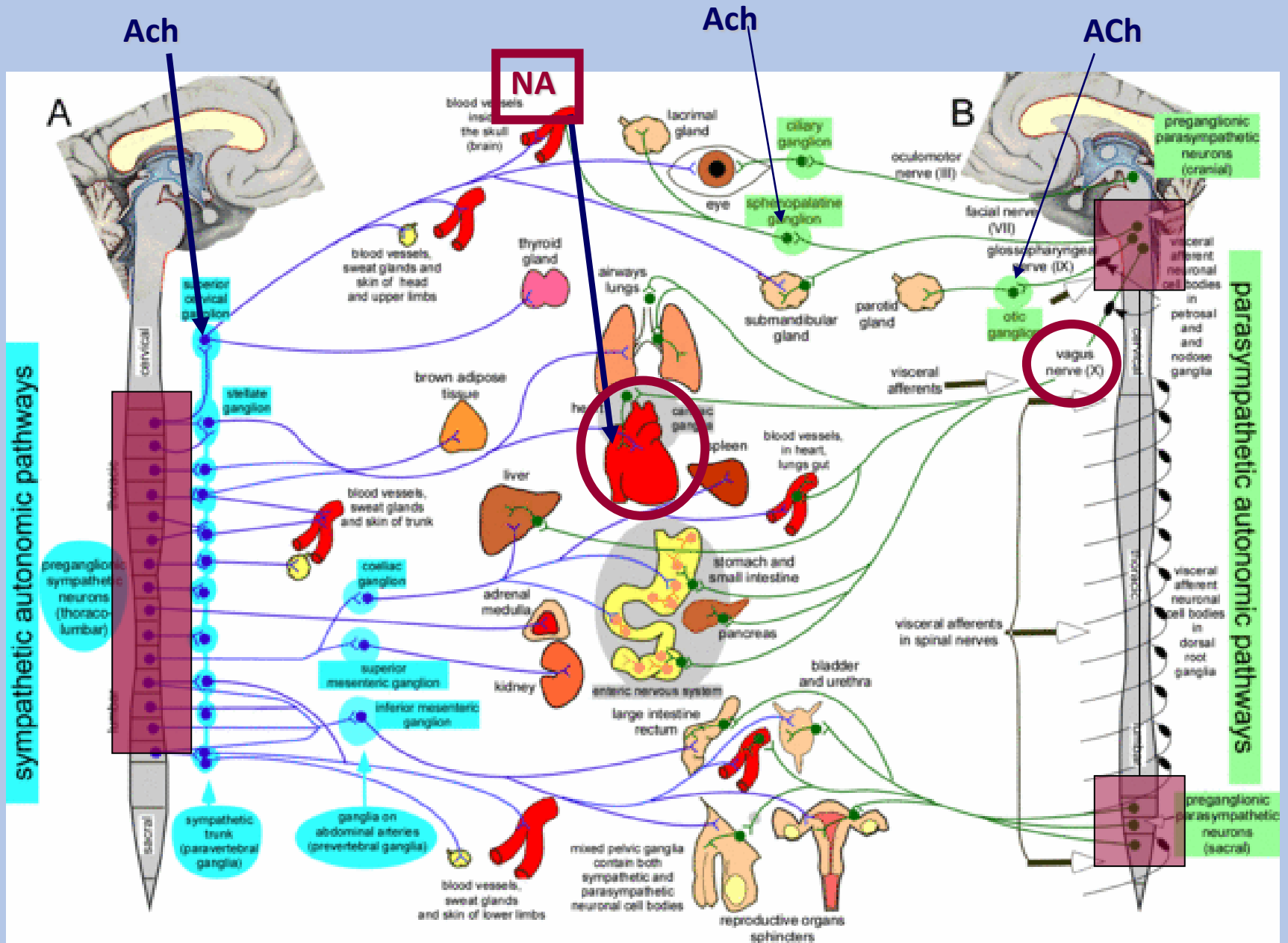


# Kondiční trénink ve zdraví a nemoci

**Autonomní nervový  
systém**

# Periferní části ANS



## ANS řídí činnost

1. hladkého svalstva, které je většinou ve stěnách dutých orgánů  
(v děloze, cévách, trávicím ústrojí a v močovém měchýři)
2. srdce a žláz

- sympatikus
- parasympatikus (vagus)



působení je většinou opačné

např. sympatikus zrychluje srdeční frekvenci

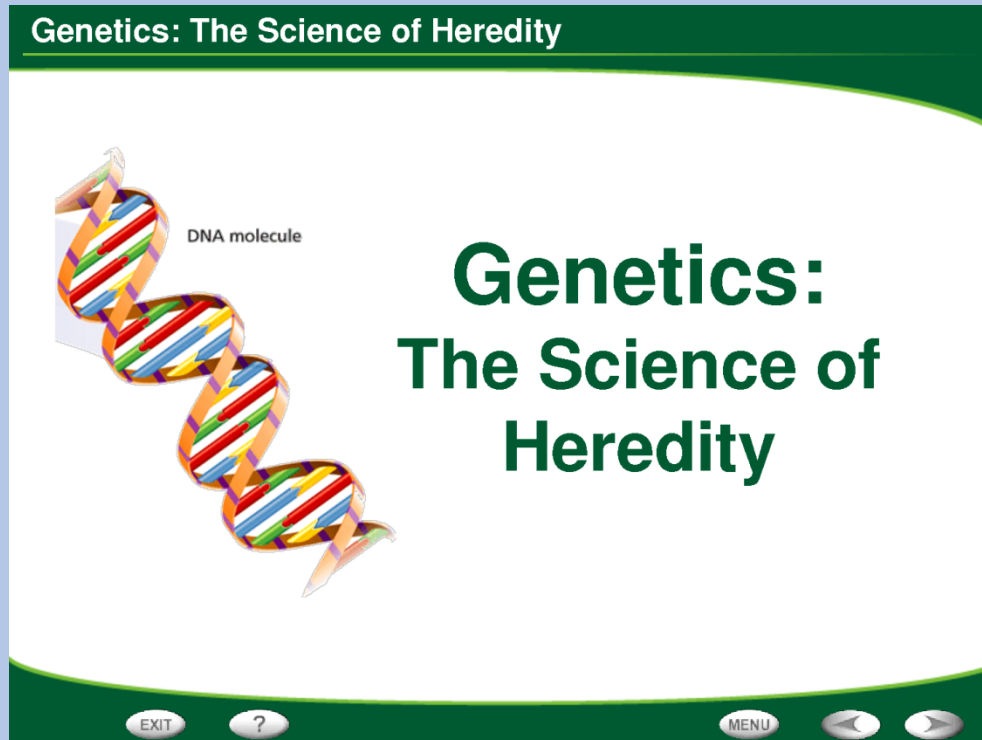
parasympatikus zpomaluje srdeční frekvenci

**Aktivita ANS pod výrazným vlivem dědičnosti,  
která vysvětluje podstatnou část variací aktivity ANS**

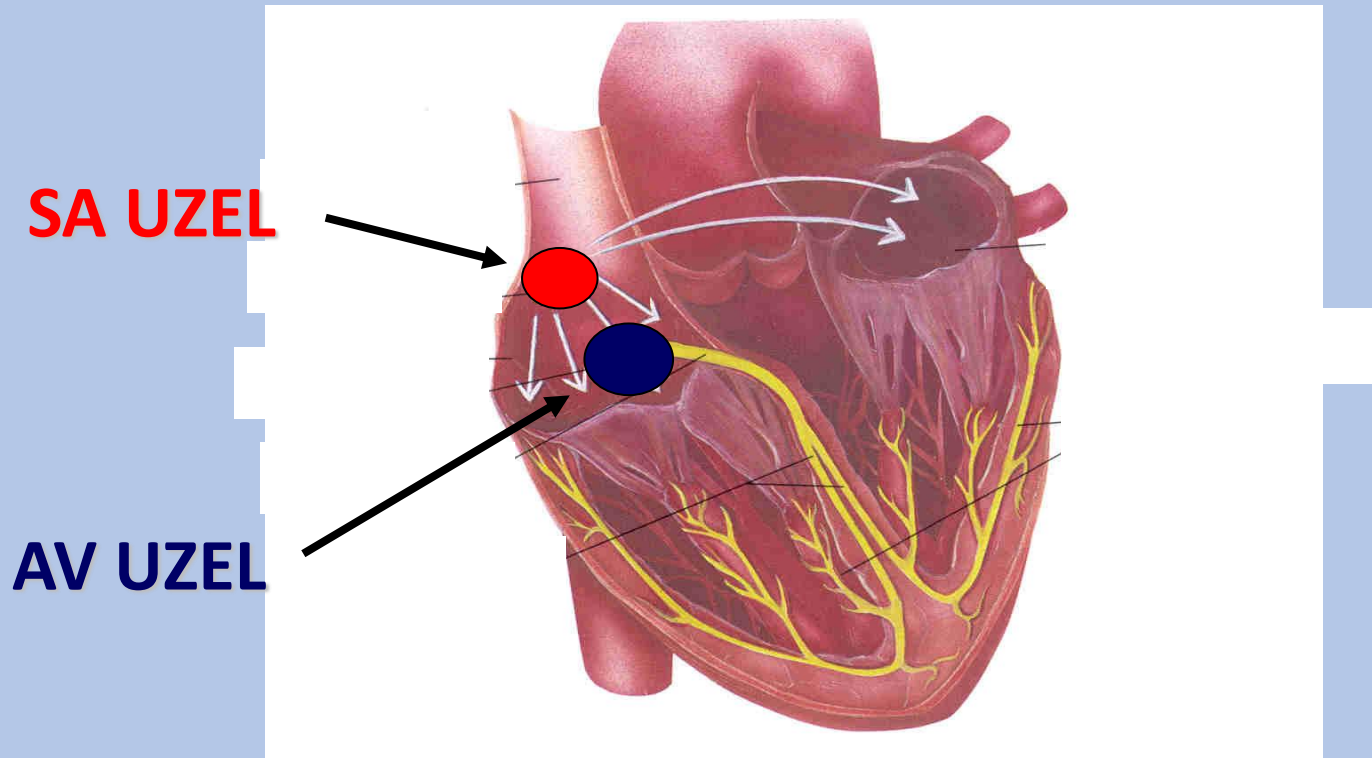
**Hledání jedinců s přirozeně vysokou aktivitou ANS**

