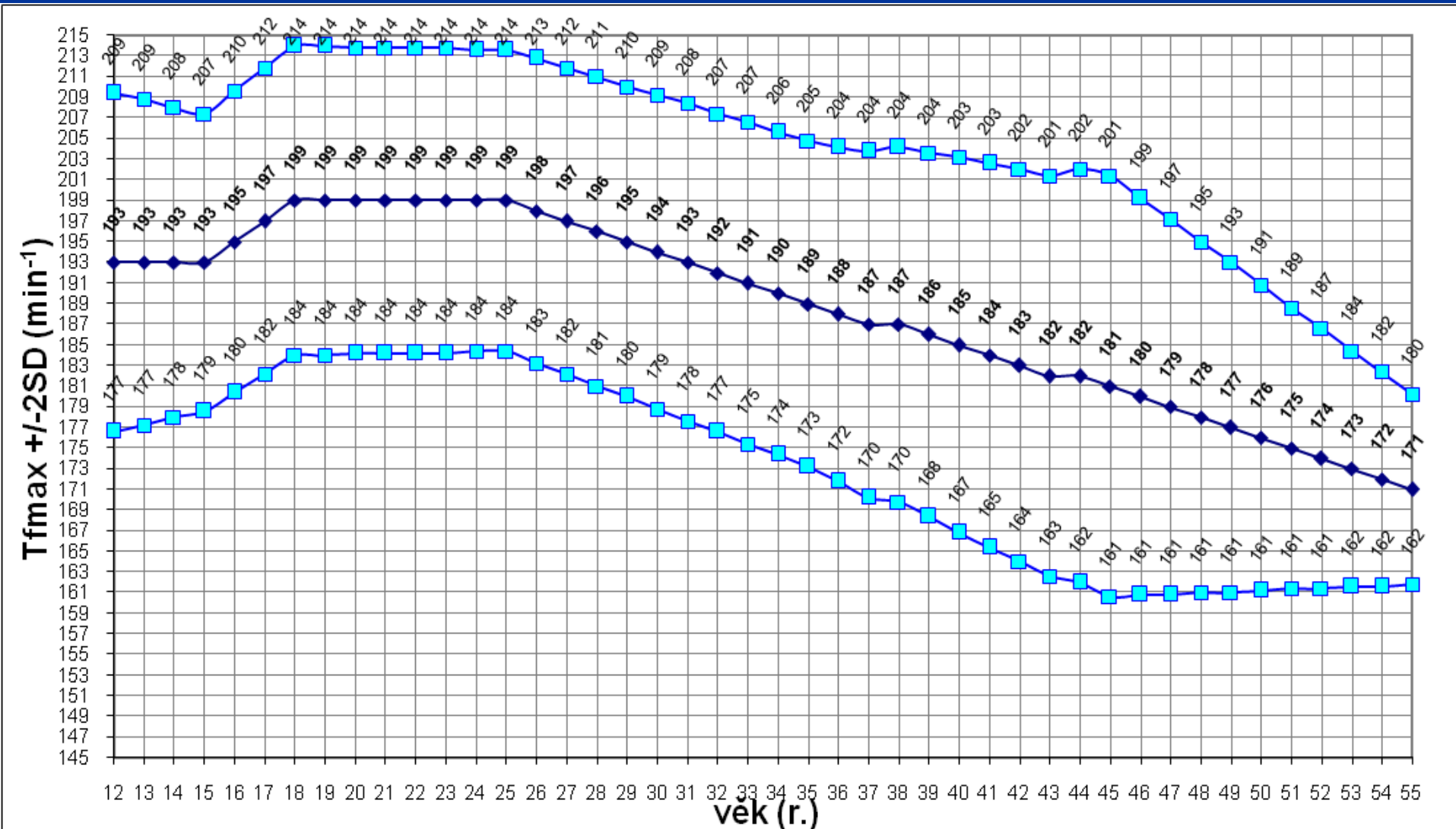
- HRmax je v průměru 220-věk (pro běh)
ale 2 SD toho průměru jsou cca 15 - 20 tepů (!!!)
- Těch 220 - věk znají i malé děti, ale skoro nikdo nechápe, že když rozpětí populačních hodnot je plusminus dvacet tepů od průměru, je takové sdělení pro individuální výpočty **TÉMĚŘ NANIC**

Když už na té nesmyslné formuli trváte, pak pro HRmax pamatujte

- **Při běhu 220 - věk**
- **Při jízdě na ergometru o cca 10 tepů méně**
- **Při plavání o dalších 15 - 20 tepů méně**
- **Platí cca od 35 let u mužů, 25 let u žen**

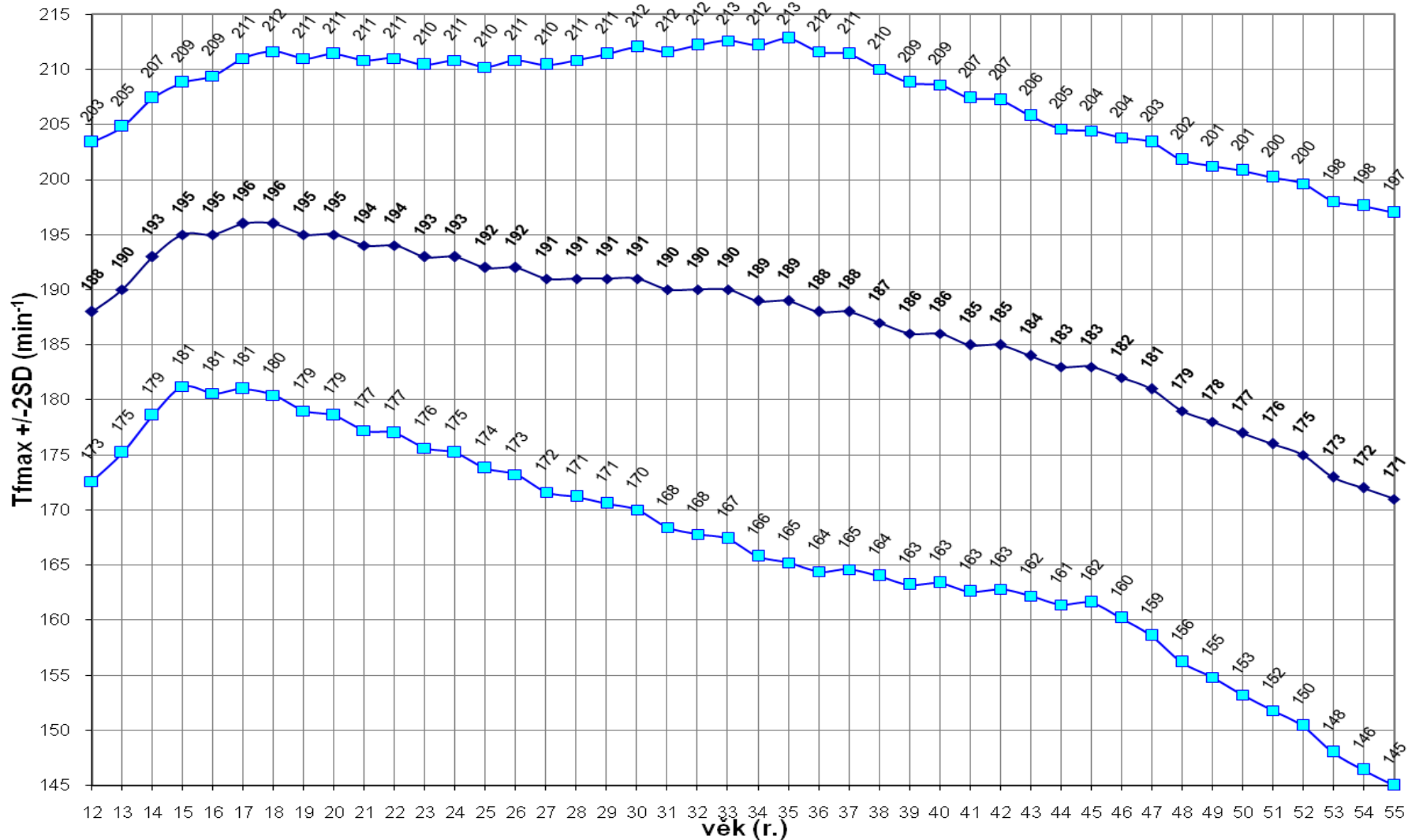
HRmax_ergometr zdravé ženy 12 - 55 let

40 let staré referenční hodnoty



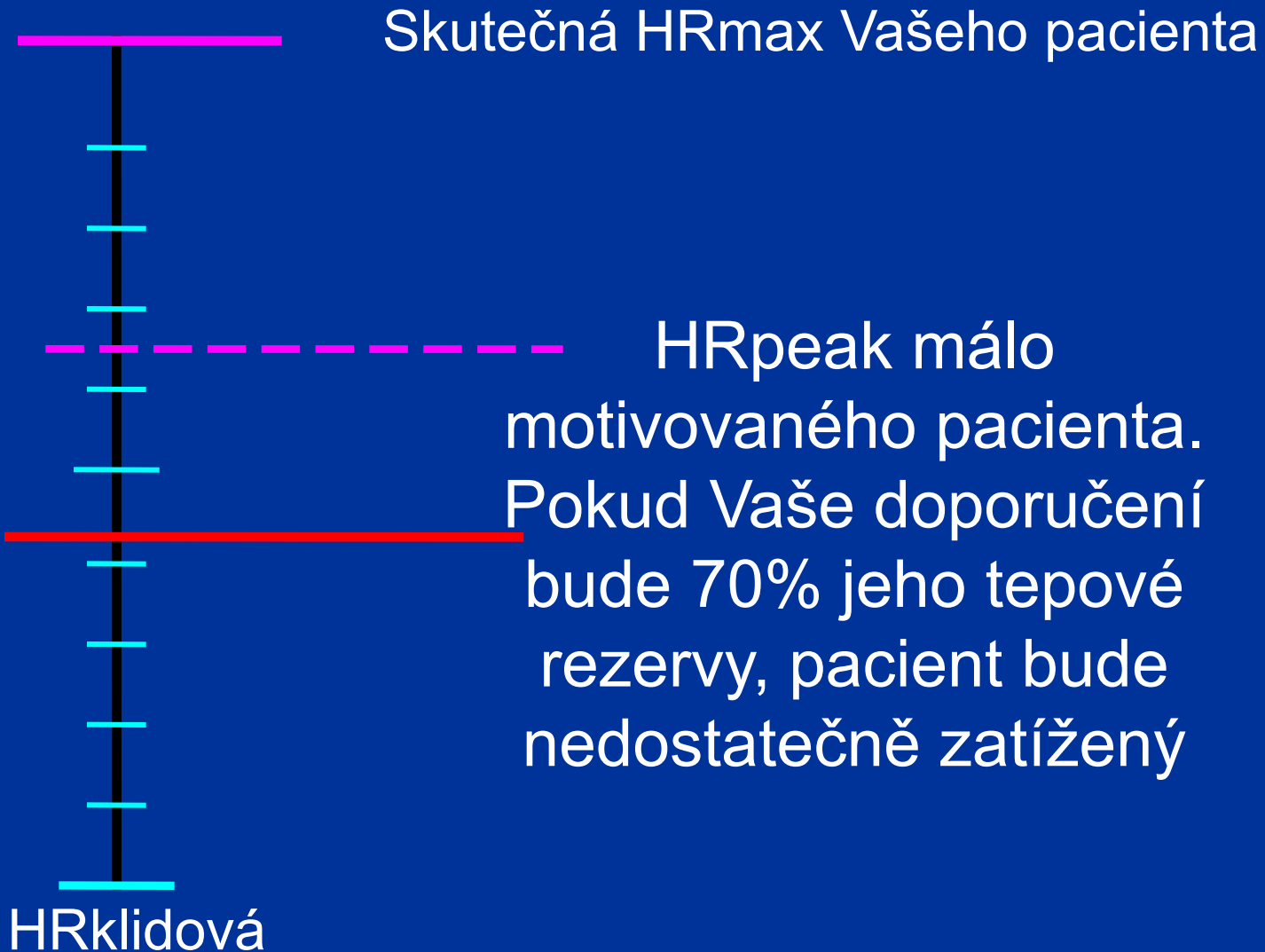
TFmax ergometr muži 12 - 55

let



Tepové rozpětí (tepová rezerva) pacienta

- HRmax (nebo HRpeak ...dosažitelná)
mínus HR klidová
- Pokud **HRpeak** a ne HRmax: pište HRpeak **byla limitována symptomy** (a vždy uveďte jakými.. dušnost, bolest kolene, arytmie, oprese, hypertonická reakce apod.)
- Pozor na betablokátory sympatiku - i tam se lze řídit tepovým rozpětím (a je to HRmax)



Pro rekreační sportovce: nejprve se zeptejte sami sebe - smím mu dát Sporttester a poslat jej cvičit ?

