



Kontrola intenzity zatížení: monitoring srdeční frekvence

Filip Neuls

Fakulta tělesné kultury

Univerzita Palackého v Olomouci

Anatomický a fyziologický základ

- stavba kardiovaskulárního systému
 - uzavřený systém zajišťující trvalou cirkulaci krve
 - srdce, cévy, krev
- funkce kardiovaskulárního systému
 - transport dýchacích plynů (O_2 , CO_2)
 - transport živin a zplodin jejich metabolismu
 - transport hormonů
 - imunologické funkce (ochrana organismu)
 - termoregulace
 - udržování homeostázy aj.
- srdce jako pumpa (systém dvou tlakových čerpadel)
- dvojitá cirkulace
 - malý (plicní) oběh
 - velký (tělní, systémový) oběh

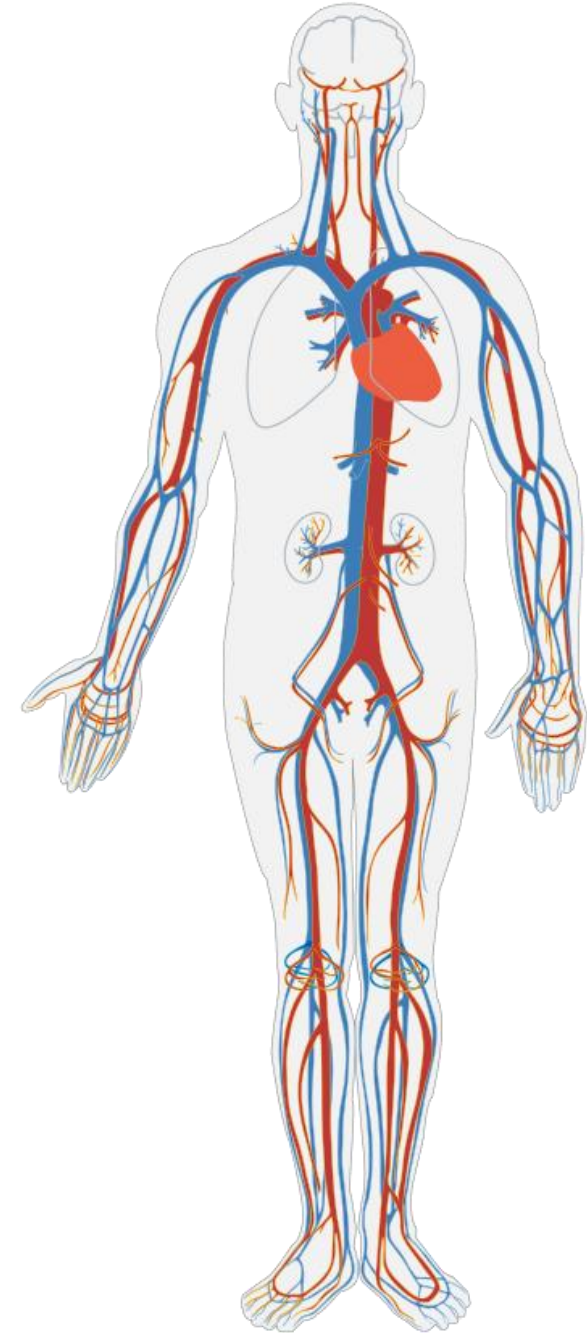
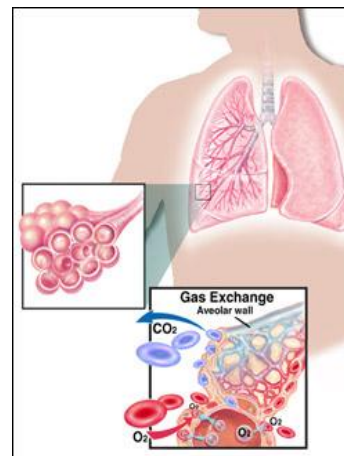
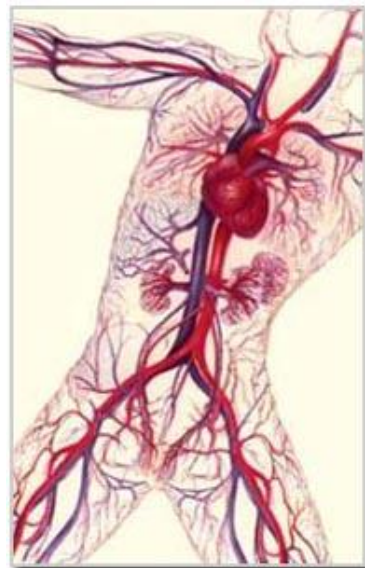
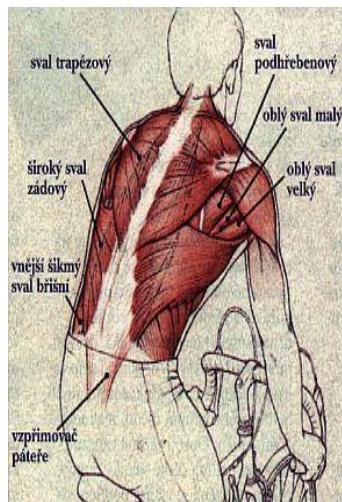
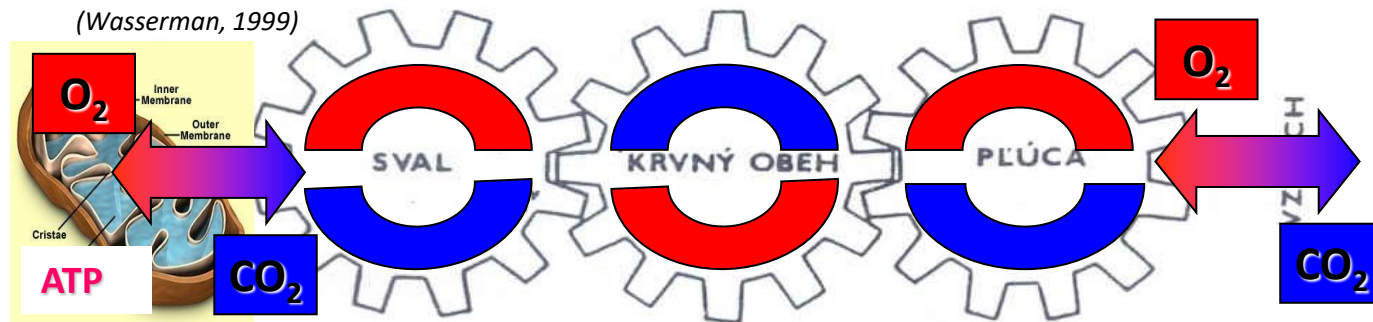
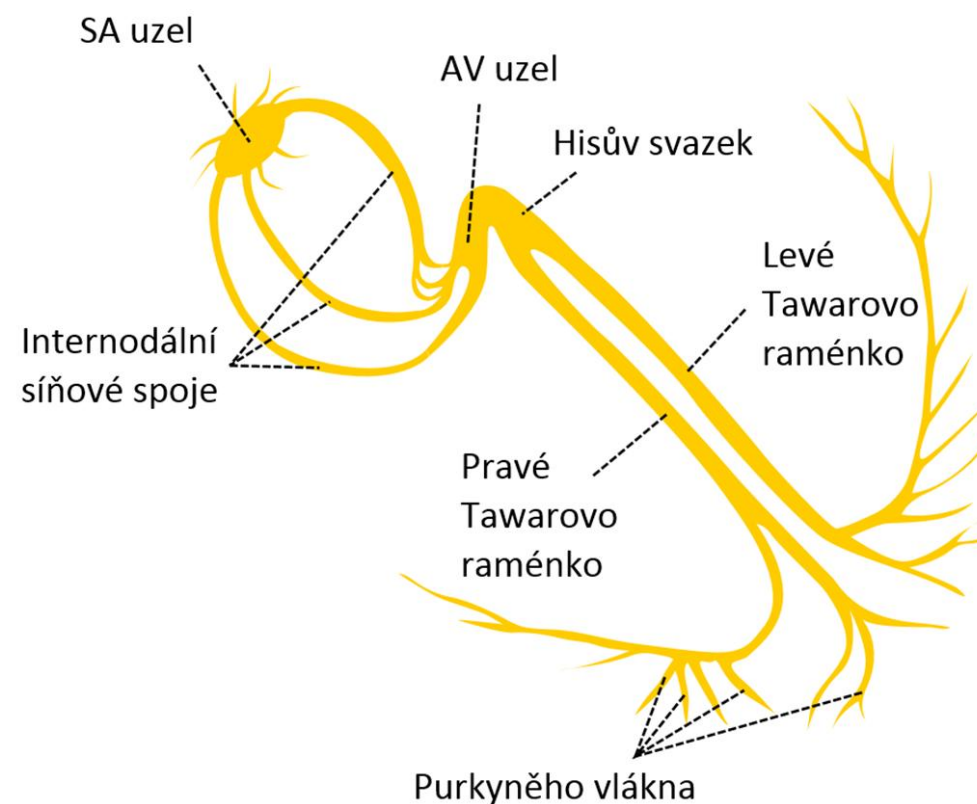


SCHÉMA TRANSPORTU O₂ A CO₂



Řízení srdeční činnosti

- činnost myokardu: systola a diastola
- srdeční automacie a rytmicita, převodní systém srdeční
 - sinusový rytmus, cca 60-80 tepů/min
 - nodální rytmus, cca 30-40 tepů/min
- autonomní nervový systém
 - sympatikus, parasympatikus
- hormonální vlivy
 - adrenalin, noradrenalin (katecholaminy)

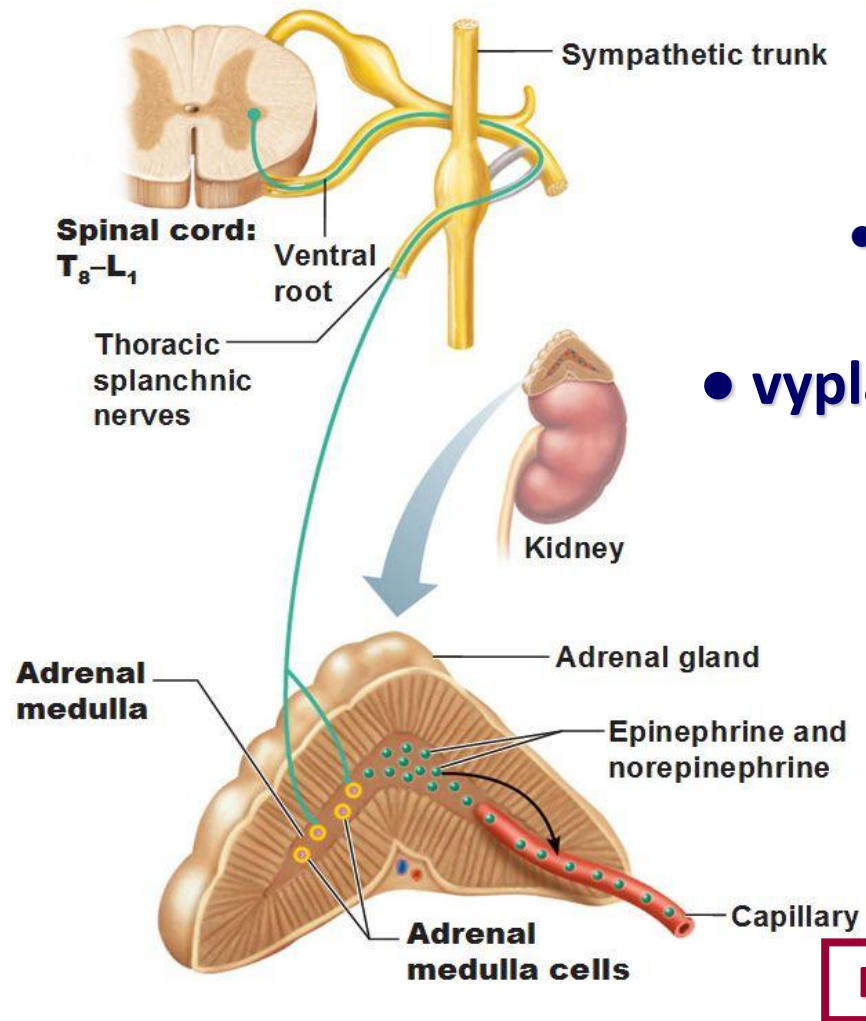


Stres, stresor, stresová reakce

- homeostáza (dynamická rovnováha vnitřního prostředí)
- narušení homeostázy = **stres**
- pohybová aktivita (tělesná práce) = **stresor**
- **AKUTNÍ ZMĚNY – REAKCE** (odpověď)
 - na jednorázovou zátěž, např. $\uparrow$ SF, $\uparrow$ DF, vyplavení stresových hormonů
- **CHRONICKÉ ZMĚNY – ADAPTACE**
 - při opakování zátěže, např. $\downarrow$ SF klidové a $\downarrow$ SF při stejné zátěži
- svalová činnost je spojena se zvýšením energetických nároků, pokles koncentrace ATP, zvýšení ADP ($\downarrow$ ATP : ADP)
 - **resyntéza ATP: anaerobně** (rychlá cesta, malý výnos), **aerobně** (za spotřeby O_2 , pomalejší cesta, velký výnos)

STRESOVÁ OSA

- ↓ aktivity **PARASYMPATIKU** a ↑ **SYMPATIKU**
- vyplavení **KATECHOLAMINŮ** (adrenalin + noradrenalin)



ADRENERGNÍ RECEPTORY

$\alpha_1; \alpha_2; \beta_1; \beta_2$

REDISTRIBUCE KRVE

↑↑↑ METABOLISMU

Redistribuce krve

= přerozdělení krve v organismu při započetí práce

rozšíření (vazodilatace) svalových cév
(účinek **adrenalinu** na β adrenergní receptory)

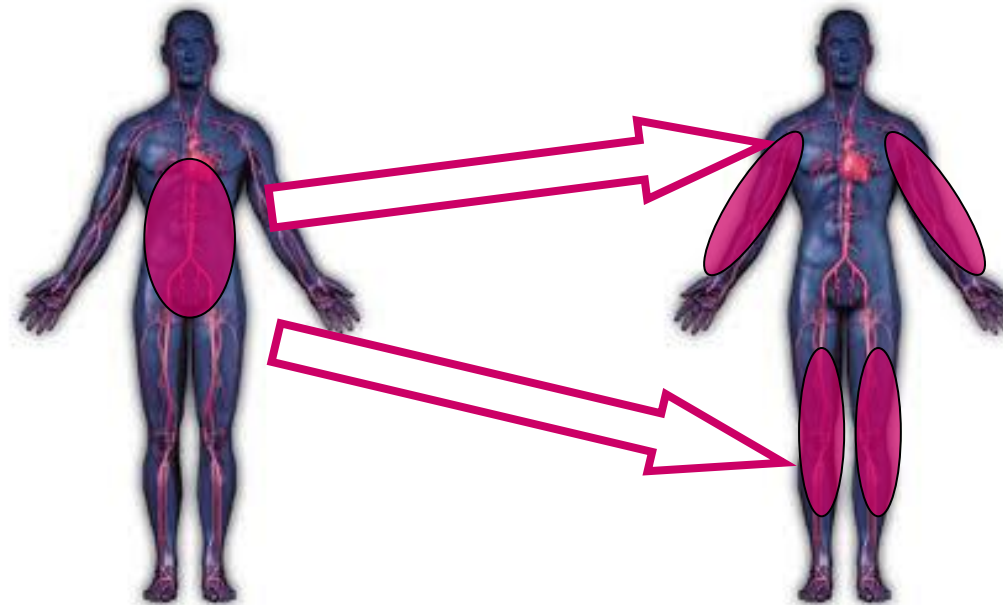
+

zúžení (vazokonstrikce) útrobních cév
kombinace **noradrenalinu** (α adrenergní receptory) a **adrenalinu**

=

REDISTRIBUCE krve z útrob do svalů při zátěži

KLID



ZATÍŽENÍ

Akutní odezva kardiovaskulárního systému na zátěž

Klidová SF (srdeční frekvence) = **60–80 tepů/min**

Maximální SF (20 let muž) = **200 tepů/min**

(predikce: **SF_{max} = 220 - věk**)