=

- **efektivní využití vysoké funkční kapacity jednotlivých systémů**
- **efektivní využití limitujících předpokladů (dispozic, schopností)**
- **vysoký stupeň adaptability organismu na fyzický a psychický stres**



# ANS A PŘEVODNÍ SYSTÉM SRDCE

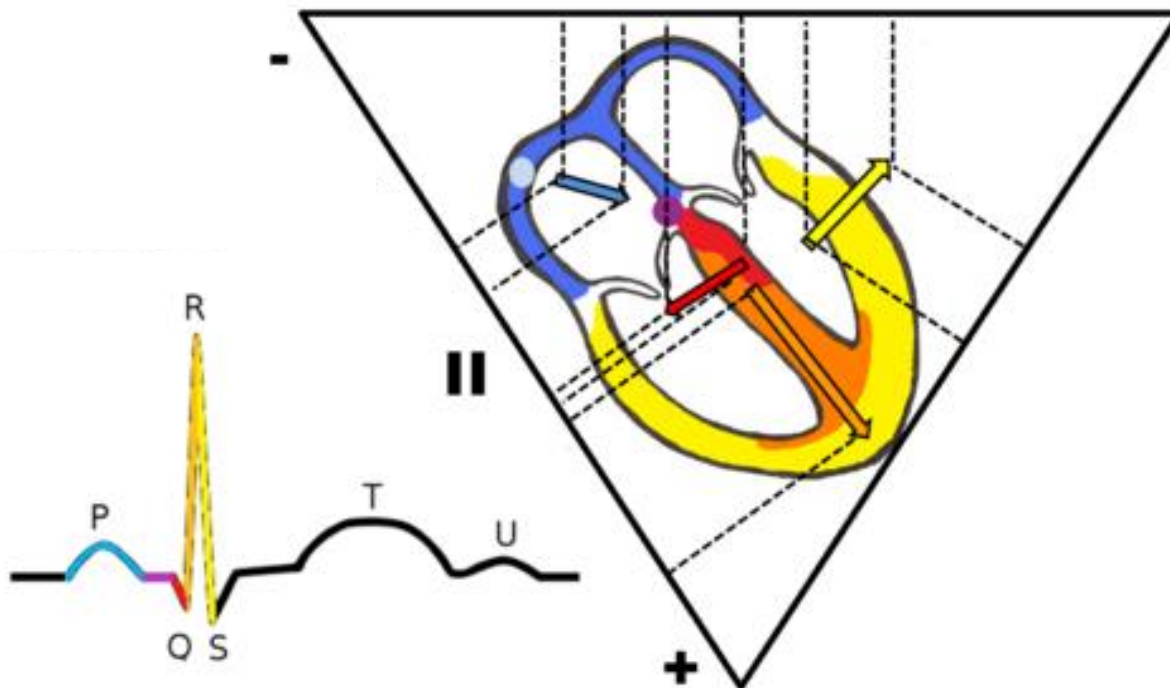


## o srdeční **AUTOMACIE**

- o SA uzel obsahuje P-buňky mající schopnost samotvorby akčního potenciálu
- o SA uzel - pacemaker rytmu 60 – 80 tepů
- o AV uzel – nodální rytmus 30 – 40 tepů (zpomalení vedení vzruchu na komory)
- o AV uzel – důležitost zpomalení: kompletní vyprázdnění síní

# ELEKTRICKÁ AKTIVITA SRDCE

## šíření depolarizace po myokardu



# POHYB = STRESOR

STRESOR a STRES – narušení homeostázy

Akutní odpověď organismu

## AKTIVACE STRESOVÉ OSY

snížení aktivity **PARASYMPATIKU** a zvýšení **SYMPATIKU**  
+ vyplavení **KATECHOLAMINŮ** / Adrenalin + Noradrenalin /

ADRENERGNI RECEPTORY

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



**REDISTRIBUCE KRVE**

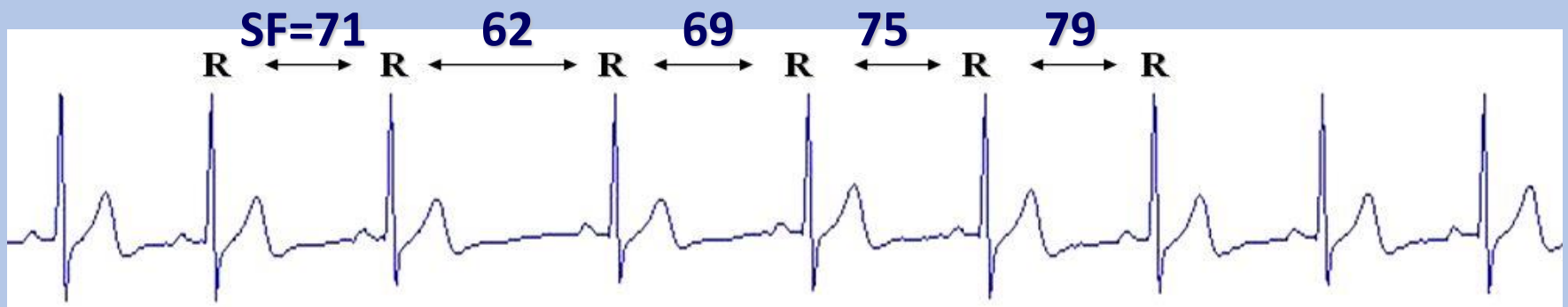
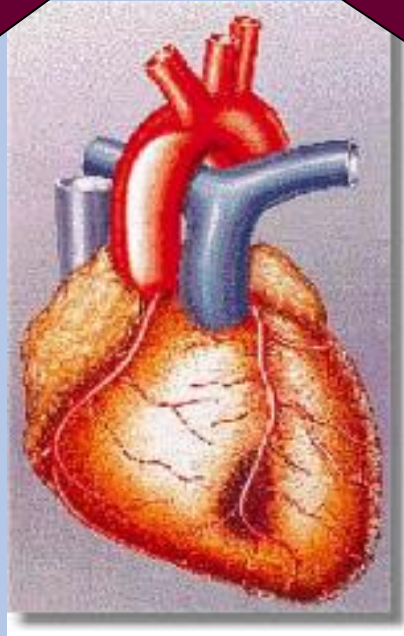
**↑↑↑ METABOLISMU**

