

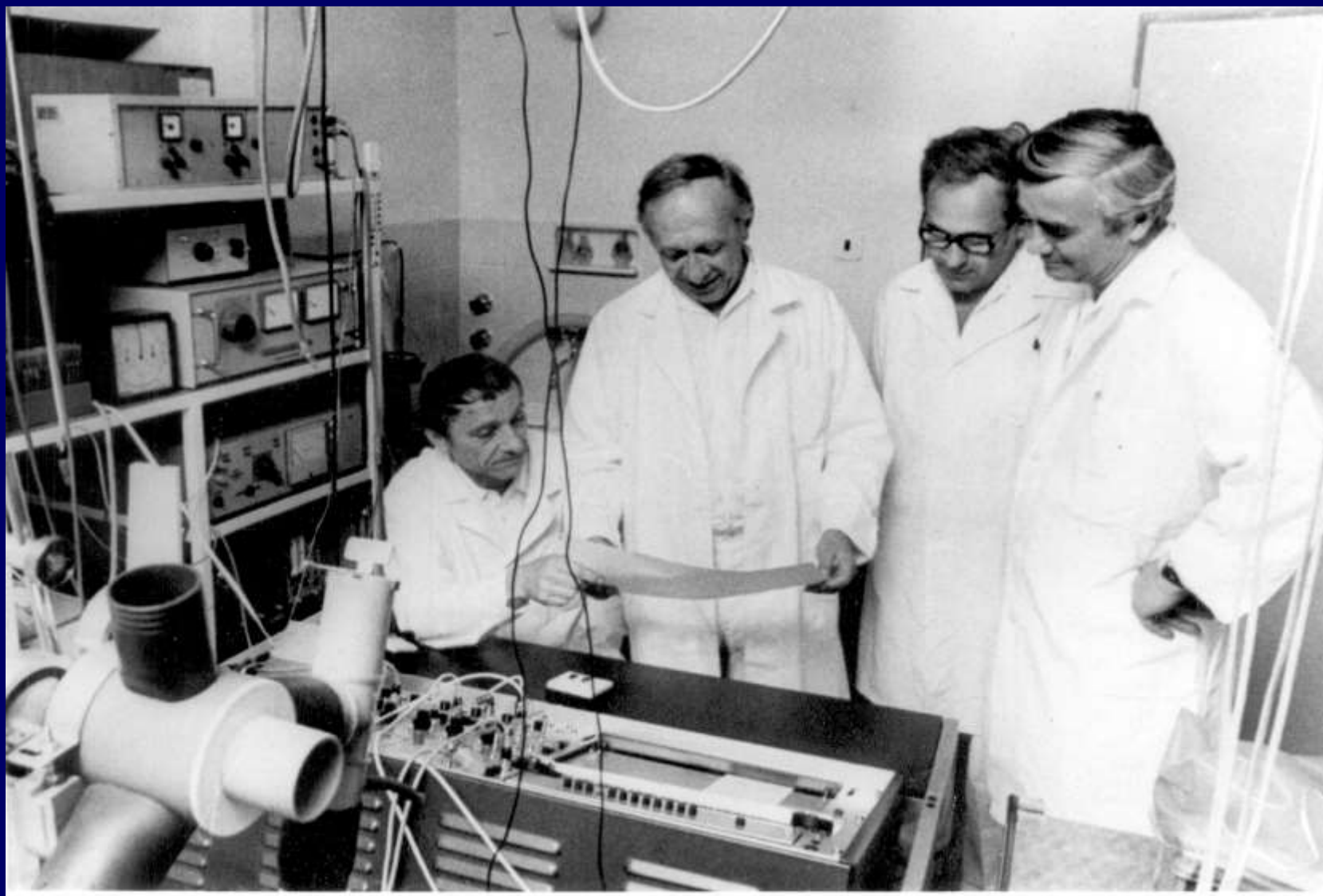
VSV z pohledu zátěžového fyziologa

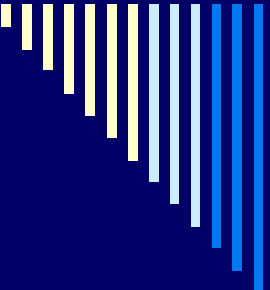
Jiří Radvanský

**Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství
UK-2.LF a FNM**

Fakulta dětského lékařství a FN Motol cca 1980

Jan Vávra, Miloš Máček, Miroslav Kučera, Jan Javůrek





Zátěžové vyšetření na bicyklovém ergometru zůstává 40 let základem pro modelaci odezvy kardiorepiračního systému na zátěž u pacientů po korekci VSV

- Slouží jako „pohled zvenčí“ – diagnózu i korekci vady udělal někdo jiný a my hodnotíme hlavně **zdatnost pacienta v kontextu jeho hemodynamických reziduí**
- Původní, „servisní“ význam zůstává, ale **zároveň se přidává poradenství pro pacienta a jeho rodinu:**
 - * V optimalizaci životního stylu
 - * V oblasti TVL + fyzioterapie

Hlavní indikace zátěžového vyš. VSV

- Diagnostikovat a vyhodnotit ty příznaky, které jsou vyvolány či zhoršeny zátěží
- Pomocí longitudinálního sledování opakovaně srovnávat zdatnost a pohybovou anamnézu
- Zjistit celkový stav pro nastavení pohybového režimu
- Zvážit indikaci fyzioterapie a případnou monitoraci jejího průběhu
- Zhodnotit efektivitu farmakologické léčby, případně opakované intervence

Pro připomeutí:

□ NYHA III: $VO_2\text{max}$ 7 – 10,5 ml/kg/min

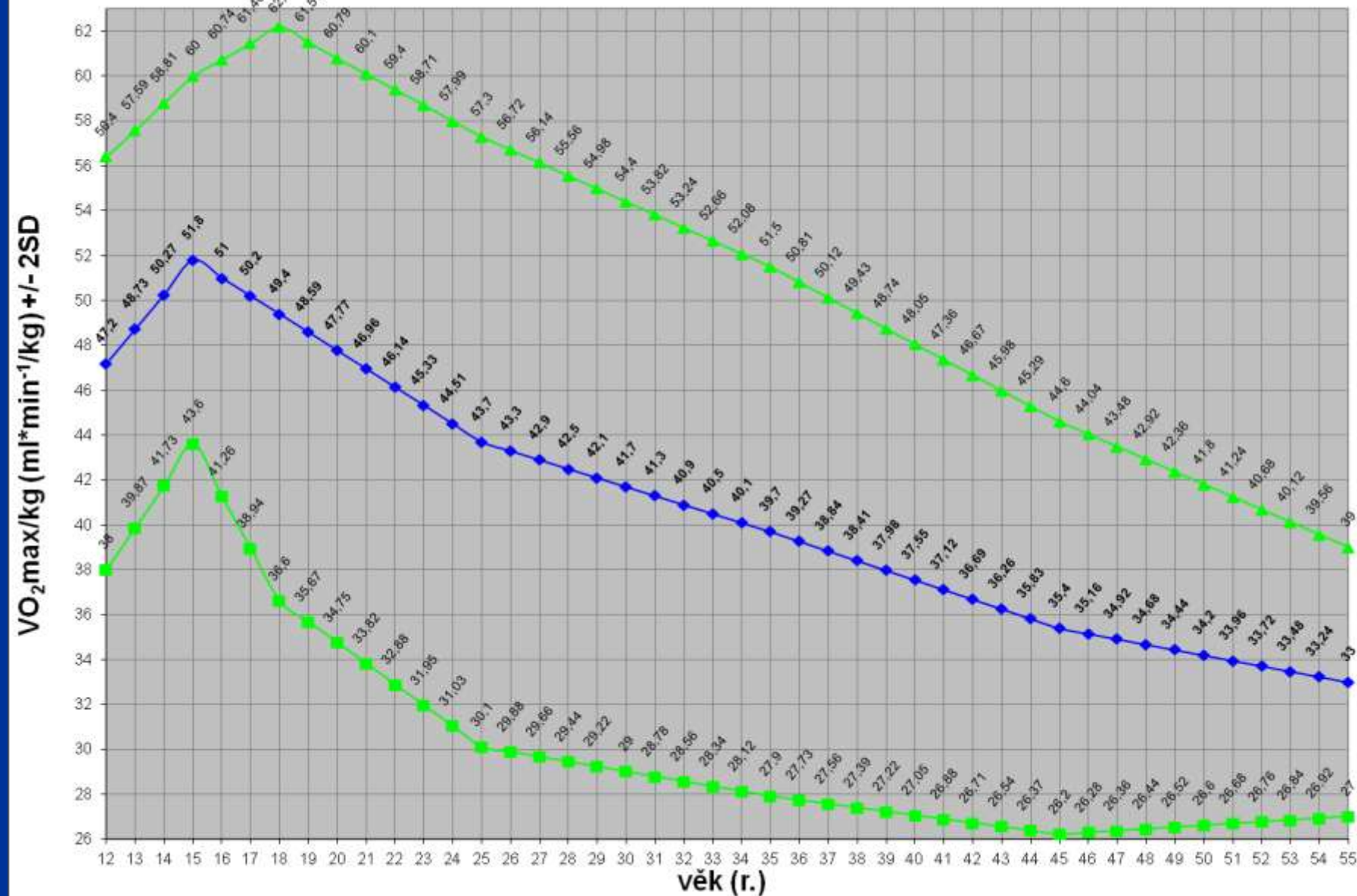
aktivity menší než běžné činí obtíže

□ NYHA IV: $VO_2\text{max}$ < 5,6 ml/kg/min

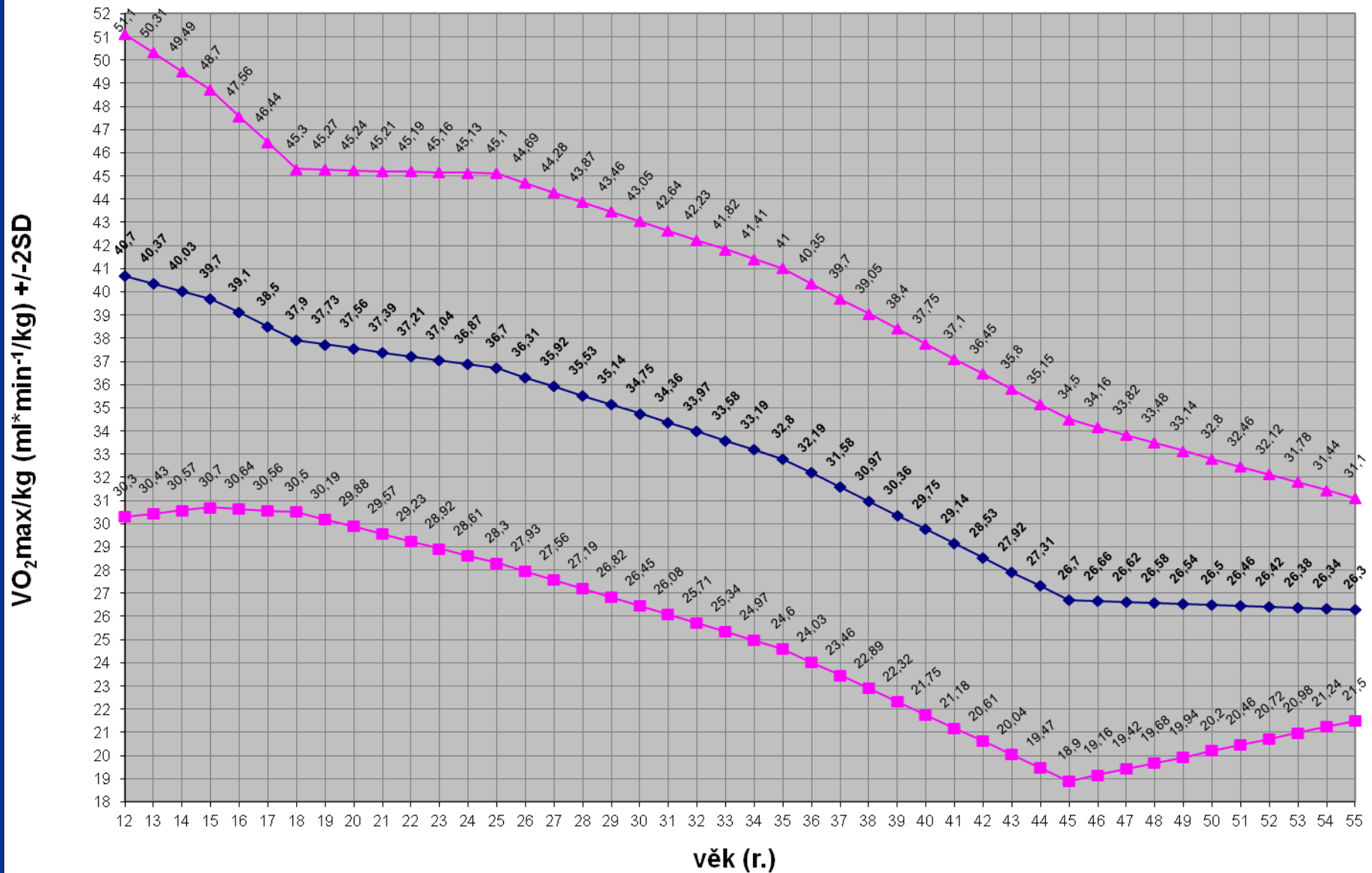
pacient neschopen jakékoliv tělesné aktivity bez dyskomfortu

!?! ALE tohle je přece definice pro typického kardiologického pacienta v 7. – 8. deceniu života

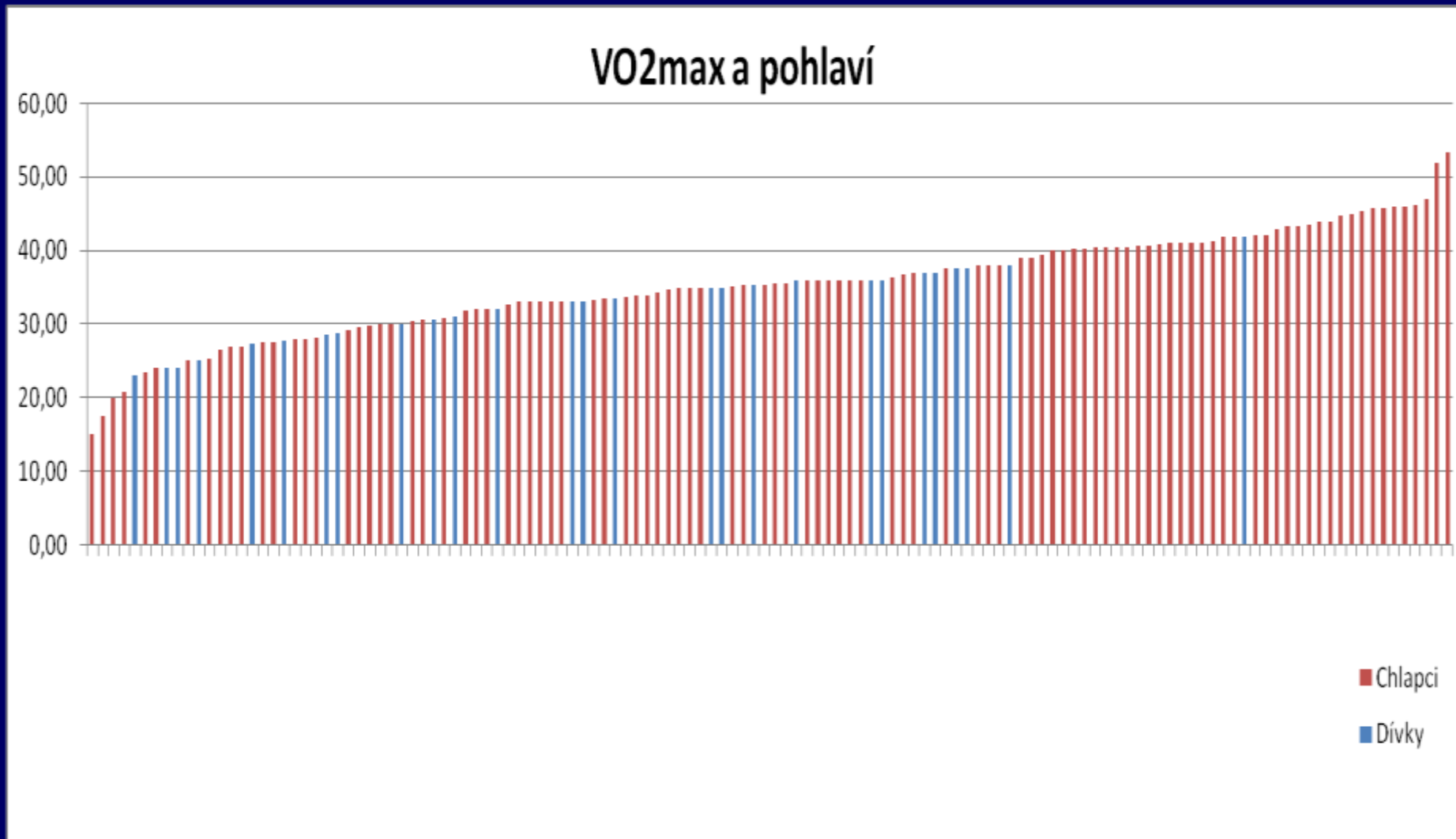
Max. spotřeba kyslíku - muži



Max. spotřeba kyslíku - ženy

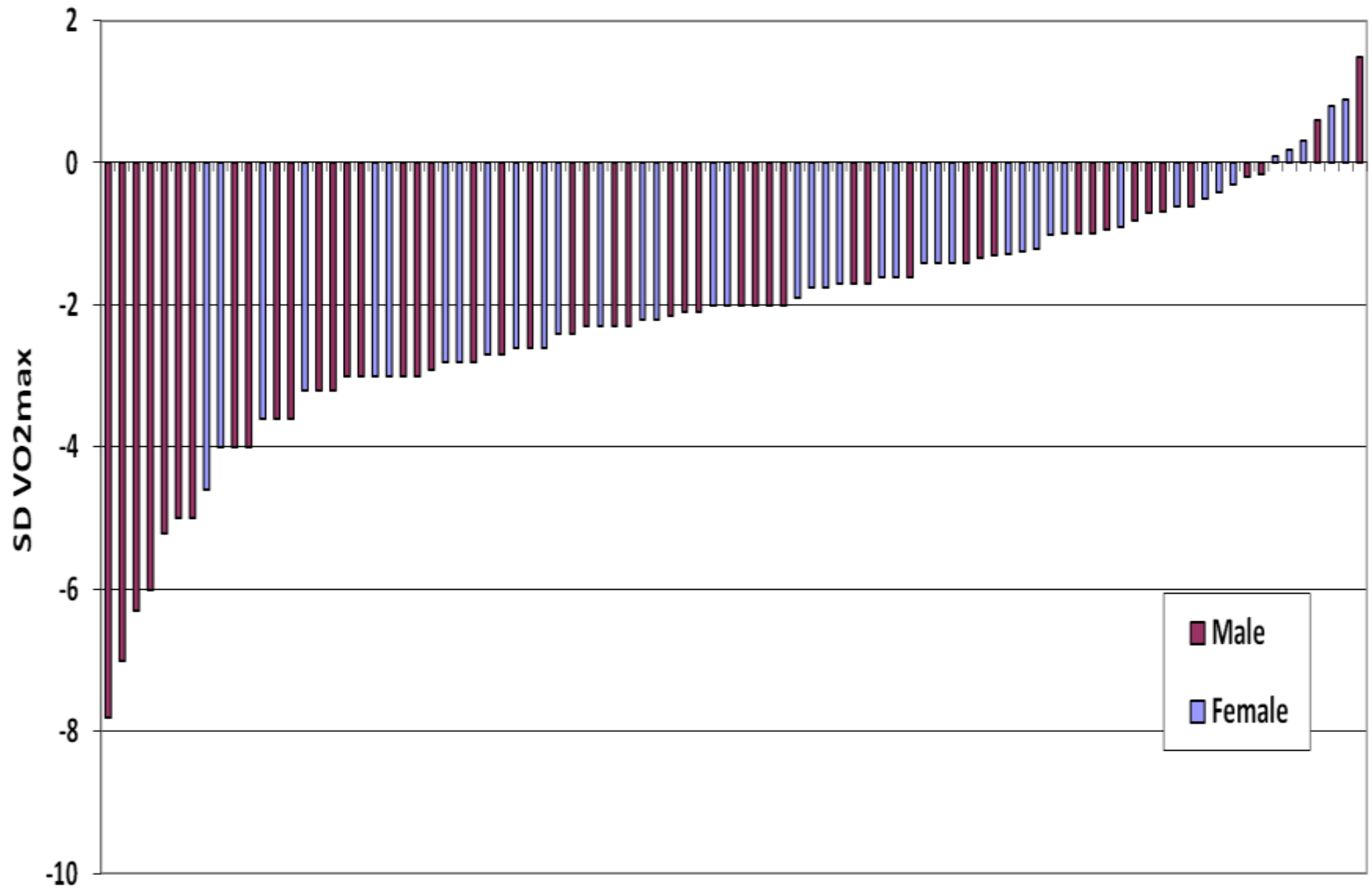


Soubor pacientů s transpozicí velkých cév po korekci dle Senninga - většina teenageři (9-25 let) Seřazeni dle VO2max [ml/kg/min]



TCPC SD VO2max (n=90)

age: 12,8 (7-24) y





Které parametry bychom neinvazivně rádi měřili u VSV už před 40 lety a dodnes to v praxi NEUMÍME

□ Srdeční výdej

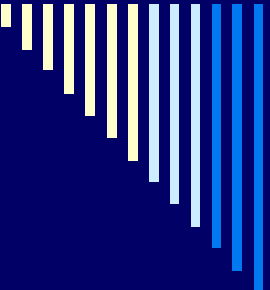
Impedanční kardiografií jej měřili kosmonautům cestou na měsíc, tedy už před založením KC.

