

Regenerace ve sportu – biologické veličiny zatížení

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.

Biologické veličiny pro řízení zatížení

- Pomocí smyslů pozorovatele
- Měřicí přístroje
- Analyzátory
- Testy

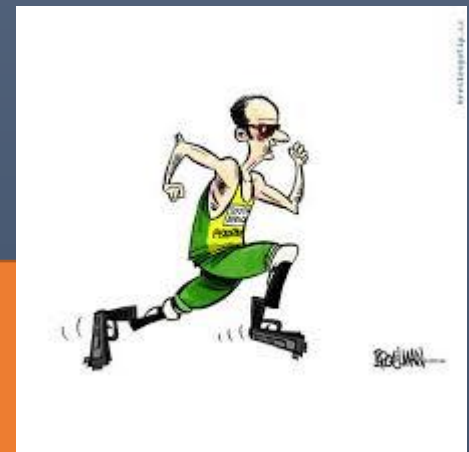
Ukazatel odezvy na zátěž – stav fyziologické funkce organismu) nejedná se o údaj o absolvované zátěži)

Pozorování prostřednictvím smyslů

- Barva kůže
- Pocení
- Pocit zátěže
- Míra dušnosti
- Bolest

Bodové hodnocení (RPE)	Subjektivní vyjádření
6	
7	velmi velmi lehké
8	
9	velmi lehké
10	
11	docela lehké
12	
13	poněkud těžší
14	
15	těžké
16	
17	velmi těžké
18	
19	velmi velmi těžké
20	

Odhad intenzity
zatížení podle
vnímaného úsilí



Borgova
škála



Srdeční frekvence

- reaguje velmi rychle na změny při zatížení / nejcitlivěji na zvýšení intenzity a zvýšení odporu/

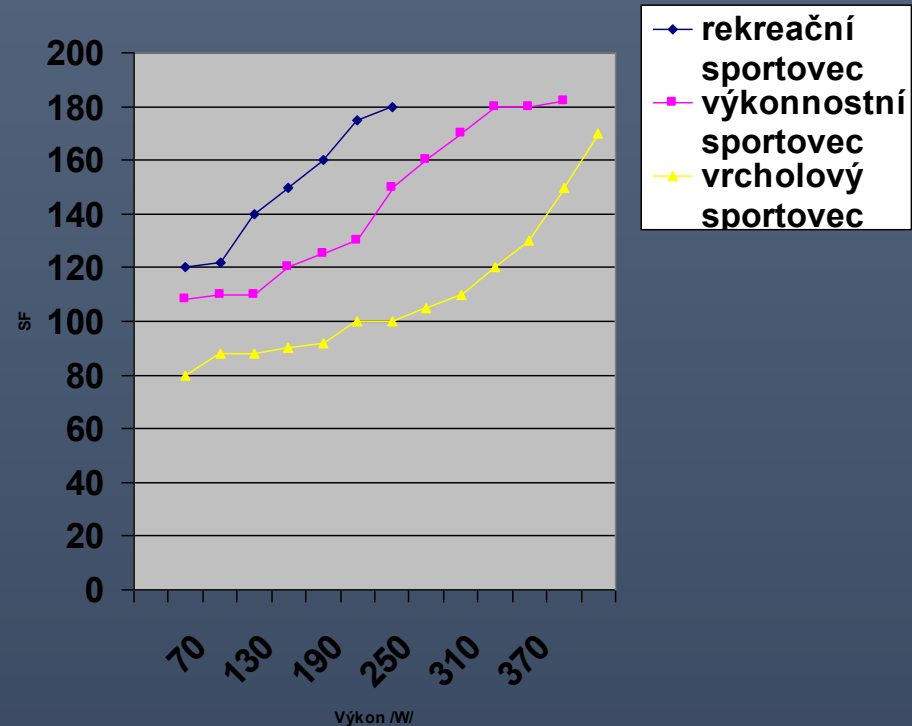
- **Faktory ovlivňující SF:**

věk a pohlaví

velikost srdce

sportovní výkonnost

zdravotní stav



- Klidová SF

- Odpovídá obecné nebo speciální trénovanosti
- K porovnání klidových SF se doporučuje měřit ráno vleže po probuzení.
- Pomocí denního měření klidové SF lze získat přehled o reakci organismu na jednotlivá tréninková zatížení (běžné výkyvy 4 -6 tepů).

Pokud stoupne o 8 tepů



Při onemocnění vzrůstá SF o více než 10 tepů.
Zvýšení SF + teplota 38°C

sportovec by neměl trénovat

přetížení, začínající zdravotní problém



Variabilita srdeční frekvence

- Periodické kolísání SR v průběhu času
- Založeno na **měření času**, který uběhne mezi **2 kmity R-R** na EKG (zkrácení – vyšší SF)
- Hlavní ukazatele : **spektrální výkon (P)** a **spektrální výkonová hustota (PSD)**

Analýza aktivity ANS

↑ **sympatikus**
Akutní únava, sympatikotonická
fáze chronické únavy, onemocnění

TRÉNOVANOST

=

úroveň adaptace na tréninkové podněty
rezistence vůči stresu tělesné zátěže

TRÉNOVATELNOST

=

schopnost trénovat

Vysoká aktivita ANS



vysoká trénovatelnost



vysoká schopnost adaptace na intenzivní tréninkové podněty



předpoklad dobré trénovanosti

Nízká aktivita ANS



nízká trénovatelnost



nízká schopnost adaptace na intenzivní tréninkové podněty



malý předpoklad dobré trénovanosti

VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE (HRV)

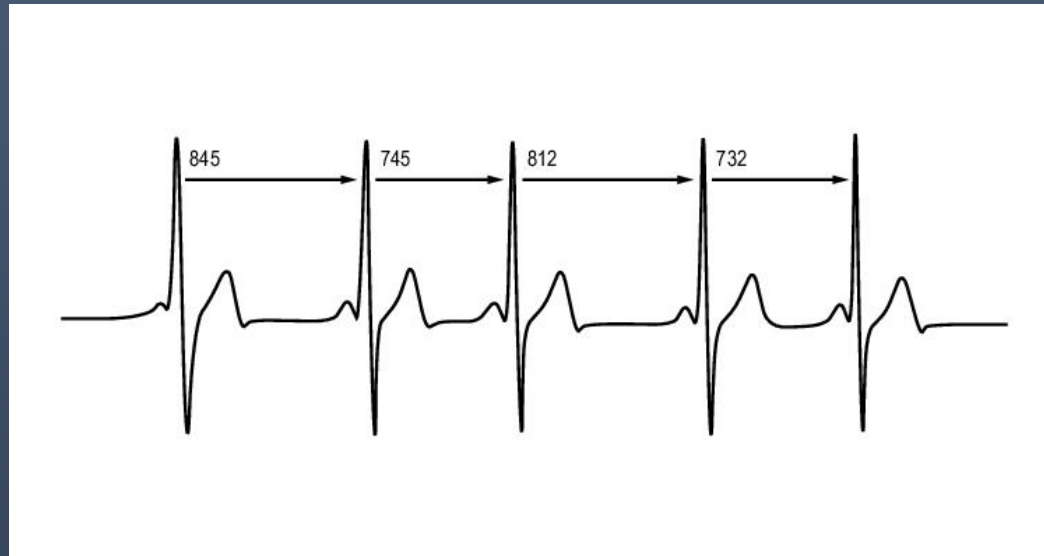
HRV = neinvazivně získaný ukazatel kardiálních autonomních funkcí