- Tepové rozpětí obvykle nejvyšší při běhu do mírného kopcem
- Při jízdě na kole či ergometru bývá o cca 10 tepů nižší (ne na horském kole s "kufry")
- Při plavání bývá ještě o dalších 20 i více tepů nižší než při běhu

Dynamická zátěž: proč Evropa preferuje ergometr?

- **Ergometr přesněji dávkuje zátěž, lépe změříte tlak a budete mít kvalitnější EKG**
- **Na ergometru máme (skoro) všichni stejnou mechanickou účinnost práce**
- **Když budete zatěžovat schůdkovitým, ne rampovým protokolem (viz dále) máte k dispozici referenční hodnoty které jsem Vám dal na papíře
pro HR 1 - 1,5 - 2 W/kg a v maximu**

Pouhé tři nevýhody ergometru

- a) zapojení menšího množství svalových skupin, s asi o 10 tepů menší HRmax a o 10% menší VO₂max
- b) běžci jej neradi
- c) občas pacienta s artrózou kolene ještě zatížíte do maxima chůzí do kopce, ale na ergometru už šlapat nemůže

Ergometrie a spiroergometrie

- Ergometrií myslíme obvykle zátěžový test dynamickou zátěží na bicyklovém ergometru, na výstupní zprávu uvádíme intenzitu a délku zátěže, zátěžovou reakci krevního tlaku, tepovou frekvenci, popis EKG a saturaci hemoglobinu, subjektivní pocity pacienta.
- Při spiroergometrii registrujeme navíc výměnu dýchacích plynů (O_2 , CO_2 , ventilaci). Hlavní parametry: VO_2max , anaerobní práh, $HRmax$, HR v typické sportovní zátěži

Bicyklová ergometrie: technické podmínky

- **Egometr nezávislý výkonem na otáčkách v rozmezí nejméně 40 – 120 ot./min**
- **Výkon nastavitelný s krokem 5 W**
- **Možnost ručního řízení zátěže**
- **Co nejvíce nastavitelných prvků (výška sedla, výška a sklopení řídítek, předozadní posuv sedla, sklon sedla.**
- **Některé typy jdou sklopit a používat pro rumpálovou ergometrii (použití: když pacient není schopen šlapat)**

Porovnání schopností aerobně spotřebovat co nejvíc energie v různých sportech.

(100% je VO₂max při běhu do kopce)

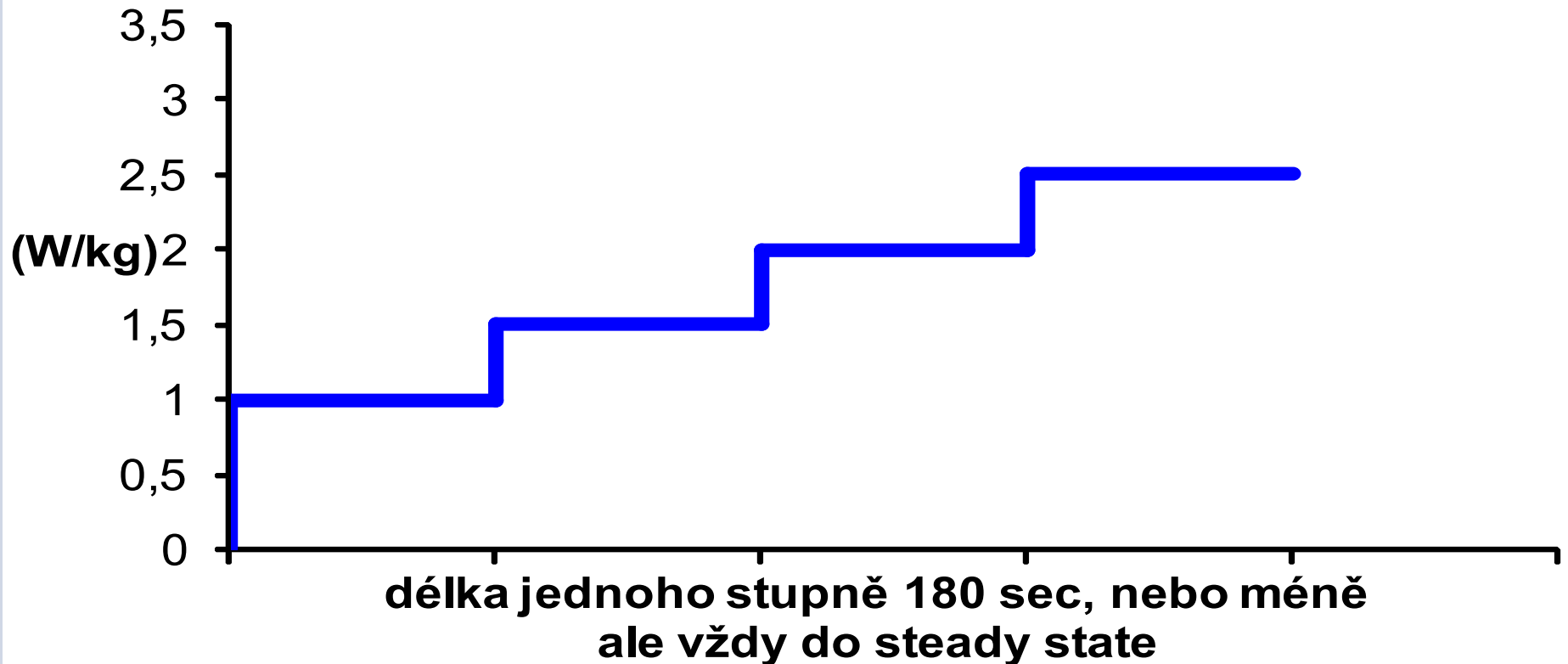
(Dle Astranda Textbook of Work Physiology.. běžná populace)

- Orbitrac 100%
- Kolo 92 – 96%
- Plavání 85%
- Rumpálový ergometr 65 – 70%

Základní typ ergometrického protokolu

(v těchto intenzitách zátěže pro padesátníky)

b) méně zdatní



Zátěžový protokol stupňovitý á 3 minuty

- Pro trochu sportujícího 55 letého (Radvanský) dejte 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - (3) W/kg
- 1 - 2 - 3 - 4 - 5 W/kg á 3 minuty pro zdravého zdatného 20 - letého amatérského výkonnostního cyklistu (očekávám tedy jeho VO₂ max někde okolo 5 x 11 + klidových 5 ml/kg/min) .
- Pro seniora s maximem v oblasti rychlé chůze 0,5 - 0,75 - 1 - (1,25) W/kg

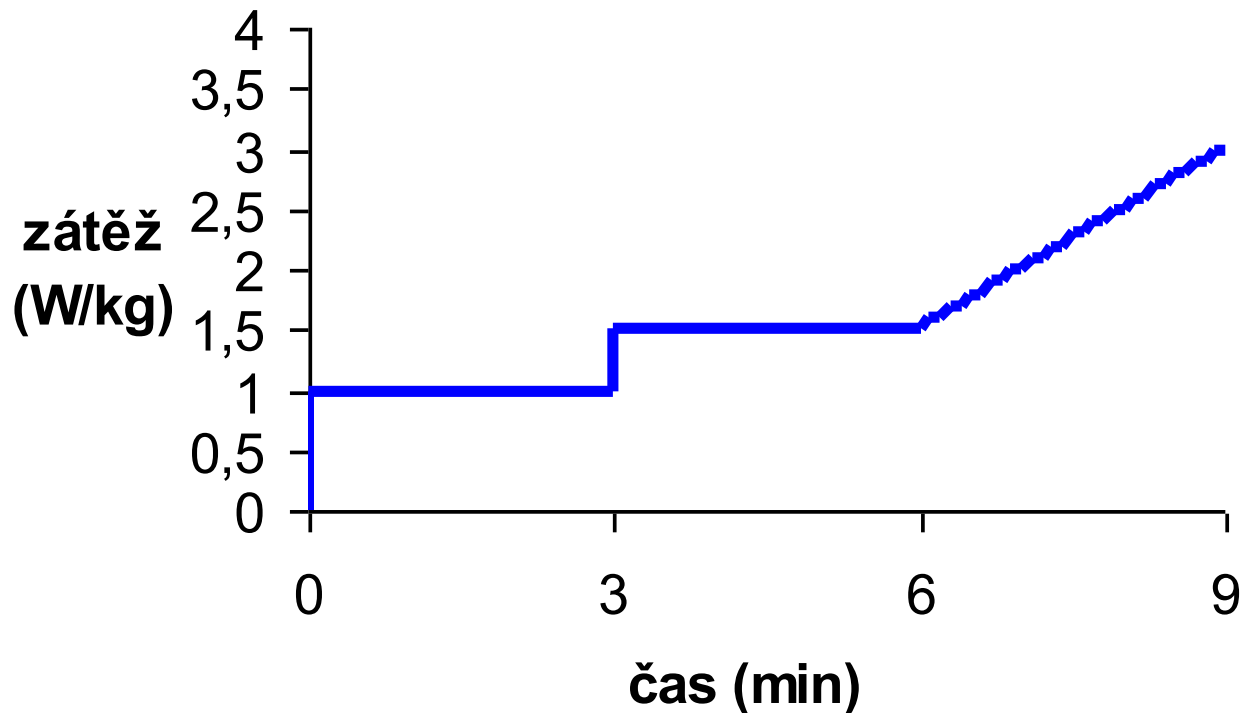
Zátěžový protokol pro ergometrii bez analýzy výměny dýchacích plynů

- 2-5 stupňů zátěže délky obvykle á 3 minuty, nebo jen do rovnovážného stavu.
- Přestávka déli do 15 sekund mezi zátěžemi k natočení kvalitního EKG či stanovení RPE neovlivní nijak výsledek testu
- Stupňů má být nejméně 3 nejvíce 6. Na nižších stupních zátěže je možno zvýšit intenzitu vždy po dosažení rovnovážného stavu, nebo á 3 minuty