Klidový systolický objem (SV) = **70 ml**

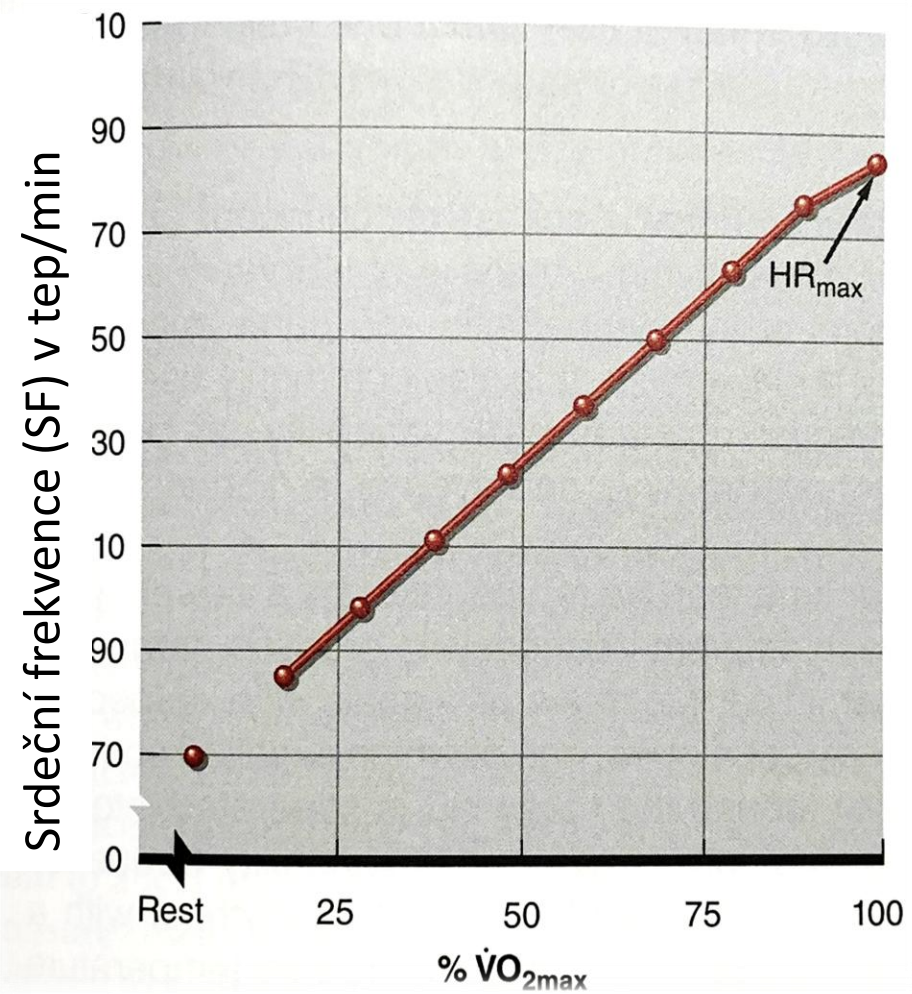
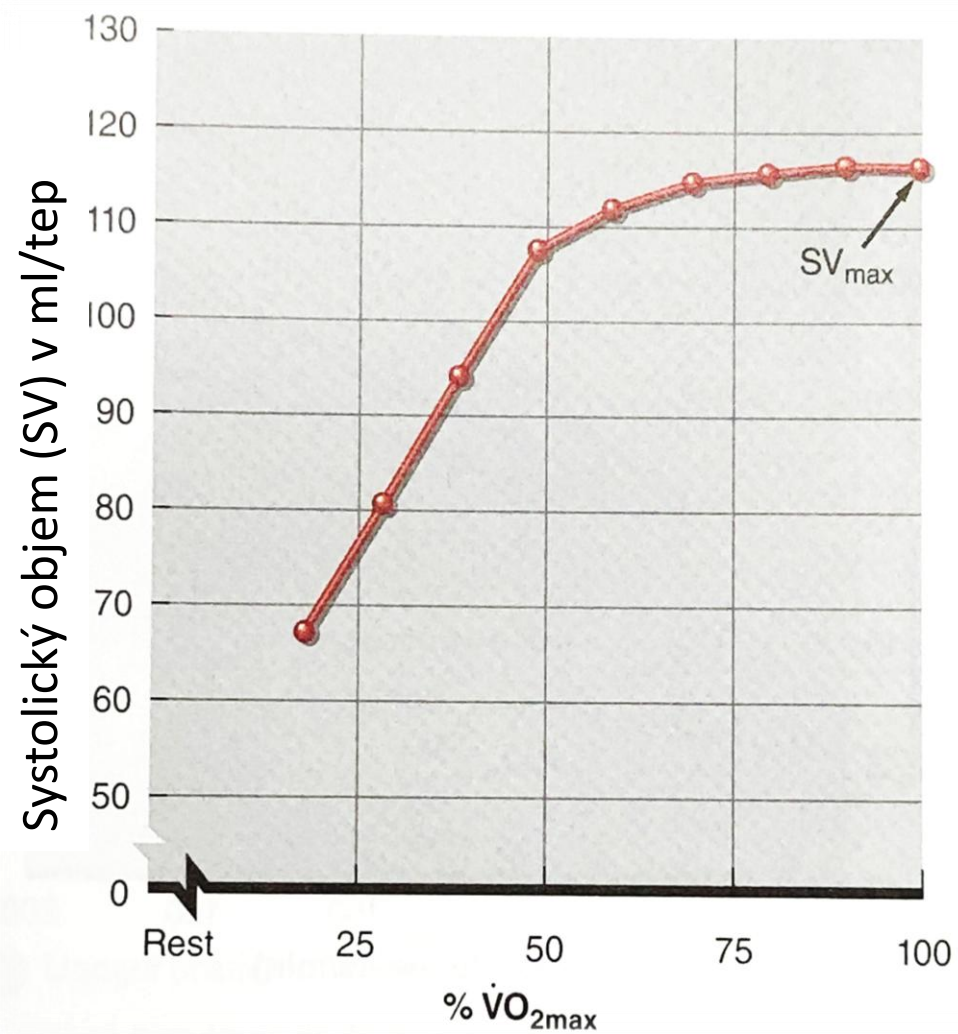
V maximu SV = **100 ml** (až 130 ml)

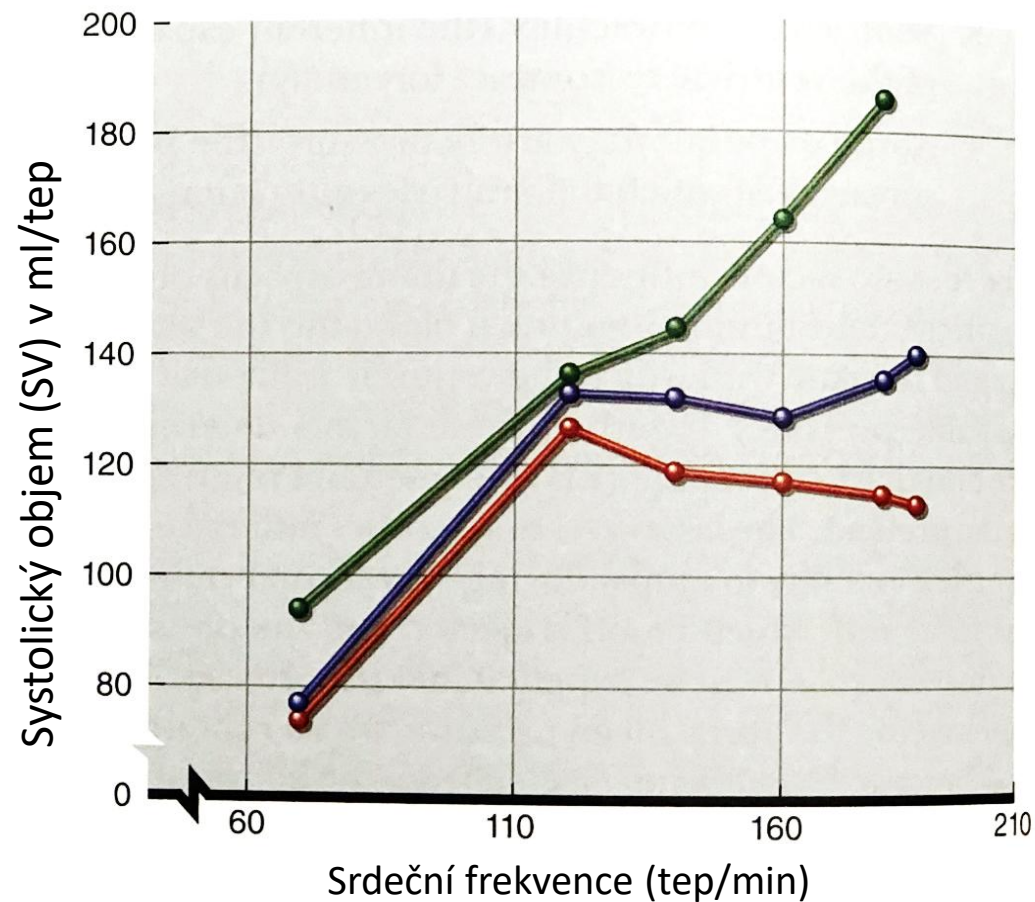
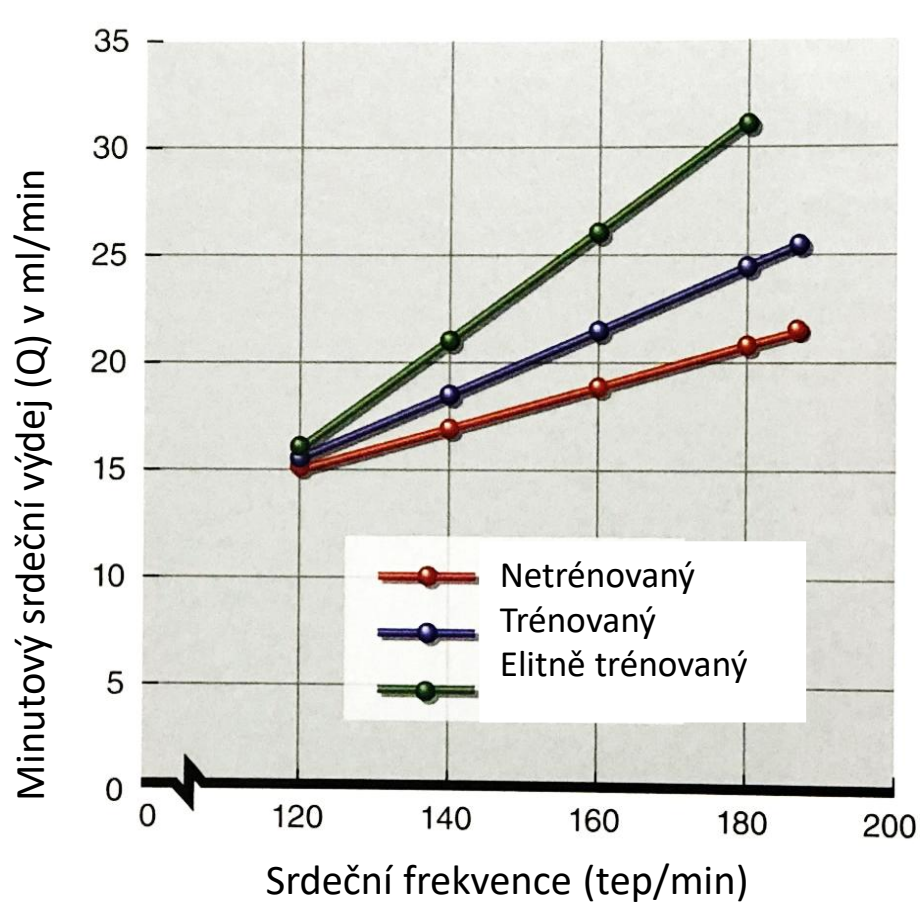
Minutový srdeční výdej (Q) = SF x SV

$Q_{\text{klid}} = 4,9 \text{ l} = 70 \text{ tepů/min} \times 70 \text{ ml}$

$Q_{\text{max}} = 20 \text{ l} = 200 \text{ tepů/min} \times 100 \text{ ml}$

netrénovaný





$$Q_{\text{klid}} = 4,9 \text{ l} = 40 \text{ tepů/min} \times 120 \text{ ml}$$

$$Q_{\text{max}} = 30 \text{ l (40)} = 200 \text{ tepů/min} \times 150 \text{ (200) ml}$$

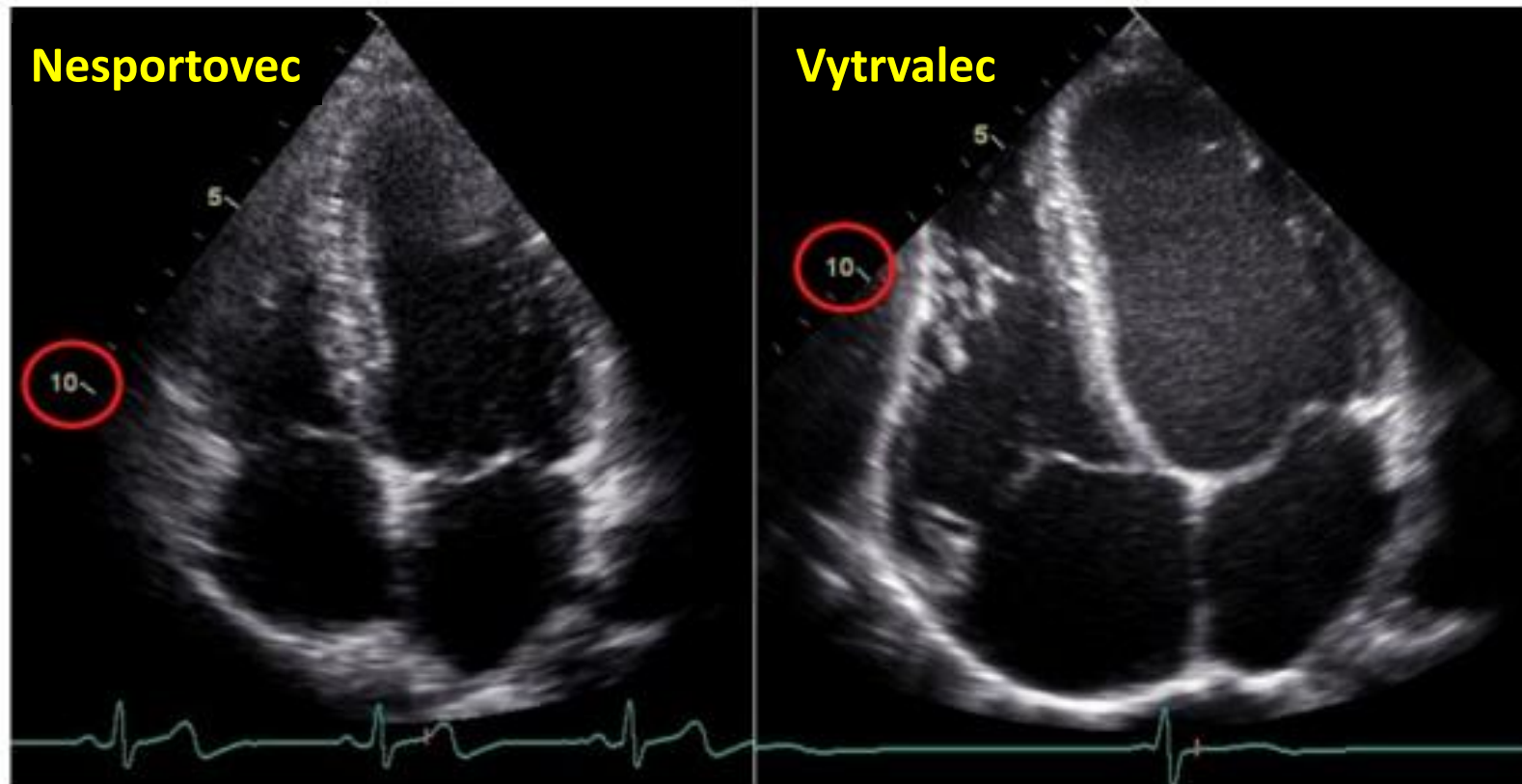
trénovaný

Adaptace kardiovaskulárního systému

- nárůst **objemu** cirkulující krve
 - pokles **klidové SF**, pokles **submaximální SF** (zvýšená vagová aktivita)
 - **SFmax** beze změny (popř. pokles cca o 5 % vlivem snížení hustoty beta-adrenergických receptorů; SFmax není ukazatelem trénovanosti)
 - pokles SF při dané zátěži umožňuje **delší dobu plnění srdce** a tudíž větší výdej
 - rychlejší pokles **SF po zátěži**
 - lepší **kontraktilita** myokardu (Frank-Starlingův zákon)
 - nárůst **systolického objemu** (SV)
 - nárůst **minutového srdečního výdeje** (Q)
 - nárůst počtu **erytrocytů**, hematokritu
 - nárůst **kapilarizace** svalů
 - strukturální změny myokardu (excentrická **hypertrofie** levé komory)
- 
- zlepšení efektivity práce KVS**

Strukturální změny myokardu

- fyziologické zvětšení („excentrická hypertrofie“), zvětšení objemu srdečních dutin
- **regulativní dilatace** levé komory jako důsledek **objemové** práce srdce