Měření – sběr následujících R-R intervalů z EKG

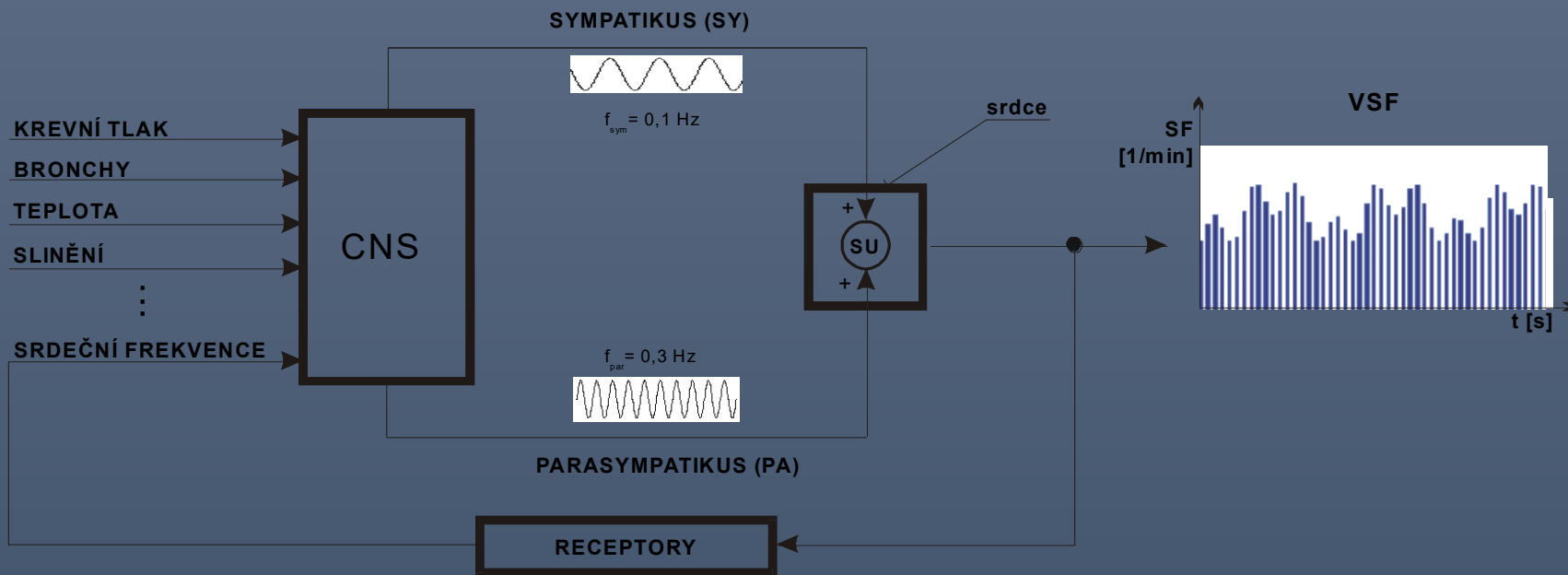
24 hodin nebo krátkodobý záznam (většinou 5 minut a zároveň 300 R-R intervalů)

Řada možností pro matematickou analýzu HRV

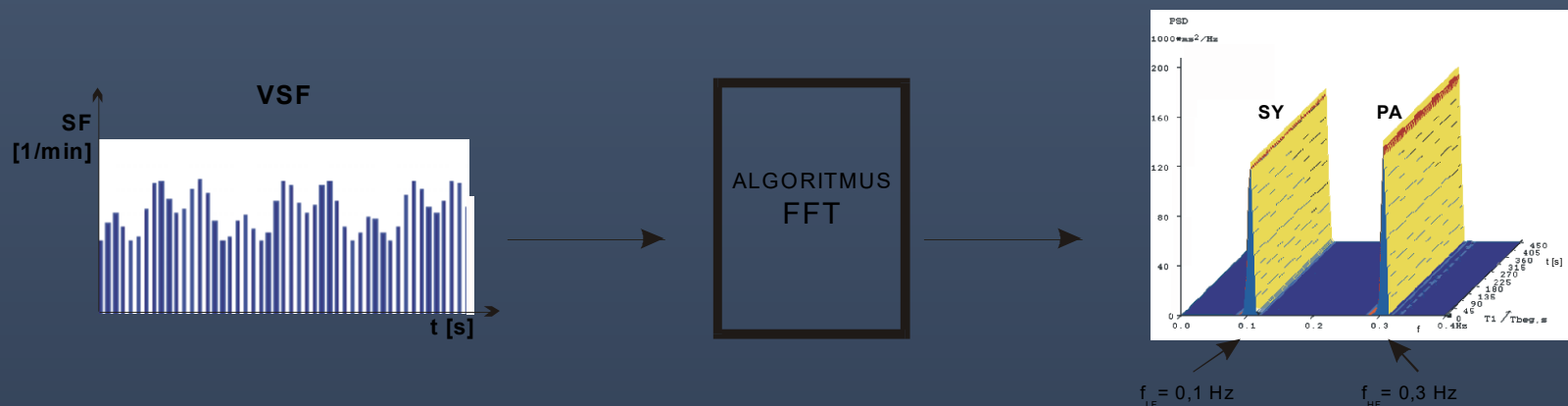
- Časová analýza
- Frekvenční analýza
- Nelineární analýza
- Poincaré diagramy