Kombinovaný protokol pro VO_2max + AT v těchto intenzitách pro čtyřicátníky

méně zdatní

(schopní rychlé chůze + pomalého běhu)



Komu ramping protokol a jak rychle

- možné u zdravého sportovce tam kde chci anaerobní práh a maximum
- Když si u 70 kg muže řeknu, že má maximum na 2,5 - 3 W/kg, budu zvyšovat 1W/kg za něco víc než 3 minuty, zvolím např 20 W a minutu - přidávat 5W á 15 sekund

Anaerobní práh (VAT)

intenzita zátěže nad kterou vydržíte cvičit
sekundy až minuty, ne desítky minut

- **Dnes je jasné, čím NENÍ způsoben (lakátem)**
- **Není jasné, čím je vzestup ventilace způsoben (SID ...strong ion difference?)**
- **Trénovat nad úrovní VAT znamená (možná) vyšší proarytmogenní riziko**

Anaerobní (stresový práh) - historie

- **1910:** ví se že v zátěži stoupá kyselina mléčná v krvi
- **1924:** hypotéza: laktát stoupá v krvi při těžké zátěži, jelikož se aktivuje systém anaerobní glykolýzy ve svalu
- **1927:** nastartování anaerobní glykolýzy vede k prudšímu zvyšování ventilace [dnes říkáme spíše: převaha anaerobní glykolýzy vede..]
- **1933:** Vzniká termín kyslíkový dluh, rovnovážná fáze zátěže.
- **1934:** Margaria: vysoký krevní laktát je důsledek nedostatečné nabídky kyslíku svalům

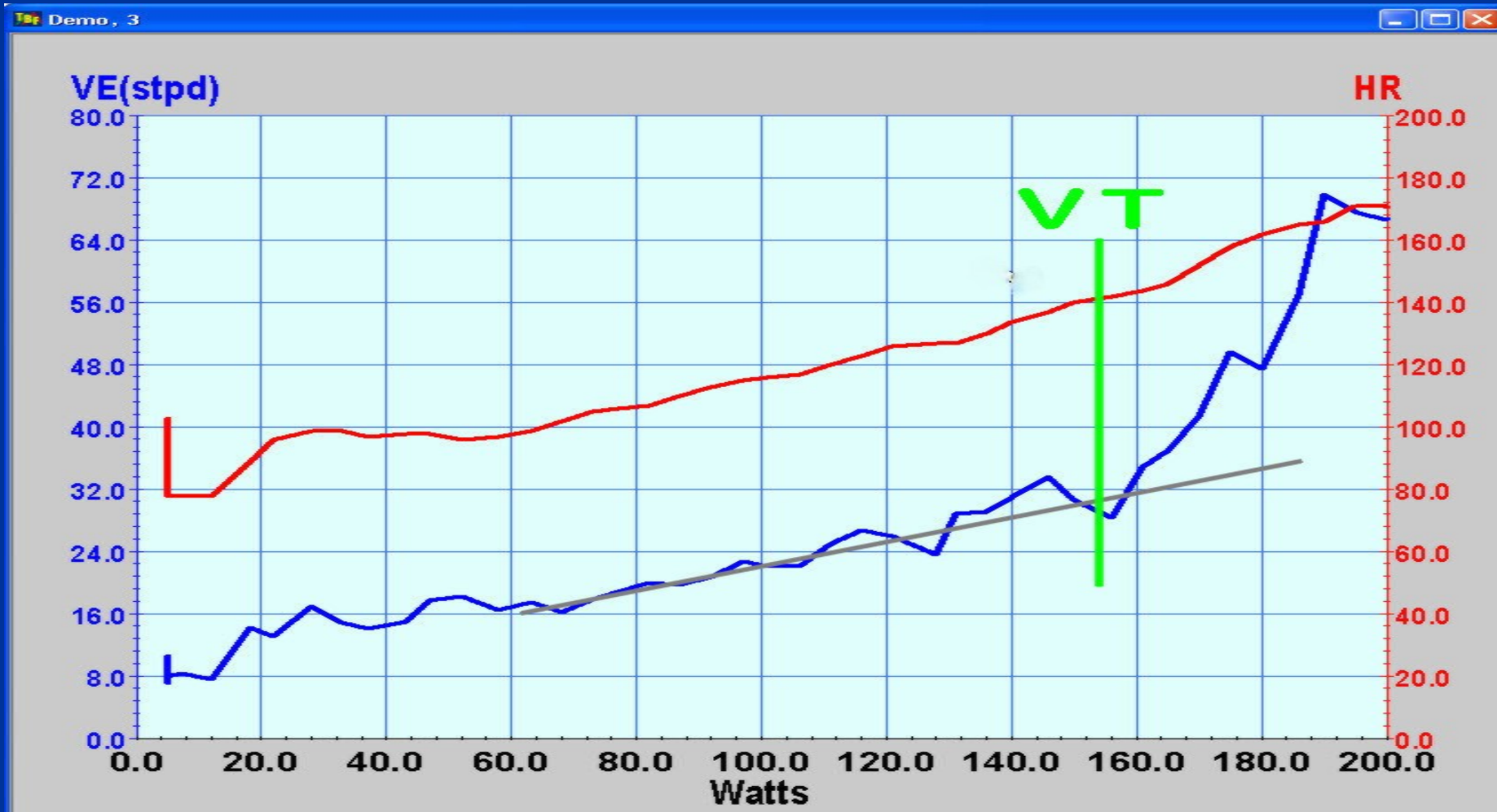
Pohled na AT od 80. let

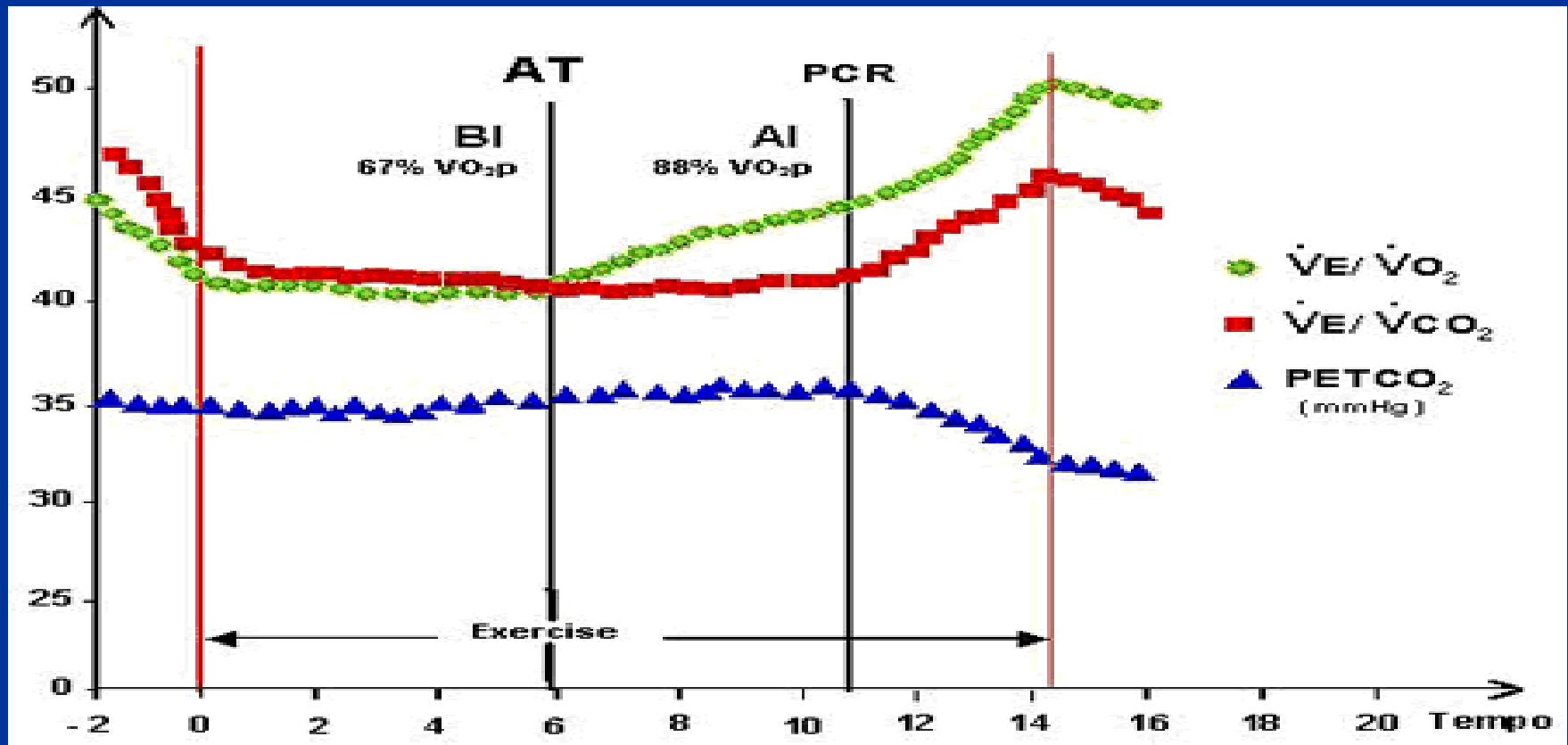
- **1973 Anaerobní práh - nejvyšší intenzita zátěže na které se ještě neobjevuje metabolická acidóza a biochemické změny + změny ve výměně dých. plynů s tím spojené.**
- **1985 ZTRÁCÍ PŘÍVLASTEK ANAEROBNÍ:**
 - 1) **zlom v intenzitě zátěže , odpovídající AT mají i lidé, kteří pro deficit enzymů anaerobní glykolýzu nemají a nemohou vytvářet krevní laktát..**
 - 3) **Klíčovou úlohu při vzniku SP hraje centrální redistribuce krve v neprospěch jater .Vede ke vzniku obráceného koncentračního gradientu pro laktát který se hromadí v oběhu**

Pohled na AT 21. století

- Intenzita okolo které trénuje vytrvalec
- Ač se dá měřit i laktátem je to spíše koincidence
- Pohled JR: z části je po něm poptávka jako po šamanismu trenérů - i u vytrvalostně rychlostních kolektivních sportů kde není individualizovaný trénink
- V Evropě obecně skeptický pohled