# PERIFERNÍ ODDÍLY ANS

**SYMPATIKUS**

**PARASYMPATIKUS**

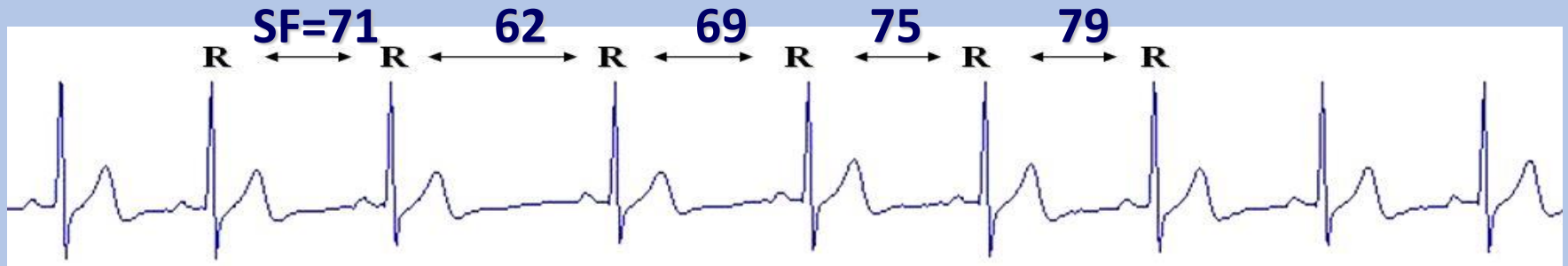
**(n.vagus)**



**VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE (VVF)**



# VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE (VSF)



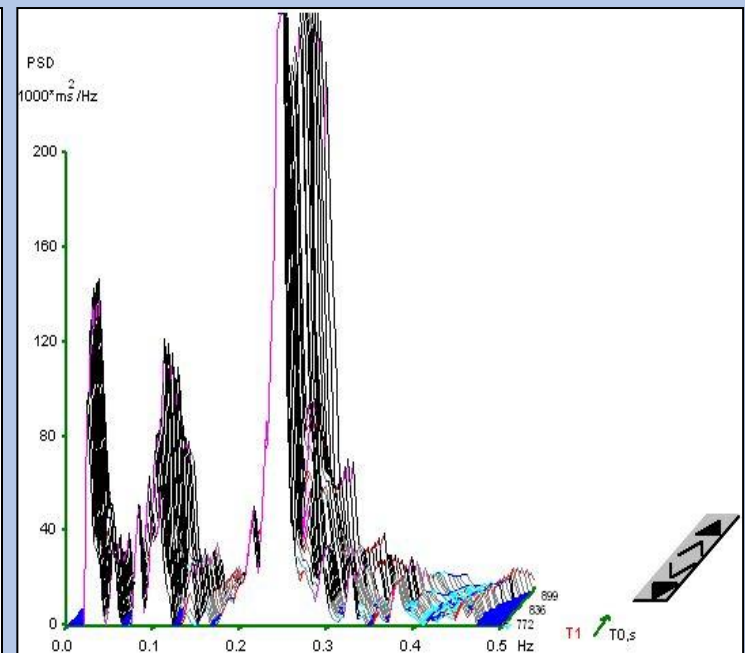
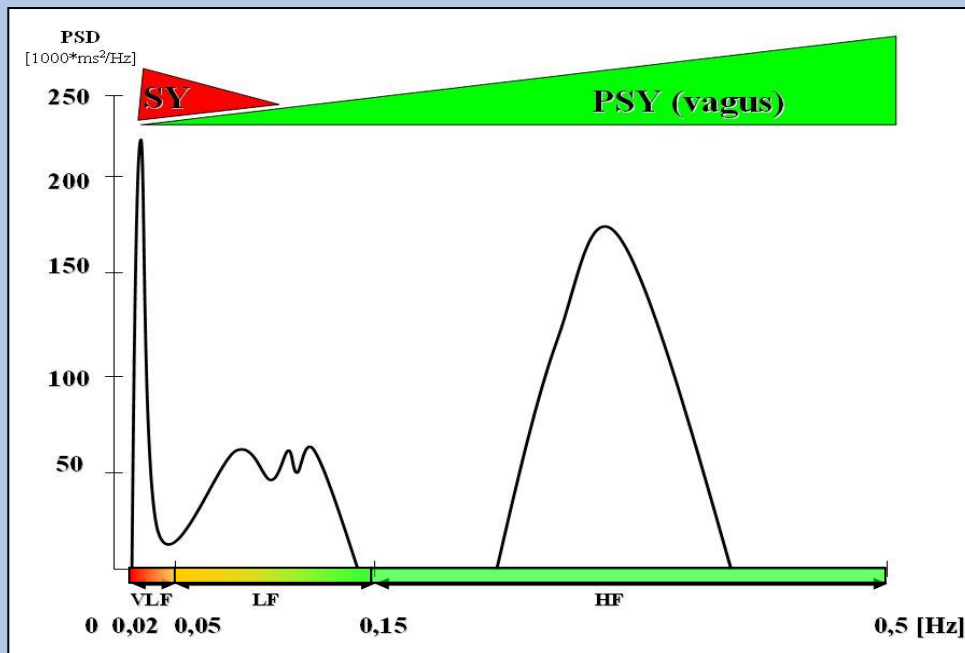
- **VSF** – změny v SF na úrovni po sobě jdoucích tepů - **RR**
- **VSF** – reflektuje regulační funkci ANS
  - výsledek zejména respiračně vázané aktivity vagu

**nádech** = ↓VA + ↑SF

**výdech** = ↑VA + ↓SF

# SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA VARIABILITY SRDEČNÍ FREKVENCE

- o neinvazivní metoda vyšetření aktivity obou větví ANS (primárně vagu, sekundárně sympatiku, resp. sympatovagové balance)
- o transformací časových rozdílů mezi po sobě jdoucími R-R intervaly do frekvenčních hodnot vzniká modifikované výkonové spektrum v rozsahu od 0,02 do 0,50 Hz



# POSUZOVÁNÍ INDIVIDUÁLNÍCH SPEKTRÁLNÍCH PARAMETRŮ HRV

*Task Force (1996)*

- $P_{VLF}$  (0.02-0.05 Hz = 1,2 – 3 změny/min): **původ zatím nejednoznačný  
nejnižší vliv VA**
- $P_{LF}$  (0.05-0.15 Hz = 3 – 9 změny/min): **vliv pouze SY; nebo SY i VA,  
činnost baroreceptorů**
- $P_{HF}$  (0.15-0.50 Hz = 9 – 30 změny/min): **vliv výhradně VA**

$$P_T \text{ (0.02-0.50 Hz = 1,2 – 30 změny/min):} = P_{VLF} + P_{LF} + P_{HF}$$

# Komplexní ukazatele

Stejskal, P.; Šlachta, R.; Elfmark, M.; et al. Spectral analysis of heart rate variability: new evaluation method. *Gymnica*. 2002, vol. 32, no. 2, s. 13-18.

- Věkově standardizovaný celkový spektrální výkon
- Komplexní ukazatel vagové aktivity (VA)
- Komplexní ukazatel sympatovagové rovnováhy (SVB)

• Celkové skóre SA HRV

Rozsah -5,0 až +5,0 bodů

Normální hodnoty -1,5 až +1,5 bodů

# POSUZOVÁNÍ VÝSLEDKŮ SA HRV

## Komplexní indexy SA HRV

*(Stejskal et al., 2002)*

(od -5 do 5 bodů)

o **vagové aktivity** (VA)

(od -2 do 2 bodů)

o **sympatovagové balance** (SVB)

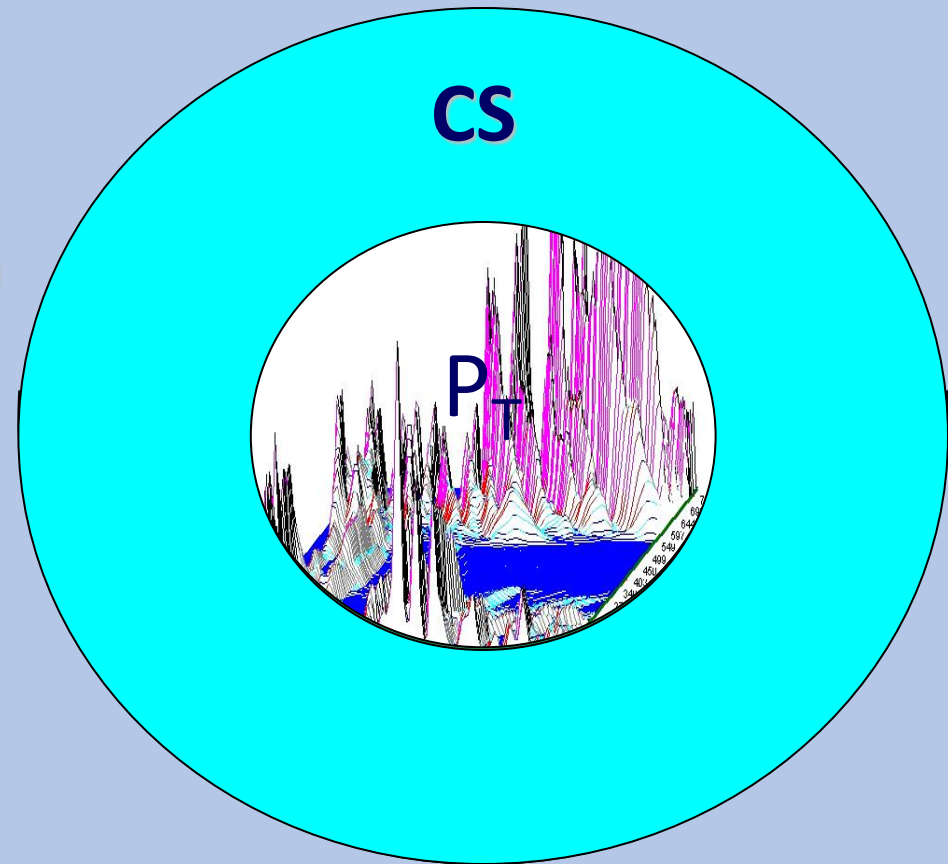
(od -2 do 2 bodů)

o **celkového skóre** (CS)