- zlepšená kontraktilita myokardu = **vyšší ejekční frakce** (ESV/EDV) x 100

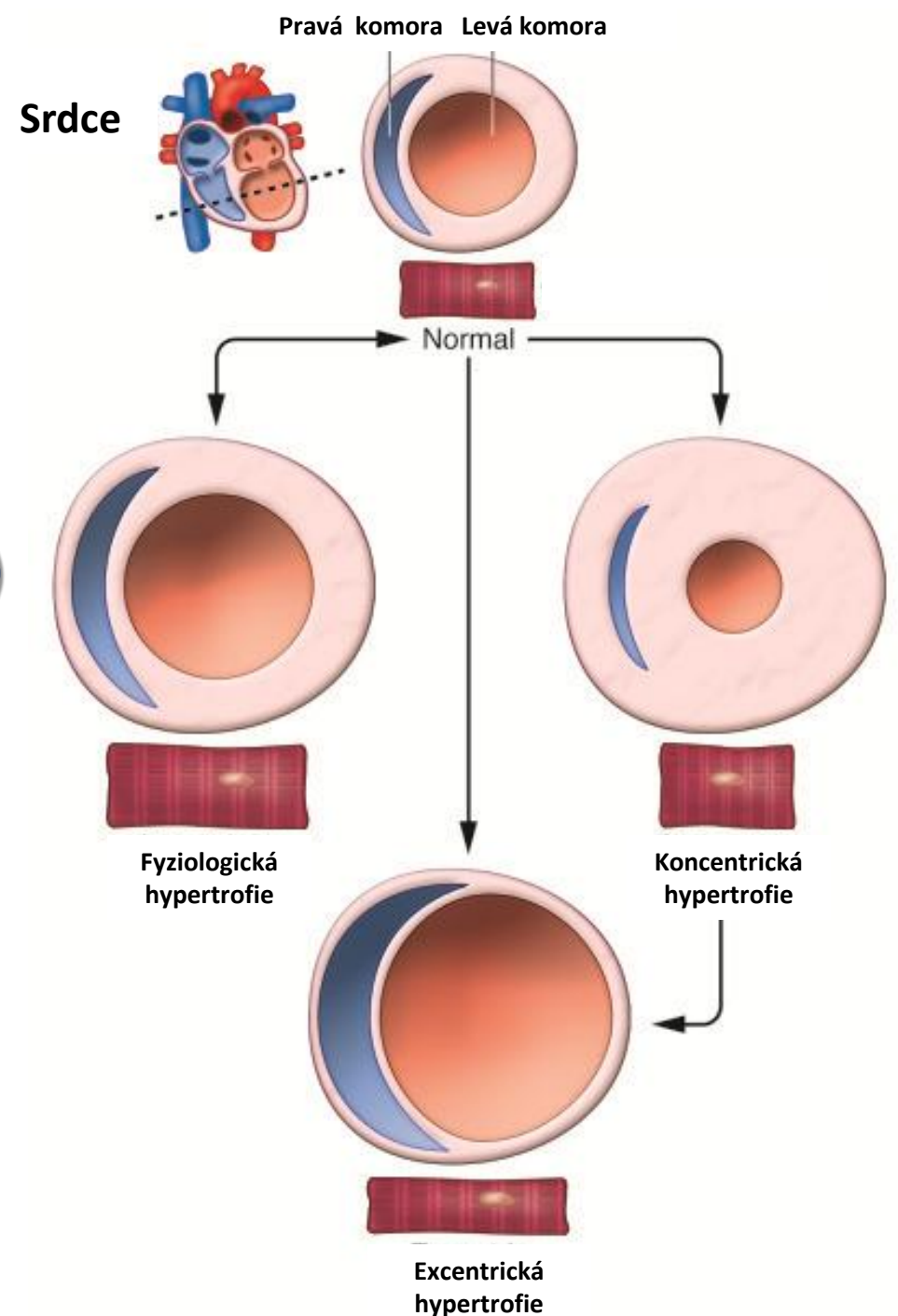
Morfologické změny srdce (vytrvalostní vs. silový trénink)

VYTRVALOST

- fyziologické zvětšení („excentrická hypertrofie“)
zvětšení objemu srdečních dutin
- akcentace objemové práce

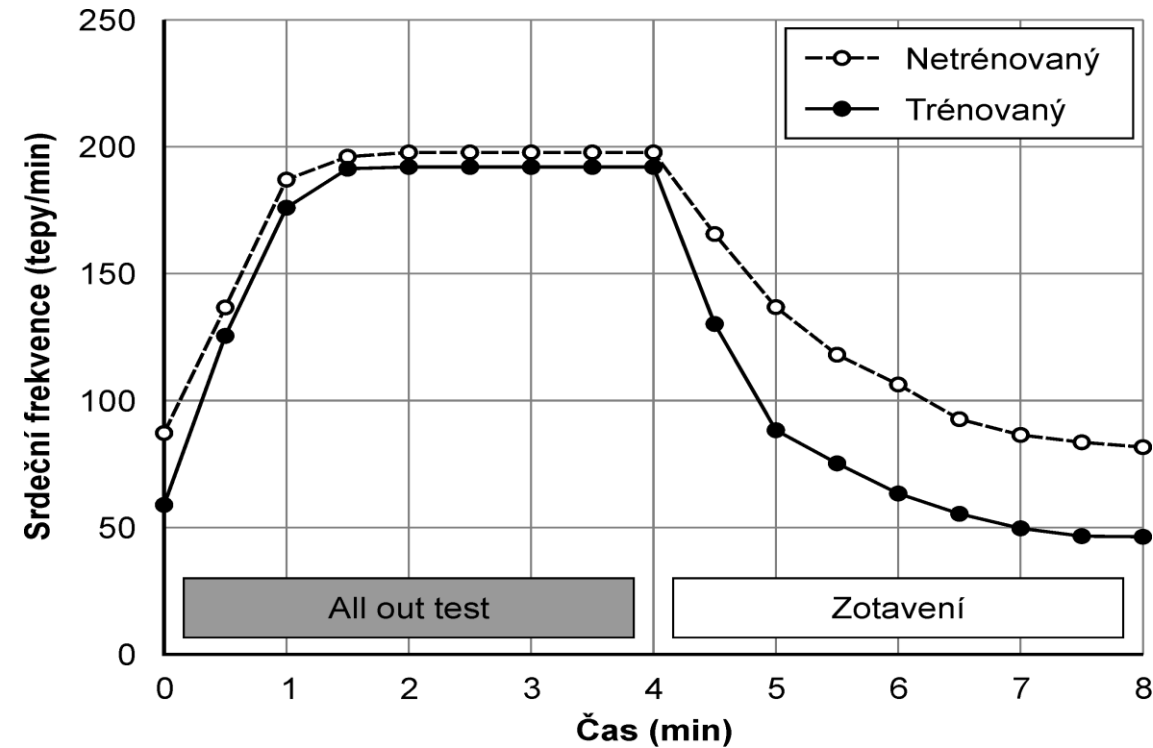
SILOVÝ (RESISTENTNÍ) TRÉNINK

- fyziologické zvětšení („koncentrická hypertrofie“)
hypertrofie myokardu levé komory
zmenšení srdečních dutin u silového tréninku
- akcentace tlakové práce srdce



Pozátěžový pokles srdeční frekvence

- trénovaní (adaptovaní) sportovci vykazují zrychlený pozátěžový pokles SF
- změna regulace ANS
 - rychlejší pokles aktivity sympatiku
 - rychlejší nástup aktivity vagu



Kvantifikace odezvy organismu

- Psychometrická data

- dotazníky – **D**aily **A**nalyses **L**ife's **D**emanding for **A**thletes
- škály – Borgova škála, **V**isual **A**nalogue **S**cale

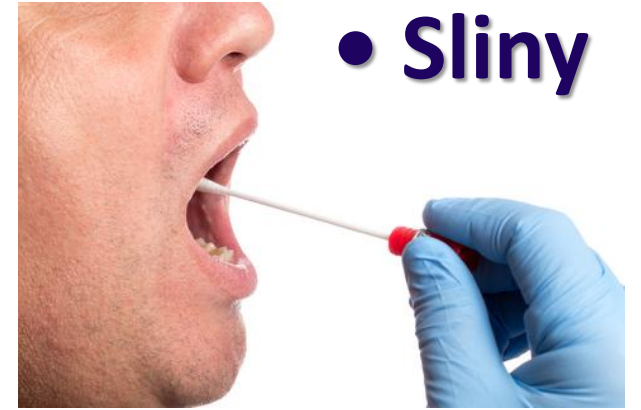
- Biomarkery + hormony



- laktát, kreatinkináza, cytokiny...
- testosteron, kortizol, katecholaminy...



- Sliny



- testosteron, kortizol

- Srdeční frekvence



- klidová, submaximální a maximální
- variabilita srdeční frekvence

Borgova škála RPE (Rate of Perceived Exertion)

- subjektivní vyjádření velikosti vnímaného úsilí
- RPE jeden z nejpoblárnějších a nepoužívanějších indikátorů subjektivního vnímání námahy
- ve stavu únavy se hodnota RPE po absolvování identického zatížení **zvyšuje (!)**

BORGŮV SYSTÉM VNÍMANÉHO ÚSILÍ (RPE)		
Slovní popis	Bodové hodnocení	
Žádné	6	Před začátkem cvičení – změřte si krevní tlak a srdeční frekvenci.
Velmi, velmi lehká	7	Zahřívací fáze 5–10 minut. Zvláště u lidí s vysokým krevním tlakem je vhodné dodržet zahřívací fázi a změřit si krevní tlak po 10 minutách.
	8	
Velmi lehká	9	
	10	
Docela lehké	11	Pracovní fáze – sledujte svoji srdeční frekvenci při jednotlivých stupních a naučte se ji vnímat. Kontrolní měření krevního tlaku u lidí s vysokým krevním tlakem.
	12	
Poněkud těžké	13	
	14	
Těžké	15	Pokud chcete zlepšit zdatnost, občas je potřeba i zátěž s těmito stupni. Máte-li vysoký krevní tlak, cukrovku nebo kardiovaskulární onemocnění, poraďte se se svým lékařem.
	16	
Velmi těžké	17	
	18	
Velmi, velmi těžké	19	
Maximální	20	

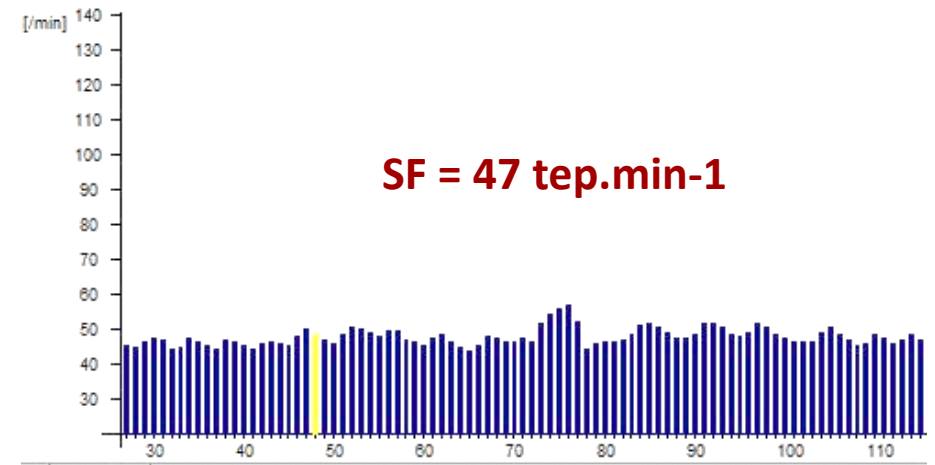
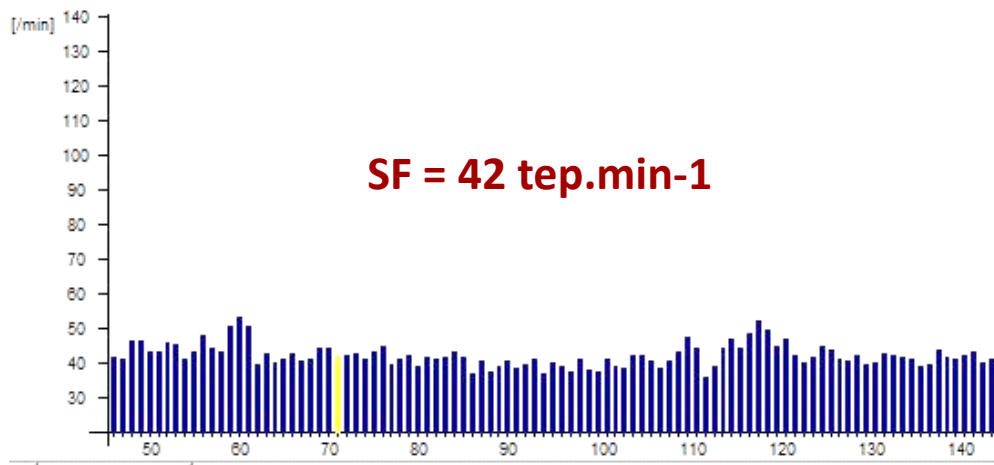
RPE	vnímání intenzity zátěže
1	Velmi lehká Základní pohyb, prakticky nevnímám zátěž.
2-3	Lehká Tempo, které pocitově vydržím hodiny. Dýchání lehké, bez problémů mluvím, můžu si i pískat nebo zpívat.
4-6	Střední Dýchám obtížněji. Mluvit můžu krátce, pak se musím nadechnout. Vnímám zátěž, ale je zvládnutelná desítky minut.
7-8	Namáhavá Mluvit už prakticky nejde, musím pravidelně dýchat. Zátěž je intenzivní, na hranici komfortu. Stále mám ale ještě rezervu.
9	Velmi namáhavá Na hranici toho co zvládám. Dýchám velmi intenzivně, sotva zvládnu říct slovo.
10	Maximální úsilí Limit mých schopností. Trénink nejde dokončit nebo je extrémně vyčerpávající. Lapám po dechu, mám rozostřené vidění.

Srdeční frekvence

- veličina velmi citlivě **regulovaná na základě aktuálních potřeb** organismu
- populární neinvazivní ukazatel **intenzity** zatížení, resp. vnitřního zatížení organismu
- hodnota SF je **ovlivněna řadou faktorů**: věk, pohlaví (dynamika SF), biorytmy, poloha těla, životní styl, **pohybová aktivita**, psychický stres, genetika, environmentální faktory (teplota, vlhkost, hypoxie), hydratace, **trénovanost**, látky (kofein, drogy, léky...)
- dominantním regulátorem srdečního rytmu: **neurohumorální systém (ANS + katecholaminy)**
- rozlišujeme SF **klidovou, zátěžovou (submaximální, maximální), pozátěžovou**
- **bradykardie** – zpomalení SF pod fyziologickou mez (pod 60 tepů/min u dospělých); často fyziologicky přítomna v klidu u vytrvalců (sportovní bradykardie 35-45 tepů/min)
- **tachykardie** – zrychlení SF nad fyziologickou mez (nad 90–100 tepů/min); nejčastější fyziologickou příčinou je pohybová aktivita
- **vývojová specifika** (pokles SF a nárůst TK s věkem), objektivní ukazatel cca až od 15 let (u mladších je ale třeba je postupně učit pracovat se SF – edukace)

Srdeční frekvence a trénink

- při hodnocení odezvy SF na trénink je nutné vzít v potaz až **6 tepů/min mezidenní variabilitu**
- absolutní SF se zpravidla vyjadřuje v % hodnoty SFmax nebo **maximální tepové rezervy (MTR)**
- dobrý ukazatel trénovanosti je **SF_{klid}**, **SF_{submax}**, **pozátěžový pokles SF**, nikoliv však **SF_{max} (!)**
- SF_{klid} = indikátor **funkčního stavu** organismu
- systematické hodnocení ranní SF_{klid} => nástroj pro detekci **únavy, přetížení nebo přetrénování**



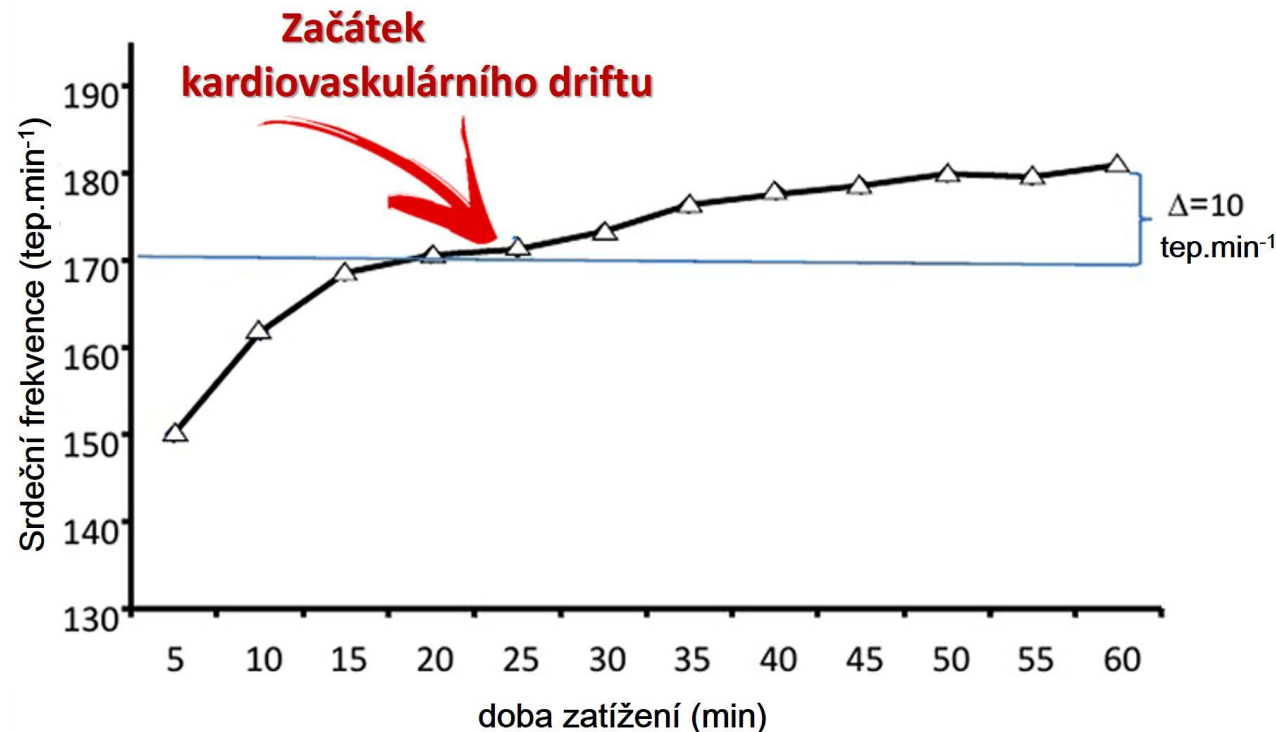
Srdeční frekvence a vodní prostředí

- **diving reflex** – pokles SF_{klid} o 10–25 % při zanoření obličeje a více při zadržení dechu a ponoření celého těla (při potápění i vliv klesající teploty a rostoucího tlaku)
- **horizontální poloha těla** = zlepšený žilní návrat, lepší plnění srdce (tzv. centralizace oběhu)
- **hydrostatický tlak** – opět zlepšuje žilní návrat
- **vliv chladnějších teplot** – pokles metabolismu i SF při rychlejším ochlazování těla
- SF_{max} je ve vodě nižší dle různých výzkumů o **10–13 tepů/min**
- *přesto existují studie, které uvádějí obdobné hodnoty SF_{max} ve vodě i na běhátku nebo bicyklovém ergometru u některých elitních plavců (vliv techniky plavání? individuální odchylky?)*

Úskalí měření srdeční frekvence

- limitou pro hodnocení intenzity zatížení pomocí SF během konstantního výkonu je tzv.