U VSV metodu použít nelze, stejně jako řadu dalších.

□ Krevní tlak při sportovních činnostech

Jediným spolehlivým měřičem tlaku v zátěži je zaškolený člověk, nikoliv automat včetně ABPM.

Při posilování to neinvazivně neumíme dodnes



Které parametry bychom určitě změřit v zátěži uměli už před 40 lety a dnes to u VSV dělají některá pracoviště hlavně pro vědu a praxi to moc neřekne

□ **Ventilační (anaerobní) práh**

Na jeho určení existuje celá řada firemních algoritmů bez jednoznačné definice, s různými výsledky a chabou reprodukcibilitou

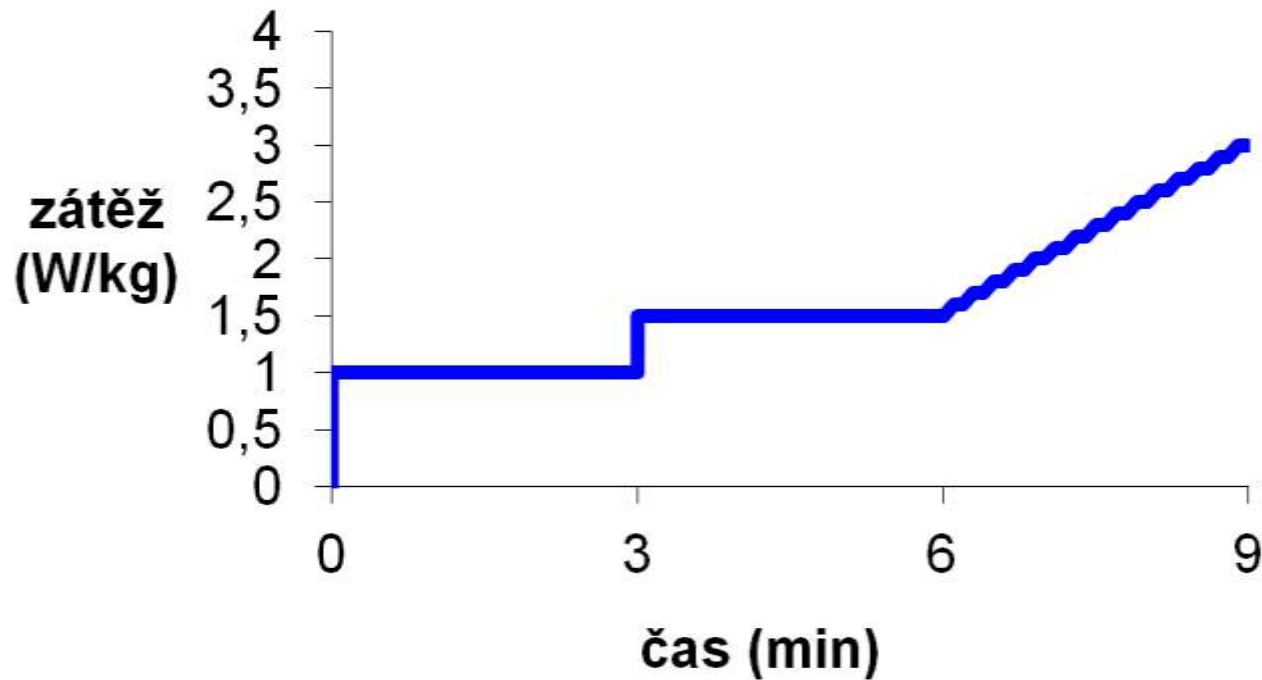
□ **VE/VCO₂ slope** (zátěžová strmost vzestupu VE/VCO₂)

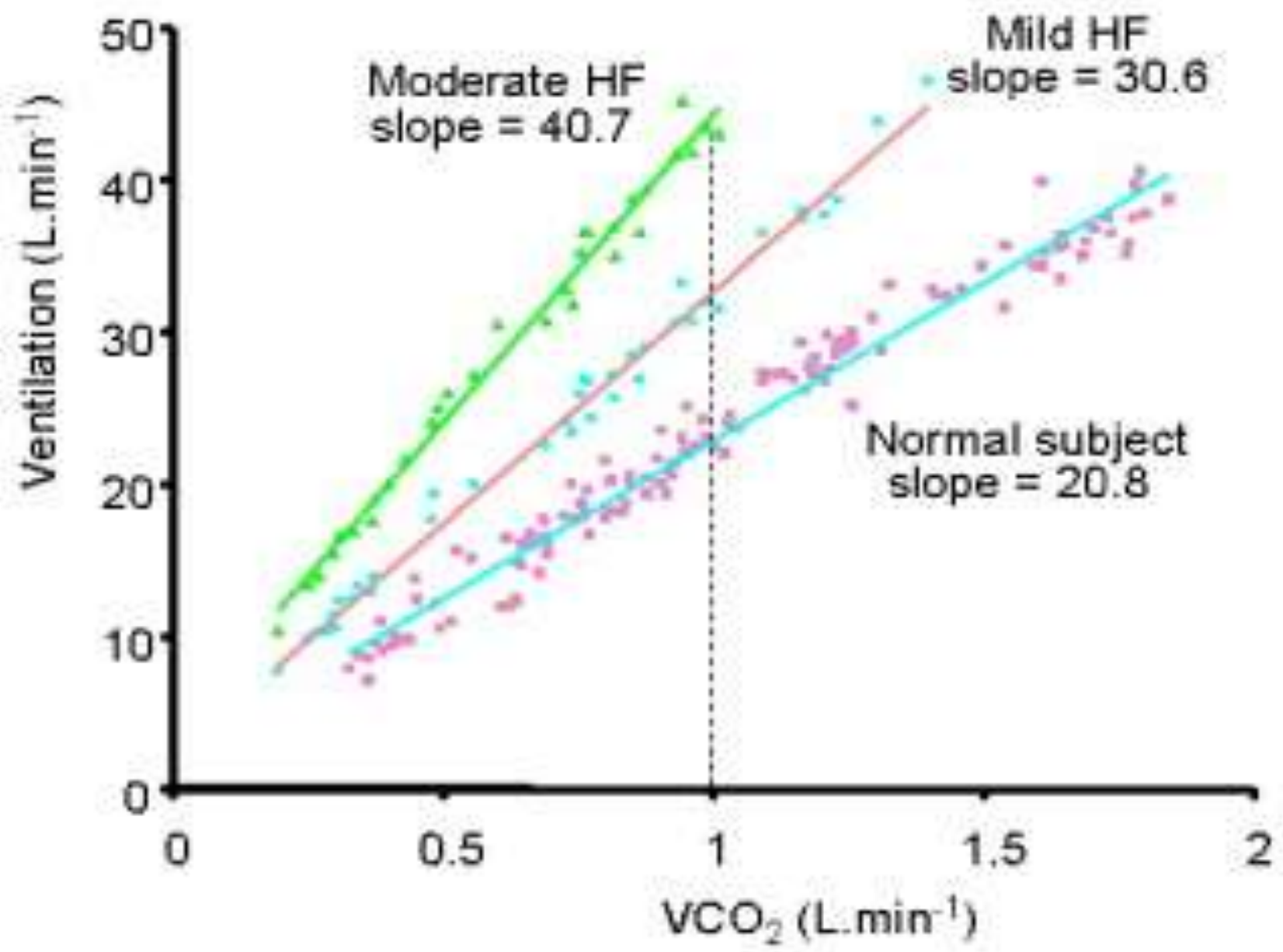
Potřebujeme na to kontinuálně zvyšovanou zátěž

U adolescentů s VSV a měnící se zdatností je obtížné zvolit strmost zátěžového protokolu

Pokud stojíte o ventilační anaerobní práh a směrnici VE/VCO_2 musíme použít „ramping protokol“. Jeho strmost je nutno nastavit předem a závisí na zdatnosti, kterou v tu chvíli ještě nevíme

méně zdatní adolescenti
(schopní rychlé chůze + pomalého běhu)





Anaerobní práh (VAT)

**intenzita zátěže nad kterou zdravý vydrží
cvičit sekundy až minuty, ne desítky minut**

- Dnes je jasné, čím **NENÍ** způsoben (lakátem)
- Není jasné, čím strmý vzestup ventilace způsoben **JE** (strong ion difference?)
- Trénovat nad úrovní VAT znamená (možná) vyšší proarytmogenní riziko
- Vyšší VAT při stejném $VO_{2\max}$ = **↑ trénovanost**

Tepová frekvence v zátěži: kromě arytmií je pro nás závažným nálezem když tepová frekvence akceleruje neadekvátně

- Farmakoterapie
- Chronotropní inkompetence SA uzlu
- Nově nám prudce roste skupina pacientů s neadekvátně nastaveným pacemakerem (zvýšíte zátěž, prudce klesne tepová frekvence + tlak)

Do značné míry bez ohledu na velikost hemodynamického rezidua jsme dosud zanedbávali některé aspekty vývoje dítěte s VSV, které jsou časté a závažné

- Hyperprotekcii, sklon k dyspraxii**
- Obezitu (také) z malé dostupnosti pohybových aktivit pro děti s VSV**
- !!! Řadu zpočátku drobných vad na muskuloskeletálním systému, které se růstem zhoršují a v dospělosti mohu být limitem výkonnosti pacienta: nepohyblivý HRUDNÍK PO OPAKOVANÝCH TORAKOTOMIÍCH**

Méně často se setkáváme s problémem

nadměrné zátěže (při sportu, profesně)

- Má být pacientka s Epsteinovou anomálií trikuspidální chlopně vedena rodiči k tomu, aby se stala mistryní Evropy a o rok později i mistryní světa v akrobatickém rokenrolu ?**
- Má být pacient s TGA korigovanou dle Senninga profesionální hokejista?**
- (Mám u nás zatěžovat do maxima „gaučáře?“)**

Take home message

- Periodicky sledovaná výkonnost, změny EKG a reakce krevního tlaku na zátěž jsou spolu s podrobnou pohybovou anamnézou zlatým standardem našich “servisních služeb”.
- Máme i přijatelnou znalost rizik hemodynamických reziduí ve vztahu k limitaci sportovních aktivit.
- Klesající zdatnost pacienta s VSV často nemívá korelát ve zhoršených hemodynamických reziduích, ale bývá **časným varováním** a měla by být důvodem k častějším kontrolám.