(od -1,5 do 1,5 bodu)

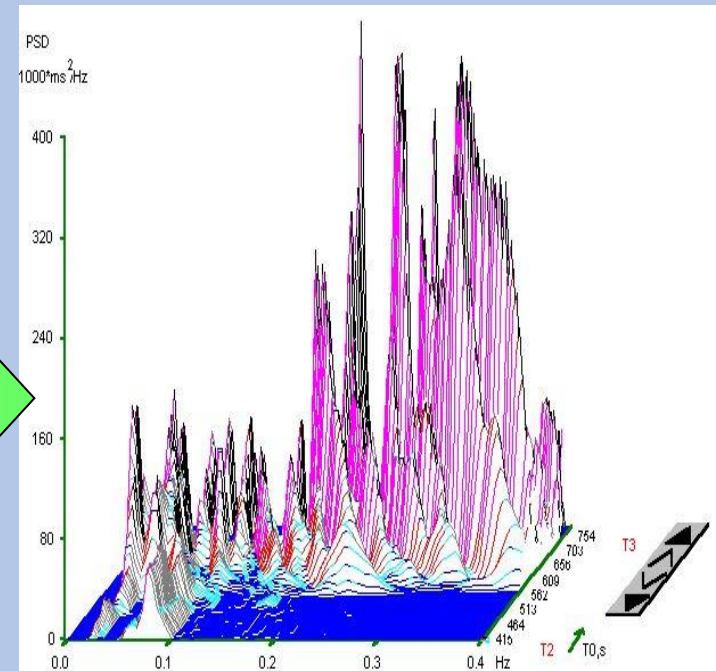
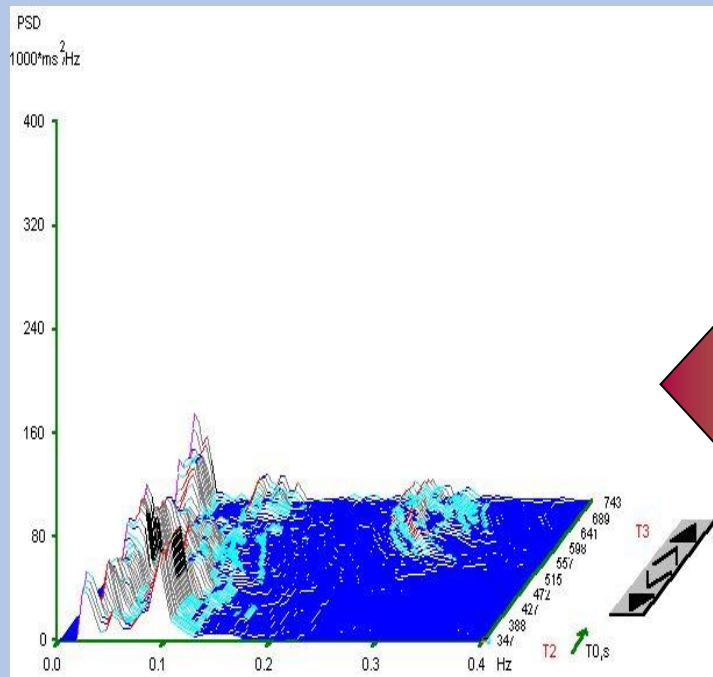
o **celkový spektrální výkon** (PT)

(od -2,5 do 2,5 bodů)



# Příklad hodnocení úrovně aktivity ANS CS - FUNKČNÍ VĚK

- 20 letý sportovec (KV - 20 let) podstoupí vysoce intenzivní trénink a funkční věk (FV) - 45, tzn. že aktivita ANS odpovídá člověku staršímu - **negativní stav**.



- 20 letý sportovec podstoupí pouze regenerační tréninky a FV - 15, tzn. že aktivita ANS odpovídá člověku mladšímu - **pozitivní stav**.

Poloha1: interval 2 ▾

Poloha2: interval 3 ▾

**Záznam: 0026 filtrovaný (23.3.2008 10:17:24)**

Analýza provedena 23.1.2009 11:06:50

Celkový spektrální výkon variability srdeční frekvence je zvýšený.

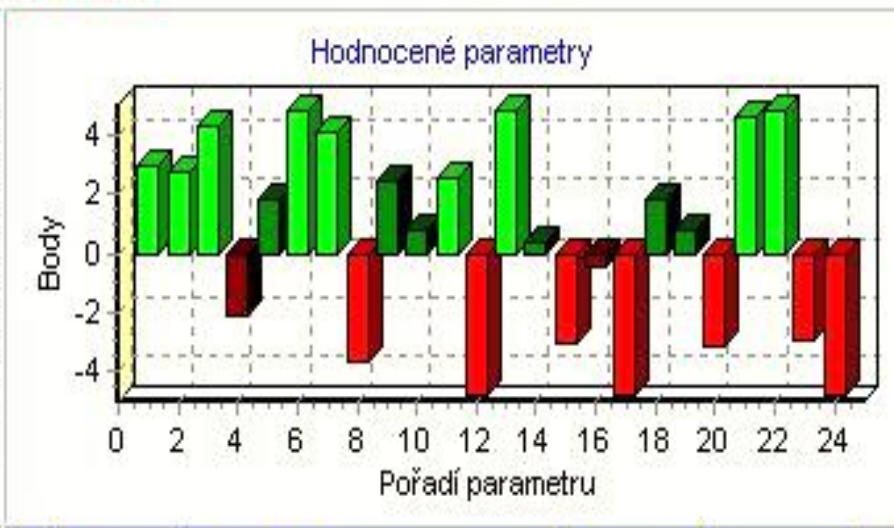
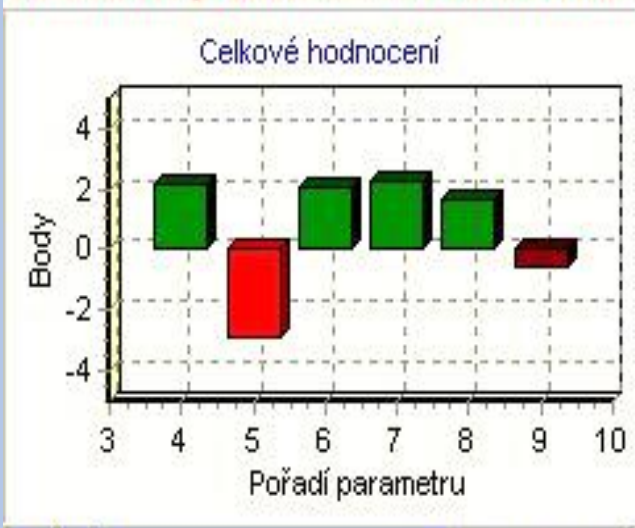
Aktivita vagu v lehu je zvýšená, po postavení odpovídá věku.

Poměr mezi sympatikem a parasympatikem v lehu je redukovaný, po postavení odpovídá věku.

Výkonnost baroreceptorů po postavení je normální.

Homogenita naměřených dat je redukovaná.

**Funkční věk je vzhledem ke kalendářnímu věku nižší.**



1	<b>Věk</b>	33.3333
2	<b>Funkční věk</b>	25.3118
3	<b>Rozdíl</b>	-8.0215
4	<b>Celk. skóre</b>	2.1240
5	<b>Homogenita</b>	-2.8494
6	<b>Vagotonie</b>	2.0345
7	<b>S-V balance</b>	2.2942
8	<b>Baroreceptory</b>	1.6598
9	<b>Ostatní</b>	-0.5313

Celkové spektrum		
1	TotPwr	2.97 (*)
Ukazatele vagotonie - klid		
2	F1	2.78 (*)
3	L_HF	4.24 (*)
Ukazatele vagotonie - stimulace		
4	F2	-2.09 ( )
5	F3	1.75 ( )
Ukazatele S-V balance - klid		