FREKVENČNÍ SYNTÉZA

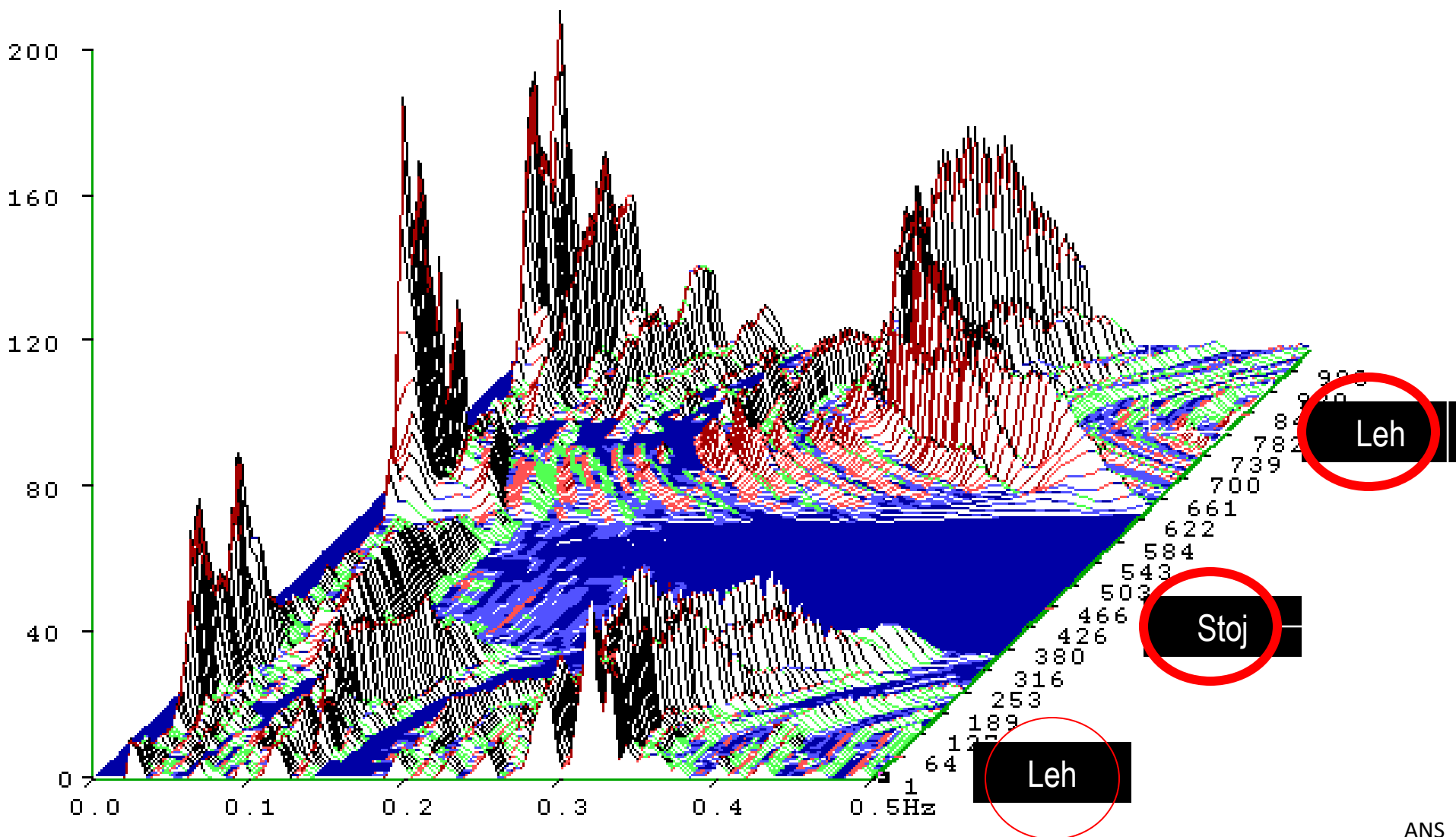


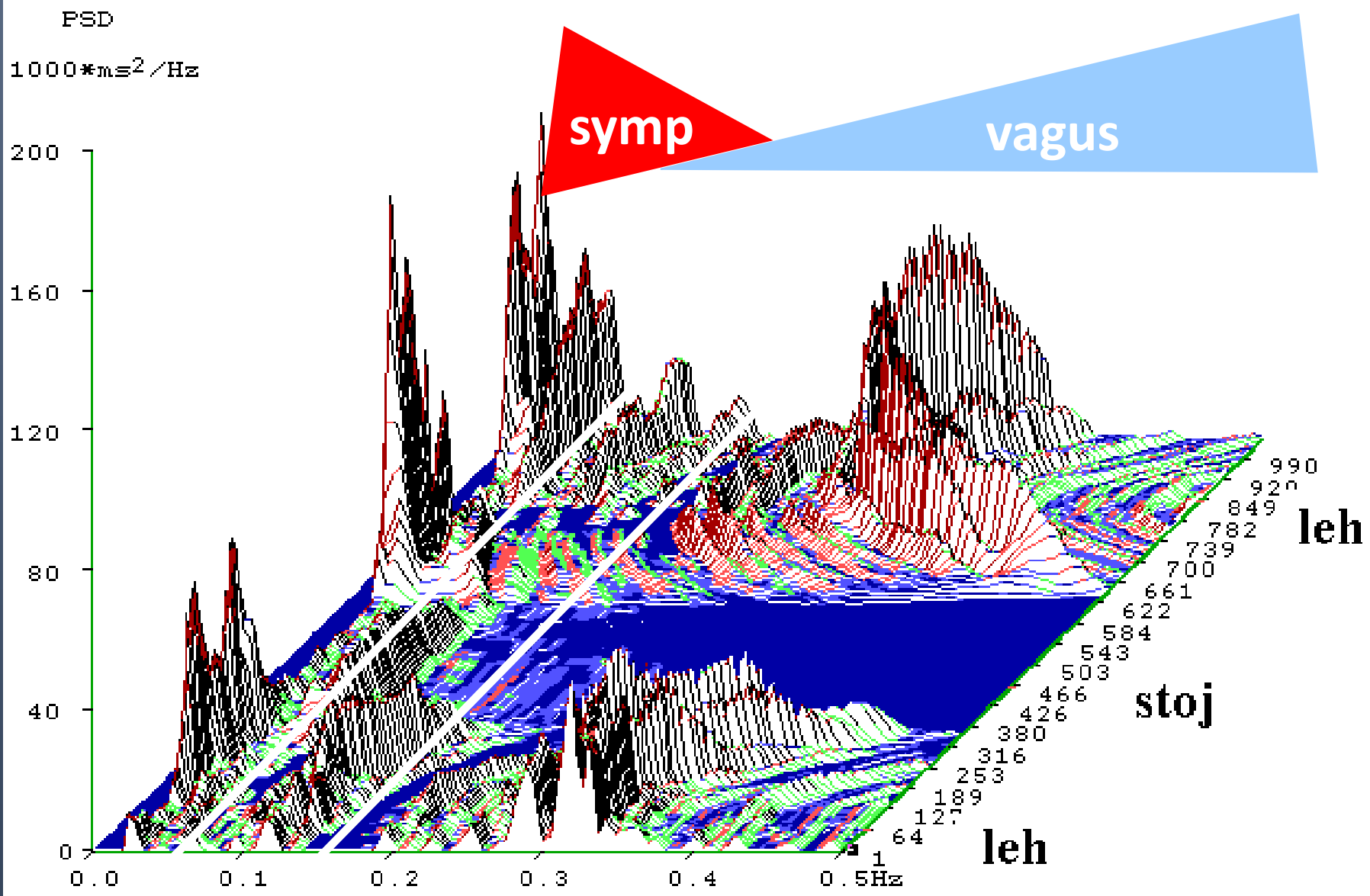
FREKVENČNÍ ANALÝZA



PSD

$1000 \cdot \text{m}^2/\text{Hz}$



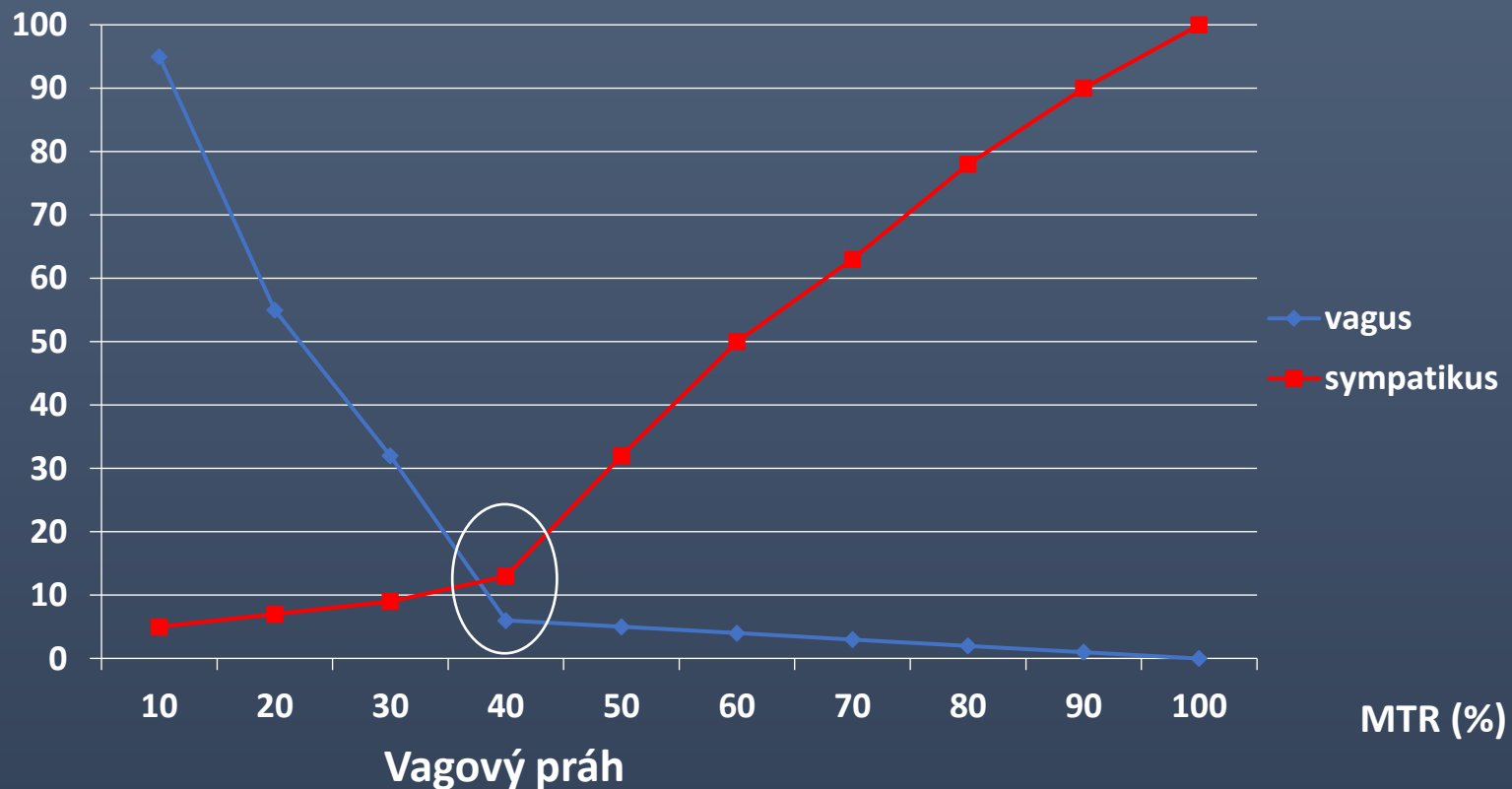


TĚLESNÁ PRÁCE - ZMĚNY V AKTIVITĚ ANS