»kardiovaskulární drift«



- vzestup SF je obvykle pozorován kolem 30. min kontinuálního zatížení
- souvisí s růstem teploty těla a termoregulací, ztrátou tekutin ($\searrow$ SV) nebo periferní vazodilatací
- komplikace v hodnocení tréninku postaveném pouze na zónách srdeční frekvence (!)

Monitoring srdeční frekvence



Monitory srdeční frekvence

- **Základní princip:** snímání R-R intervalů, jednosvodové EKG (vysílač-přijímač)
- **Funkce:** terénní měření srdeční frekvence (primárně) – hrudní pás + software (online cloud)
- **Využití:** většina sportovních odvětví, přednostně sporty s výraznou vytrvalostní (rychlostně-vytrvalostní) a lokomoční složkou, ale i sportovní hry
- **Kvantifikace tréninkové intenzity, sledování odezvy na tréninkový stimul**
- **Optimalizace a individualizace tréninkového zatěžování (tzv. „*tailoring*“)**
- **Odhad** VO_2max a energetického výdeje na základě spotřeby O_2
- **Řízení tréninku** (např. intervalového)
- **Další funkce:** vestavěné testy zdatnosti (odhad VO_2max), kalorický výdej,
- GPS (vzdálenost, tempo/km), tréninkový deník (online)
- nové technologie, rapidní vývoj

Technologie monitoringu srdeční frekvence

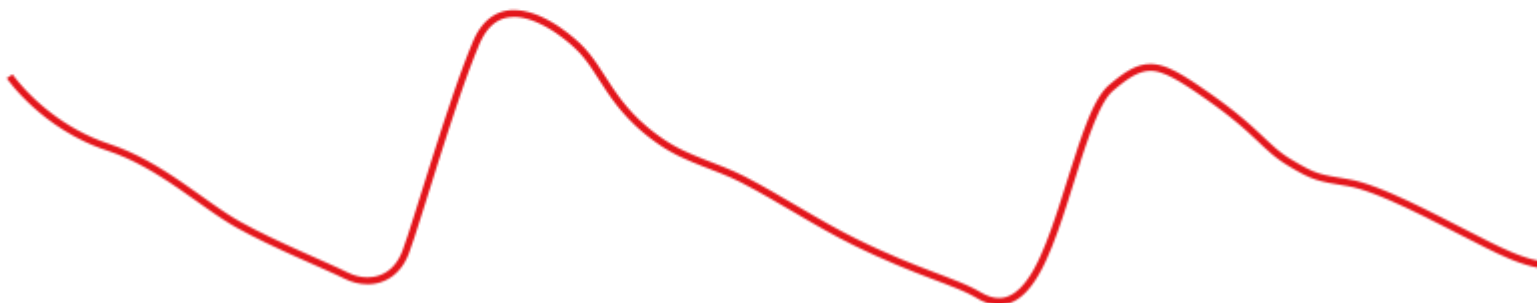
- sledování elektrické aktivity srdce (EKG)
 - přesnější metoda, „zlatý standard“, hrudní pás s elektrodami (např. Polar H10)

EKG



- pletysmografie (PPG)
 - volumetrické (objemové) změny velikosti orgánů, průsvitu cév aj., optický snímač (např. Polar Verity Sense), méně přesné (chyby vznikají zejména při pohybu snímače po kůži)

PPG



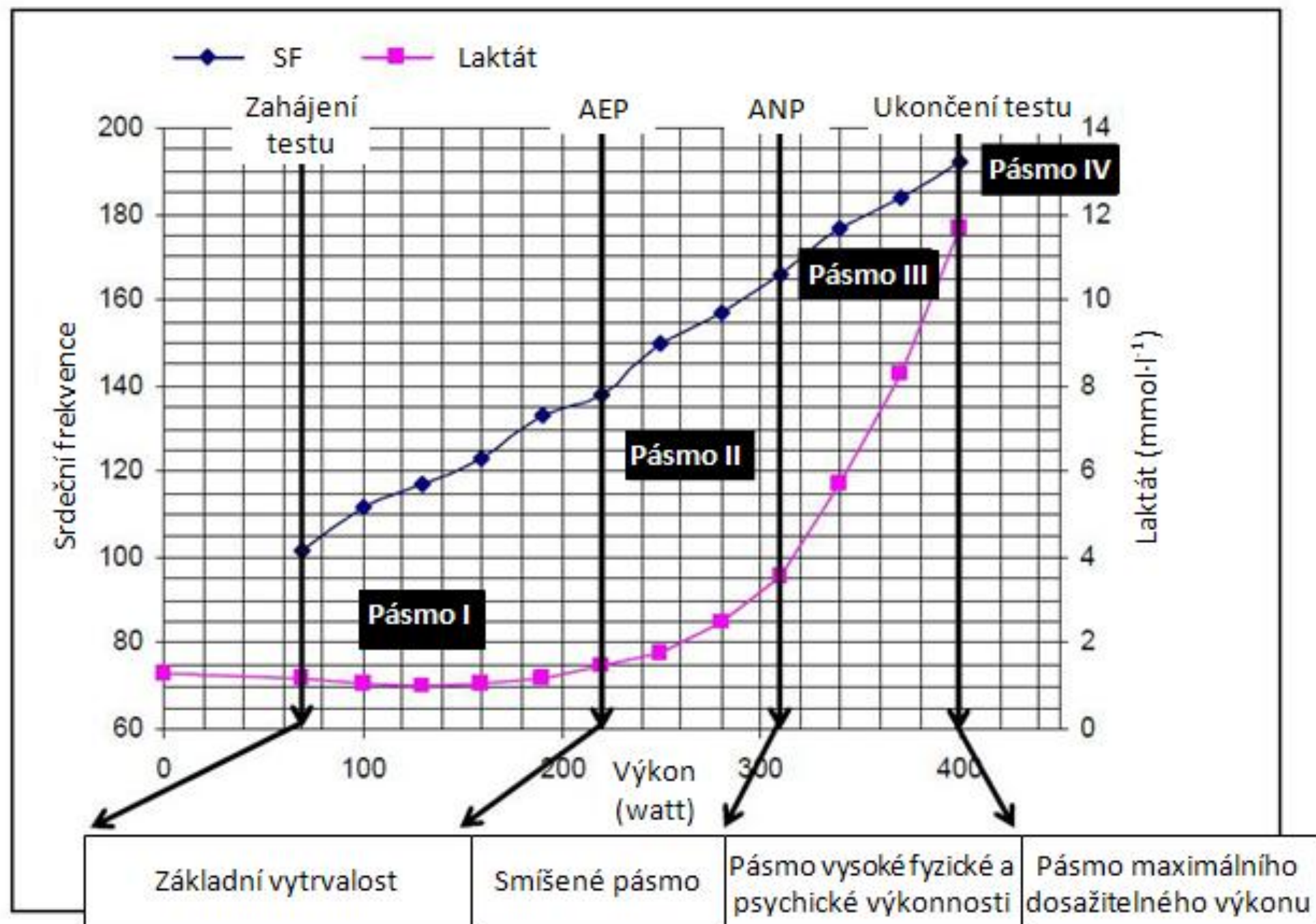
Práce s monitor SF – výchozí hodnoty

- **SFklid** – měření ráno těsně po probuzení v poloze vleže, pravidelně, systematicky (nástroj pro detekci únavy, přetížení, přetrénování, signál blížícího se onemocnění)
- **SFmax** – odhadem či pomocí stupňovaného testu (terén, laboratoř)
- **SFsubmax** – lze sledovat změny SF na dané úrovni konstantní zátěže
- **SF-AP** – srdeční frekvence na úrovni aerobního prahu (pro trénink)
- **SF-ANP** – srdeční frekvence na úrovni anaerobního prahu (pro trénink), odhad u plavce $SF_{ANP} = (210 - 1,06 \times \text{věk}) \times 0,9$
- **pozátěžová SF** – u trénovaných rychlejší přeladění do vagotonie, pokles sympatiku (vyšetření – např. Ruffierova zkouška)
- **maximální tepová rezerva** (MTR)
- stanovení intenzity zatížení (%SFmax, %MTR), lineární vztah mezi SF a VO_2
- **určení prahů a zón** – srovnatelná dynamika SF a VO_2 u plaveckých (specifických) a bicyklových/běžeckých (nespecifických) zátěžových testů (hodnoty ze „sucha“ lze po přepočtu použít i ve vodě díky vysoké korelaci)
- zóny srdeční frekvence x **metabolické zóny**

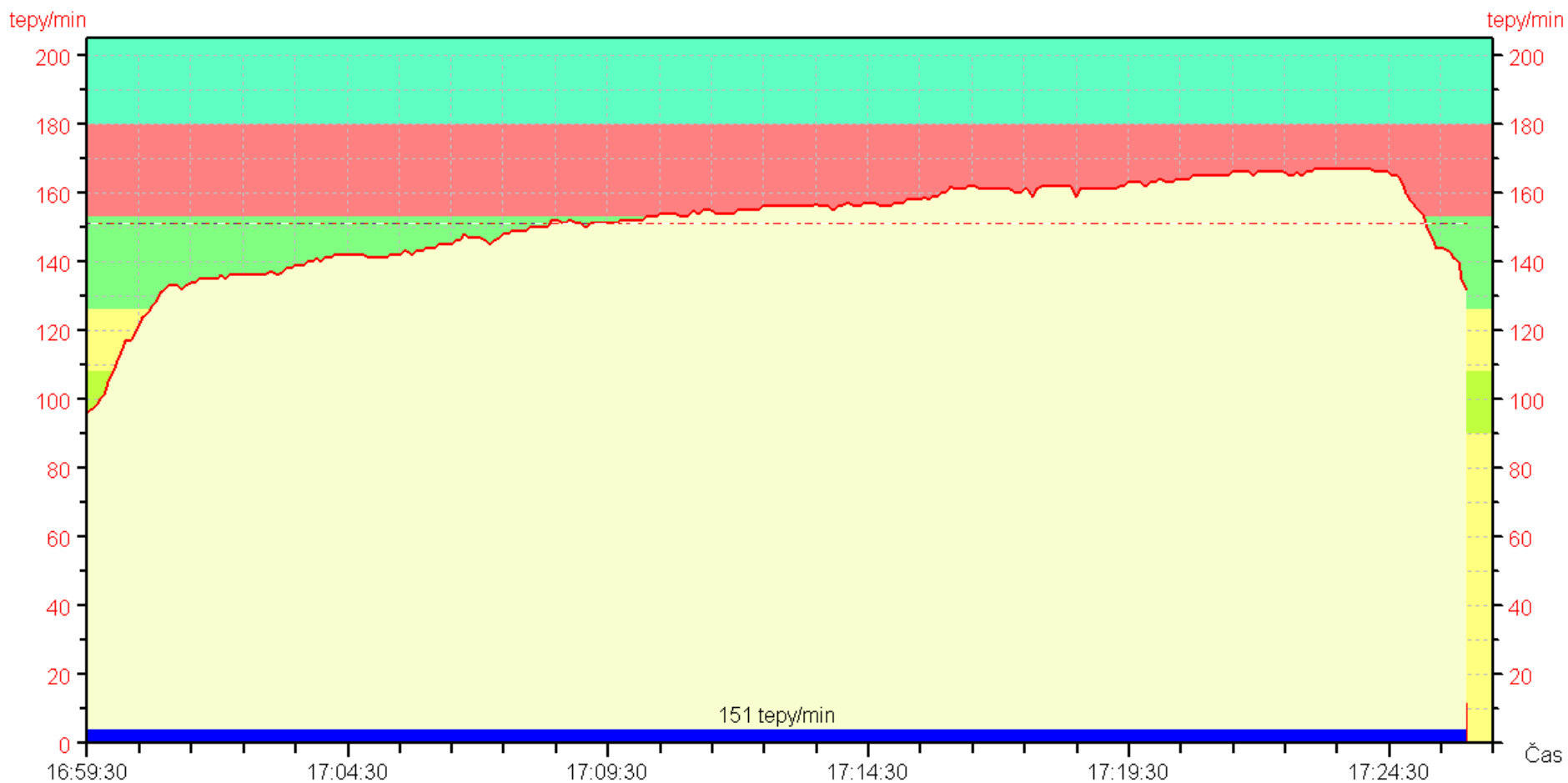
Práce se zónami SF

- **v hodinkách (softwarech) předdefinované zóny obvykle pracují s přesně danými rozmezími (50-60 %, 60-70 %, 70-80 % SF_{max} atd.)**
- pouze mírná až střední shoda ($r^2 = 0,14-0,42$) mezi plánem intenzity tréninkového zatížení a zónami SF (Sixsmith et al., 2023)
- **Výhodnější je mít zóny stanovené např. na základě maximálního zátěžového testu, který určí dané intenzity a jim odpovídající SF:**
 - aerobní práh AEP (cca 50-60 % VO_{2max})
 - smíšená zóna aerobně-anaerobní (mezi aerobním a anaerobním prahem)
 - anaerobní práh ANP (cca 70-80 % VO_{2max}), ale vysoce individuální (velké rozdíly sprinter vs. vytrvalec)
 - zóna maximálního úsilí (90-100 % VO_{2max} či SF_{max})