# Faktory ovlivňující aktivitu ANS

↓ únava

↓ přetížení, přetrénování

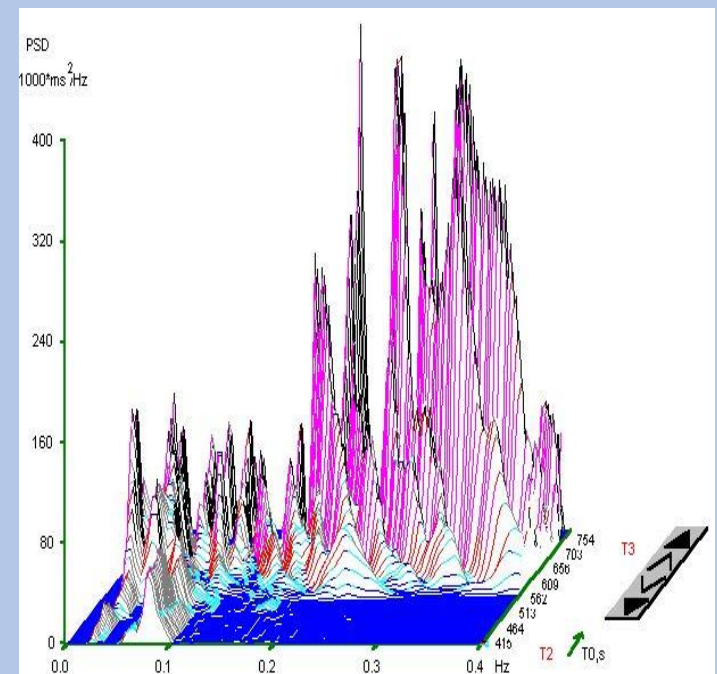
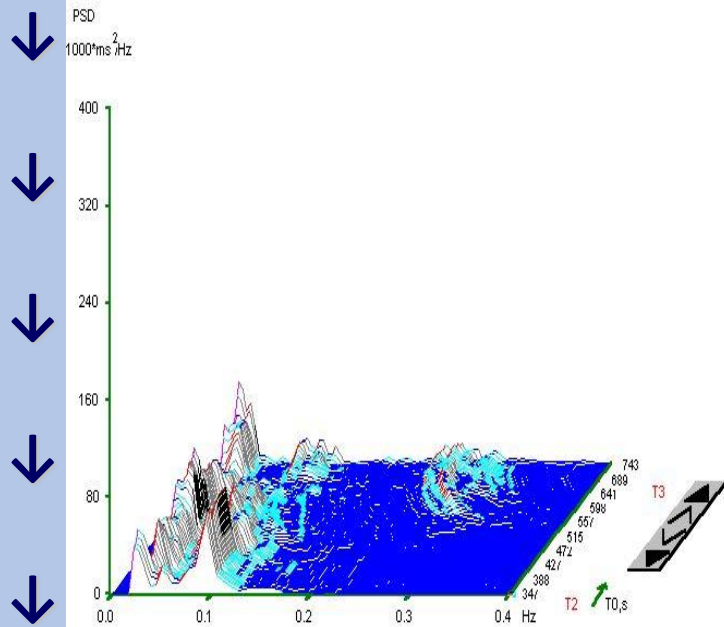
↓ onemocnění (DM II, IM, obezita, ↑TK)

↓ spánková deprivace

↑ spánek

↑ zdravý životní styl

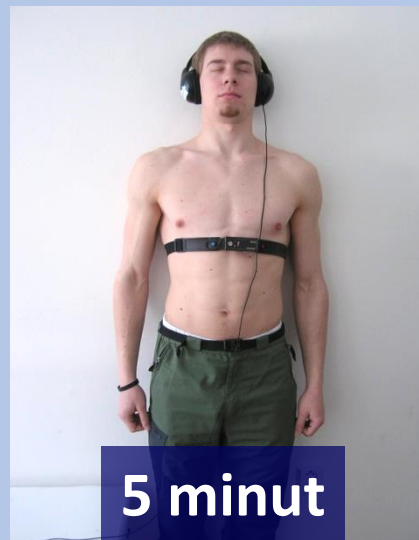
↑ pohybová aktivita



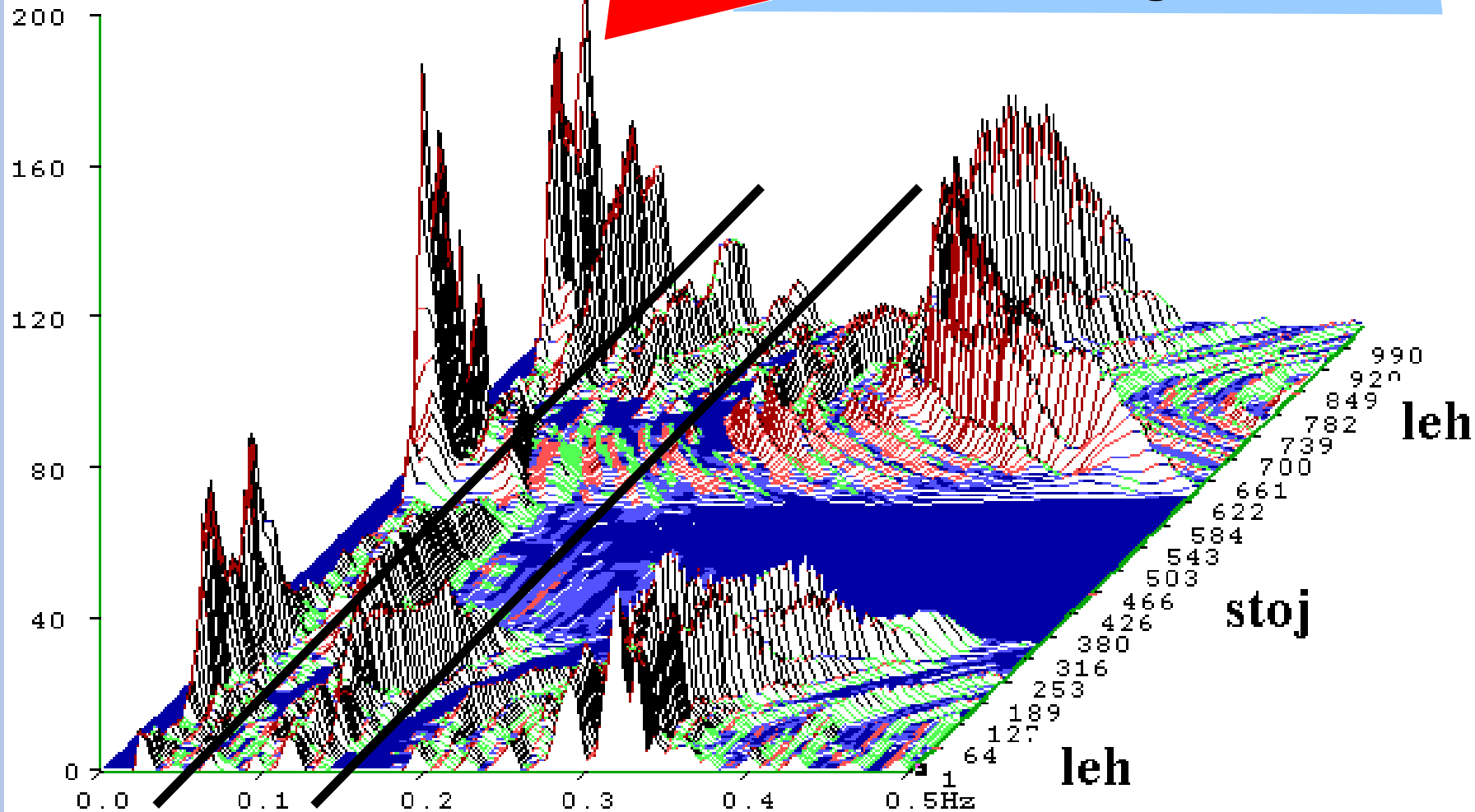


# VYŠETŘENÍ AKTIVITY ANS

- o **STANDARDNÍ** podmínky
- o **KDY ?** ráno – dopoledne (7 - 9 hodina)
- o **KDE ?** tichá uzavíratelná místnost + sklopné lehátko (karimatka)
- o **DÉLKA ?** Standardní vyšetření 20 min (modifikace 12 min\*)
- o **ZPŮSOB ?** Ortoklinostatický manévr (LEH – STOJ – LEH)



PSD  
1000\*ms<sup>2</sup>/Hz

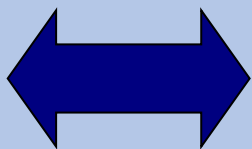
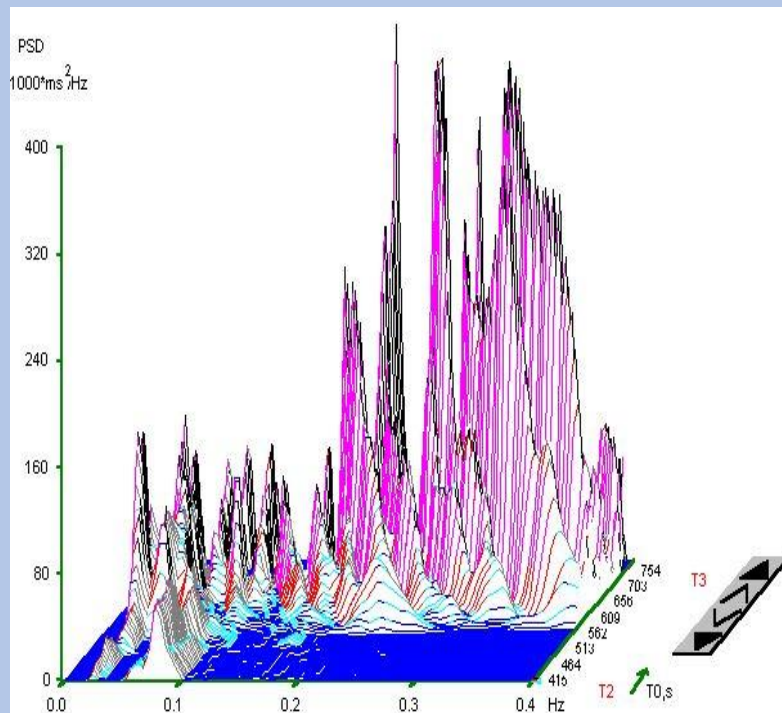
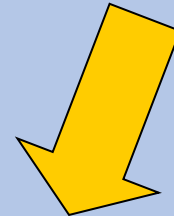
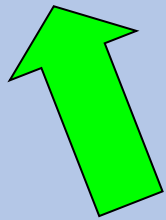


# Diagnostický systém DiANS PF8



1.