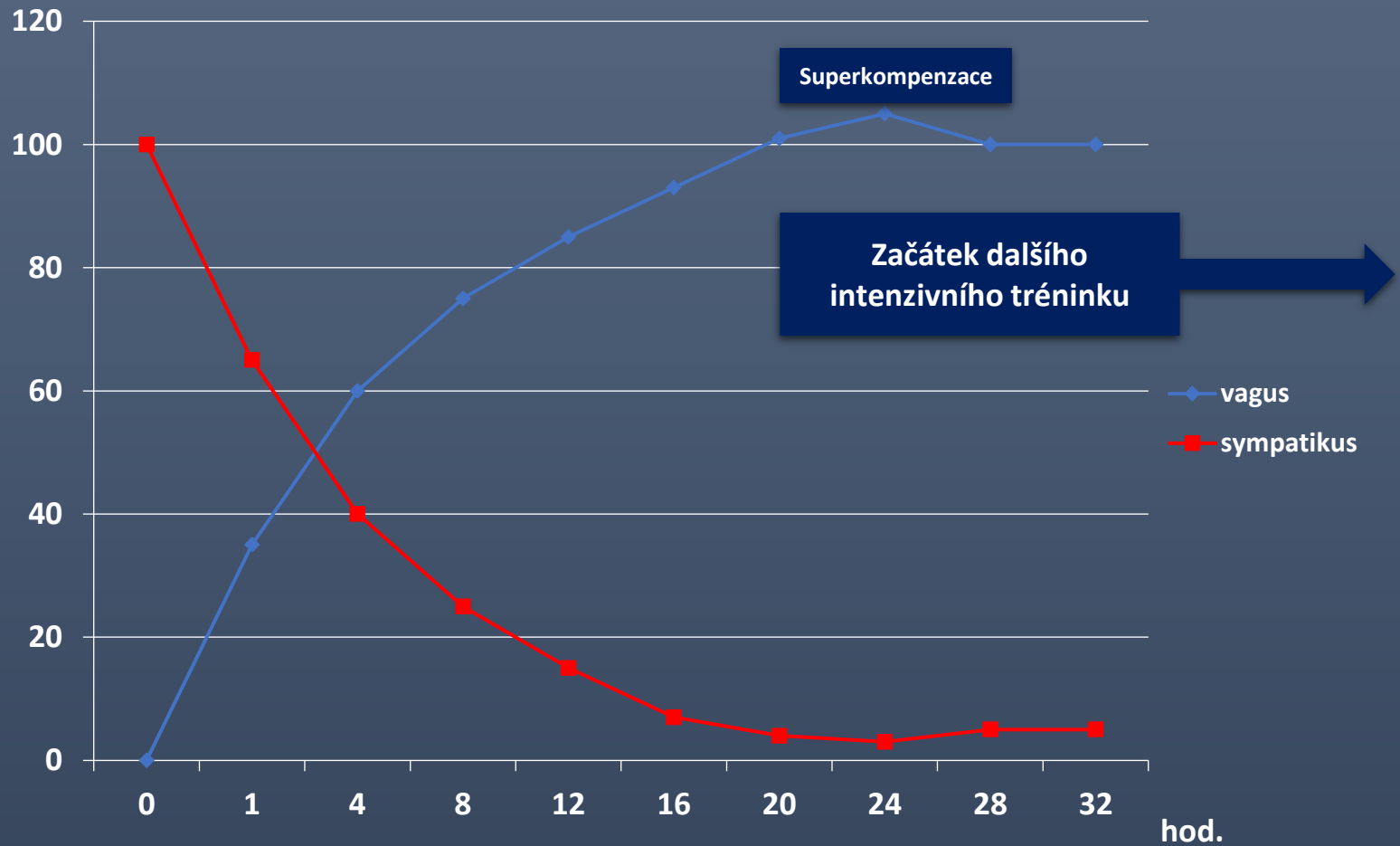
↑ srdeční frekvence + ↑ systolického objemu + ↑ kontraktility myokardu

Krytí energetických požadavků pracujících svalů

Nízká intenzita (< 35 – 45 % MTR) = inhibice aktivity vagu
Střední a vysoká intenzita = zvyšování aktivity sympatiku