Ventilační anaerobní práh

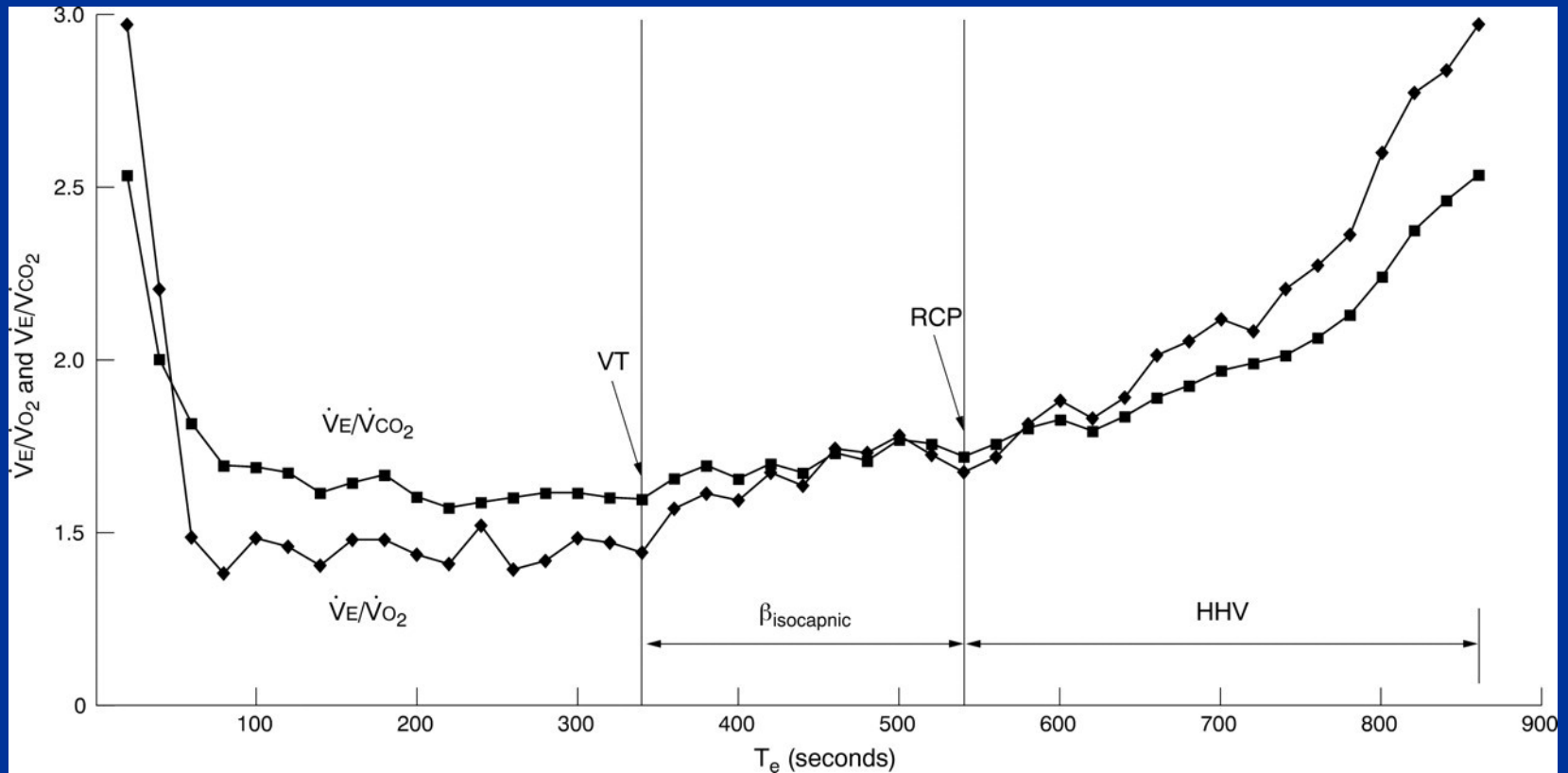




- Training in low intensity group (BI) at 67% of peak VO₂ (VO_{2p}), limited by the anaerobic threshold (AT) and the high intensity group (AI) at 88% of peak VO₂, limited by the respiratory compensation point (RCP) in patients with HF. Points and intervals delimited graphically by the oxygen ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) and carbon dioxide ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$) ventilatory equivalents. PETCO₂ = end-expiratory carbon dioxide. Time measured in minutes. Source: Ferraz AS et al

J Am Coll Cardiol. 2003; 41:182A

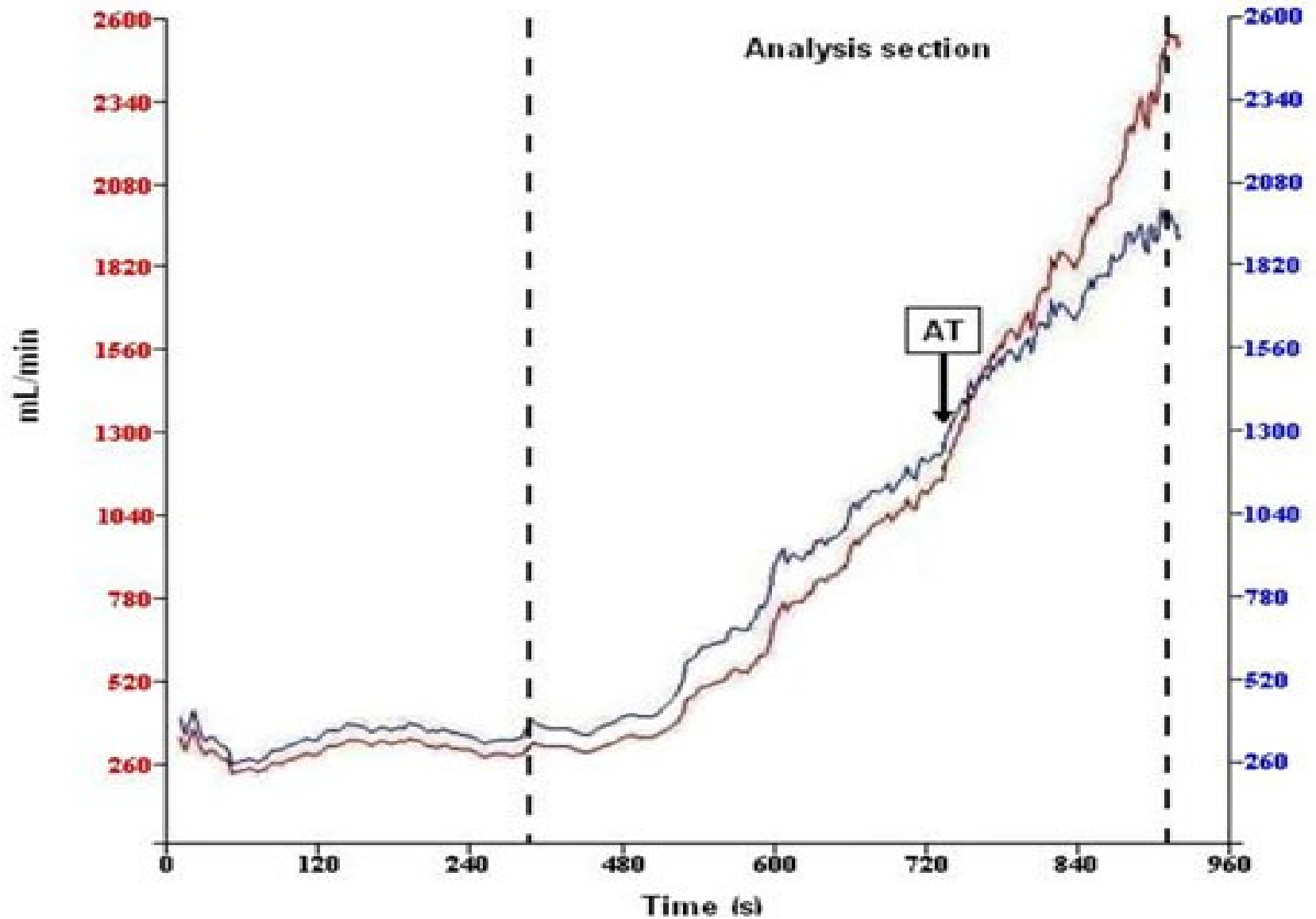
Determination of isocapnic buffering (β isocapnic) and hypocapnic hyperventilation (HHV) phases in one subject.



Girard O et al. Br J Sports Med 2005;39:921-926

Carbon dioxide output

Oxygen uptake

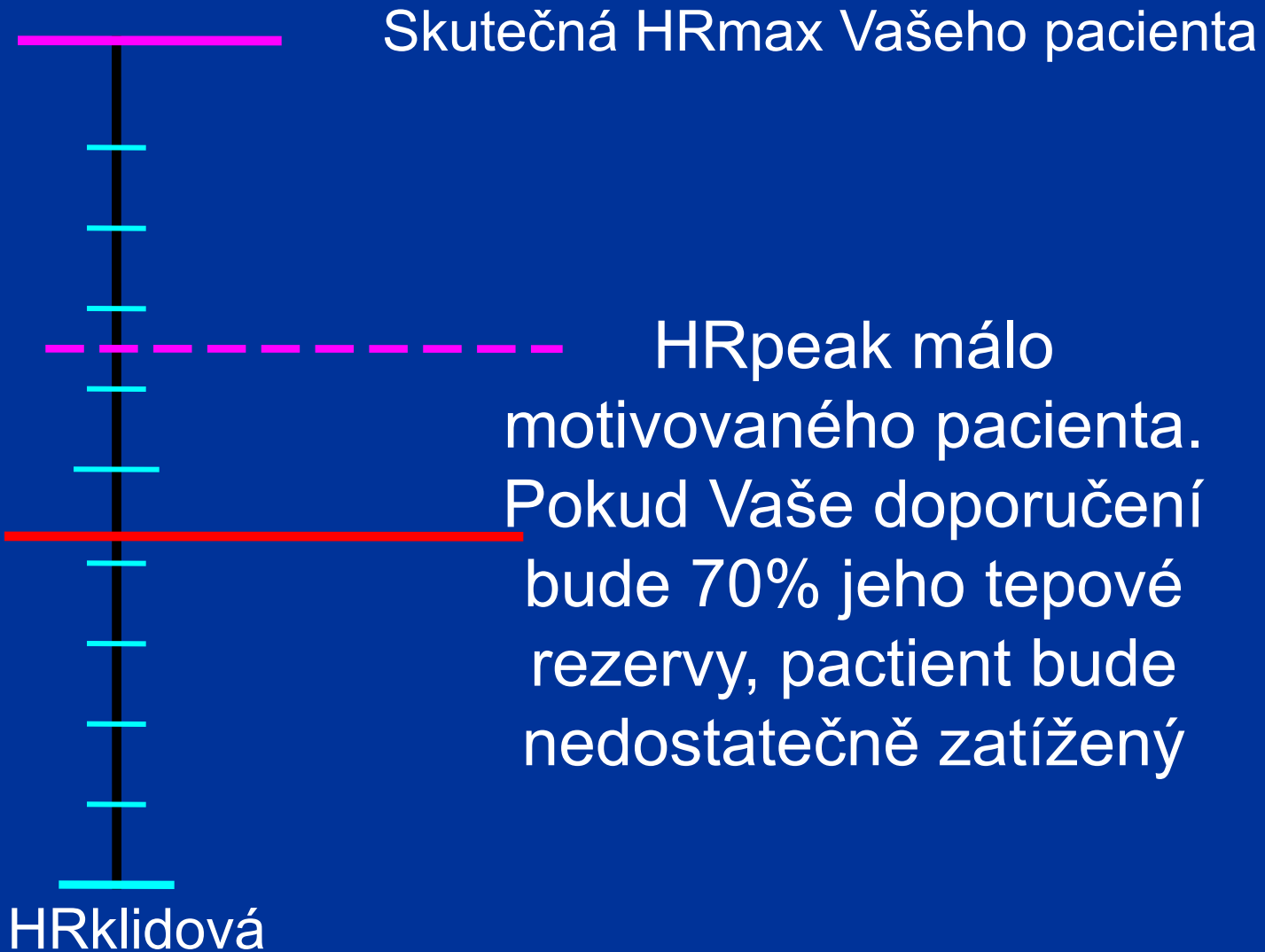


K čemu je VAT

- Okolo něj trénuje vytrvalec
- Kardiologům k stanovení možné proarytmogenní bariéry
- Rekreačním sportovcům kteří nestojí o vyšší výkon k ničemu
- Kolektivním sportům jen při individualizovaném tréninku.
- Šamanismus, argumenty o tom jak o sportovce tým pečuje.