Take home message směrem fyzioterapeutickým

Podstatná část pacientů s korigovanou VSV měla v časném dětství thorakotomii.

Ta zvyšuje pravděpodobnost suboptimální mechaniky dýchání a tedy i horší hrudní pumpy a sníženého preloadu.

Problém roste s věkem dítěte a s hyperprotekcí.

Dlouhodobá péče o adekvátní rozvoj hrudníku, postury a korekci pohybových návyků je týmová záležitost a je žádoucí tento tým pro pacienty vytvořit a mít představu, co všechno může zlepšit.

Díky za pozornost





Skutečná TFmax pacienta

TFpeak málo motivovaného pacienta.

Pokud Vaše doporučení bude 70% jeho tepové rezervy, odvozené mylně z TFpeak, pacient bude nedostatečně zatížený

HRklidová

Z EKG vašich pacientů lze sestavit atlas arytmí, procento kvalitních zátěžových záznamů je lehce vyšší než z Holteru

Tepová frekv. 158 [1/min]



Nejlepší cesta jak zvýšit výtěžnost a usnadnit interpretaci zátěžového testu je opakované zátěžové vyšetření s odstupem měsíců až roků.

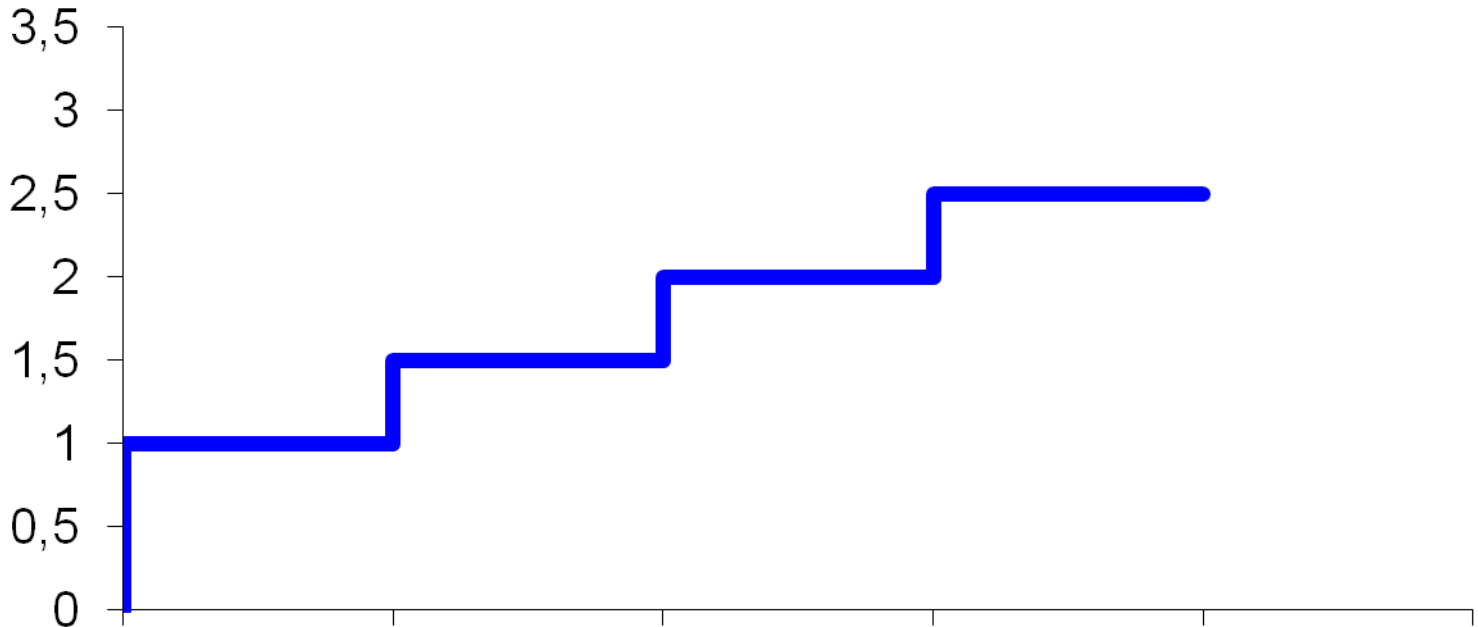
Většinou si vystačíme s protokolem, který se posledních 35 let nezměnil

pro velmi nezdatné začínáme od 0,5 W/kg

zátěž (W/kg)

3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0

délka jednoho stupně 150-180 sec,
vždy do steady state



**Je jediným oblíbeným sportem Vašeho
pacienta "gaučing"**

+

**máte kvalitní záznam EKG Holteru
a věříte datům z tlakového Holteru (ABPM)
?**

Potom zátěžový test pro správné závěry příliš nepotřebujete, **ale jestli chcete aby z gauče slezl, stejně jej pošlete ke specialistům na tělesnou zátěž.**

Jsme jedna z mála zemí světa, kde se funkční diagnostiky pacientů s VSV ujali tělovýchovní lékaři

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. Dáváme jí přednost u dětí do 7- 9 let pro lepší budoucí spolupráci.
- Při **spiroergometrii** registrujeme navíc výměnu dýchacích plynů (O₂ ,CO₂, ventilaci).

Spiroergometrie

- Hlavní benefit: lépe poznáme, zda pacient skončil pro malou motivaci, nebo ve svém metabolickém maximu ($RQ > 1.09$)
- Hlavní parametr **VO_2max , VO_2peak**
(VO_2peak .. nedosáhl metabolického maxima)
- Anaerobní práh, VAT + špatná ekonomika výměny dých. plynů (VE/VCO_2): hojně citované málo využitelné parametry, vyžadují kontinuálně zvyšovaný zátěžový protokol

Pomocí longitudinálního sledování opakovaně srovnávat zdatnost a pohybovou anamnézu

Ve skutečnosti srovnáváme

- * Vytrvalostní zdatnost ($VO_2\text{max}$, $VO_2\text{peak}$)
- * Pohybovou anamnézu
- * Vámi udávanou závažnost hemodynamických reziduí

Ukazuje se, že **hlavní vliv na kvalitu života a celkový stav adolescenta/mladého dospělého nemají hemodynamická rezidua (pokud nejsou opravdu těžká), ale jeho životní styl**

Kdy je pacient v metabolickém maximu ("true maximum")

- Když je RER , tedy poměr vydaného CO₂ a přijatého O₂ nad 1,10
+ zároveň
- TFmax se blíží 200 tepům (pokud není chronotropní inkompetence)
+ zároveň
- Pokud zkušený vyšetřující potvrdí, že to maximum bylo.

(zcela objektivní kritérium tedy NENÍ)

Ventilační anaerobní práh



Akcelerace tepové frekvence

- *Velmi orientační vzorec maximální tepové frekvence (HRmax) pro dospělé*

HRmax_ergometr = 210 - věk

HRmax_běhátko = 220 - věk

Meze patologie této hodnoty jsou zhruba mezi

± 20 tepů

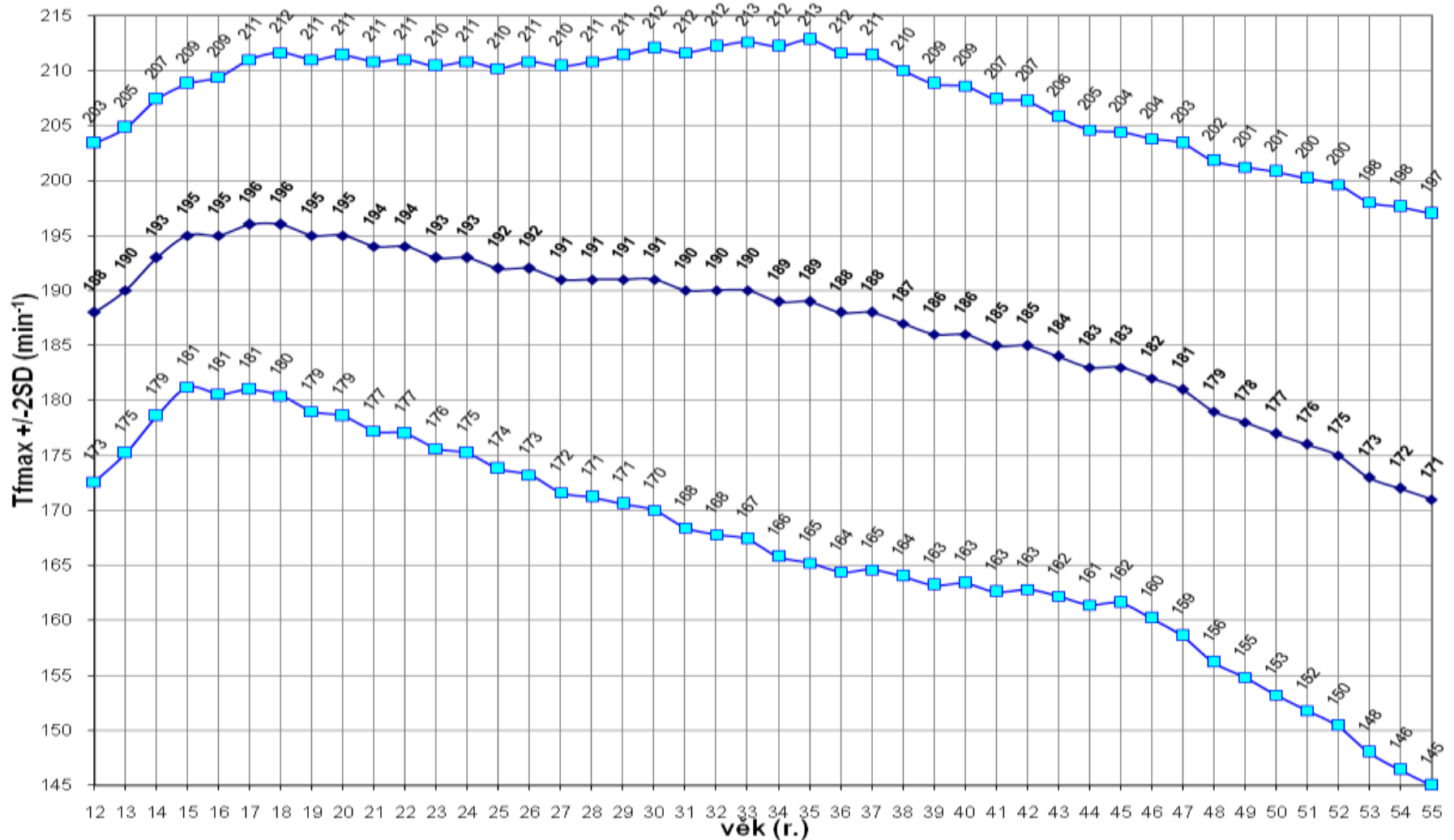
- *Pokud váš pacient školního až adolescentního věku má H_rmax při sinusovém rytmu 175 -215 tepů , není důvod se znepokojovat.*

Co když pacient dosáhl jen nižší HR než je dolní mez

- Dosáhl opravdu svého metabolického maxima? (to je nejlépe dokumentovatelné dobře fungující spiroergometrií + zkušeností vyšetřujícího)
- Pokud ano, přesvědčte se o tom, zda má pravidelný **sinusový** rytmus.
- Teprve potom přemýšlejte o chronotropní inkompetenci SA uzlu.