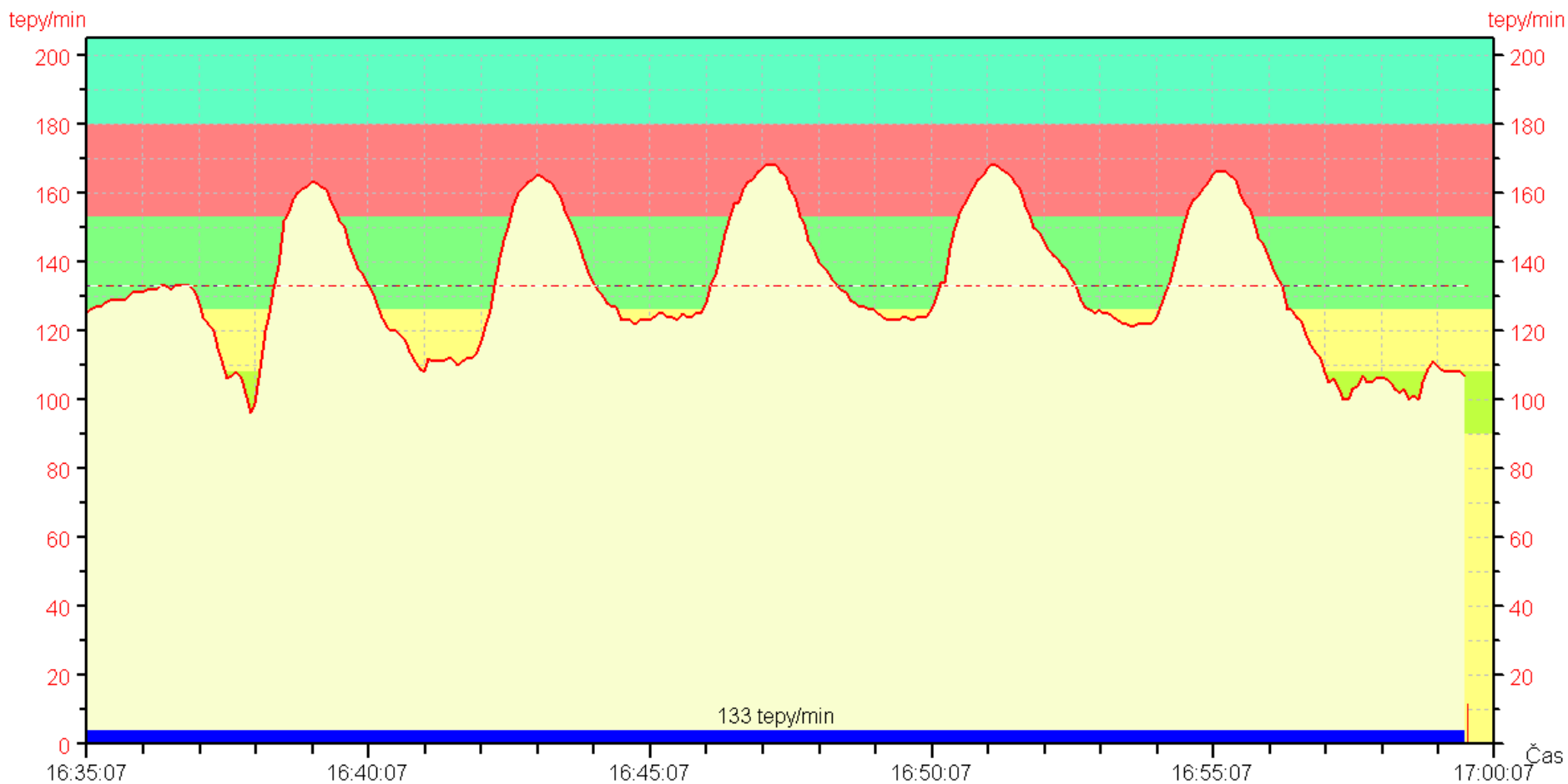
Zone	% of Max HR	Effort Level	Example	Description
1	50-60	Light	Warm-up, Warm-Down	Very low intensity to allow your body to get ready for, or recover from, your training.
2	60-70	Moderate	Easy Aerobic Training	Smooth swimming that can be held for a very long time, potentially over an hour. Drill and Technique would also be in this zone.
3	70-80	Strong	Tempo or 'Sweet Spot' Training	Stronger swimming that is challenging but can still be held for longer periods, 30-60 minutes.
4	80-90	Hard	Threshold Training	Cannot sustain for more than 10-15 minutes. Effective for pushing the boundaries of your aerobic training.
5	90-100	Maximum	All-out effort	Maximum speed that cannot be sustained for more than 3-5 minutes. With proper recovery, effective training for short (400m or less) distances.



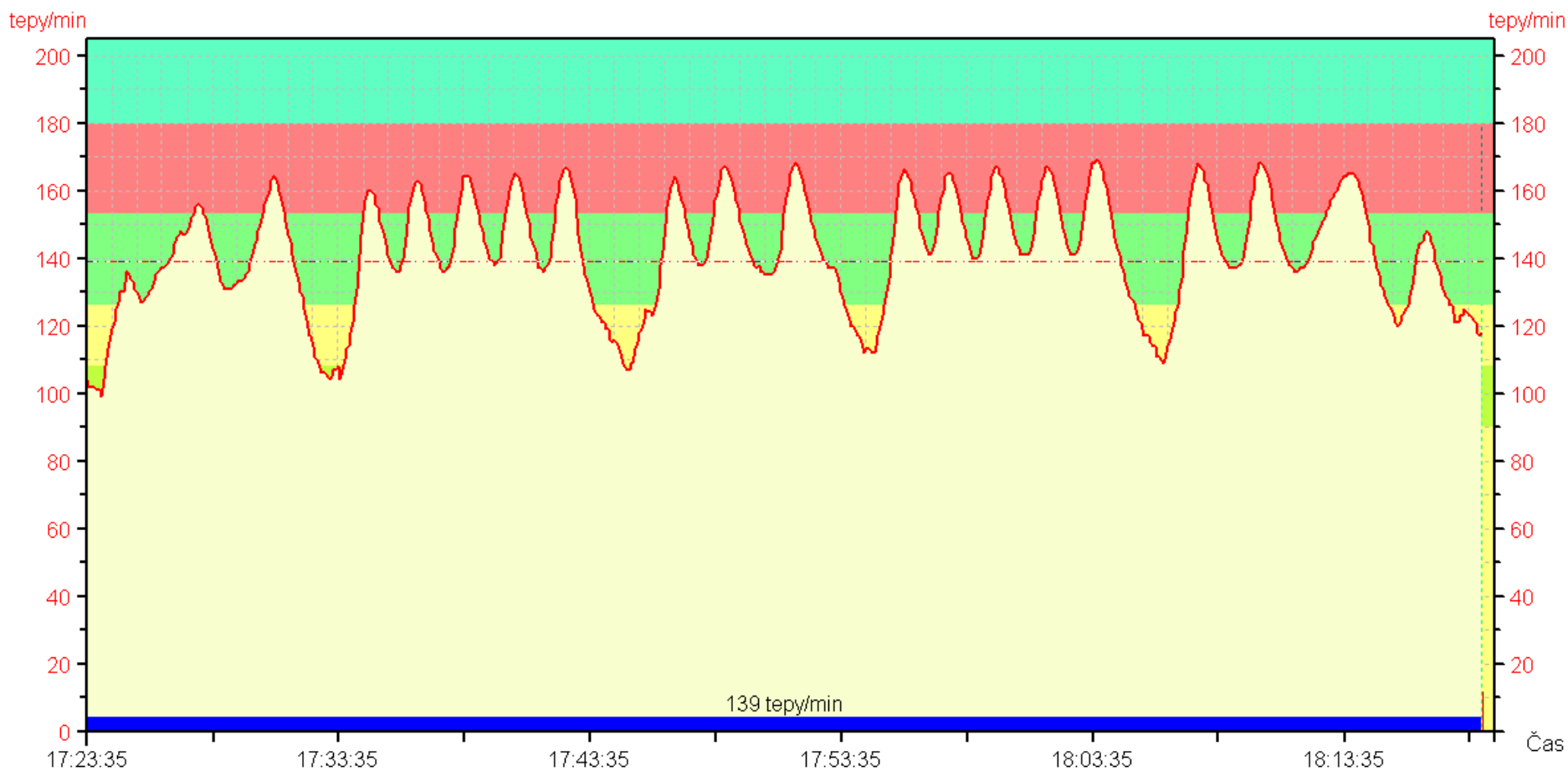
Fyziologická křivka zatížení – příklad souvislé metody



Fyziologická křivka zatížení – příklad opakované metody



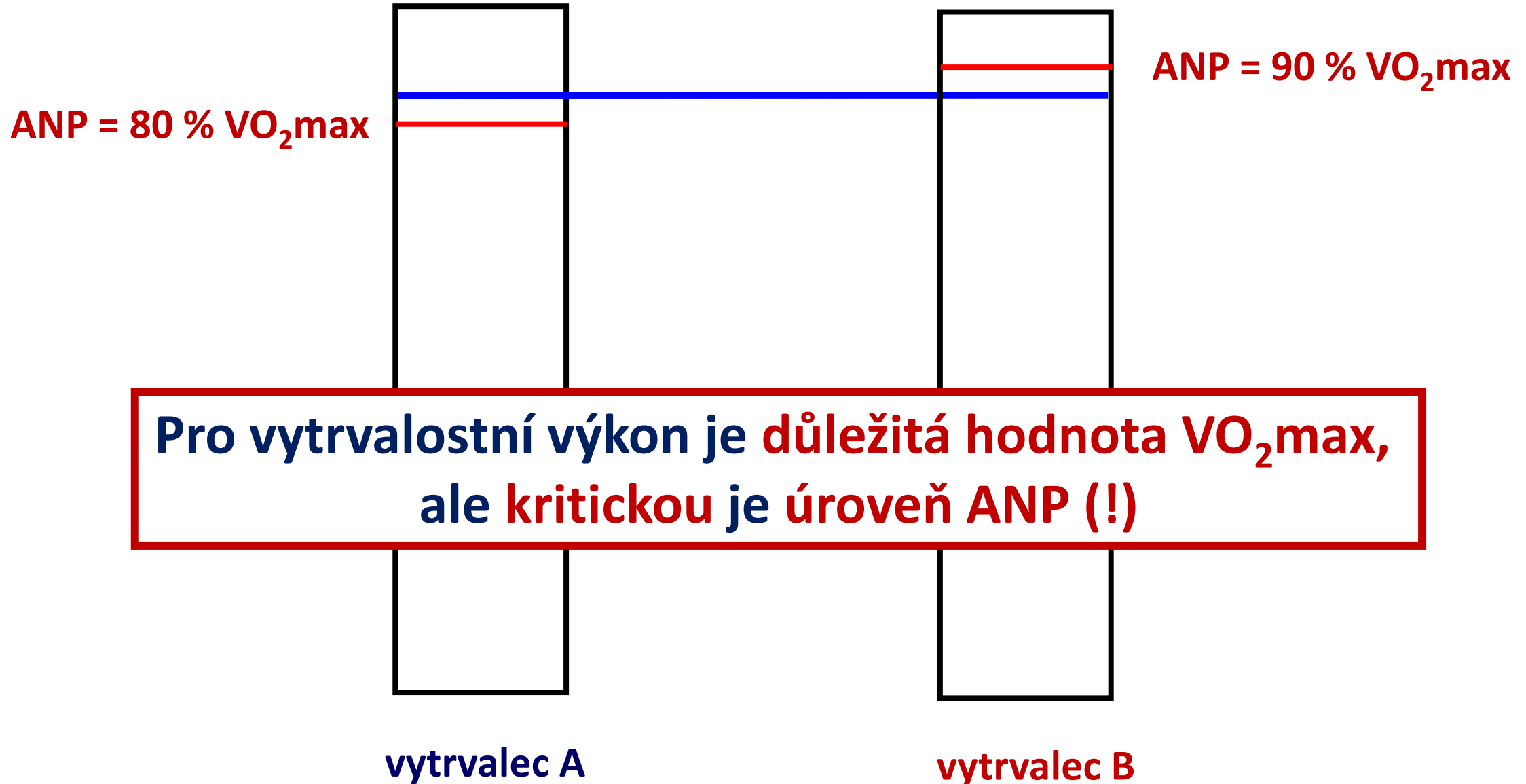
Fyziologická křivka zatížení – příklad intervalové metody

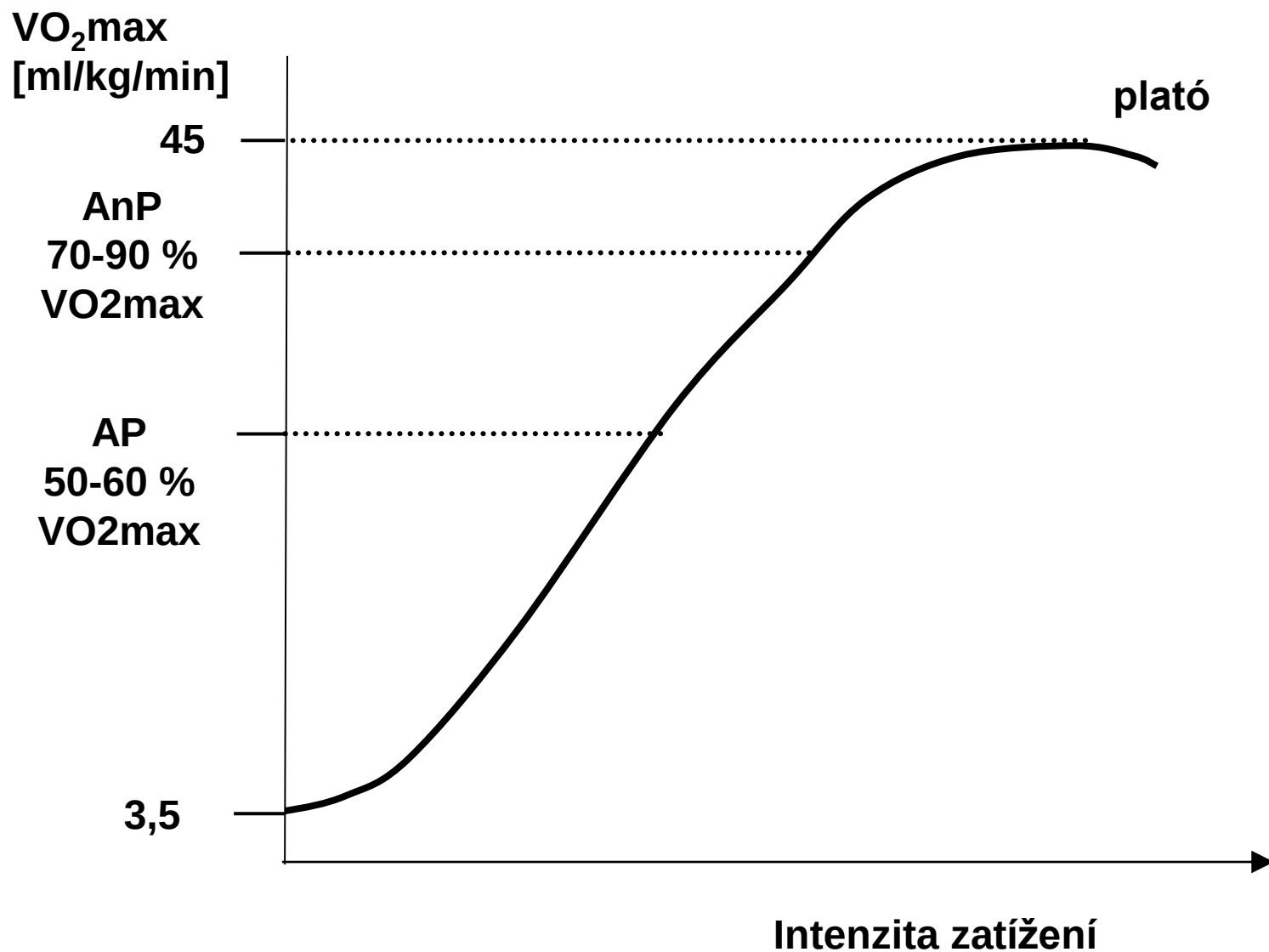


Aerobní kapacita a odlišná úroveň ANP

$VO_2\text{max} = 70 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$

$VO_2\text{max} = 70 \text{ ml}\cdot\text{min}\cdot\text{kg}^{-1}$





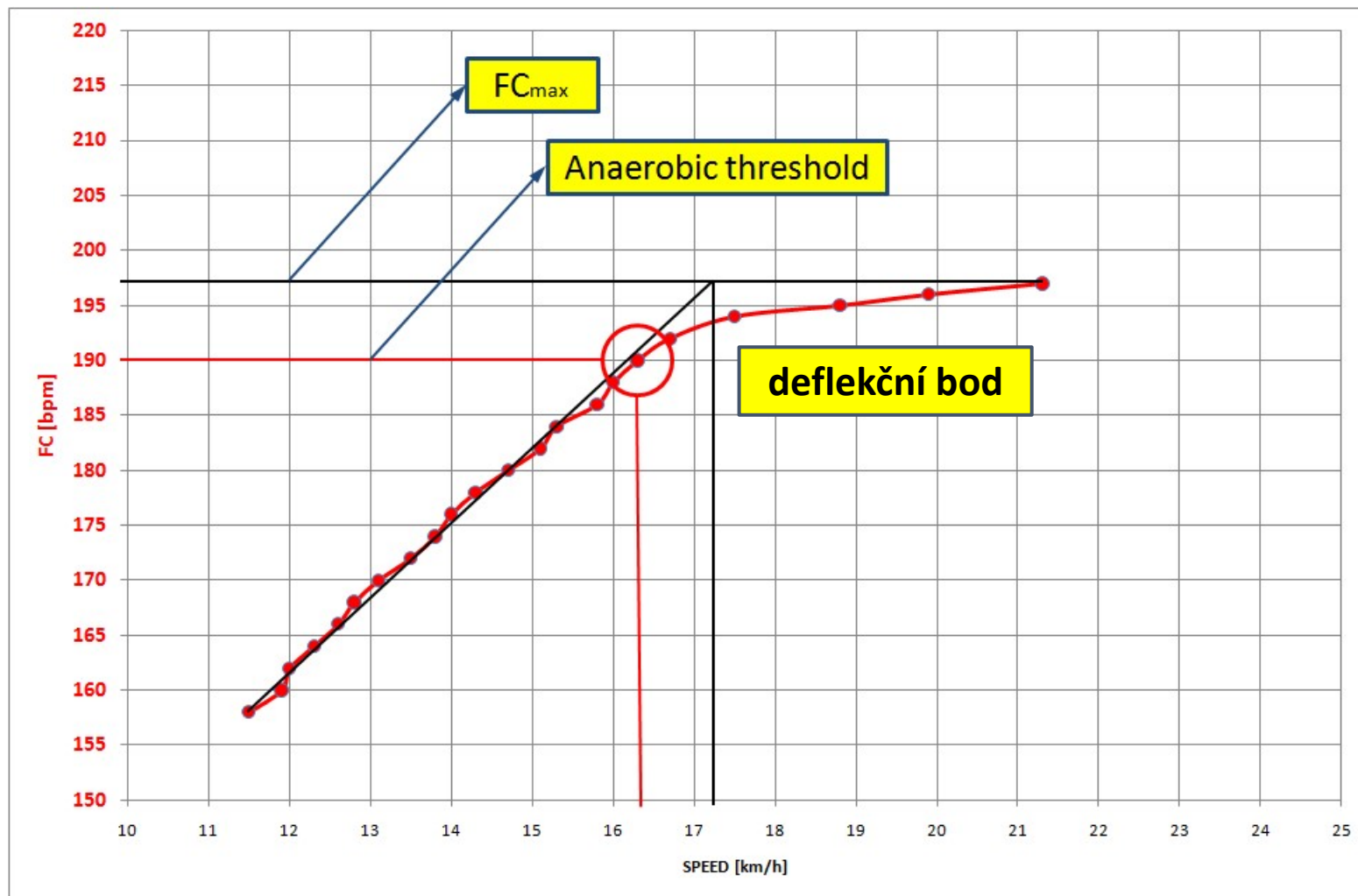
Aerobní práh

- maximální intenzita při které přestává „výhradní“ aerobní krytí
- intenzita, od které se začíná zapojovat anaerobní krytí a ve větší míře vzniká laktát
- hladina laktátu 2 mmol/l krve