HRmax in range 181 -209 for 15y healthy boys





Jednoduché ergometrické testy např. do lázní: index W_{170}/kg (W_{150}/kg)

- Kolik wattů na kilogram má měřená osoba v rovnovážném stavu na danou tepovou frekvenci (z nejméně 2 zátěží á 3 minuty, nepoužívejte extrapolaci, pak raději index W_{150}/kg , W_{130}/kg)
- Jen hrubě orientační
- Udávat jej absolutně jako W_{170} , bez vztahu k hmotnosti, je nesmyslné)

Jednoduché ergometrické testy např. pro hokejisty

- Rychlost zotavení fH z jednotkové zátěže:
snad vhodné u intermitentních sportů

(Z nejasných důvodů hokejisté naštěstí
preferují ergometrické testy před běhátkem
)

Zátěžový protokol pro test s analýzou výměny dýchacích plynů

- **Výbava: rychlý analyzátor výměny dých.pl-+ pulzní oxymetr + EKG + ergometr**
- **nejvhodnější protokol s dvěma stupni zátěže podle hmotnosti pacienta, následovaný kontinuálně zvyšovanou zátěží do maxima. První stupeň do rovnovážného stavu (3 min) má pacient subjektivně hodnotit jako zátěž lehkou, tedy obvykle 1W/kg**
- **druhý stupeň délky tří minut má být pro pacienta nastaven na úroveň subjektivně středně těžké zátěže.**
- **Místo třetího stupně zvyšujeme kontinuálně zátěž do maxima během dalších 2 až 6 minut.**

K čemu spiroergometrie proti ergometrii pro vás – sportovní lék.

- **Na protokolu méně závislé stanovení zdatnosti, možnost stanovit AT a tedy optimální tréninkovou zátěž pro vytrvalost.**
- **S moderními analyzátory lze lépe zjistit podíl postižení plic a HSS na dušnosti sportovce.**
- **True VO₂max s TF max**
- **„Šamanismus“ (placebo)**

Poznámky heslovité k pojmům

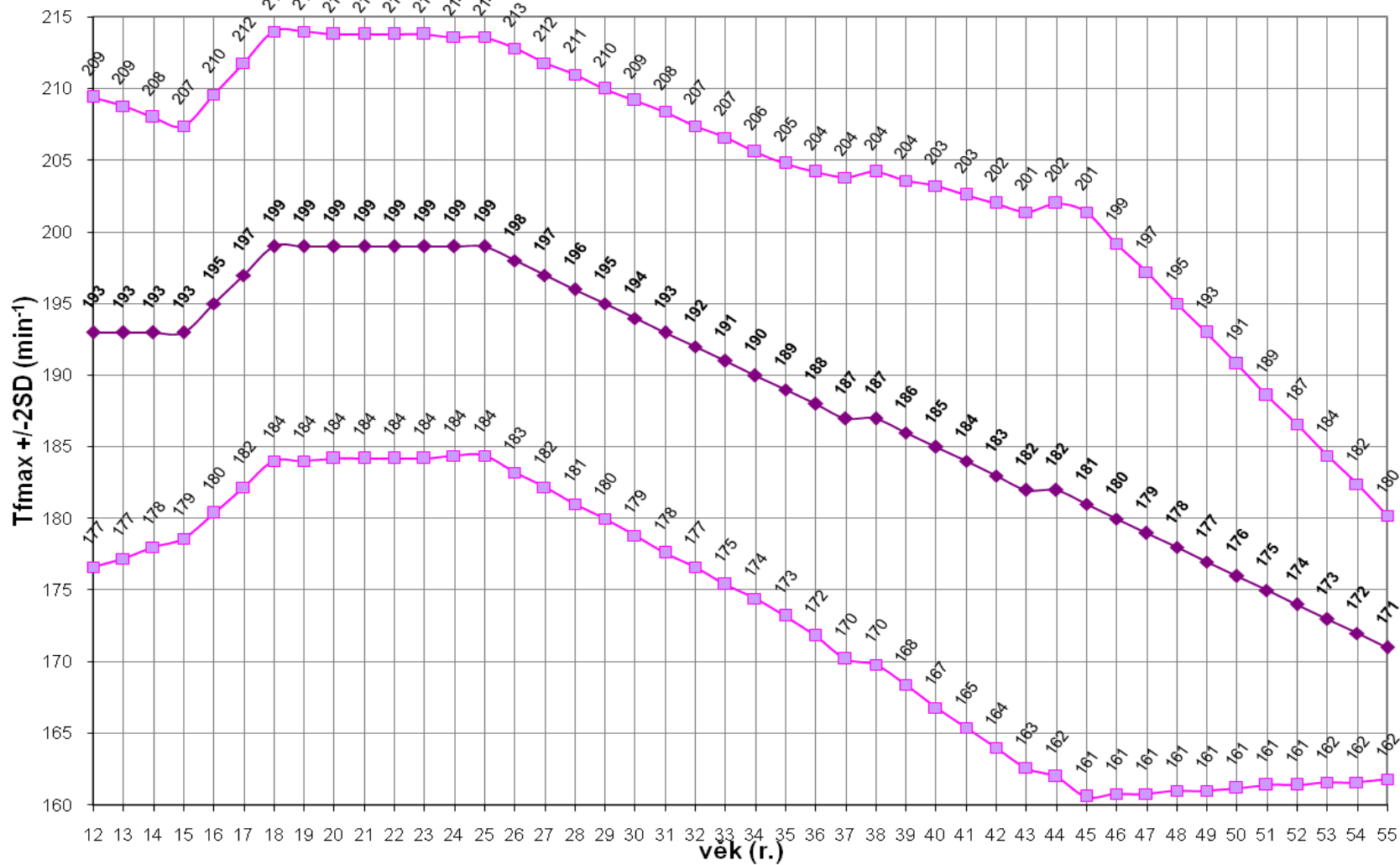
Tepová frekvence (TF) v subj. lehké či střední zátěži

- Pokud je zátěž standardizovaná na kilogram hmotnosti je nízká u zdravého TF známkou zdatnosti. Chybí nám normy na stanovení procenta tepového rozpětí. Nízká TF vztažená na normu dle věku u nemocného může být chronotropní inkompetence SA uzlu, při terapii betablokátory, náhradní rytmus, vagové dráždění, přetrénování, hypothyreóza a další.
(Lázeňský index $W170/kg$)**

TFmax

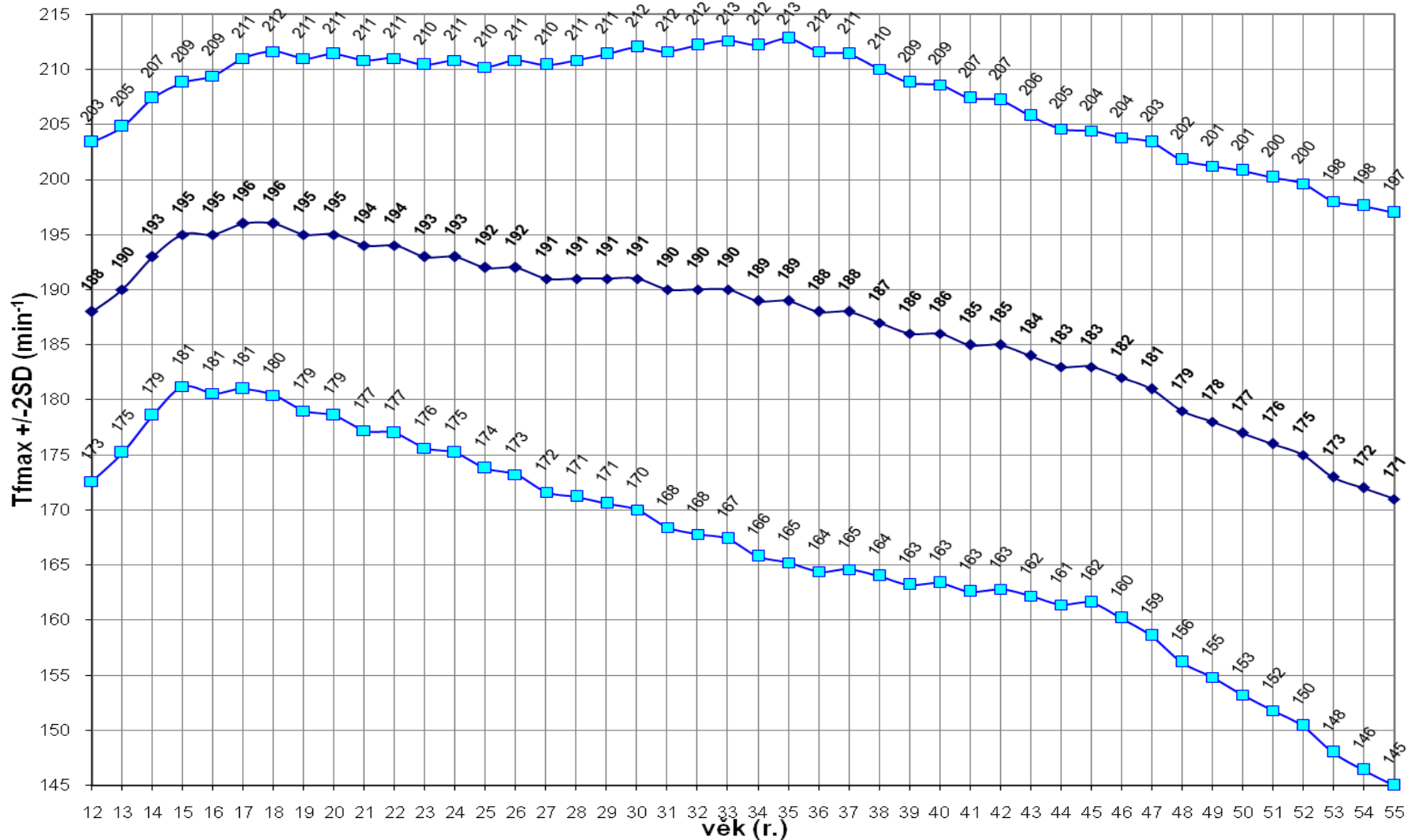
- **Dosáhl váš klient své opravdové TFmax?
NEJLÉPE PODLE RQ ze
spiroergometrie**
- **TFmax_běh > TFmax_kolo
>TFmax_plav.**
- **TFmax je jasně závislá věkově až v
dospělosti, ne v adolescenci**
- **TFmax je v intervalu ± 12 až 20 tepů (!)**

TFmax ergometr ženy 12 - 55 let



TFmax ergometr muži 12 - 55

let



$\dot{V}O_2\text{max}$ „true“

Za skutečné $\dot{V}O_2\text{max}$ lze považovat stav kdy:

- Spotřeba kyslíku už dále nestoupala, ačkoliv zátěž ještě dále stoupala, nebo spotřeba vytvořila plató délkou alespoň 90 sec (u velmi rychlého analyzátoru i jen 60 sec). Nebo stoupala, ale zkušený vyšetřující poznal že je maximum při adekvátní TF a RQ nad 1,1.
- V době dosažení této hodnoty byl výdej CO_2 vyšší než spotřeba kyslíku, takže respirační výměnný koeficient (poměr vydaného CO_2 a přijatého O_2) byl vyšší než 1,1
- Výsledek je zčásti závislý na typu analyzátoru a zátěžovém protokolu, a proto $\dot{V}O_2\text{max}$ měřené na jiném pracovišti musí být vždy bráno s určitou

Symptomaticky limitované $\dot{V}O_2$ **($\dot{V}O_2$ peak jako výraz nedosažení maxima)**

**Zátěž ukončena pro symptomy
znemožňující pokračovat, udáváme vždy
příčinu SLE + oběhové parametry v době
ukončení zátěže**

- Ukončení pro symptomy udané
pacientem: oprese, palpitate, dušnost,
porucha hybného systému, nevolnost**

SLE při ukončení testu lékařem

(tedy s objektivní příčinou)

- Zátěží indukované závažné poruchy srdečního rytmu. (Progrese AV bloku, vznik komorové nebo supraventrikulární tachykardie, prudké zvýšení počtu komorových extrasystol a jejich přechod z uniformních na polymorfní.)
- Progredující těžká porucha repolarizační fáze EKG. (V písemnictví udávaná deprese ST > 3 mm je příliš simplifikující).
- Prudký pokles saturace hemoglobinu pod 80%.
- Pokles systolického tlaku při vyšším stupni zátěže proti stupni předchozímu o více než 30 mmHg.
- ztráta orientace

Hodnocení vytrvalostní zdatnosti

- Nejlépe pomocí maximální aerobní kapacity
- Hůře pomocí prepočítaných wattů na VO_2max

návod: 5 ml/kg/min na klid + 12x watty na kilo u schůdkovitého zátěžového protokolu.
U starších lidí méně.