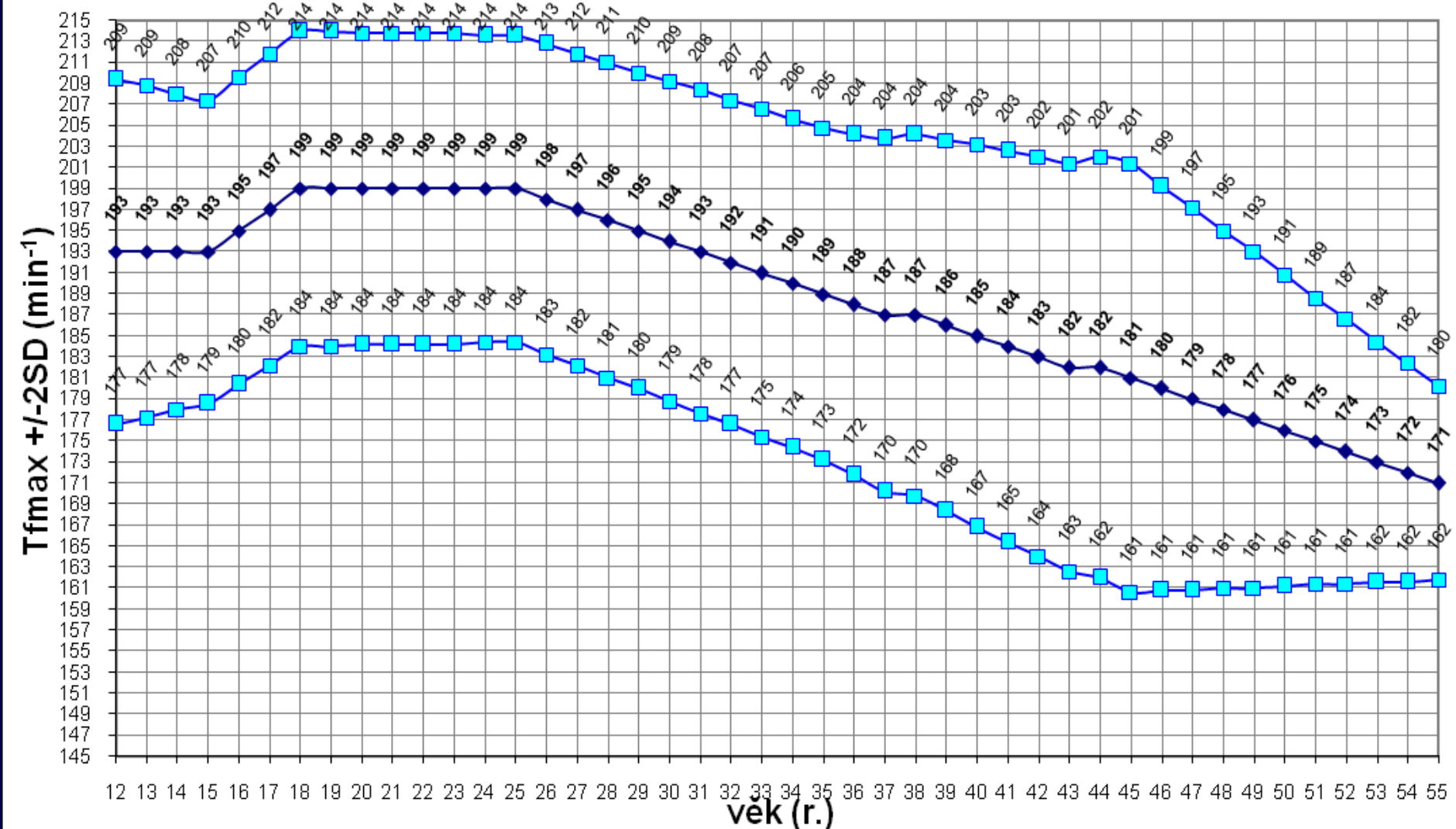
HRmax_ergometr zdraví muži 12 - 55 let

40 let staré referenční hodnoty naší laboratoře

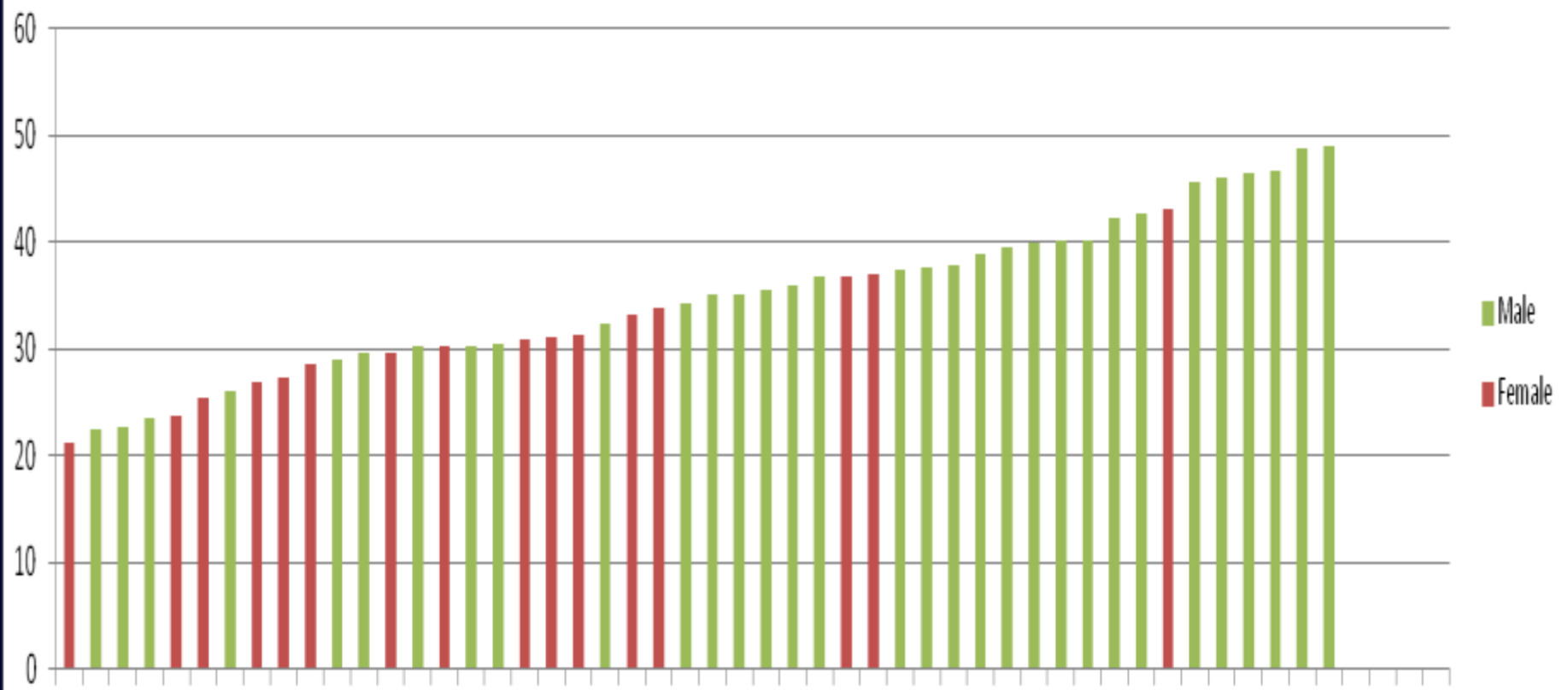


HRmax_ergometr zdravé ženy 12 - 55 let

40 let staré referenční hodnoty naší laboratoře

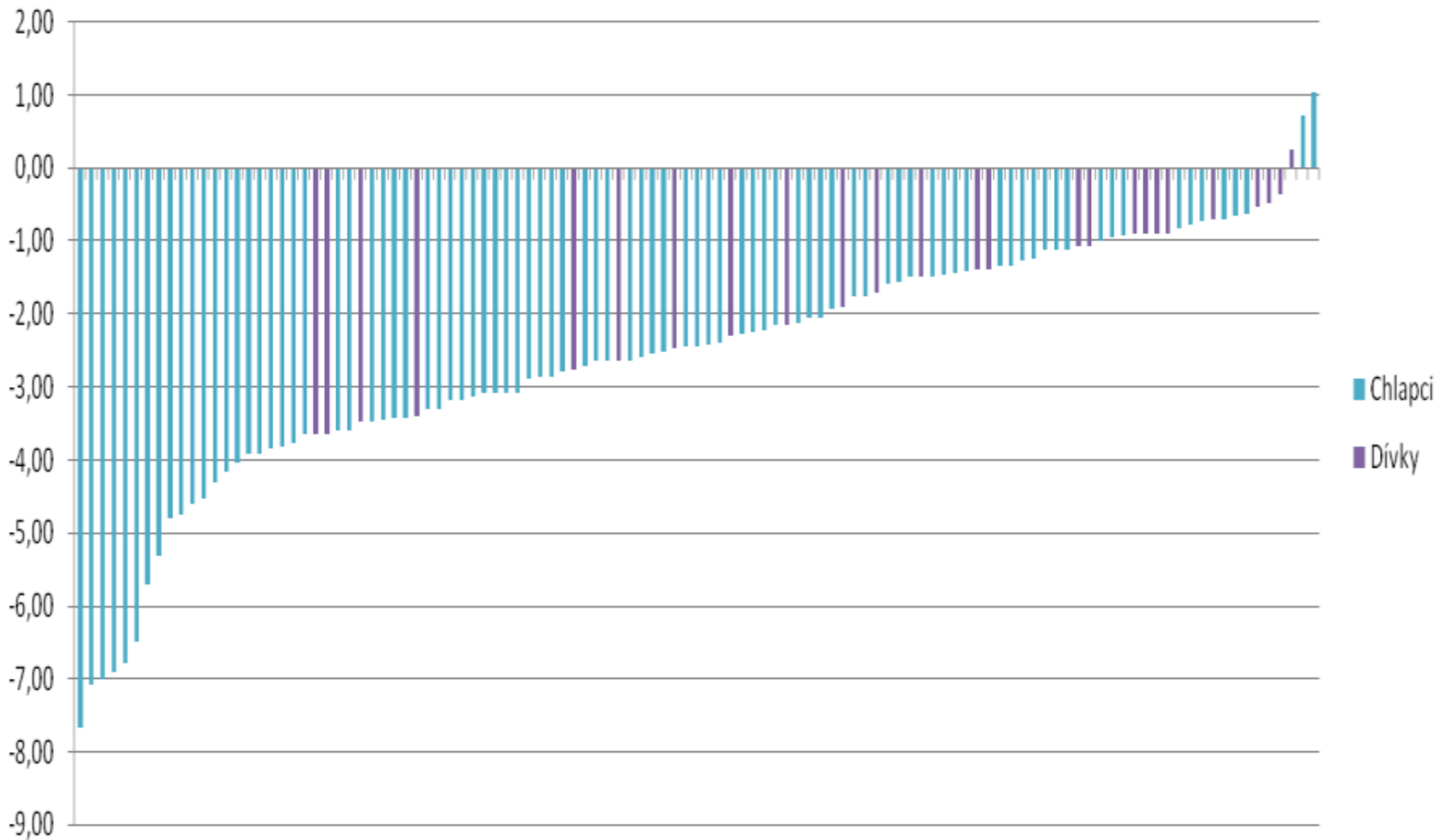


TOF (n= 48) VO2max (peak) and Gender age: 14,6 (6 - 20,2)y

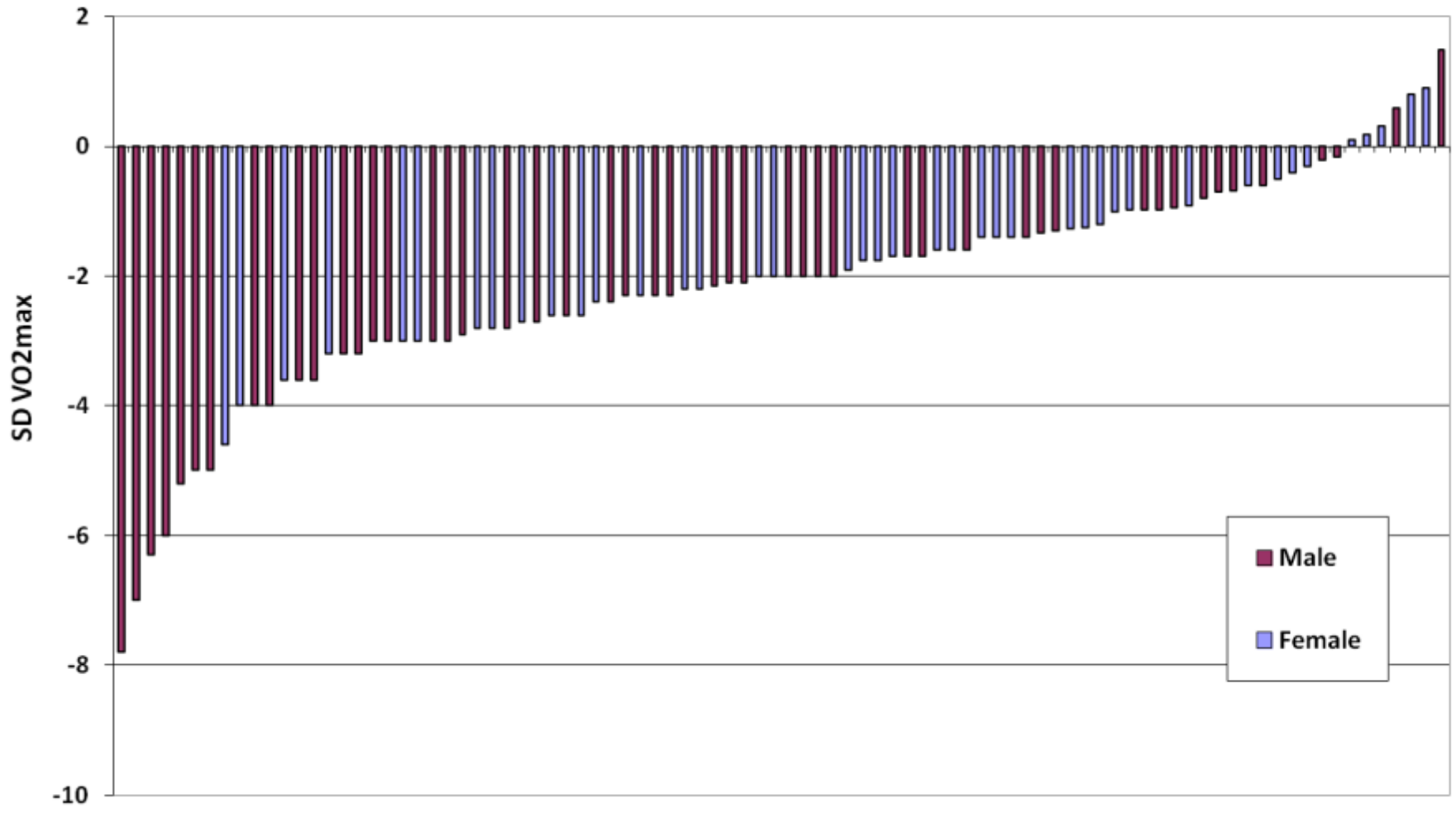


Tentýž soubor TGA-Senning

VO2max podle SD



TCPC (n=90) SD VO2max





Pravidelný rytmus v zátěži s HRmax patologicky nízkou

- Farmakoterapie
 - Pacient má v zátěži akcelerovaný junkční rytmus, u dětí raritně FIS
 - Chronotropní inkompetence SA uzlu
 - Nově nám prudce roste skupina pacientů s neadekvátně nastaveným pacemakerem (zvýšíte zátěž, prudce klesne tepová frekvence + tlak)
-

Pravidelný rytmus v zátěži s HRmax patologicky nízkou

- Farmakoterapie
- Pacient má v zátěži akcelerovaný junkční rytmus, u dětí raritně FIS
- Chronotropní inkompetence SA uzlu
- Nově nám prudce roste skupina pacientů s neadekvátně nastaveným pacemakerem (zvýšíte zátěž, prudce klesne tepová frekvence + tlak)



Benefity zátěžového testu proti Holteru + ABPM

- Na rozdíl od samotné Holterovské registrace budete mít jasnou představu při jak intenzivní zátěži začala progrese patologie a jak rychle se zhoršovala.**
- Saturace hemoglobinu, možnost vyšetřit orientační spirometrii před- (při) a po zátěži.**
- Zátěž lze přerušit na základě úsudku zatěžujícího.
(o indikaci ukončení zátěže z důvodu nadměrného stresu
VYŠETŘUJÍCÍHO se v písemnictví nedozvíte, na našem
pracovišti rozhodně je realitou)**

Krevní tlak a zátěž

Jak měřit a hodnotit zátěžový krevní TK

- ❑ Jediný spolehlivý měřič tlaku je zkušená sestra
- ❑ Systolický TK měřte nejdéle do 5 sec. po zastavení.
- ❑ Diastolický TK neinvazivně změřený je zcela nespolehlivý, ale ACSM jej akceptuje a považuje za neobvyklé už když překročí klidové hodnoty (my to za tak neobvyklé na ergometru nepovažujeme).
- ❑ Čím větší zátěž, tím větší má být STK.
- ❑ Doporučení ACSM neuvádějí patologické meze. Konstatují jen, že STK v maximu jen zřídka > 200 mmHg a že nejsou známky akutního nebezpečí ani při STK 250 mmHg.

Téma vysoký krevní tlak a pohyb lze uchopit ve třech základních rovinách

- Pohyb v primární i sekundární prevenci metabolického syndromu včetně hypertenze.