# SA HRV jako nástroj OPTIMALIZACE ZATÍŽENÍ



**Tréninkové zatížení**



**sportovní  
výkonnost**

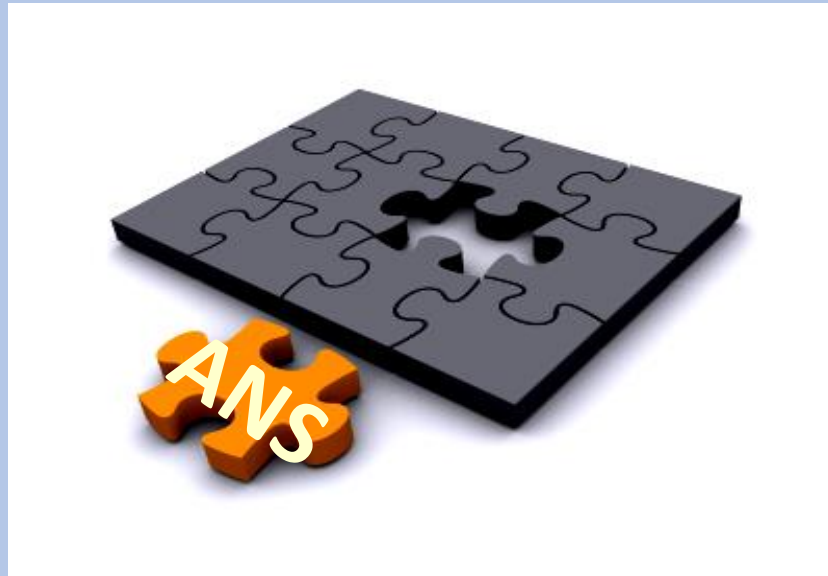
**zotavení**

**genetická výbava - talent**

o sportovní výkon = multifaktoriální problém

o mezi vítězi a poraženými je rozdíl **0,4 %**

(Pyne et al., 2004: Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers)



o heart rate variability (HRV) + exercise : **1946**

o HRV + athlete : **3478 odkazů ( PubMed – leden 2020)**

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=heart+rate+variability+exercise>

# VYUŽITÍ CELÉ ADAPTAČNÍ KAPACITY - ZVYŠOVÁNÍ SPORTOVNÍ VÝKONNOSTI

## Autonomní nervový systém (ANS)

☞ zpětnovazebný ukazatel změn v organismu, které mohou být vyvolány tréninkovými a mimotréninkovými podněty

*(Arai et al., 1989; De Meersman, 1993; Iellamo et al., 2003; Lacko et al., 2003; Perini et al., 1989; Stejskal et al., 2001; Yamamoto et al., 2001; Zhong et al., 2005)*

### optimalizace tréninkového zatížení – prevence přetrénování

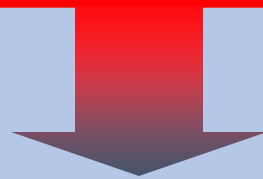
*(Aubert et al., 2003; Banzer et al., 2002; Botek, 2007; Kiviniemi et al., 2007; Lehmann et al., 1998; Pichot et al., 2000; Pober et al., 2004; Portier et al., 2000; Seiler et al., 2007; Uusitalo et al., 2000)*

### úroveň autonomní aktivity souvisí s aerobní a sportovní výkonností

*(Atlaoui et al., 2007; Botek et al., 2013; Garet et al., 2004; Hautala et al., 2009; Kiviniemi et al., 2007; Pichot et al., 2002; Schmidt et al., 2006; Stejskal, 2002)*

- Narušení buněčné homeostázy
- Iniclace fyziologické odpovědi → úprava
- Fáze superkompenzace

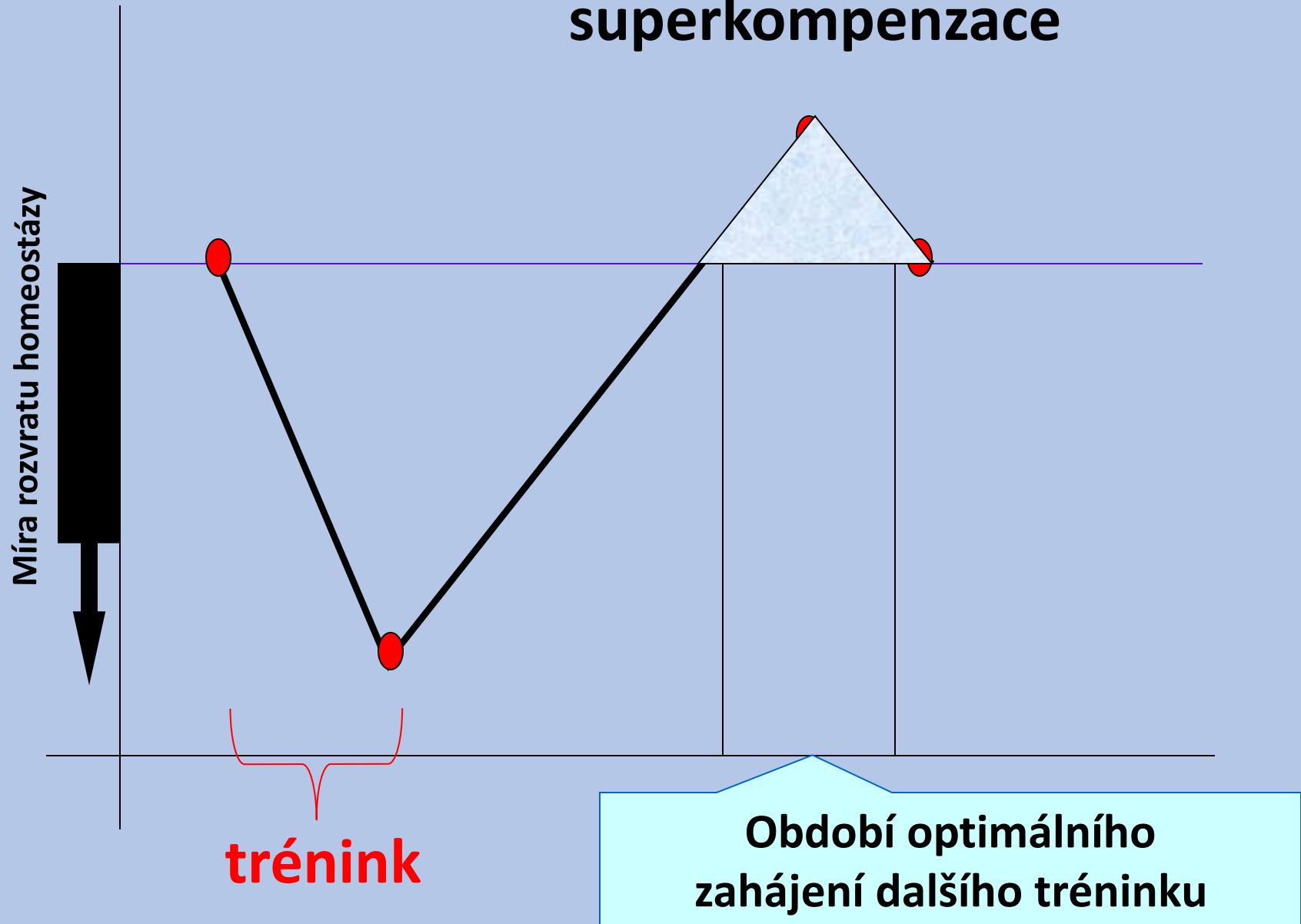
**MÍRA PORUCHY BUNĚČNÉ HOMEOSTÁZY  
PŘÍMO OVLIVŇUJE VELIKOST  
SUPERKOMPENZACE**