Ještě hůře indexem W170/kg

METs - jednotky kardiologů

- Arbitrárně se rozhodli, že klidový metabolismus je $\text{VO}_2 = 3,5 \text{ ml/kg/min}$
- Vydělí VO_2 vyjádřené v ml/kg/min číslem 3,5 a mají zdatnost vyjádřenou v METs

Opsáno z guidelines: stanovení rizika u nemocných po i.m.

- Nízké riziko EF 45 %, bez klidové nebo zátěžové ischemie, bez arytmie, zátěžová kapacita > 100 W (> 6 METs)
- Střední riziko EF 31–44 %, známky ischemie při vyšším stupni zátěže (> 100 W), zátěžová kapacita < 100 W (< 6 METs)
- Vysoké riziko EF 30 %, komorové arytmie, pokles TK > 15 mm Hg při zátěži, IM komplikovaný srdečním selháním, výrazné projevy ischemie

**... nic proti : naprosto přesně sedí 100 W s
tabulkou pro 70 kilového 55 letého , ale
kdo z nás ty watty přepočítá na hmotnost
?**

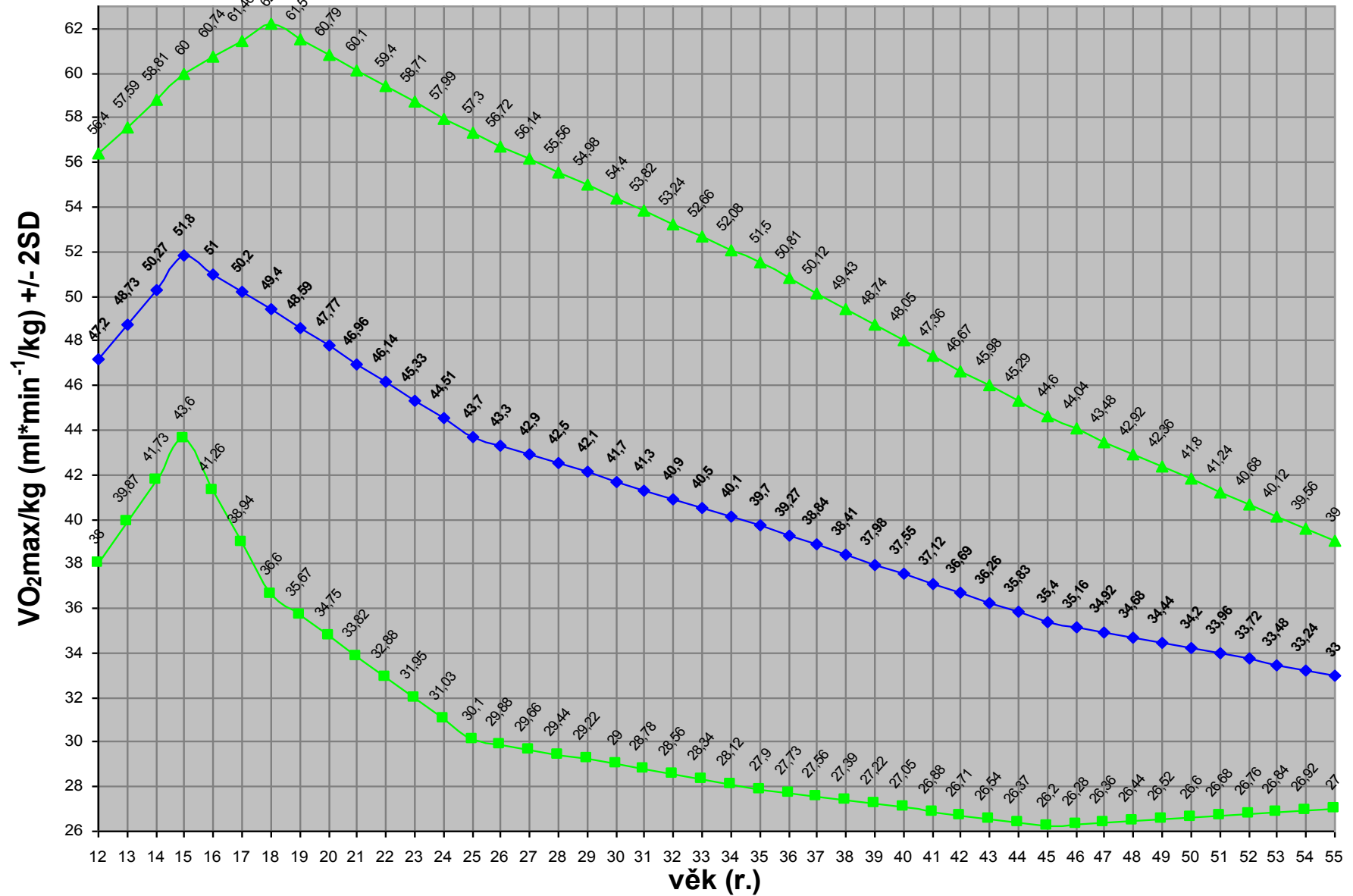
**(100W je 100/70 ... 1,42 W/kg. Z tabulky pro 50 letého muže je VO₂
22,4 ml/kg/min, tedy 6,4 METs, což odpovídá 6,4/1,5*1,4 , tedy 6,05
METs)**

Hodnocení zdatnosti

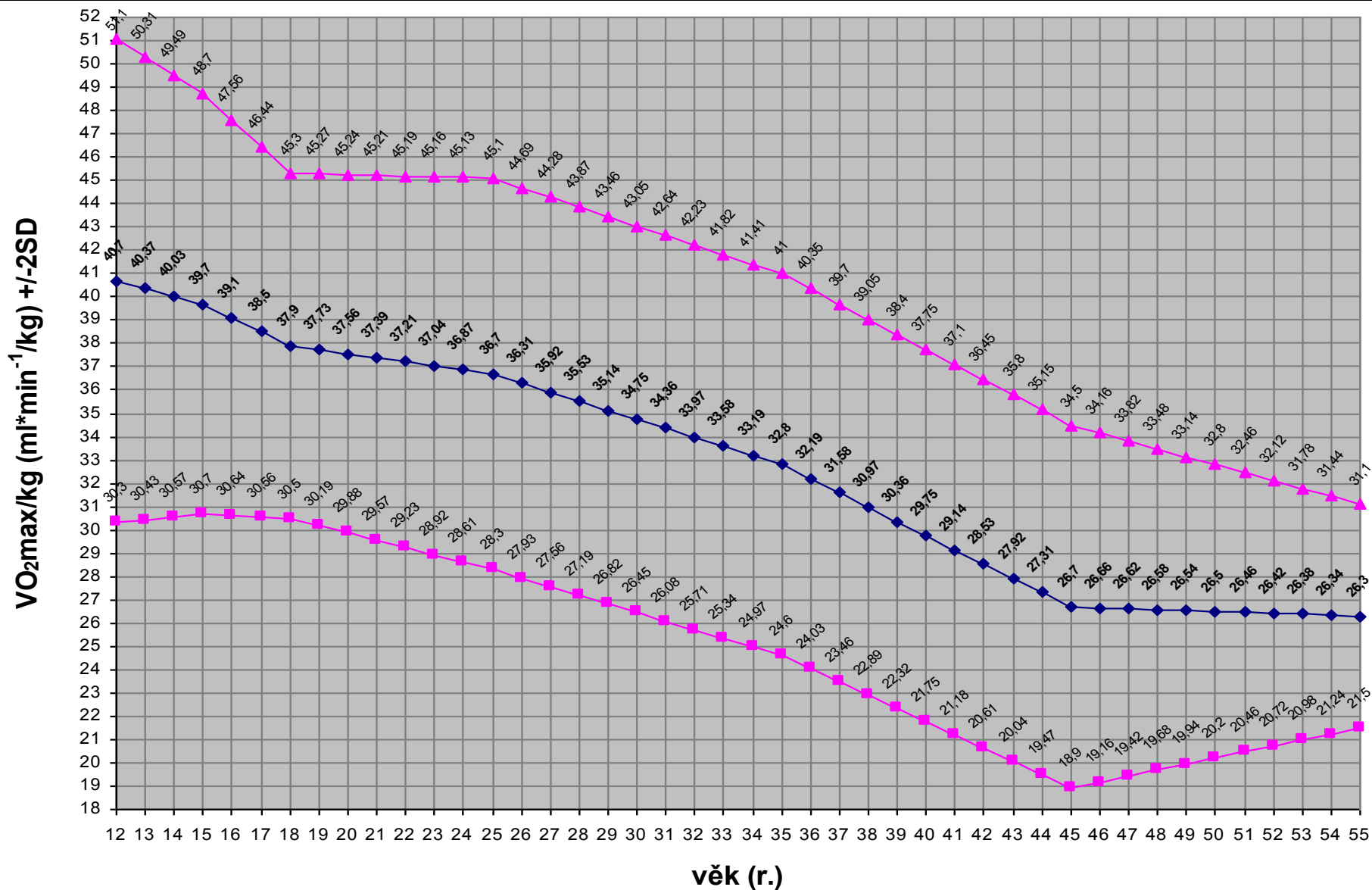
- Snadné do 55 let - máme normy zdravých
- Filosofická otázka (obdoba cholesterolu):
s čím porovnat zdatnost pacienta nad 55 let

najít 60 leté ZDRAVÉ s DOSTATKEM
POHYBU jako referenční skupinu
znamená srovnávat pacienta s výjimečně
zdravými lidmi !