- Esenciální hypertenze či patologická zátěžová reakce krevního tlaku jako izolovaný problém u dítěte či adolescenta s ambicemi na různé druhy sportu. Obtížné je rozhodnutí kdy a jak farmakologicky kompenzovat klidovou hypertenzi, když má těžce patologickou zátěžovou hypertonickou reakci (Nasadit časně farmakologii? Limitovat sport?)
- Zátěžová reakce krevního tlaku u pacientů s hemodynamickými reziduy po korekci VSV

Proč hodnotit zátěžový krevní TK I

- Klidová esenciální hypertenze je všeobecně uznávaným symptomem metab. syndromu, každá systémová hypertenze **přetěžuje tlakově systémovou komoru**

X

- Dosavadní znalosti o **zátěžové** hypertenzi jsou nejednoznačně interpretovatelné: **Zátěžová hypertenze zvyšuje pravděpodobnost budoucí (klidové) hypertenze u dosud zdravého normotonika, důkazy pro dětskou populaci jsou ještě slabší než pro dospělé.**

Proč hodnotit zátěžový krevní TK II

- Zátěžová hypertenze **není dosud uznána za jasný prediktor budoucí kardiovask. chorob**, ačkoliv se množí publikace tento vztah podporující, (relat. riziko 1,7 – 3). Obdobné, ještě méně četné jsou publikace i u dětské populace. Evidence pouze třídy D.

(ACSM udává tyto možné problémy: zátěžový protokol, zátěžové normy TK, technika měření TK, nevhodné analytické metody zjištěných dat)

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 tepové rezervy stejný krevní tlak

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

III tlak v zátěži nesmí přesáhnout hodnotu
..... mmHg (číslo si doplňte sami)

K čemu zátěžové vyšetření u pacienta s hemodynamickými reziduy po korekci VSV a/nebo s patologicky nízkou vytrvalostní zdatností

- Zátěžové vyšetření má být model jeho běžného života – asi nelze jednoznačně algoritmizovat postup: snažíme se jej **vždy zatížit alespoň tam, kam se dostává v běžném životě.**
- Registrujeme pokud možno EKG, TK, saturaci Hb, výměnu dýchacích plynů: ventilaci, příjem O₂ výdej CO₂ , dechový vzor.
- S potěšením konstatuji že začínáme se zátěžovým ECHM

- **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

TKs

TKd

TKs

TKd

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

Pár termínů zátěžové fyziologie

- **Výkon** se udává ve wattech = $J \cdot s^{-1}$
vzhledem k měnící se hmotnosti dětí vždy jako W/kg (!). Pro mladého dospělého $1W/kg$ je ekvivalentní rychlé chůzi $5 km/h$
- **Zátěžový protokol** je způsob jakým v čase zvyšujeme zátěž. Obvykle 6 minut (2x3) volíme zátěž subjektivně lehkou a pak střední, následují 2 - 9 minut zátěže postupně zvyšované do maxima

Dívky

prepubertální

postpubertální

TKs

TKd

TKs

TKd

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.