Průběh zotavení po intenzivním tréninku

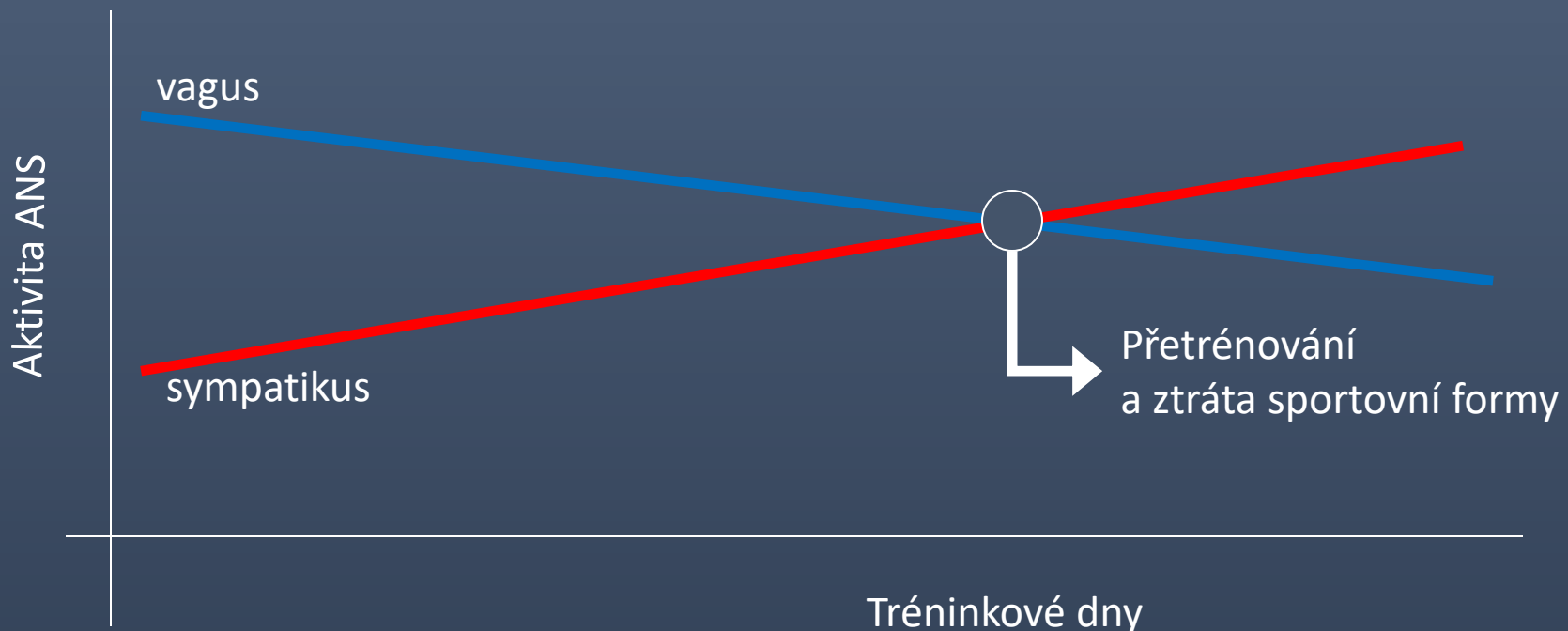


Nedostatečné zotavení

(vzhledem k objemu a intenzitě tréninku)

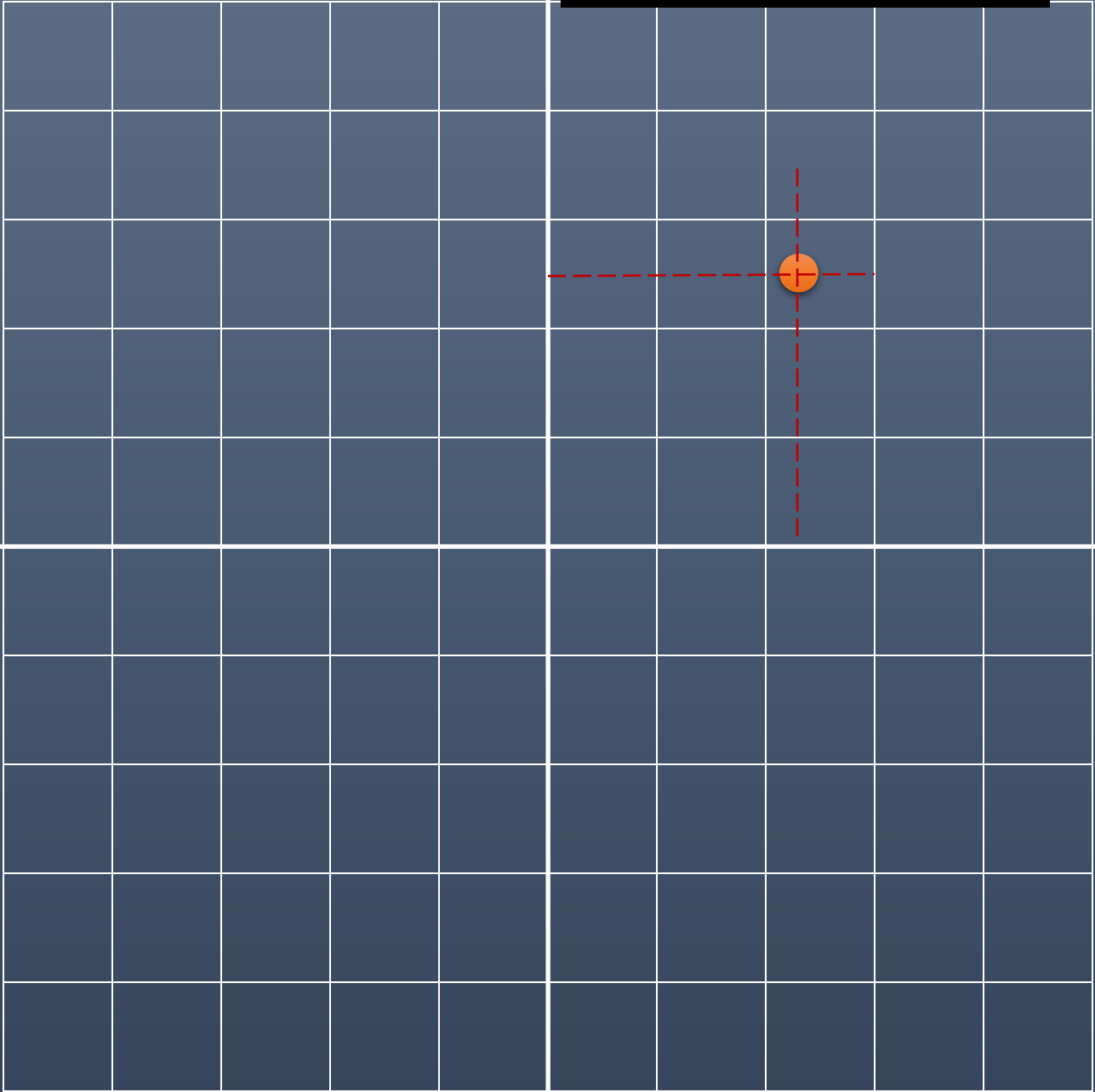
(čili předčasný začátek tréninku)