Max. spotřeba kyslíku - muži



Max. spotřeba kyslíku - ženy



Jak měřit a hodnotit zátěžový krevní TK

Příklad: různé možné filosofie hodnocení dvou stejně starých a stejně velkých dětí

I houslista a fotbalista má mít na stejném procentu maxima stejný krevní tlak

II houslista a fotbalista mají mít při stejné intenzitě zátěže (stejných wattech) stejný vzestup tlaku proti klidu

III houslista a fotbalista mají mít stejný vzestup tlaku při stejné intenzitě zátěže (stejných wattech)

- Horní mez vzestupu systolického tlaku v zátěži
(maximálně tolerantní mez pro věk 10 – 35 let,
zátěž na kilogram hmotnosti [W/kg])

$$\text{TKs zátěžový} = \text{TKs klidový} + (20 \times \text{zátěž}) + 25$$

(Nordgreen et al).

- Zjednodušená úprava jak ji přednáším medikům
Na každý watt na kilogram zátěže smí
systolický krevní tlak stoupnout nejvýše o 30
mmHg nad tlak klidový.
- Vysoce zdatný 18 letý sportovec zvládne i 5 W/kg, takže v
té extrémně vysoké zátěži může mít i 5x30 mmHg nad
svých klidových 120- 130, tedy 280 mmHg (a takových
jsme viděli řadu)!!

Alternativní přístup: normy krevního tlaku vztažené na tepovou frekvenci

**Wanne OPS, Haapoja E.: Blood pressure during
exercise in healthy children. Eur. J. Appl.
Physiol.1988;58:62-7**

- **Nadměrně simplifikující přístup**
- **V naší laboratoři tyto referenční hodnoty
nepoužíváme**

Chlapci

prepubertální

postpubertální

TK_s

TK_d

TK_s

TK_d

KLID

88 – 136

52 – 88

99 - 151

54 - 90

HR 110

95 – 151

54 – 74

113 - 173

46 - 86

HR 150

105 - 173

45 – 81

132 - 204

29 - 89

HR 170

110 - 182

35 – 91

142 - 214

22 - 90

Dívky

prepubertální

postpubertální

TK_s

TK_d

TK_s

TK_d

KLID

88 – 132

55 – 87

93 - 145

55 - 91

HR 110

93 – 149

35 – 95

102 - 154

52 - 84

HR 150

99 – 163

44 - 84

121 - 181

46 - 86

HR 170

107 - 171

37 - 89

130 - 190

40 - 88

Referenční hodnoty TK ve statické zátěži dětí a adolescentů

- v laboratoři je obtížné modelovat podmínky sportu (např. vzpěrač má v okamžiku výkonu STK >300 mmHg).
- Modelujeme nejčastěji 1/3 nebo 1/2 max. volní kontrakce levé ruky do vyčerpání.
- Vlastní referenční hodnoty – horní mez:
 - u školních dětí 170/115 mmHg,
 - u adolescentů 180/120 mmHg.

Respirační výměnný koeficient RER (někdy RQ) VO_2 / VCO_2

- V klidu v průměru odrazem metabolismu sacharidů či tuků
- Stoupá při hyperventilaci. Náústek či dýchací dyskomfort zvyšují z počátku ventilaci, poměr arteficiálně vysoký. Poté i minuty arteficiálně nízký
- Cave neurotici, cave technika

Doporučení pro léčené hypertoniky - sportovce:

- Každému sportovci s hypertenzí by mělo být zdůrazněno proti ostatním sportovcům obzvlášť vysoké riziko při: užívání anabolik a růstového hormonu, drog (kokainu), tabáku v jakékoliv formě, nadměrného příjmu sodíku.
- Případně nasazená léčba by měla zohledňovat také antidopingová pravidla. (Betablokátory, diuretika jsou na seznamu léčiv se zvláštním režimem, podrobnosti na www.antidoping.cz).

RER

II

- **V zátěži úměrný respirační kompenzaci proton loadu + ovlivněný neurotickou hyperventilací**
- **Při troše zkušenosti umožní dobrý odhad metabolického maxima. Tam má být v intervalu 1,10 - 1,25 zcela výjimečně nad tuto hodnotu**

Tepový kyslík

- V literatuře hojně uváděný, úměrný systolickému objemu, ale ten úměrný hmotnosti či BSA
- Podstatně rozumnější je normovat jej na kilogram hmotnosti, pak nezávislý na velikosti testovaného
- Smysl: vytrvalostní sporty .. excentrická hypertrofie. Pokles ... maladaptace

$P_{ET}CO_2$ a $P_{ET}O_2$

- $P_{ET}CO_2$ - na konci výdechu je ústech ta část dýchacích plynů která měla dlouhý čas na vyrovnání s maximální koncentrací CO_2 v alveolech. Poměr této a průměrné vydechované hodnoty je ukazatelem dobrého poměru ventilace k perfuzi. V intenzitě nad VAT se ještě chvíli nemění, na rozdíl od
- $P_{ET}O_2$ který má mít ve VAT nadir.

Ruční dynamometr - handgrip

- Zejména u hypertoniků s ambicemi na fyzickou práci horními končetinami (rytí, nošení břemen, stavební práce)
- Typ handgripu a volba protokolu ovlivní výdrž, tlak méně
- Kupodivu je malý rozdíl TK vsedě versus vleže (zvolte si jednu variantu)
- !! V žádném případě neměřit TK až po uvolnění stisku.
- Na rozdíl od ergometrie dává validní diastolický TK
- Za hraniční diastolický TK považujeme 120 mmHg, u dospělých 130 mmHg.
- Horní mez systolického tlaku je 200 mmHg u dospělých.
- Jen raritně nalezneme pacienta s hypertonickou reakcí systolického tlaku na handgrip a normotonickou reakcí na dynamickou zátěž.

Vztah zdatnosti k pracovní kapacitě: příklad I

- žena 50 kg a muž 100 kg, zdraví, mají každý nést do kopce náklad, vyžadující energ. výdej ekvivalentní spotřebě kyslíku 2000 ml/min: ke klidové spotřebě cca 5 ml/kg/min přidá žena $2000/50$ tedy 40.. požadovaný energetický výdej bude ekvivalentní spotřebě 45 ml/kg/min, tedy nad hranicí jejích možností. Muž přidá ke svým 5 ml/kg/min klidové spotřeby $2000/100$ tedy 20 ml/kg/min. Jeho spotřeba kyslíku 25 ml/kg/min bude u zdravého vnímána jako střední intenzita zátěže.
- Rozdíl hodnocení fyzikálně identické práce je biologicky dán zejména množstvím svalové hmoty, věkem a méně rozdílem pohlaví (+ faktory zdravotní, psychologické, sociálně – motivační).

Vztah zdatnosti k pracovní kapacitě II

- Momentální zdatnost – a její poměr s požadovaným energetickým výdejem tvoří u kontinuální dynamické zátěže dominantní složku pro subjektivní hodnocení zátěže
- (Obdoba minulého příkladu) 2 stejně hmotní, stokiloví muži 50 let, jeden extrémně zdatný, druhý nezdatný – náklad jim zvýší spotřebu kyslíku o 20 ml/kg/min. Populační normy VO₂max: Horní mez 4,1 dolní mez 28 ml/kg/min: první muž hodnotí zátěž jako středně těžkou, druhý jako téměř maximální.

Terénní testy tělesné zdatnosti

- **Vhodné pro komparativní stanovení – např. při rozdělování do skupin na rekondičních pobytech**
- **Vhodné při striktně jednotném postupu i ke stanovení průměrné zdatnosti profesních skupin**
- **Corridor walk test, terénní chodecké testy**
- **Dva přístupy: buď limitovaný čas „půjdete 2 km co nejrychleji“, nebo měřena délka za fixní čas .. obvykle 20 minut.**
- **Obdobou jsou step – testy v tělocvičně, či chůze po schodech.**

Hodnocení zát. testu I: odpověď základních kardiorespiračních parametrů na zátěž

- **tepová frekvence (viz dále)**
- **spotřeba kyslíku a její dynamika**
- **výdej oxidu uhličitého, RQ**
- **krevní tlak (hodnocení sporné – nutno umět měřit, nepoužívat automaty a v dynamické zátěži se nespoléhat na diastolický tlak)**
- **saturace Hb v zátěži**
- **srdeční výdej - (vzácně, protože obtížně)**

Rate – pressure product
, “dvojprodukt“
HR*STK [mmHg]/100

	50 W	50W	150 W	150 W	MAX	MAX
	MUŽI	ŽENY	MUŽI	ŽENY	MUŽI	ŽENY
25 let	137	170	253	328	378	353
35 let	135	160	266	323	383	359
45 let	141	180	281	332	380	370
55 let	146	189	288	348	375	366

Populační hodnoty W_{max} , W_{max}/kg , W_{170}

Věk [roky]	W_{max} [W]		W_{max}/kg [W/kg]		W_{170} [W]	
	M	Ž	M	Ž	M	Ž
18	278	190	4,1	3,3	178	103
25	283	185	3,8	3,1	193	109
35	264	174	3,4	2,7	195	115
45	242	164	3,1	2,4	195	121
55	220	154	2,7	2,1	195	127
65	195	145	2,3	1,8	195	133
75	170	135	2,0	1,5	195	139

Funkční snížení aerobní kapacity a AT- klasifikace dle Webera 1988

Třída	Poškození	VO₂_{max} SLE [ml/kg/min]	VO₂_{ANP} [ml/kg/min]
A	nulové – nízké	> 20	> 14
B	mírné – střední	16 – 20	11 – 14
C	střední – těžké	10 – 15	8 – 10
D	těžké	6 – 9	5 – 7
E	velmi těžké	< 6	< 5