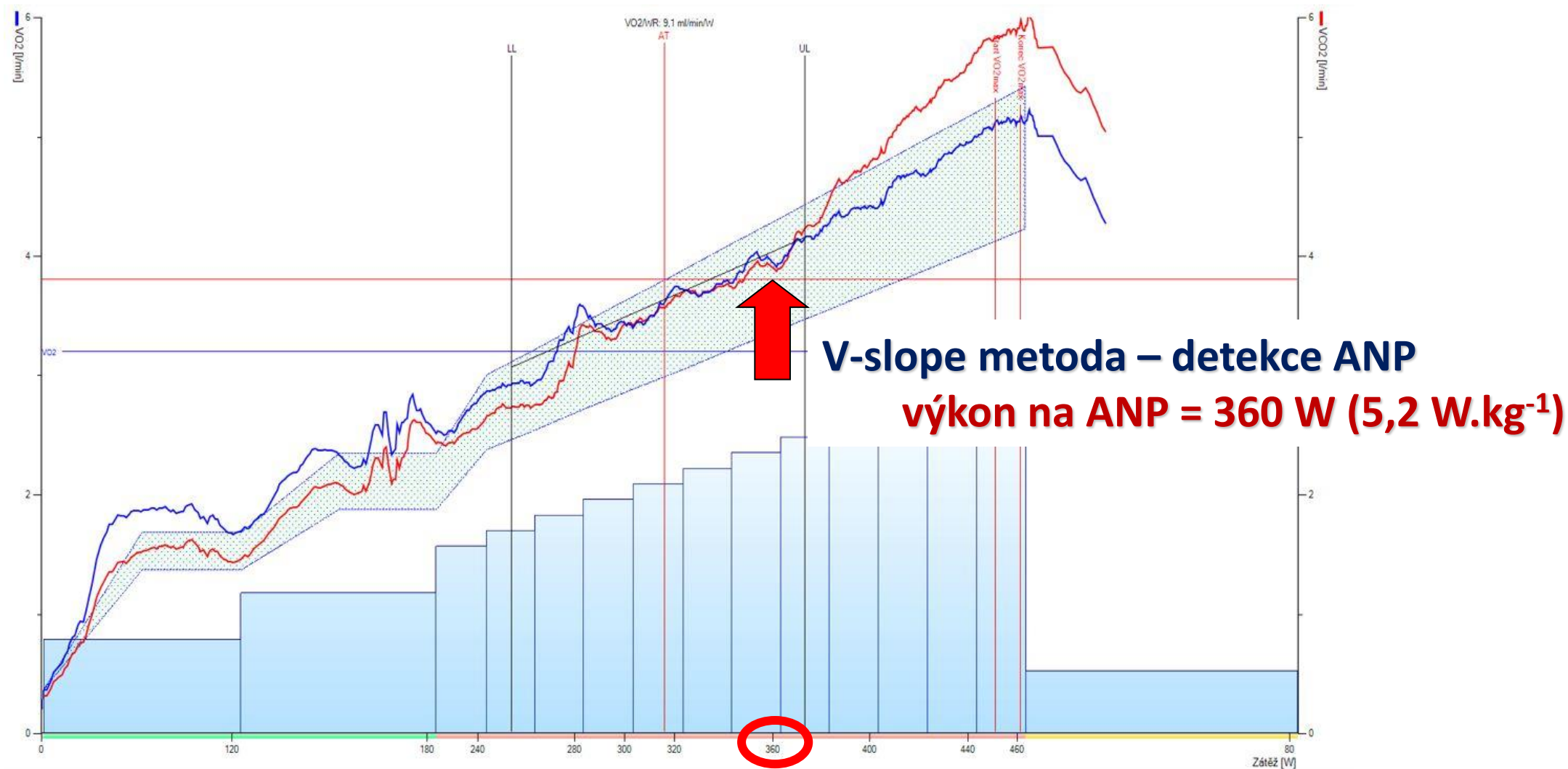
Anaerobní práh

- hraniční **intenzita**, při které začíná převládat anaerobní krytí
- intenzita, při které dochází k narušení dynamické rovnováhy mezi tvorbou a metabolizací laktátu
- hladina laktátu (2,5–6,0 mmol/l krve) a začíná se zvyšovat (kolem 8 mmol/l krve nemožnost pokračovat, ale trénovaní krátkodobě zvládnou až 30 mmol)

Dynamika SF při stupňovaném zatížení



Ventilační odpověď při stupňovaném testu vita maxima



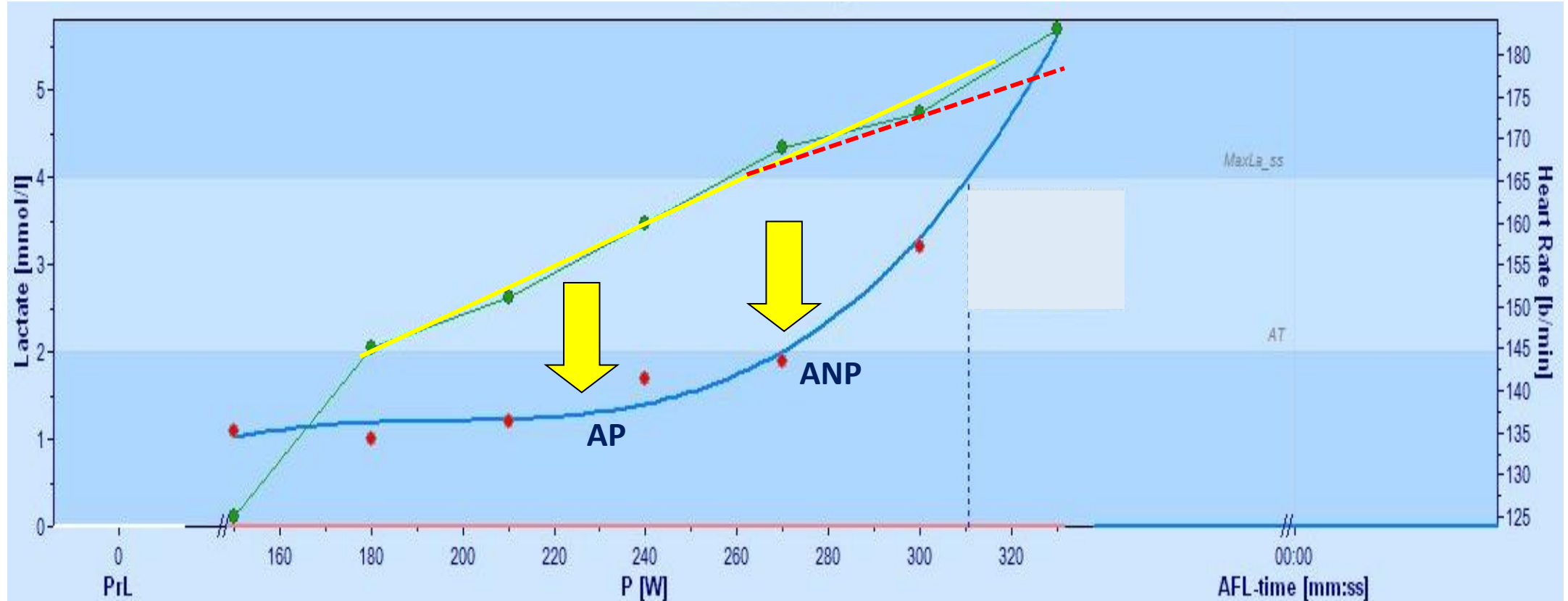
Stanovení metabolických prahů: laktátová křivka

- 4 až 8 stupňů

- : délka trvání každého stupně: 4–8 min

- : determinace AP (1,5–2,0 mmol/L)

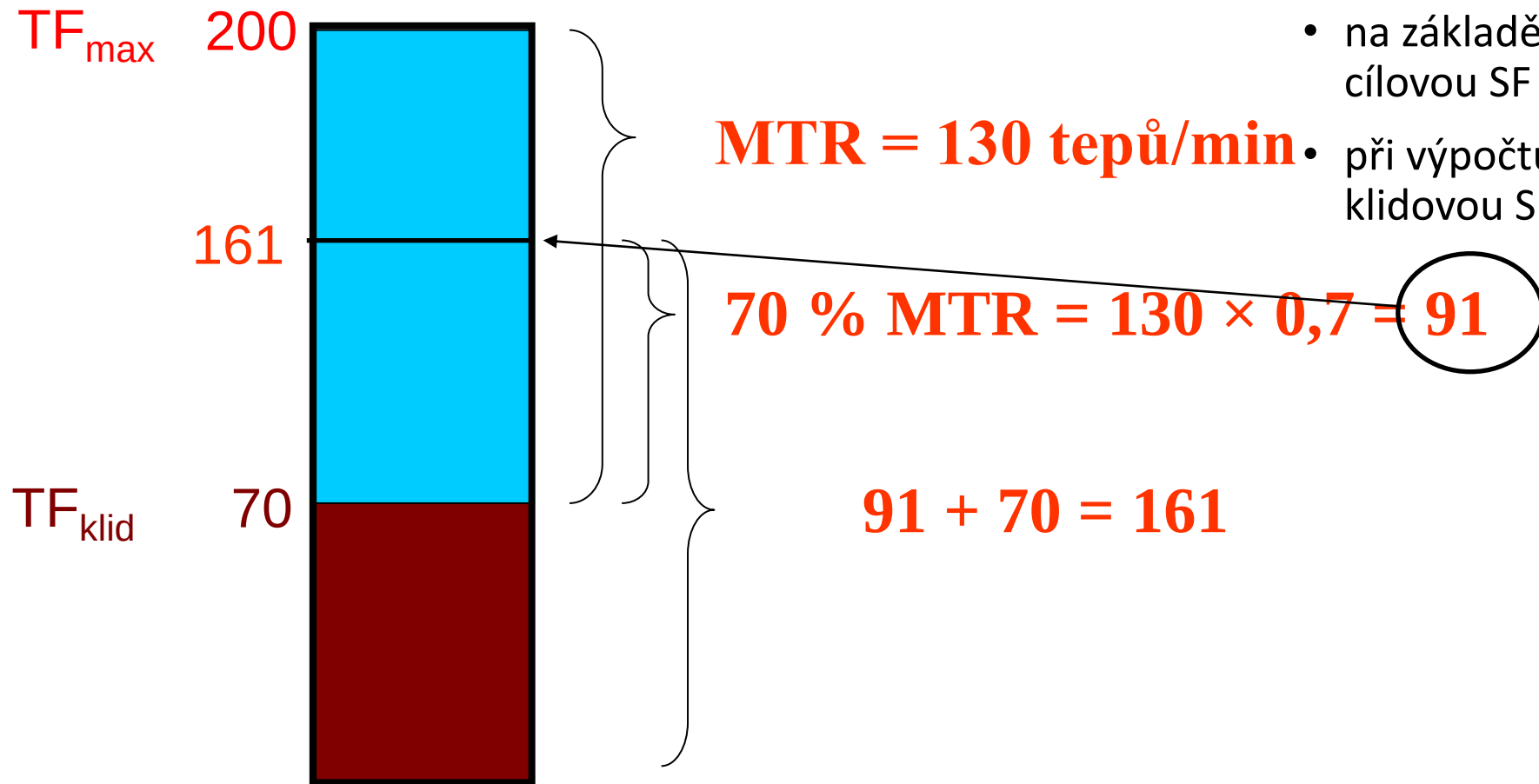
- : determinace ANP (3,5–6,0 mmol/L) – exponenciální vzestup La



Stanovení přibližné intenzity zátěže (MTR)

Karvonen et al. (1957):

$$MTR = TF_{\max} - TF_{\text{klid}}$$



- práce s **maximální tepovou rezervou**
- vychází ze vztahu, kdy % MTR přibližně odpovídá % $VO_2\max$
- např. 70 % $VO_2\max$ = 70 % MTR
- na základě tohoto vztahu lze stanovit cílovou SF pro kontinuální zatížení
- při výpočtu nesmíme zapomenout přičíst klidovou SF

Zjištění SFmax u plavců

- stupňované testy (např. 8 x 50 m daným plaveckým způsobem)
- není třeba rozlišovat protokoly pro sprintery a středotráťáře
- SFmax bývá během plavání nižší v porovnání s běhátkem nebo bicyklovým ergometrem – potřeba specifického plaveckého testu
- je ale důležité stanovit i hodnotu SFmax např. u běhu (v rámci suché přípravy)

Specifické testy: stupňovaný test 5 (7) x 200 m

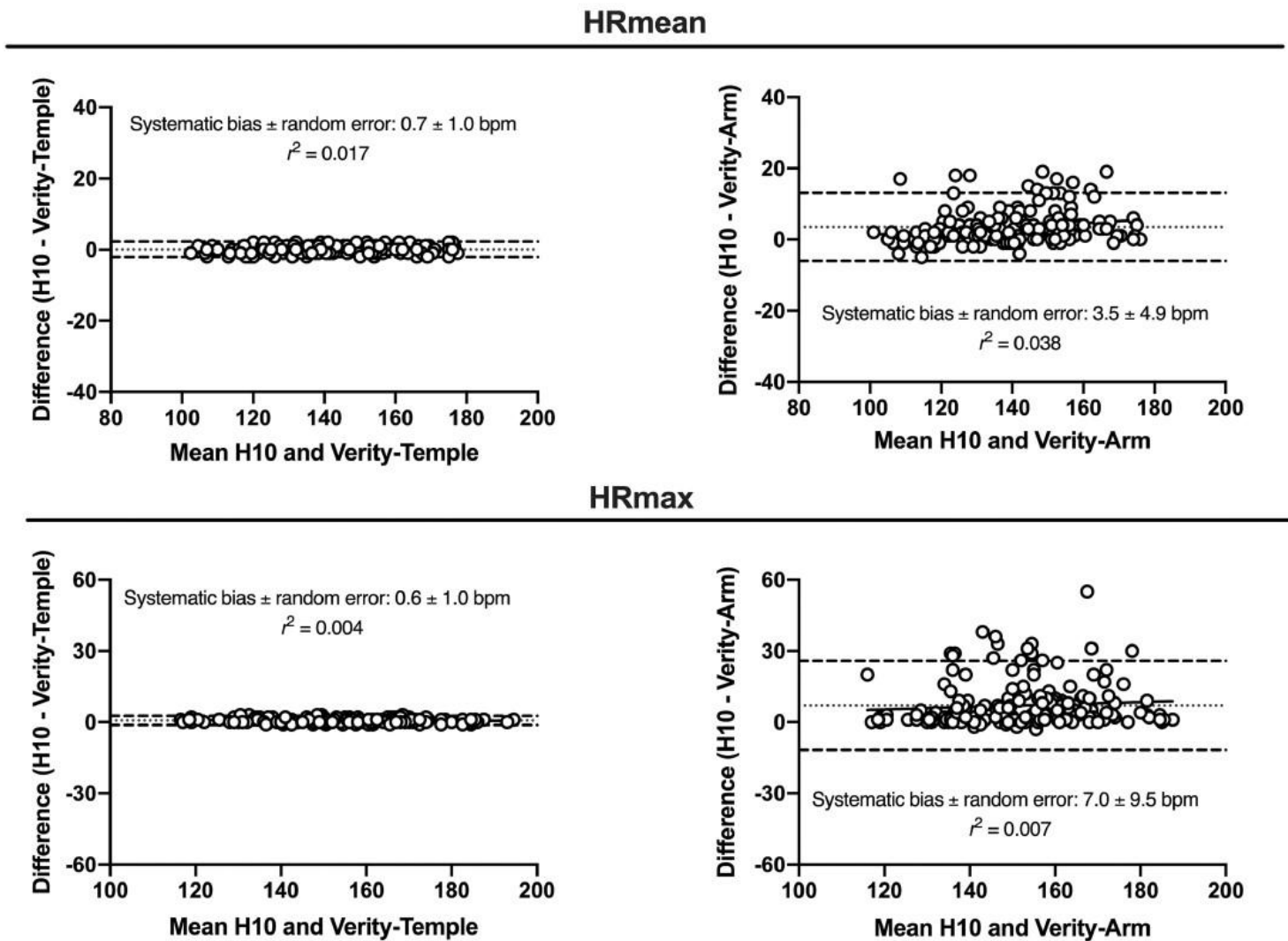
- cíl – objektivní informace o aerobní kapacitě plavce
- stupňovaný test sledující parametry SF, RPE, La, počet temp (tempa/50 m) a frekvence záběrů (tempa/min) v odpovědi na zvyšující se rychlost plavání
- tj. sledování adaptační odpovědi na plavecký vytrvalostní trénink
- 200m úseky – pro dosažení setrvalého stavu a plavecké rychlosti blízké specifickým soutěže, start z vody
- 5 (7) stupňovaných dvoustovek od pomalého tempa po maximální (80 – 85 – 90 – 95 – 100 % cílového času) v intervalu 5 min (u prsařů 6 min)
- kontrolní testy opakovaně – porovnání parametrů, vytvoření normativů