vede k **trvale zvýšené aktivitě sympatiku**
a k **redukované aktivitě vagu**



+5

Sympatovagová rovnováha



Aktivita vagu

-5

+5

-5

+5

Sympatovagová rovnováha

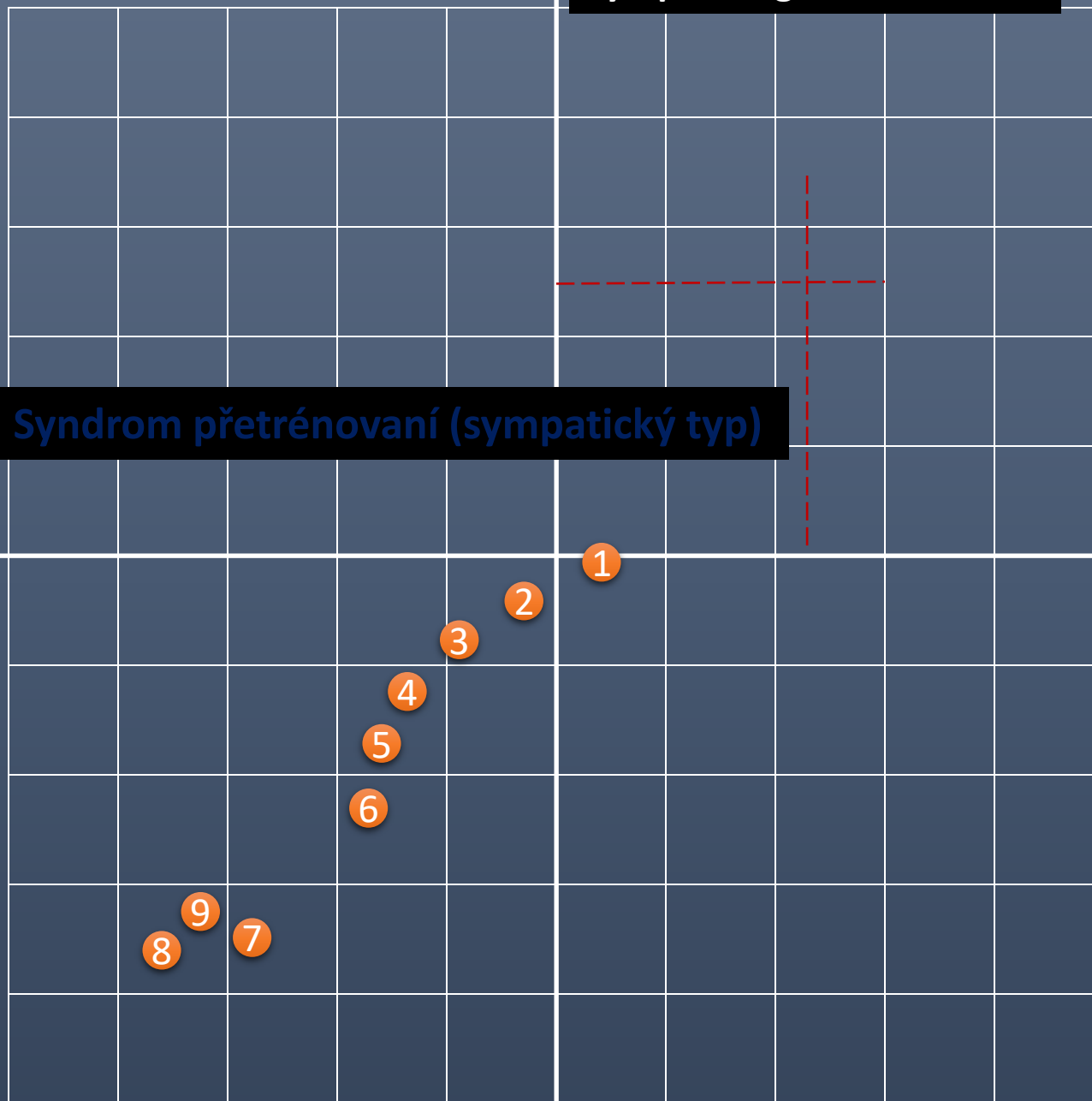
Syndrom přetrénování (sympatický typ)

Aktivita vagu

-5

+5

-5



1

2

3

4

5

6

9

8

7

+5

Sympatovagová rovnováha

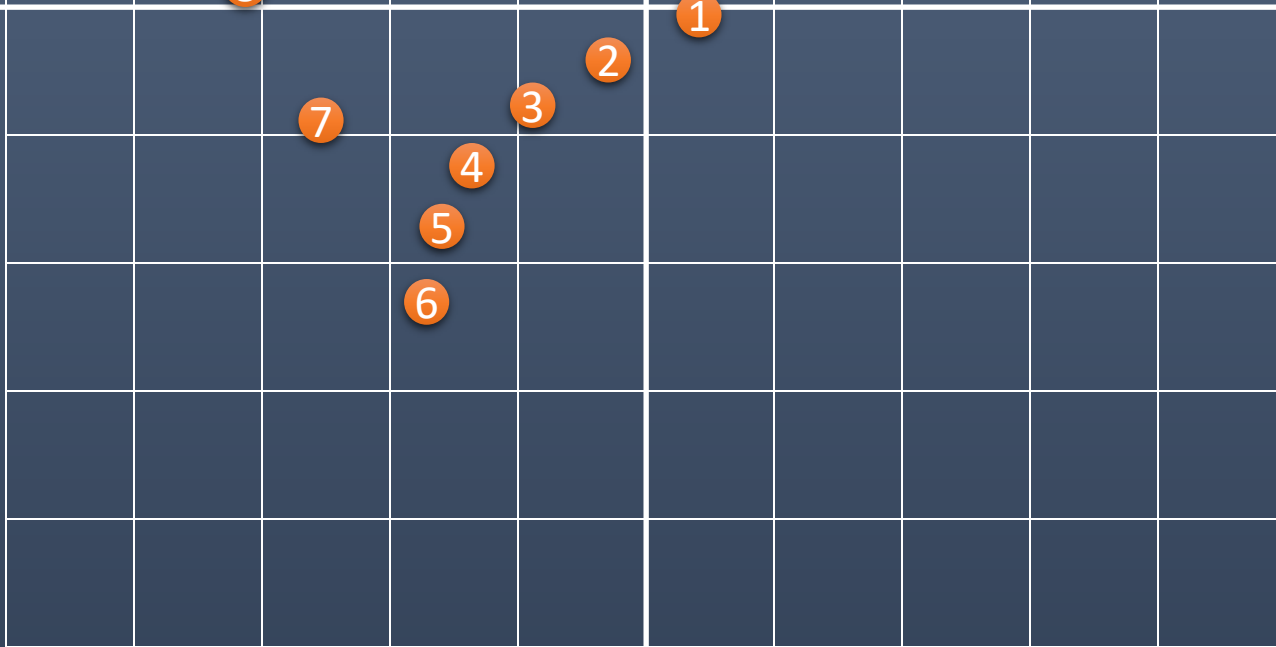


Syndrom přetrénování (vagový typ)

Aktivita vagu

-5

+5



-5

+5

Sympatovagová rovnováha

Optimální regenerace

Aktivita vagu

-5

Nedostatek
s převažujícím k

Optimální intenzivní trénink
s adekvátní regenerací

+5

-5

+5

Sympatovagová rovnováha

- Možnosti zvýšení intenzity a objemu tréninku
- Optimální aktivita ANS při ladění sportovní formy

Aktivita vagu

-5

Nedostatek
s převažujícím k

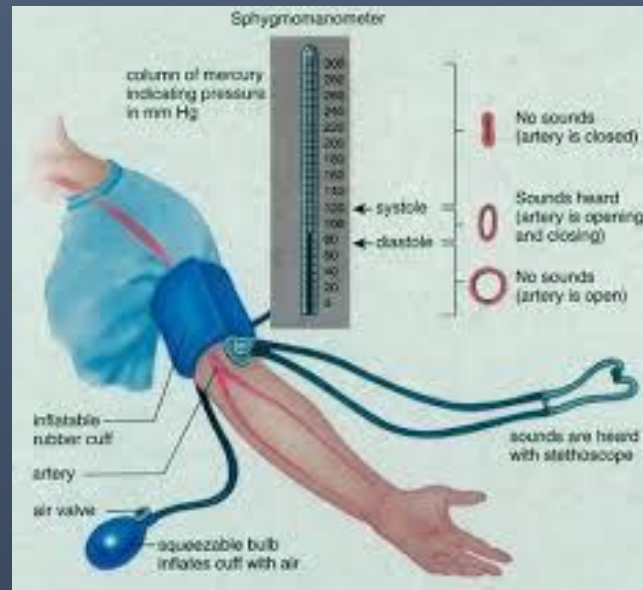
Optimální intenzita
a objem tréninku

+5

-5

TK

- Neočekávané snížení TK při zátěži – známka přetížení myokardu - schvácení



Neočekávané snížení nebo zvýšení může být známkou přetrénování

Spotřeba kyslíku

- maximální spotřeba kyslíku **VO₂max** = schopnost organismu kyslík přijímat, transportovat a využívat
- rozvoj VO₂max závisí na intenzitě a na objemu zátěže
- špičkové výkony : muži 78 ml/kg.min
ženy 68ml/kg.min
- pokud dlouhodobého pohledu VO₂max klesá je chyba v celkovém dávkování a účinnosti tréninku
- další ukazatel je % vyjádření