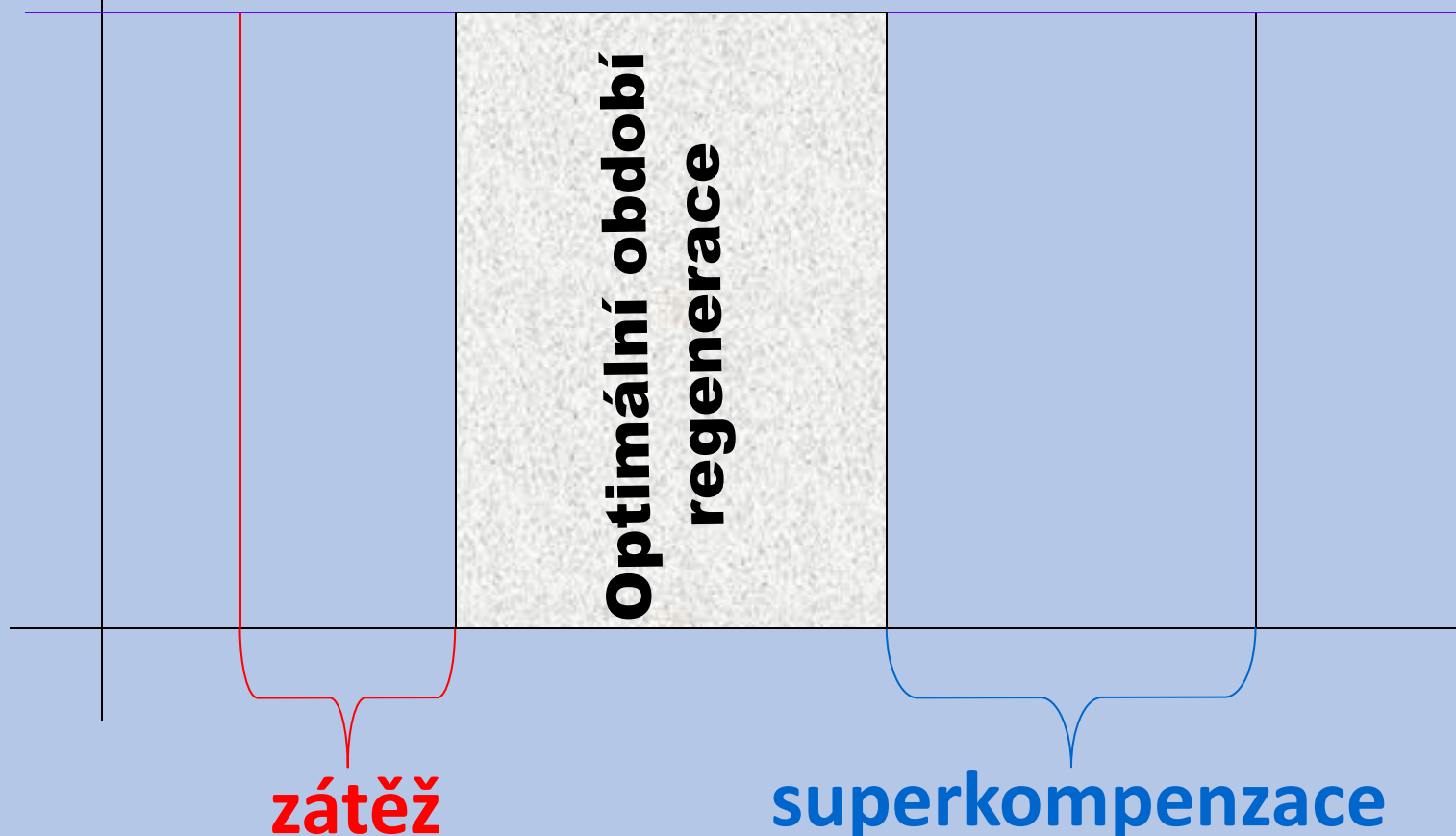
**(TRÉNINKOVÝ EFEKT)**



# superkompenzace



# Sledování aktivity ANS pomocí SA HRV může pomoci zhodnotit kvalitu regenerace a stav regulativní a metabolické superkompence



+5

Sympatovagová rovnováha

Zotavení

Aktivita vagu

-5

+5

-5



+5



**Tělesná práce**

**Aktivita vagu**

-5

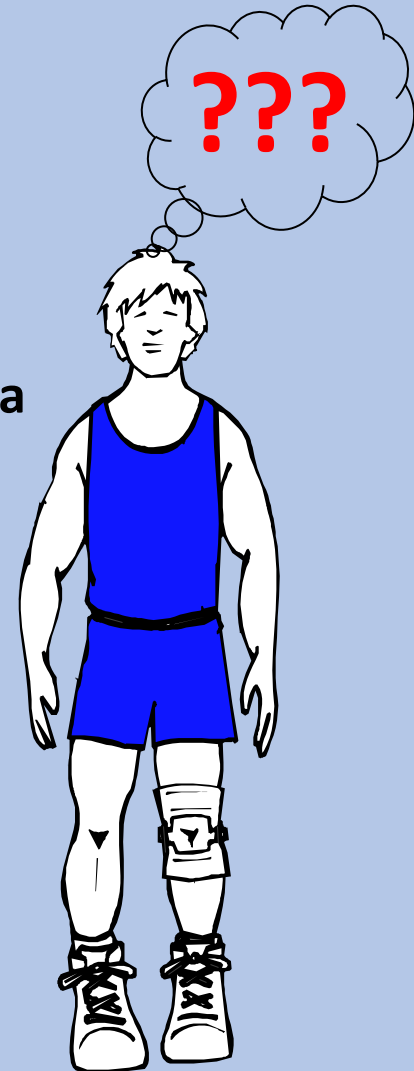
+5

**Sympatovagová rovnováha**

-5

# KLÍČOVÝ PROBLÉM OPTIMALIZACE SPORTOVNÍHO TRÉNINKU

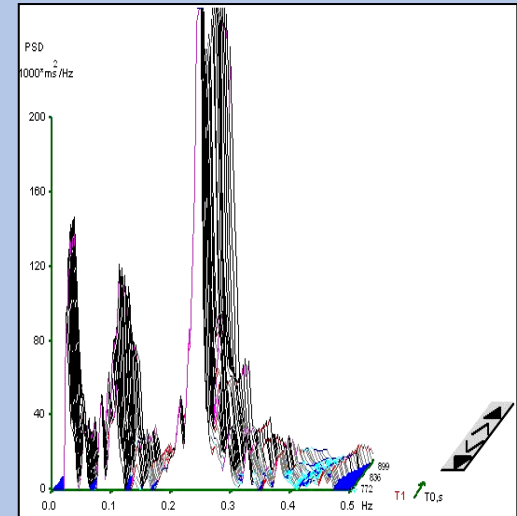
- časování („timing“) tréninku a zotavení
- optimalizace intenzity zatížení a trvání tréninkové jednotky
- optimalizace poměru mezi použitým objemem tréninku a kvalitou a trváním regenerace



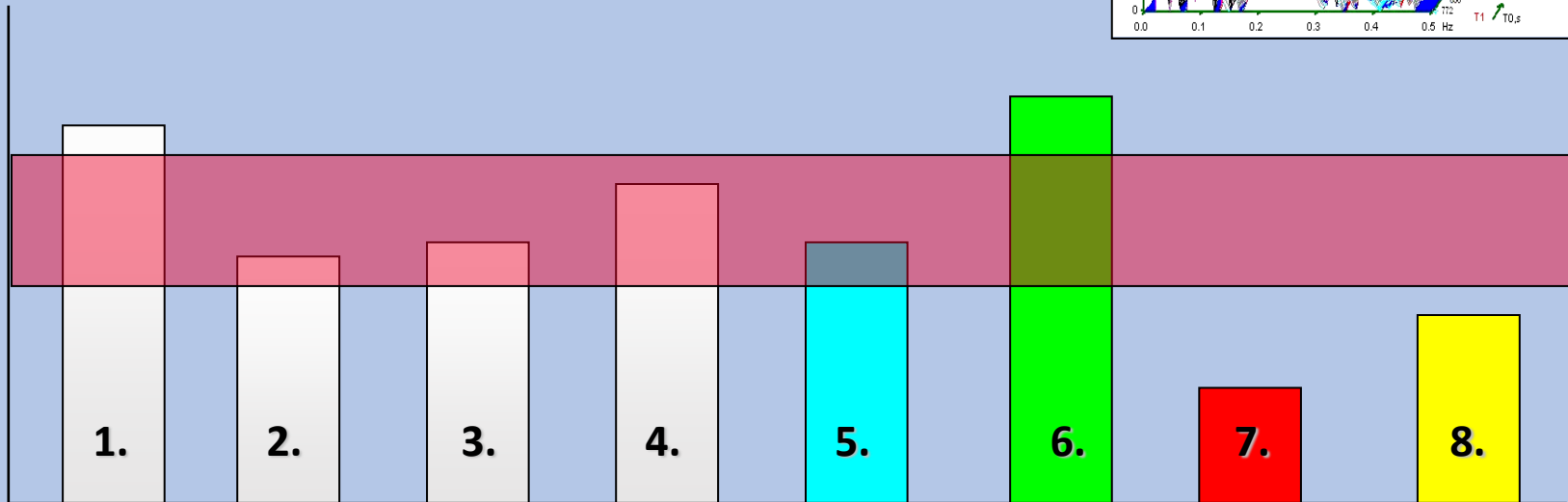
# Longitudinální vyšetření ANS

👉 mapa „profil“ aktivity ANS

👉 optimalizace



CS  
[body]