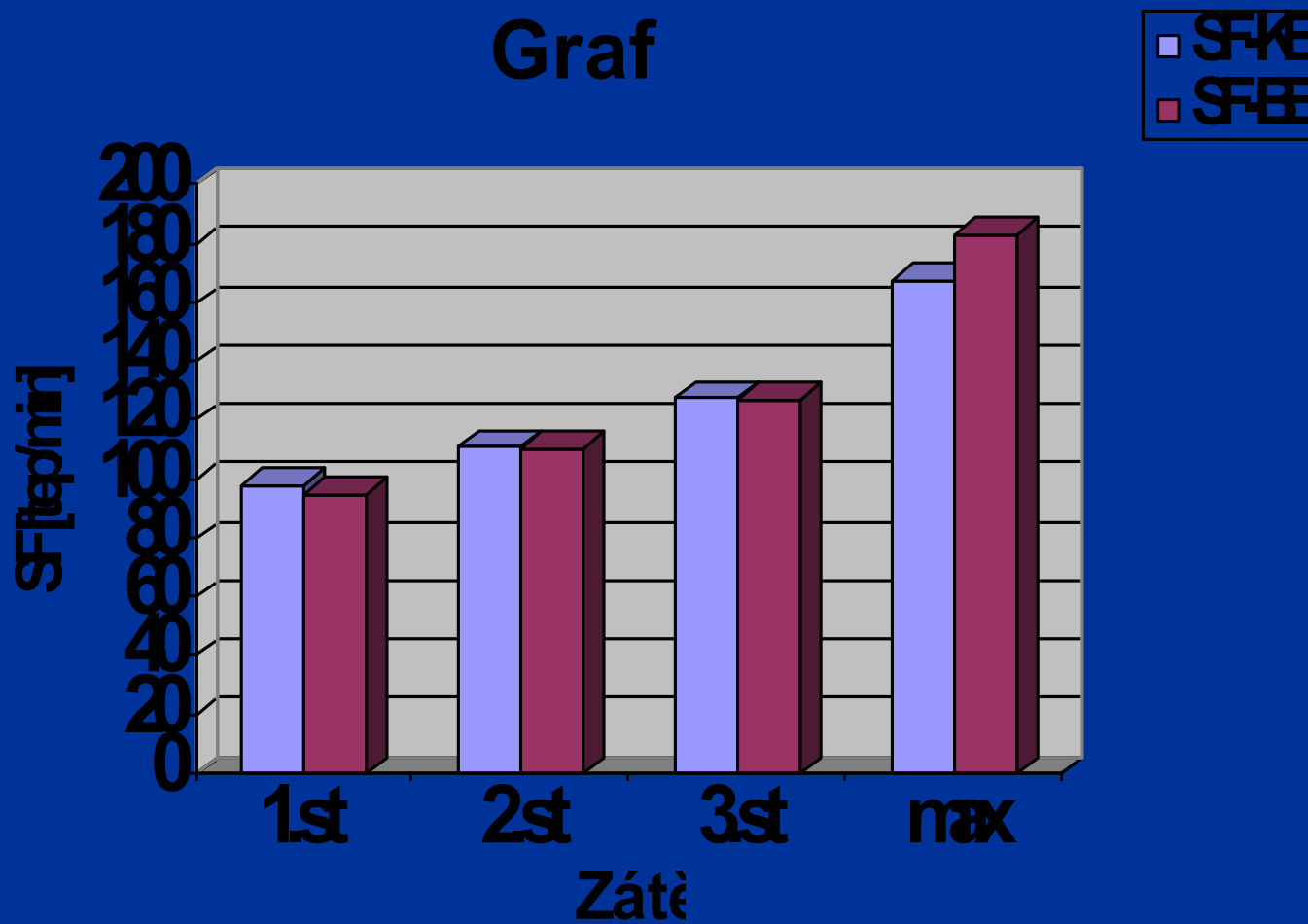
Srovnání klikového a bicyklového ergometru při přepočtu „poloviční zátěž na horní konč. vyvolá podobnou odezvu“

[rumpál 0,25 - 0,5 - 0,75 W/kg - max]

[ergometr 0,5 - 1,0 - 1,5 W/kg - max]

- tepová frekvence:

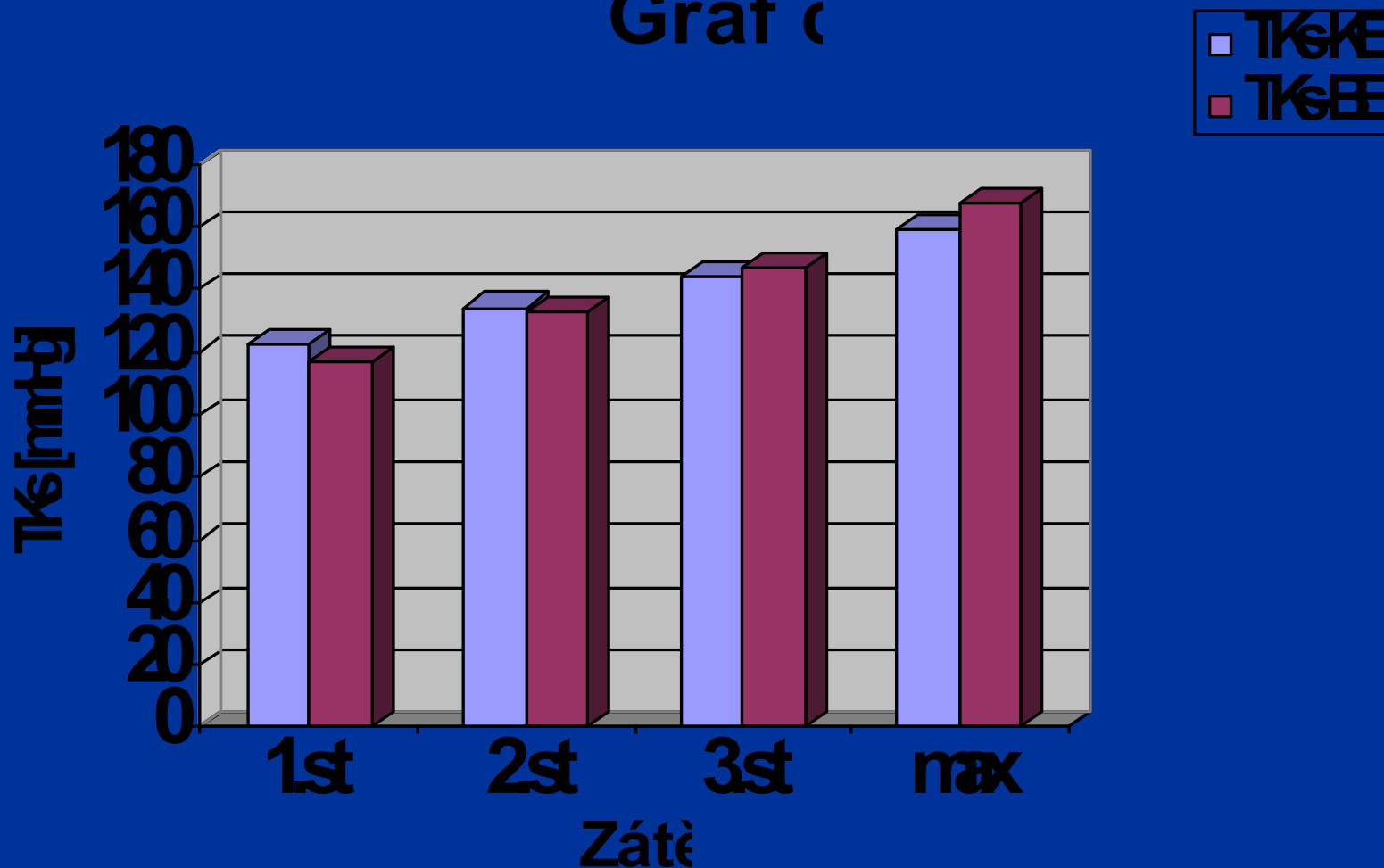
Graf



Srovnání klikového a bicyklového ergometru při premise „poloviční zátěž na horní končetiny vyvolá podobnou odezvu“

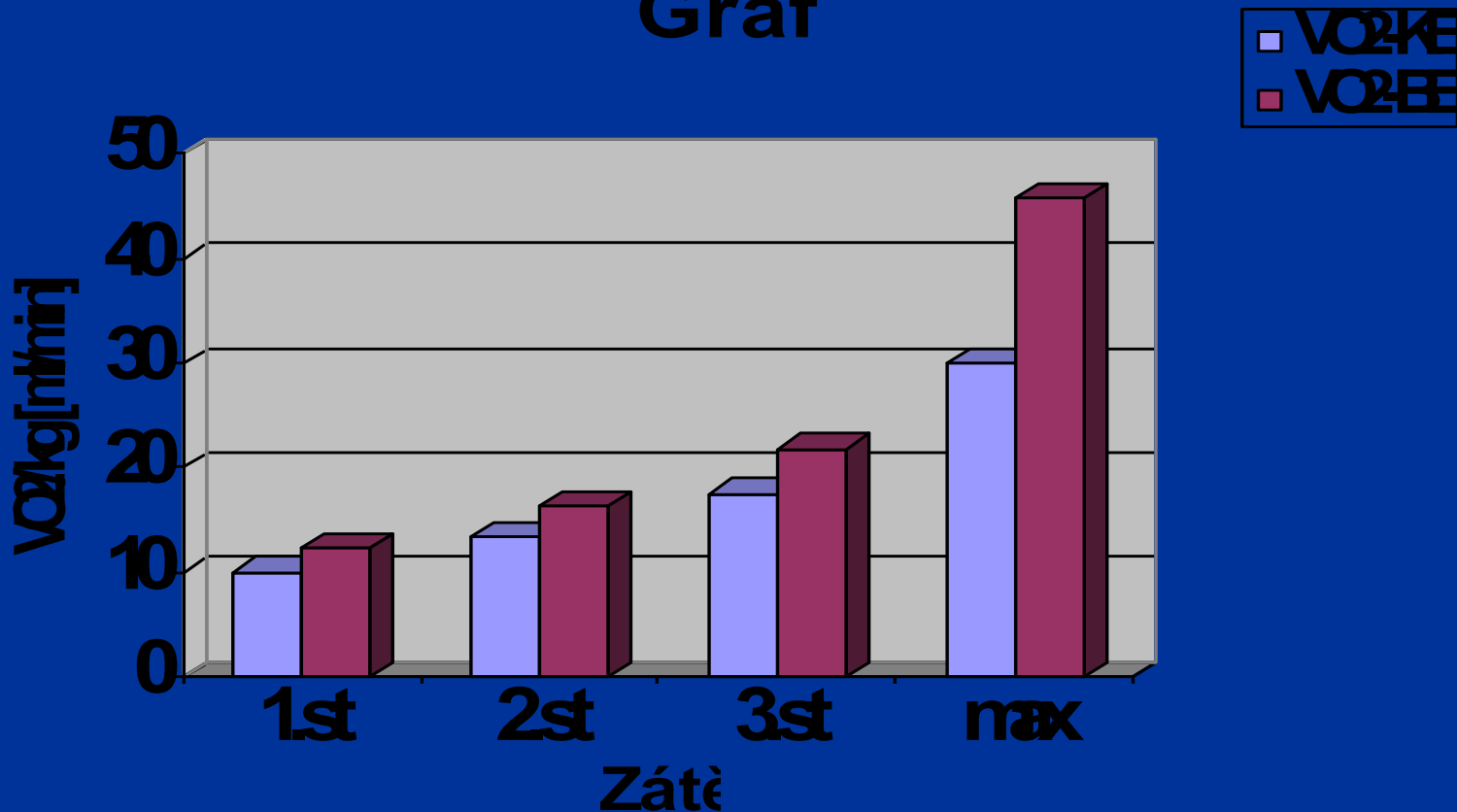
- systolický krevní tlak

Graf č



Srovnání klikového a bicyklového ergometru při premise „poloviční zátěž na horní končetiny vyvolá podobnou odezvu“ - spotřeba kyslíku

Graf



Energetické náročnosti činností ve zjednodušené formě: METs

METs (3,5 ml/kg/min)	kcal/min	prac.činnos t	chůze, kolo [km/h,rovina]
1,5 – 2	2 – 2,5	úředník, řidič	chůze 1,6 km/h kolo 8 km/h
2 – 3	2,5 – 4	opravář TV uklízečka	chůze 3,2 km/h kolo 8 km/h
3 – 4	4 – 5	čištění oken údržbář	chůze 4 km/h kolo 10 km/h
4 – 5	5 – 6	štukování tapetář	chůze 5 km/h kolo 13 km/h h
5 – 6	6 – 7	lehlé házení lopatou	chůze 5,6 km/h kolo 16 km/h

Energetické náročnosti činností ve zjednodušené formě: METs

METs (3,5 ml/kg/min)	kcal/min	prac.činnost	chůze, kolo [km/h]
6 – 7	7 - 8	házení lopatou 10x/min	chůze 8 km/h kolo 18 km/h
7 – 8	8 – 10	kopání nošič 36 kg	klus 9 km/h kolo 19 – 20
8 – 9	10 – 11	těžké staveb. práce	běh 9 – 10 kolo nad 20
10 a více	13 a více	výjimky	