Neočekávané snížení může být známkou přetrénování

Biochemické ukazatele krve

Laktát

- v těle se neustále vytváří malé množství La=klidový La/ 0,5–1,5 mmol/l/, mohou být stejné jako při aerobním zatížení
- nejvydatnější získávání energie anaerobním způsobem při intenzivních zatíženích mezi 15-60 s, VO₂max 70%
- koncentrace La ve svalech vždy vyšší než v krvi/ do krve se zpožděním /- 2 - 3 min
- orgány které odbourávají La/ **játra**- 50%, **nezatěžované svalstvo**-30%, **srdce**- 10%, **ledviny**- 10%/
- hromadění nastane u krátkodobých výkonů, u vytrvalostních se stačí odbourávat / rovnováha /

- rychlost odbourávání La:

netrénovaný 0,3 mmol /l za min

trénovaný 0,5 mmol / za min

- měření- ušní lalůček / kapilární krev /

- hodnocení intenzity zatížení

➤ aerobní : do 2 mmol / l La (některé disciplíny, ale mají daleko vyšší- běh na lyžích)

u vytrvalostních zatížení, kde je La přes 7, zcela potlačeno spalování tuků- energie zcela ze sacharidů/

➤ aerobně- anaerobní : 3 – 7 mmol/l La

➤ anaerobní : nad 7 mmol /l la

Maximální koncentrace La jsou 16 – 24 mmol/l. Výrazné snížení – projev únavy (součást syndromu přetrénování)

Močovina

- konečný produkt odbourávání bílkovin / játra /- rychlejší odbourávání =lepší regenerační schopnosti – organismus pomocí ní vylučuje dusík
- dlouhodobé výkony – odbourávání AMK / i 15% potřebné energie /
- vyšší produkce močoviny v játrech až několik dní
- v praxi se koncentrace v krvi určuje brzy ráno před tréninkem a podle hodnoty lze usoudit na účinnost tréninkového zatížení z minulého dne
- běžný trénink v krvi : 5 – 7 mmol /l
- stoupne-li koncentrace nad 9 (ženy 10) více dnů za sebou = musí se snížit intenzita tréninku , nebo ho přerušit (hrozí přetížení)
- dlouhodobé výkony = nárůst urey, závisí na trénovanosti / čím trénovanější , tím menší nárůst koncentrace /

podle vztahu hladiny urey a vytrvalostního zatížení lze hodnotit i regenerační schopnosti sportovce

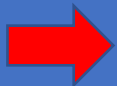
- ureu v krvi mohou i ovlivnit extrémny ve výživě (zvýšení příjmu bílkovin nad 2g/kg může zvýšit hladinu urey o 2 mmol/l)
- velikost odbourávání a přeměny bílkovin
- schopnost snášet zatížení
- schopnost regenerace
- nedostatek sacharidů

Kreatinkináza

- **buněčný enzym** zajišťující **přeměnu ADP na ATP** (energetického metabolismu myocytů)
- normálně v nepatrném množství v krvi

v klidu : ženy 2,0 $\mu\text{mol/l}$
muži 3,4 $\mu\text{mol/l}$

- při destrukci svalových buněk nebo při nepřiměřeném zatížení v krvi vyšší hladiny / **za 6 – 8 hod** /- lymfatickými cestami
- Po zatížení : **vyšší než 5 (maraton až 50)**
- při řízení tréninku hlídat aby **dlouhodobě** nevzrostla **nad 15** ~~prezise~~
- Délka zatížení není sama o sobě příčinou vzestupu, musí to doprovázet **mechanické zatížení** (došlapy na podložku při běhu – **mikrotraumata**)
- **Ke zvýšení u dlouhých i krátkodobých výkonů**
- neobvyklé svalové zatížení
- intenzivní svalové zatížení
- dlouhodobé svalové zatížení
- svalová ztuhlost nebo zranění



nutno snížit objem a intenzitu tréninku

Laktát-dehydrogenáza

- 3,9 – 7,8 $\mu\text{mol/l}$
- **zvýšení** je známkou rabdomyolýzy
- Podobný ukazatel jako kreatinkináza

Rabdomyolýza

- závažné poškození kosterního svalstva vzniklé fyzickou zátěží
- dědičná predispozice
- jiné příčiny : kokain, alkohol, těžký úraz
- Následkem - selhání ledvin, porucha krevní srážlivosti, poruchy iontového hospodářství (hyperkaliémie, hyperfosfatémie. hypokalcémie)

Další jaterní enzymy zvýšené u rabdomyolýzy

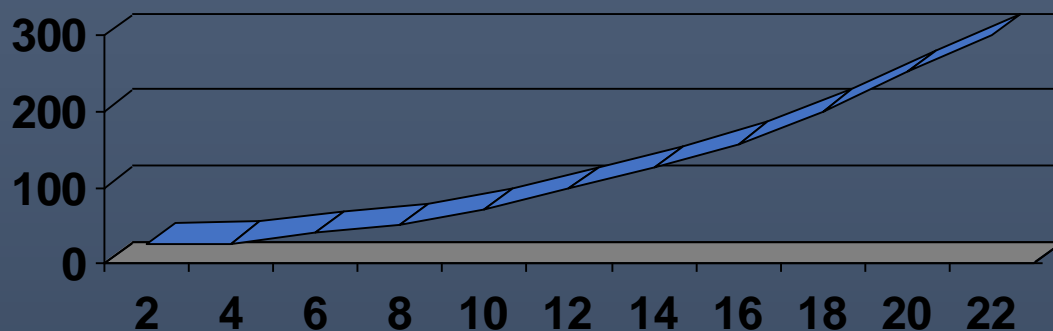
ALT (alanin-amino-transferáza)

AST (asparát- amini- transferáza)

Amoniak

- meziprodukt látkové výměny vznikající při nedostatku energie
- vzniká při intenzivních krátkodobých zatíženích, kdy se glykolytickou cestou nemůže tvořit dostatek ATP (AMP se mění na amoniak)
- vzniká u zatížení, kde se objevuje La
- po zatížení se odbourává rychleji než laktát
- rychlá svalová vlákna produkují více amoniaku než pomalá