Doporučení pro léčené hypertoniky - sportovce:

- Každému sportovci s hypertenzí by mělo být zdůrazněno proti ostatním sportovcům obzvláště 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).



Závěr: pamatujte

- Každý zákaz pohybu či sportu sníží případné riziko Vašeho postihu z poškození pacienta
 - Každý **zbytečný** zákaz pohybu zvýší riziko Vašeho pacienta - většina z nich trpí nedostatkem pohybu - a i výjimky (sportovci) by zákazem přišli o své sociální zázemí
-

Literatura

- Kaijser L. The indirect method of recording blood pressure during exercise-can the diastolic pressure be measured? *Clin Physiol* 1987;7:175-9.
- Máček M, Vávra J (ed.): *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. Avicenum. Praha. 1988,s.229-32.
- Nordgreen H., Freyschuss U., Persson B.: Blood pressure response to physical exercise in healthy adolescents and adolescents with insulin - dependent diabetes mellitus. *Clin. Sci.*, 1994;86,425-32.
- Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R et al:
American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, Mar 2004; 36(3): 533-53.
- Wanne OPS, Haapoja E.: Blood pressure during exercise in healthy children. *Eur. J. Appl. Physiol.*1988;58:62-7.
- Paridon SP, Alpert BS,Boas SR et al: Clinical stress testing in the pediatric age group. A Statement From the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*. 2006;113:1905-1920.

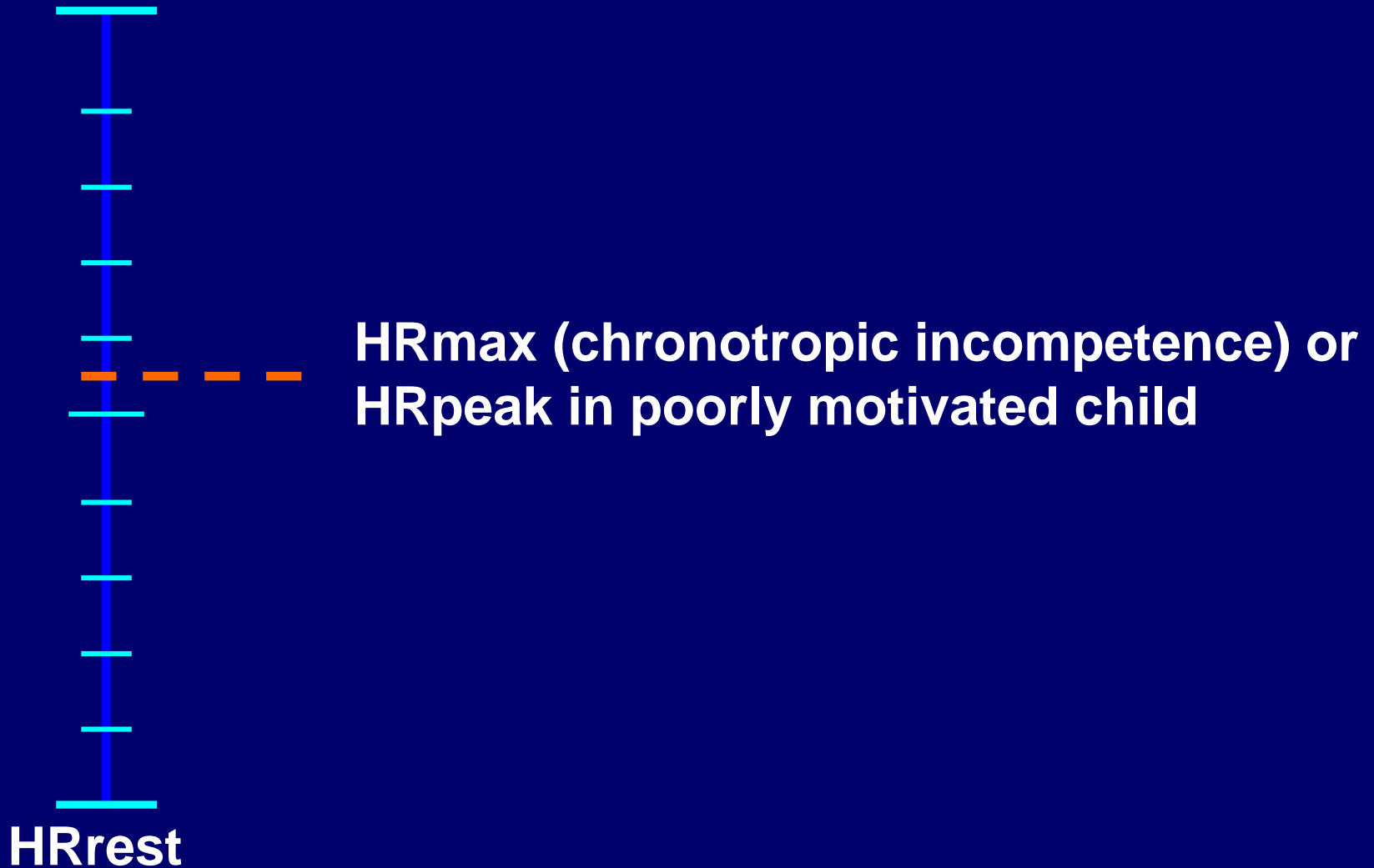
Dětský pacient anamnesticky bez závažných obtíží v tělesné zátěži:

V situaci, kdy alespoň občas intenzivně sportuje se máme ptát

- Má při zátěži normální rytmus s normální akcelerací tepové frekvence a normálními zátěžovými změnami EKG + normotonickou reakci krevního tlaku?
 - (Ekvivalent téhož pro patologický klidový nález na EKG je: jak se mění ona patologie s rostoucí tělesnou zátěží?)
- Pokud zátěžová reakce není normální odpovězte si hlavně na otázku:

Je ta zátěžová patologie
menší - větší - stejná **jako minule?**

HRmax in range 181 -209 for 15y healthy boy



Konkrétní indikace zát. vyšetření dětských kardiol. pacientů

- co se děje s arytmií v zátěži, v jaké intenzitě zátěže a jak moc tato arytmie ovlivňuje hemodynamiku pacienta
- kromě diagnostické indikace pak může ZT pomoci i při medikaci: co se děje s arytmií pod medikací v zátěži, v jaké intenzitě a jak často se do oné intenzity pacient dostává
- Míra snížení chronotropní odpovědi SA uzlu po nasazení **betablokátorů** (příklad: 150 tepů v maximu rozhodně žádnou tvrdou beta-blokací není; pac. s vrozeným A-V blokem III svého času při HRmax > 100 ani nebyval indikován na pacemaker)

Energetický výdej

□ 1 MET =

$$3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 70,7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(pro muže se někdy udává 3,7 ml/kg/min)

“ Dětský kardiolog říkává: „Mám spoustu odborné práce a plnou čekárnu. Problémy jako obezita, dyspraxie, asymetrický hrudník, bolesti v zádech jsou problémy jiných specialistů, které si mají rodiče řešit ve spolupráci s PLDD.”

Proč je to omyl:

- **Kousek** pravdy na tom je, ale bohužel většina specialistů (včetně fyzioterapeutů) se bude čehosi bát a **nebudou** výše uvedené problémy adekvátně řešit.
- Pomozte najít ty, kteří jsou schopni zhruba pochopit **skutečné** limitace tohoto pacienta.
- Nebojte se vyjádřit „second opinion“, když je to zapotřebí.

Jak to je s pacienty s VSV a zvyšováním nízké zdatnosti

- Přes úporné ulpívání kardiologů na myšlence, že kardiovaskulární zdatnost lze zvýšit jen vytrvalostním tréninkem se dnes ukazuje, že podle genetických dispozic pacienta, stejně jako pro vás, je vhodné míchat vytrvalostní zátěž s odporovým tréninkem (to je mladší bratr tréninku silového).

Co jsou hemodynamicky významná rezidua:

**pro děti a mladistvé hledejte základní orientaci
zařazenou do kontextu pohybových aktivit ve
společných guidelines ČKS a ČSTL**