blíže viz Australian Institute of Sport

Specifické testy: stupňovaný test 8 x 100 m

- zaměřeno více na sprintery
- stupňovaný test, parametry SF, La, počet temp, frekvence záběrů v odpovědi na zvyšující se rychlost plavání (tj. opět parametry kardiovaskulární, metabolické, mechanické – tj. efektivita techniky)
 - 3 x 100 m A1 (cca 80 % OR), 200 m vyplavat
 - 2 x 100 m A2 (cca 85 % OR), 200 m vyplavat
 - 1 x 100 m LT (cca 90 % OR), 200 m vyplavat
 - 1 x 100 m MVO₂ (cca 95 % OR), 400 m vyplavat
 - 1 x 100 m MAX
- opět normativy, komparace

blíže viz Australian Institute of Sport



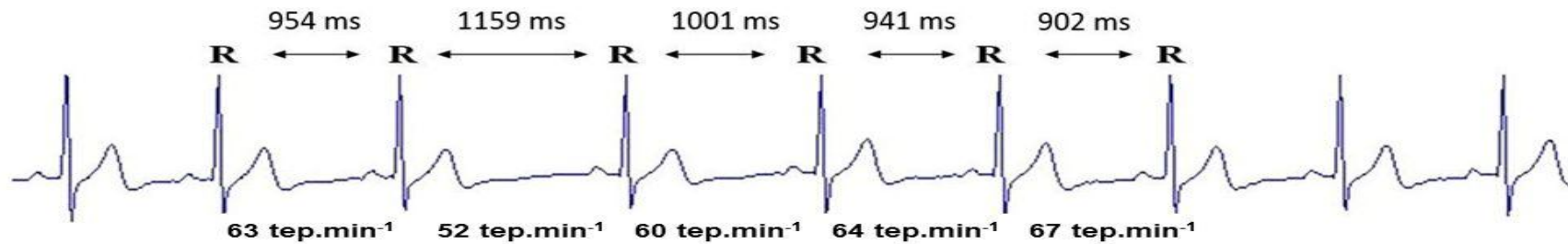
- umístění na spánku
- pozor na vysoké intraindividuální odchylky (± 4 tepy, ale i 28 tepů)
- větší chybovost při nízkých a středních frekvencích
- tedy míra shody od vynikající až po neakceptovatelnou
- v průměru ale akceptovatelné, alternativa k hrudnímu pásu špatně držícímu na hrudi

FIGURE 1 Bland–Altman-Plots of the H10, Polar Verity Sense placed on the temple (Verity-Temple) and arm (Verity-Arm) during the incremental intermittent swimming test, with bias (dotted line) and with lower and higher values of agreement (dashed black lines).

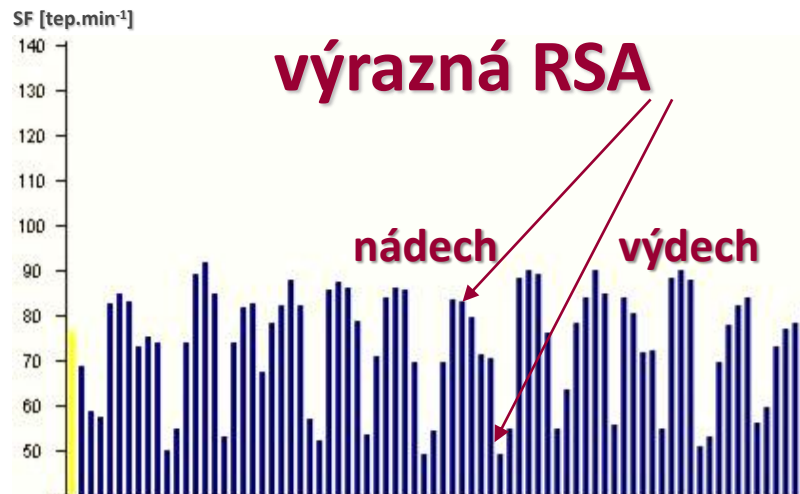
(López-Belmonte et al., 2023)

(Göbe et al., 2020)

Variabilita srdeční frekvence (VSF)



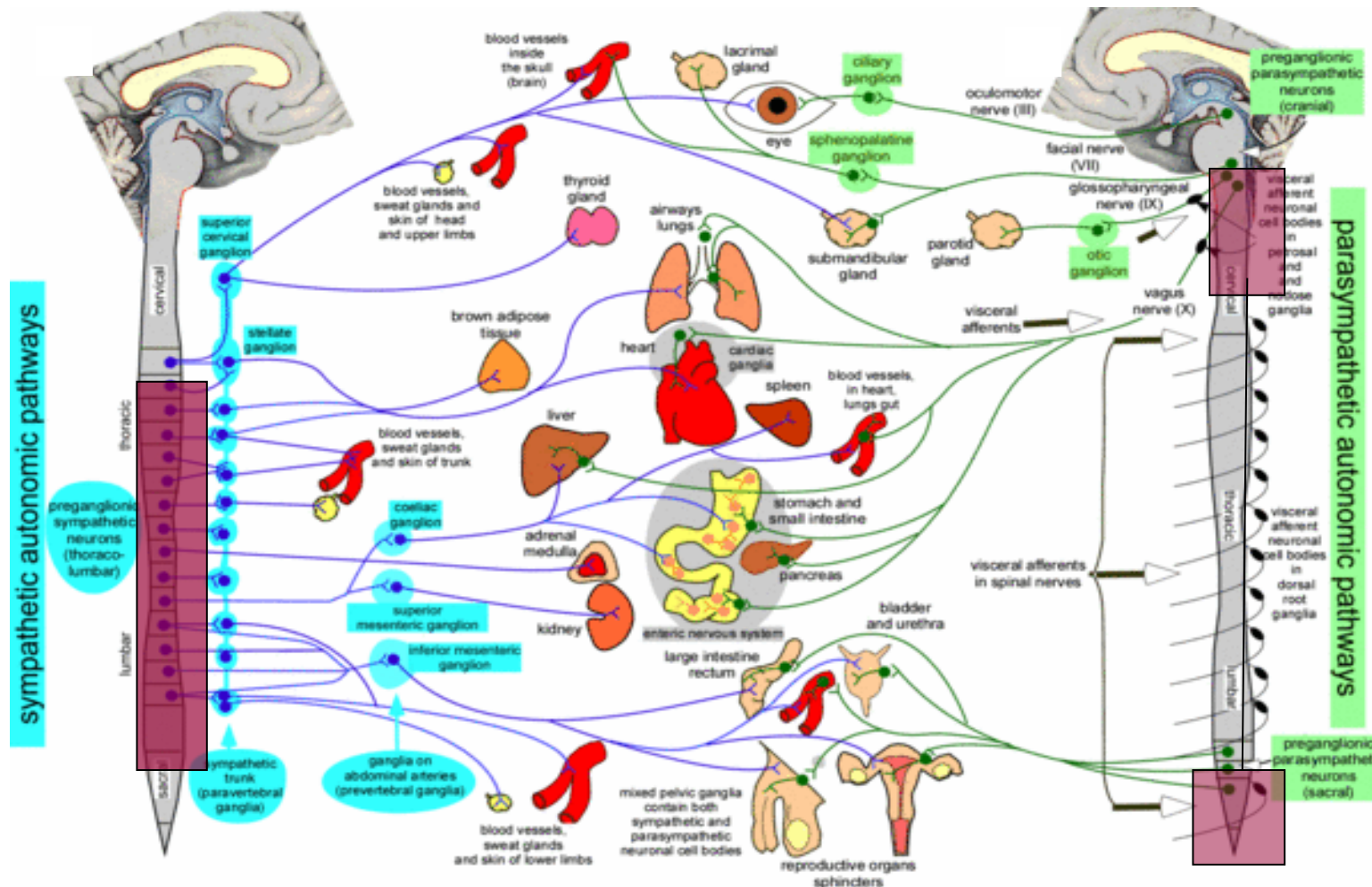
- časové rozdíly mezi po sobě jdoucími srdečními stahy – R kmity na EKG křivce
- reflektuje funkci ANS, zejména aktivity vagu (beat-to-beat control)
- výsledek zejména respiračně vázané aktivity vagu
- fyziologický fenomén – respirační sinusová arytmie (RSA)
- RSA = cyklický útlum aktivity vagu (VA) při dýchání
- nádech = ↓VA + ↑SF; výdech = ↑VA + ↓SF



- genetika
- plasmatický objem
- poloha těla



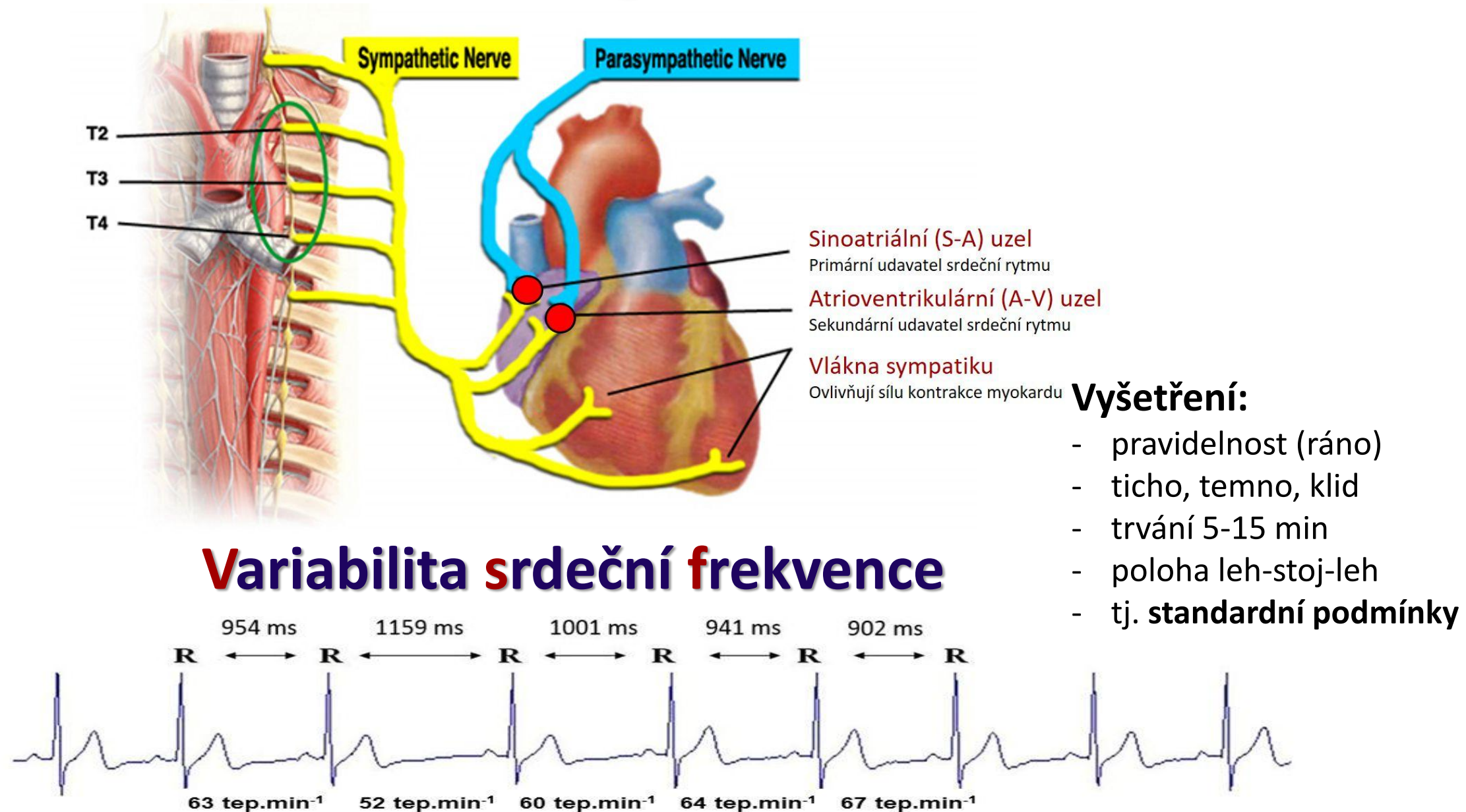
Autonomní nervový systém



- kontrola
- koordinace
- regulace
- adaptace

- nespecifický ukazatel homeostatických změn v organismu

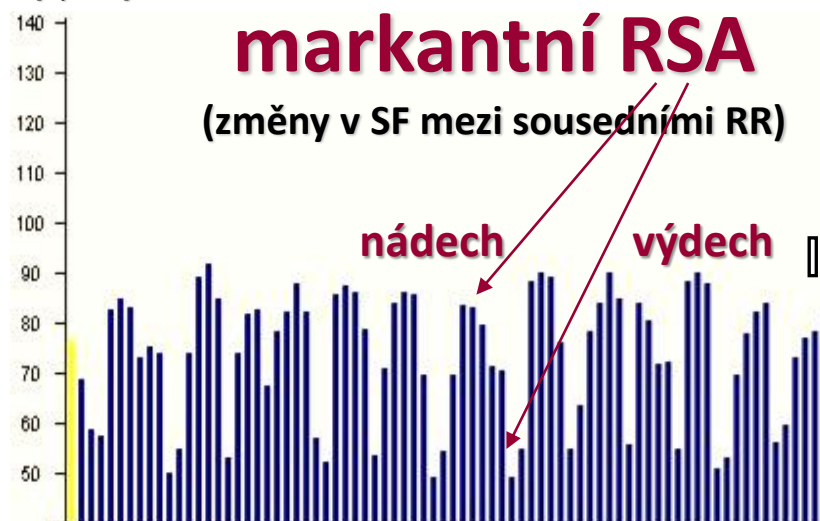
Vegetativní regulace srdce



VSF jako zrcadlo adaptačních dispozic organismu

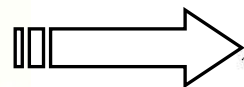
SF [tep.min⁻¹]

markantní RSA
(změny v SF mezi sousedními RR)



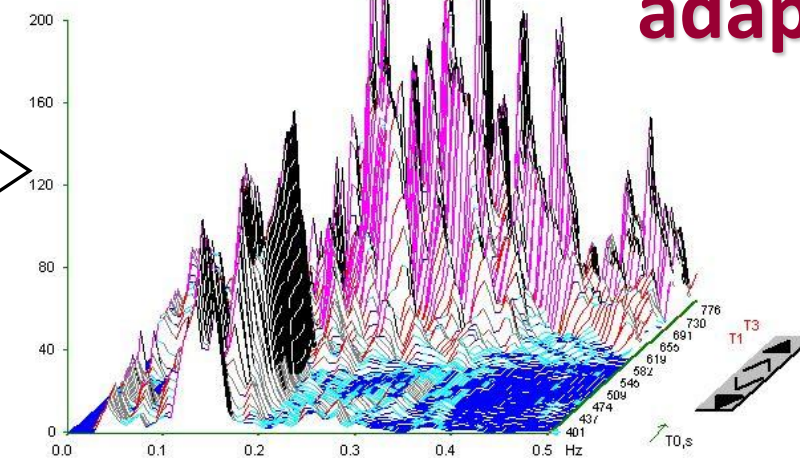
nádech

výdech



A

PSD
1000*ms²/Hz



**Vysoká
adaptabilita**

140

130

120

110

100

90

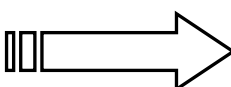
80

70

60

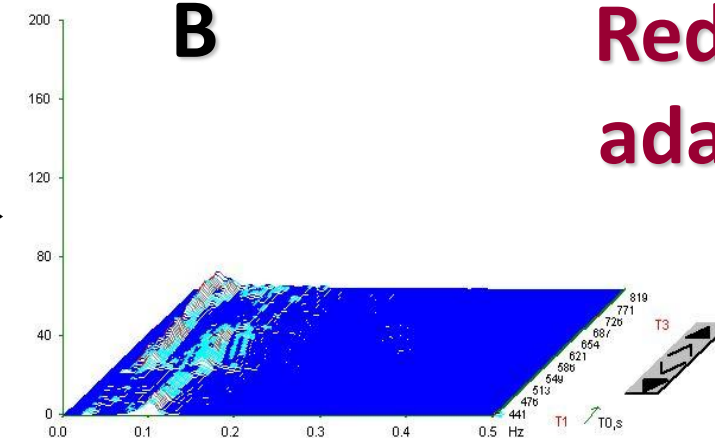
50

redukováná RSA
(změny v SF mezi sousedními RR)