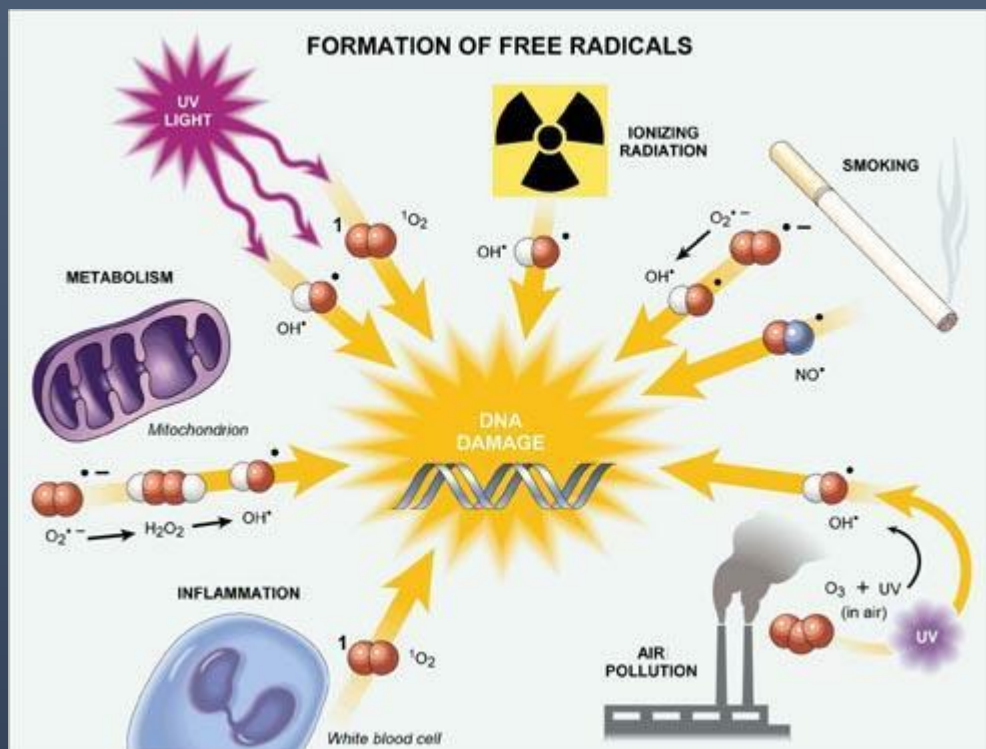
Vztah mezi nárůstem amoniaku a laktátu při rostoucí intenzitě zatížení



**vztah mezi laktátem a
amoniakem**

Ukazatele oxidačního stresu

- Vysoce reaktivní látky (radikály)- oxidují jiné látky (bílkoviny, lipidy, DNA) – **lipoperoxidy** – poškození membrán, organel i buněk
- Nepřímé metody měření : produktů – lipoperoxidy, hyperlipoproteiny (krev), etan, propan (vydechovaný vzduch)



Volné radikály poškozují ery, leu, myocyty

Hematokrit a hemoglobin

- dlouhodobé výkony
- může vést k odhalení nedostatku tekutin
- do popředí od zneužívání **erythropoetinu** jako dopingu



výrazný nárůst hemoglobinu nebo hematokritu – **dopingová kontrola** / krevní odběr žilní před závodem/

překročení hodnot hemoglobinu nad 18,5 g/dl muži a 16,5g/dl ženy = **zákaz startu na 14 dní**

Snížení hemoglobinu = známka dlouhodobé únavy, anémie, krvácení

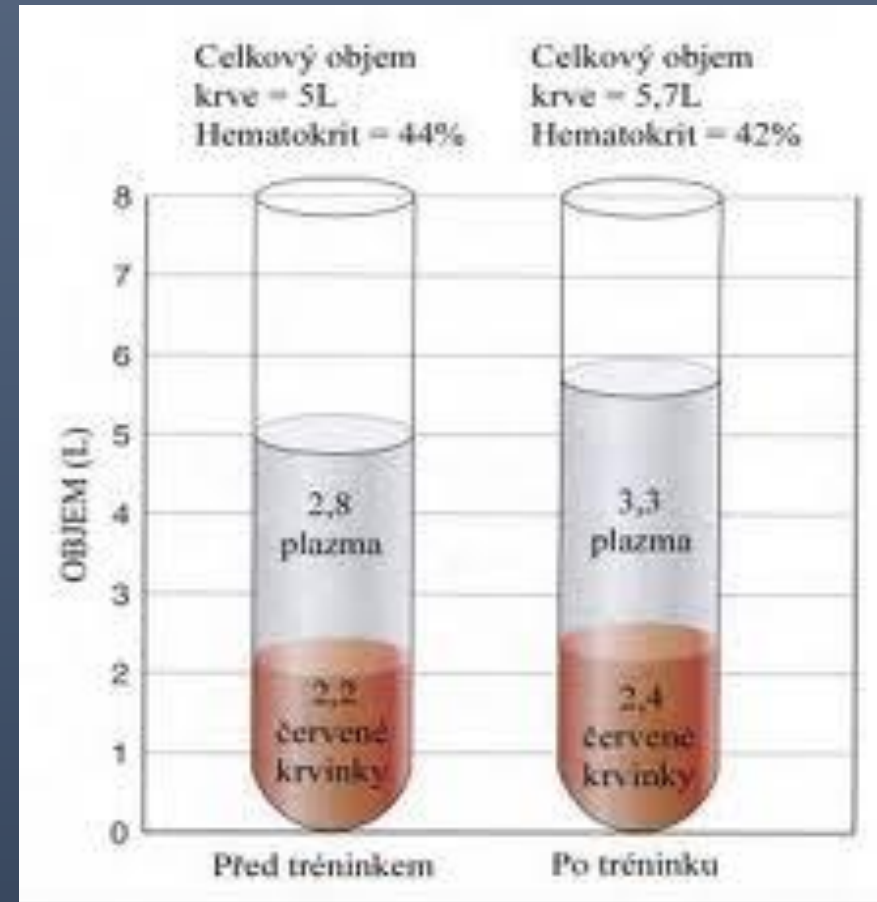
Adaptace na zatížení

- Delší dobu trvající vytrvalostní aerobní trénink vede ke **zvětšení množství krve** :

1. nejprve objem plazmy
2. po 2 až 3 týdnech erytrocyty a hemoglobin

Zvýšení objemu plazmy je však výraznější (to se projeví **snížením hematokritu a snížením viskozity krve** (cirkulace)

- Za adaptační změnu považujeme i zvýšení množství červených krvinek, při pobytu ve vysokohorském prostředí (2300 m 4 týdny, po 8 týdnů)
- Zvyšování počtu erytrocytů zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic



Glukóza

- **koncentrace v krvi** je řízena hormonálně
- při zatížení vzrůstá potřeba G ve svalech
- **v klidu** kolísá hladina **4 – 5,5 mmol/l**
- intenzivní výkony do 60 min – nárůst hladiny G(adrenalin)- bezprostředně po **až 10 mmol /l**

pozátěžová hyperglykémie

- **pokud po výkonu hladina G nestoupá** , znamená to, že zásoby glykogenu jsou vyčerpány (po 90 min)
- při nedostatečném množství glykogenu se při zatížení hladina dostane pod 3,5 mmol /l - zhoršení motoriky

hypoglykémie

Minerály

- četné funkce závislé na dodávce minerálů
- během tréninku některé ve vyšší míře vylučovány (Fe, Mg)

Mg : 0,75 – 1,1 $\mu\text{mol/l}$

- čtvrtý nejčastější kationt (60% skelet, 30% svaly, 1% ECT)
- pod 0,75 – doplnit
- svalové křeče, ztuhlost, chvění svalů, únava, snížení výkonnosti

Fe:

- hladina **feritinu** v krvi / odběry nedělat bezprostředně po výkonu/
- Optimální hladina **40 – 90 $\mu\text{mol/l}$**
- **pod 30** nutno doplnit- denně po několik týdnů, koncentrace Fe často klesá po infekci, toto není důvod ke zvýšenému příjmu železa, tělo se takto brání infekci – snížení Fe vede k zabránění množení bakterií /

Imunologické ukazatele

sedimentace

- Vyšší u rabdomyolýzy

C-reaktivní protein

2-8 mg/l

- Vytvářen v játrech
- Zvýšen u akutní infekce
- **Snížen** – imunosupresivním následkem opakovaného přetížení, přetrénování

cytokiny

IL 1 : během tréninku nestoupá, max za 2 hod po TJ

IL 6 : zvyšování během cvičení, max ihned po TJ