**Všeobecná doporučení pro pohybovou a
sportovní aktivitu u dětí a mladistvých s
kardiovaskulárním onemocněním**

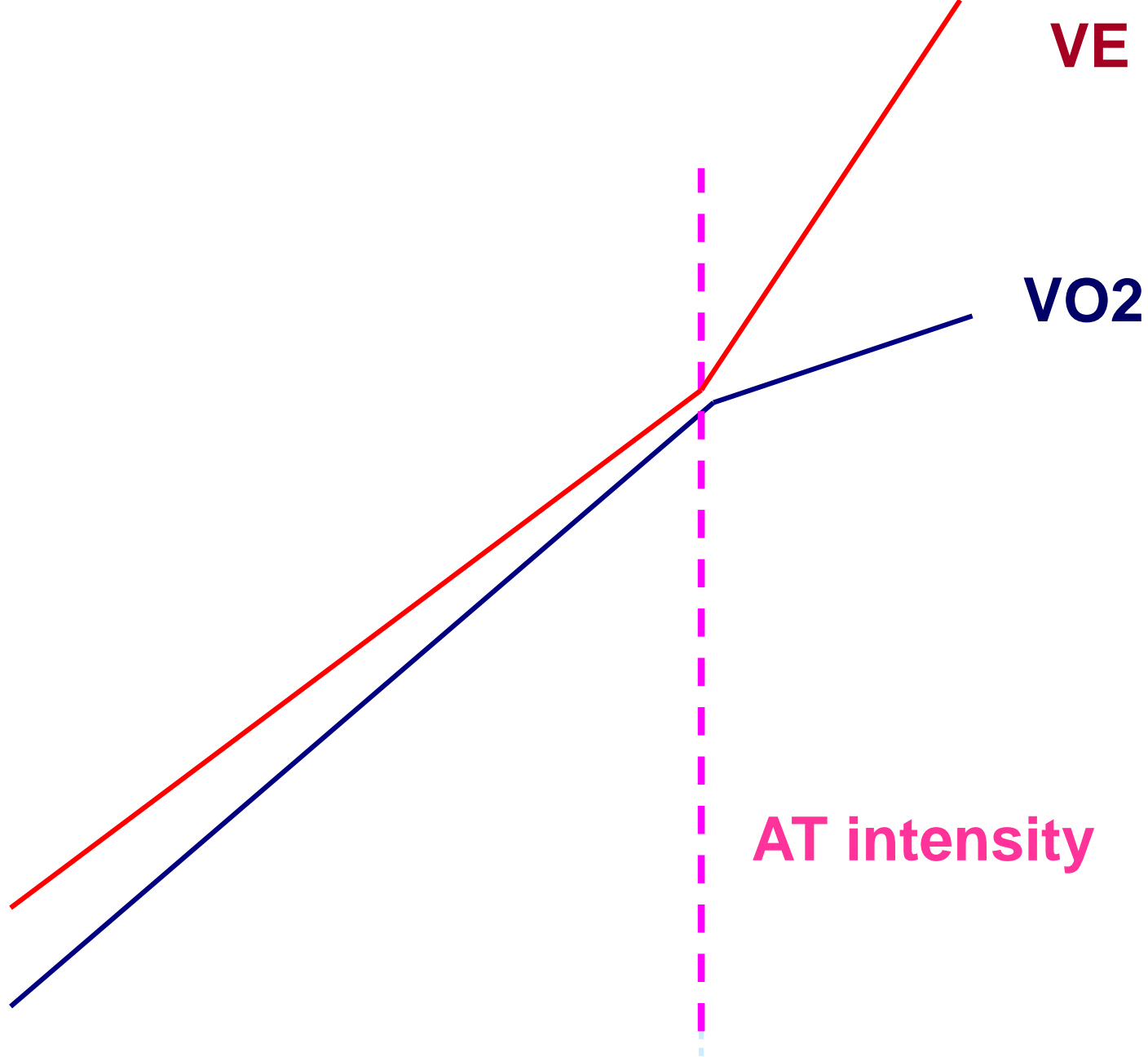
**Doporučené postupy pracovní skupiny Pediatrické kardiologie při
České kardiologické společnosti a
České společnosti tělovýchovného lékařství**

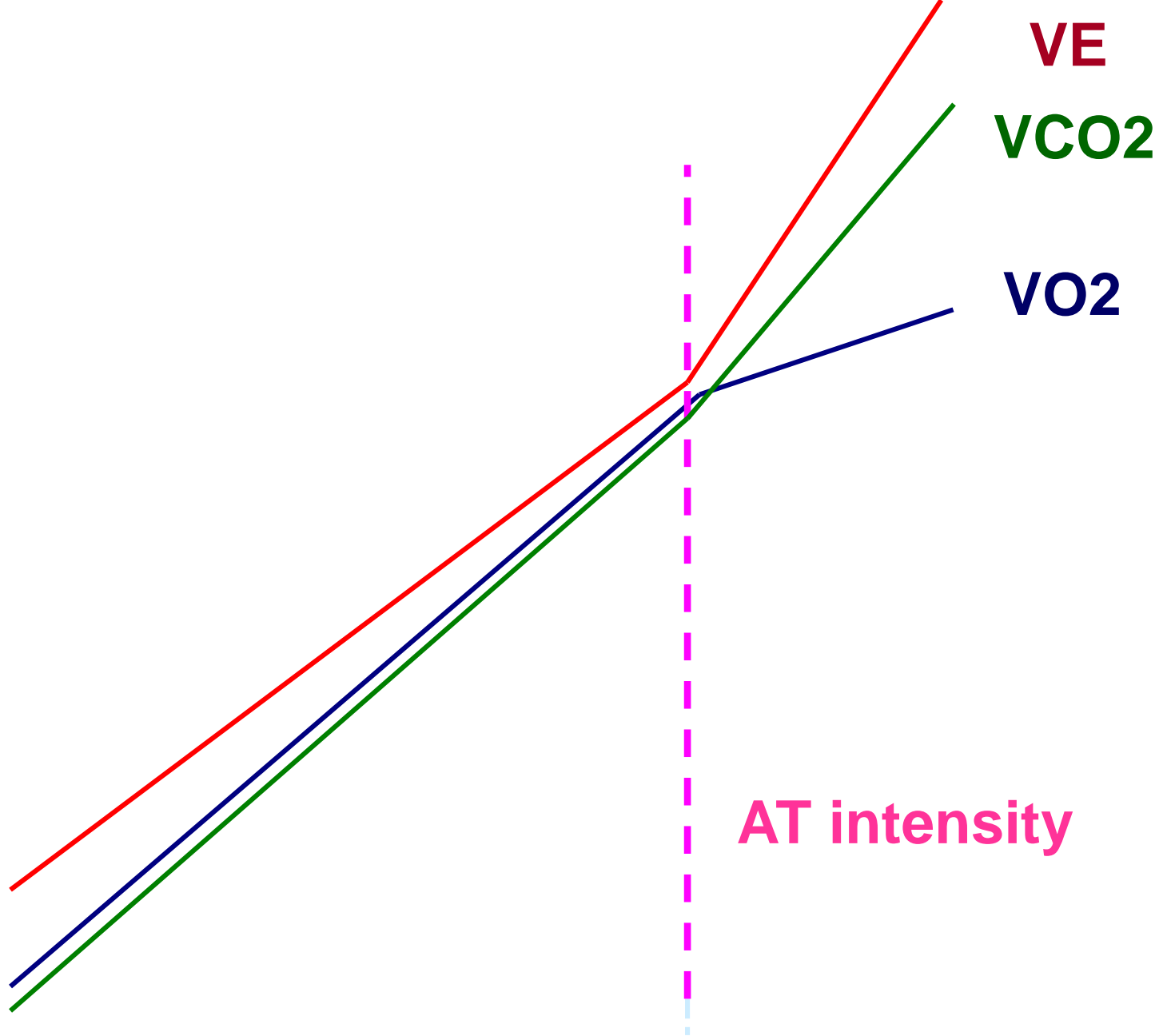
Supplementum Cor Vasa 2011; 53(1): 86–103 ,
nebo na webových stránkách jak ČKS, tak ČSTL

VO₂max je když...

- Spotřeba kyslíku už dále nestoupala, ačkoliv zátěž ještě dále stoupala, optimálně spotřeba kyslíku vytvořila plató délky alespoň 60 sec.
- V době dosažení této hodnoty byl výdej CO₂ vyšší než spotřeba kyslíku, takže respirační výměnný koeficient (poměr vydaného CO₂ a přijatého O₂) byl vyšší než 1,1
- Zkušební vyšetřující stav označí za maximum

!!! Výsledek je zčásti závislý na typu analyzátoru, zátěžovém protokolu a zkušenosti vyšetřujícího. Proto VO₂ max měřené na jiném pracovišti musí být vždy bráno s určitou rezervou.



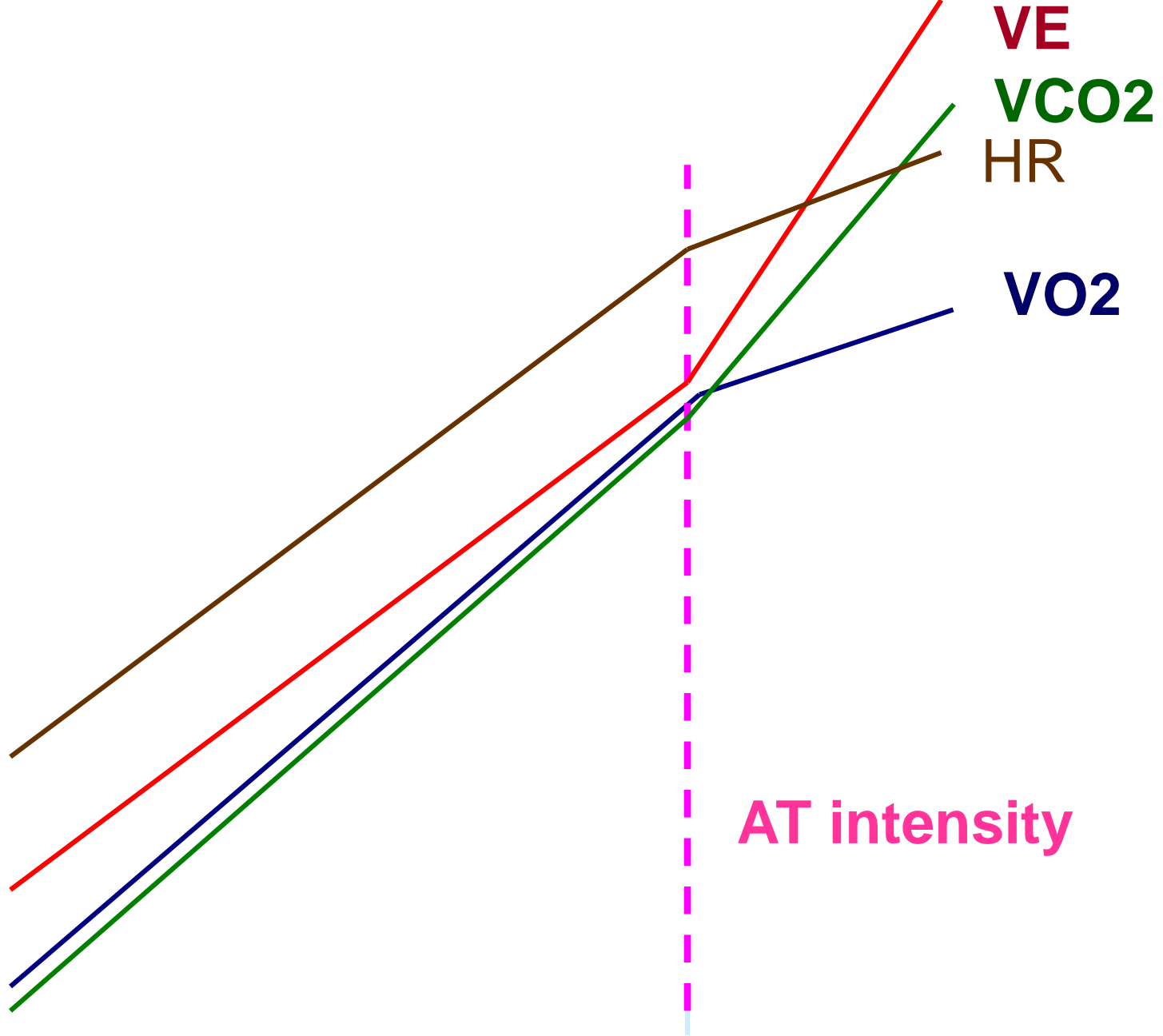


VE

VCO2

VO2

AT intensity



VE

VCO2

HR

VO2

AT intensity

HRmax in range 181 -209 for 15y healthy boy