B

PSD
1000*ms²/Hz



**Redukovaná
adaptabilita**

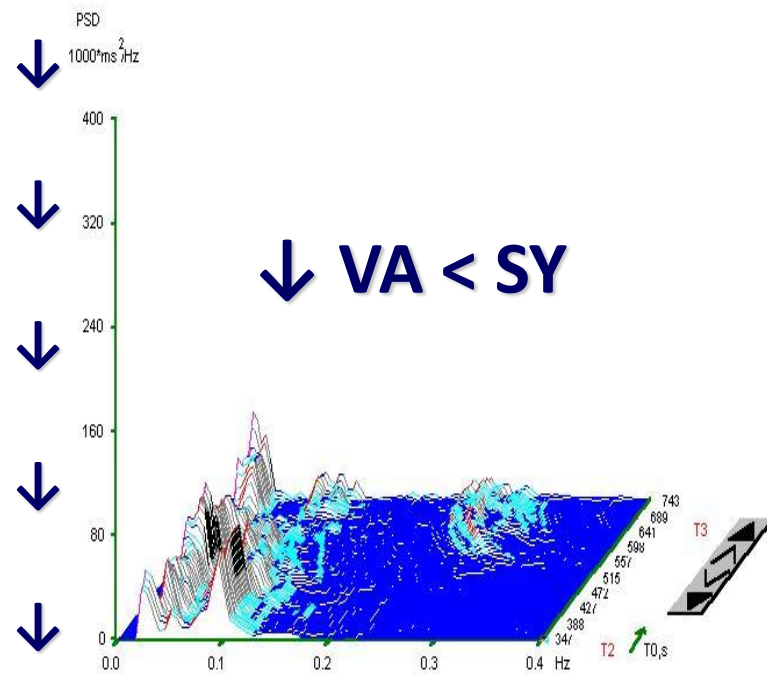
Faktory ovlivňující VSF (adaptabilitu)

↓ únava, přetížení, přetrénování

↓ **záněť**

↓ onemocnění (DM II, IM, obezita, ↑TK)

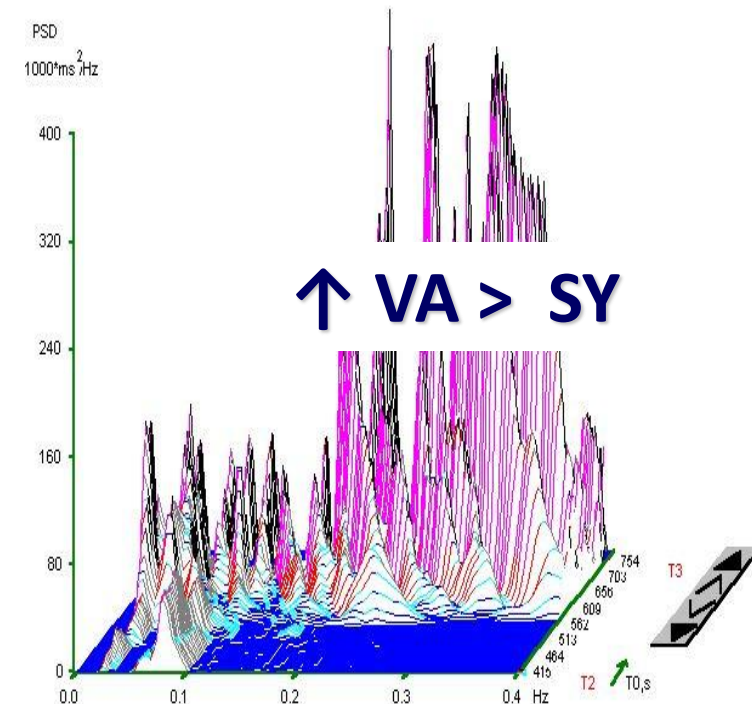
↓ spánková deprivace



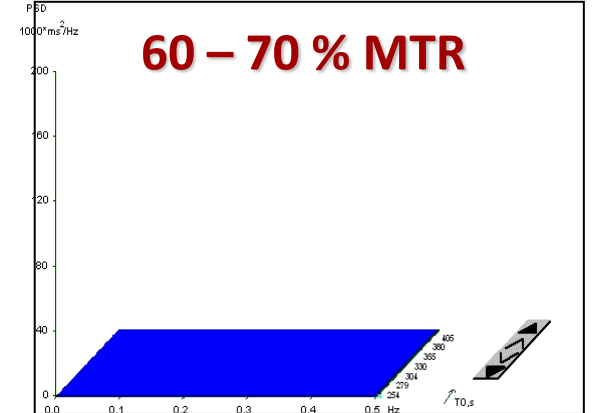
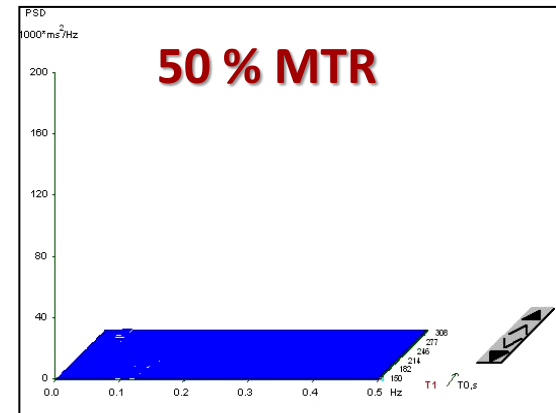
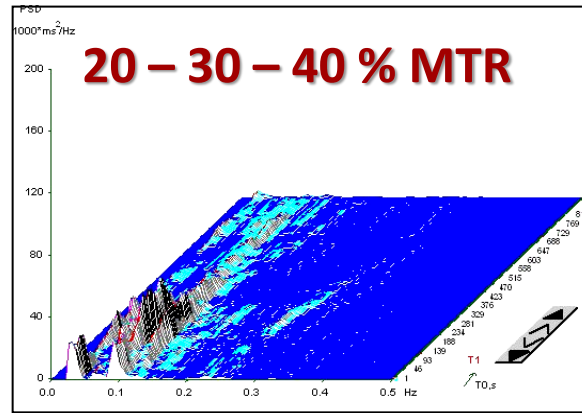
↑ spánek

↑ zdravý životní styl

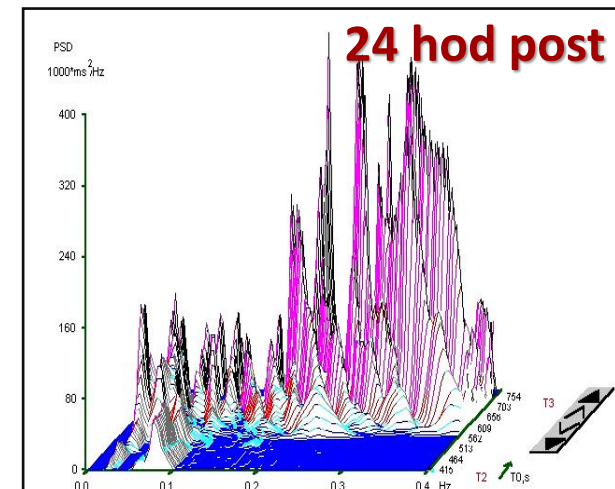
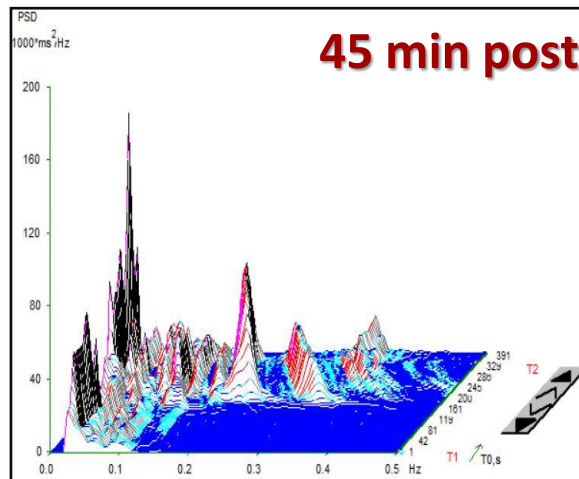
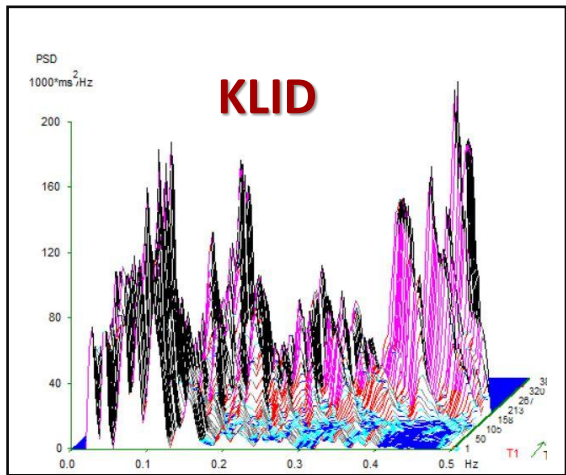
↑ pravidelná pohybová aktivita



Dynamika VSF během kontinuálního zatížení a zotavení



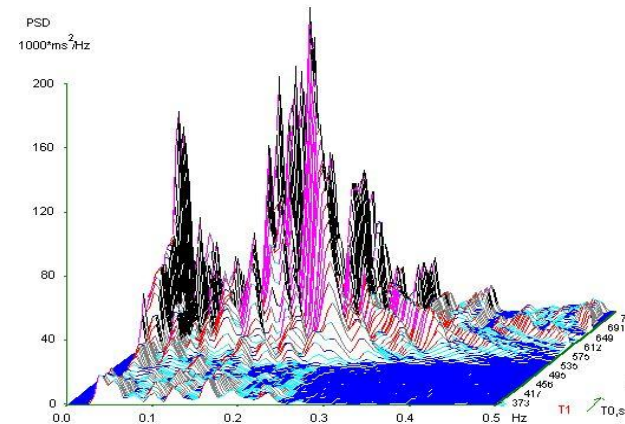
↑ **intenzity** vede k poklesu VSF z důvodu ↑SY + ↓VA



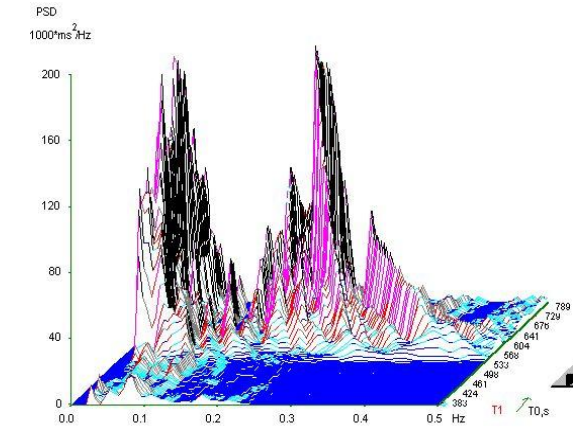
↓ SY a reaktivace VA vede ke ↑ VSF

Změna adaptability po přeletu časových pásem západním směrem

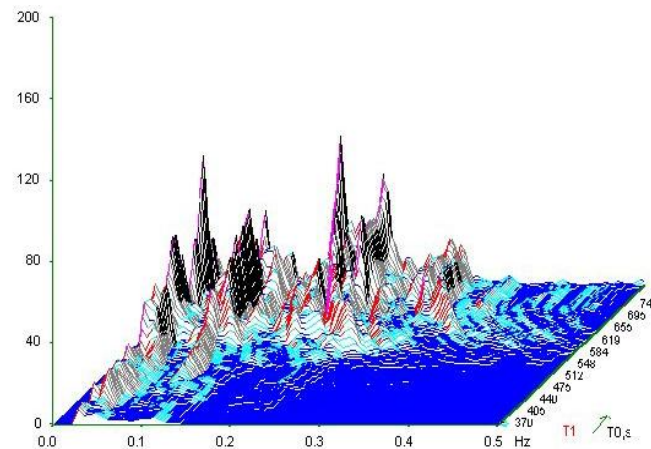
- rychlý přesun přes více časových pásem
- časová změna dne (slunečního svitu) a noci
- porušení vnitřních biologických hodin
»cirkadiánního rytmu«
- hormony »melatonin, kortizol«
- přechodné snížení adaptability » $\downarrow$ VA + $\uparrow$ SY«
- přechodné snížení výkonnosti
- resynchronizace 1 pásmo = 1 den (?)



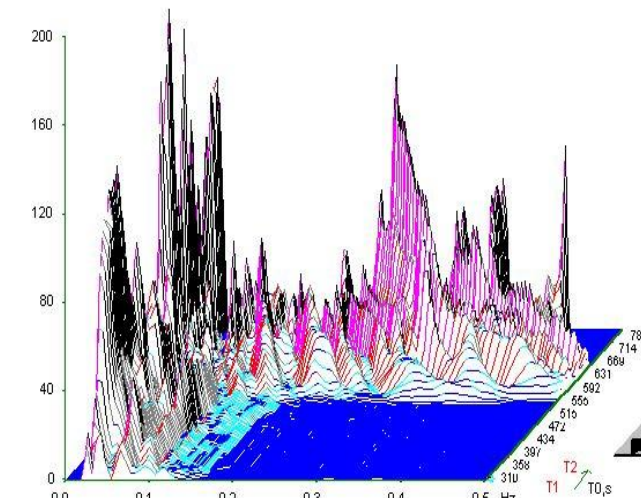
ráno před odletem



1. den po přeletu



2. den po přeletu



5. den po přeletu

Význam monitoringu VSF při tréninkovém zatěžování

- hodnocení klidové aktivity vagu pomocí VSF
- neinvazivní biomarker aktuálního stavu **trénovatelnosti (adaptability)** jedince
- výsledky VSF je důležité vždy doprovodit subjektivními pocity (!)
- prevence patologické únavy »**chronické únavy, přetížení a přetrénování**«
- VSF je **efektivní způsob řízení tréninkového procesu** s vyšší senzitivitou na **vytrvalostní** než na silový trénink
- **predikce** adaptační odezvy na aerobní zatěžování ↔ hledání **talentů**

marketingové názvy: např. BODY BATTERY (Garmin)

Použitá a doporučená literatura

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538.
- Australian Institute of Sport (2013). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Botek M., Krejčí J., & McKune, A. J. (2017). *Variabilita srdeční frekvence v tréninkovém procesu: historie, současnost a perspektiva*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Bulte, K. R., Bruce, L., Hammond, K., Corrigan, S. L., & Main, L. C. (2025). Use of heart-rate variability to examine readiness to perform in response to overload and taper in swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 20, 918–924.
- Göbe, L. M., Schneider, C., Törpel, A., & Ferrauti, A. (2022). Optical heart rate monitoring in competitive swimming – an agreement study. Book of Abstracts, 27th ECSS Congress Sevilla, Session OP-AP04 - Swimming II.
- López-Belmonte, Ó., Febles-Castro, A., Gay, A., Cuenca-Fernández, F., Arellano, R. & Ruiz-Navarro, J. J. (2023). Validity of the polar verity sense during swimming at different locations and intensities. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33, 2623–2625.
- Neuls, F., Botek, M., Valenta, M., Klimešová, I., Sládečková, B., Sigmund, M., & Krejčí, J. (2024). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část II.)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Olstad, B. H., Bjørlykke, V., & Schäfer Olstad, D. (2019). Maximal heart rate for swimmers. *Sports*, 7:235.
- Sammito, S., & Böckelmann, I. (2016). Factors influencing heart rate variability. *International Cardiovascular Forum Journal*, 6, 18–22.
- Schubert, M. M., Clark, A., & De La Rosa, A. B. (2018). The Polar® OH1 optical heart rate sensor is valid during moderate-vigorous exercise. *Sports Medicine International Open*, 2018, 2, E67–E70.
- Sixsmith, H., Crowcroft, S., & Slattery, K. (2023). Assessing the use of heart-rate monitoring for competitive swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18, 1321–1327.
- Valentini, M., & Parati, G. (2009). Variables influencing heart rate. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 52, 11–19.
- <https://www.polar.com/cs/products/accessories/polar-verity-sense>
- <https://www.formswim.com/blogs/all/using-heart-rate-training-zones-to-improve-your-swim-training>