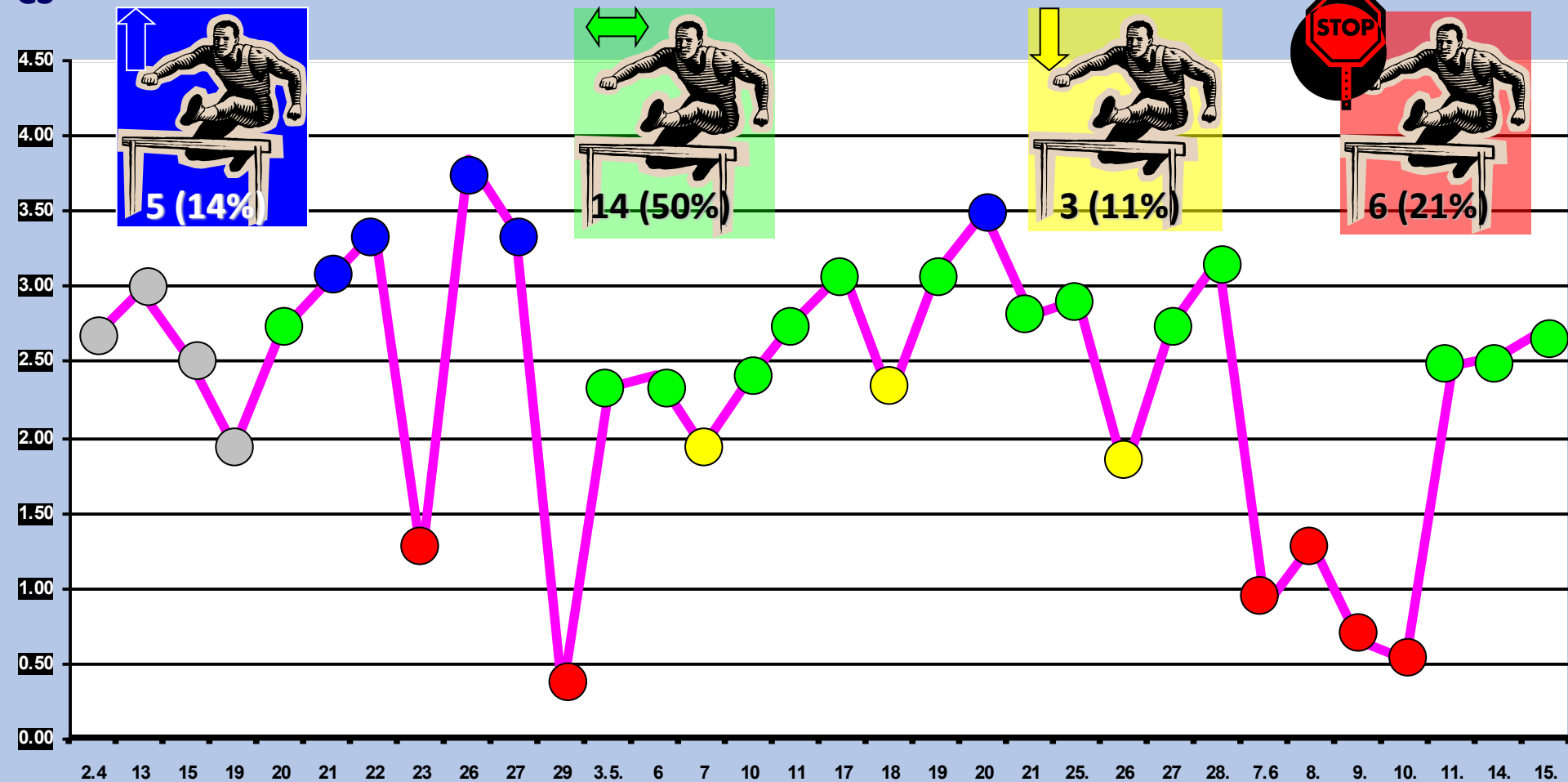


tréninkové jednotky

# PRAKTICKÁ UKÁZKA OPTIMALIZACE

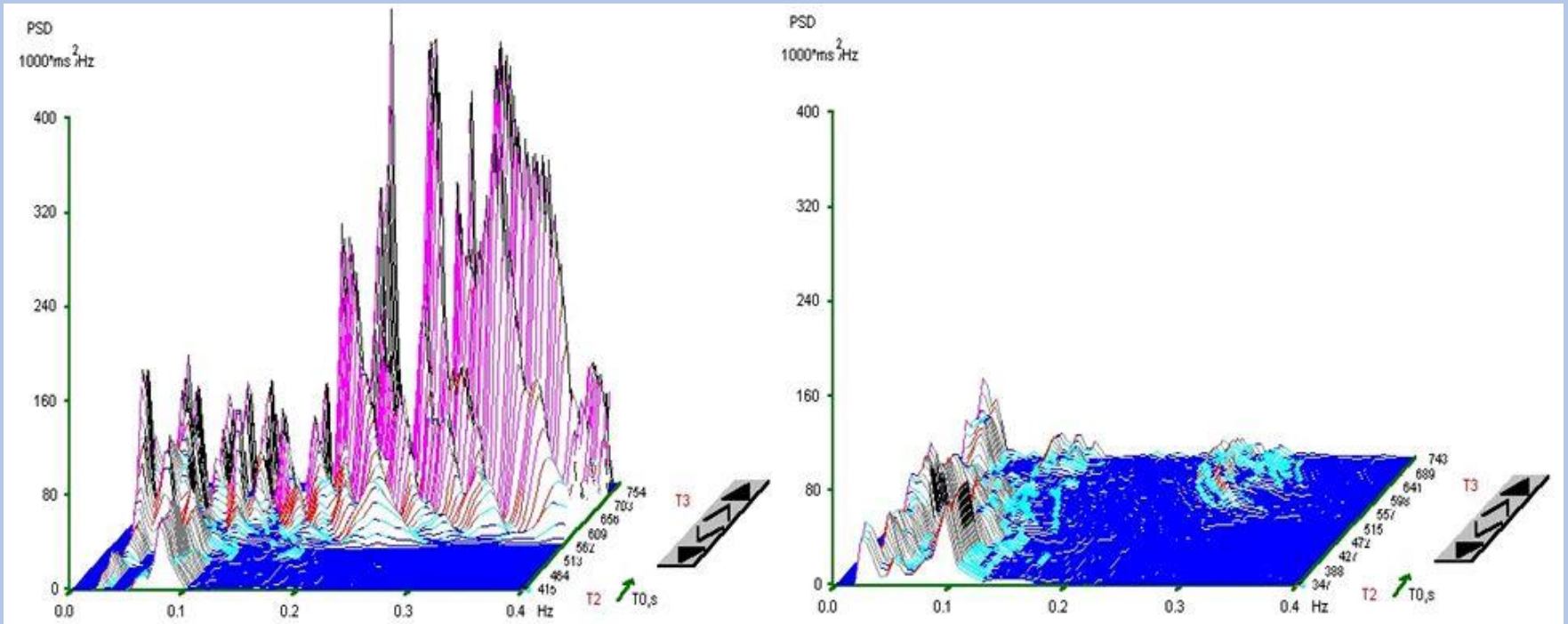
✓ muž 20 let; 400m překážek; 32 TJ (28 optimalizovaných)

CS



2.

# SA HRV jako nástroj pro **VÝBĚR** talentů

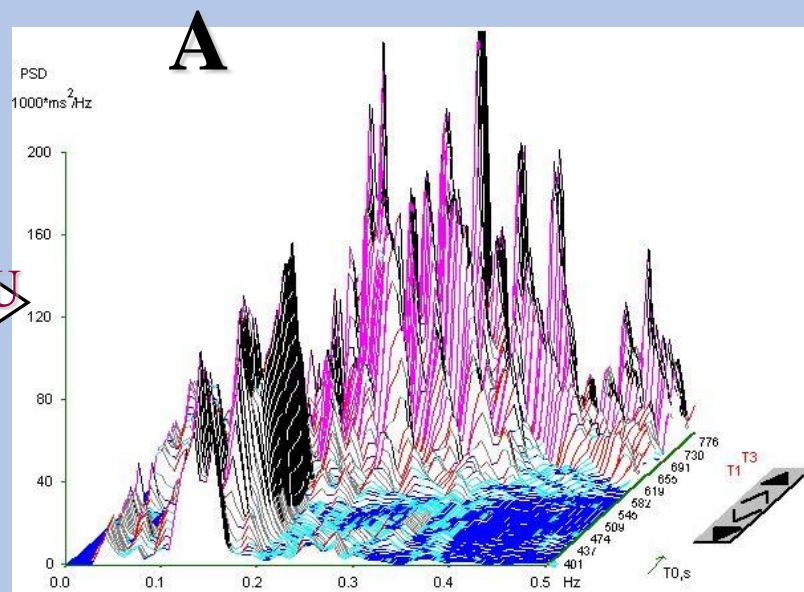




SF [tep.min<sup>-1</sup>]

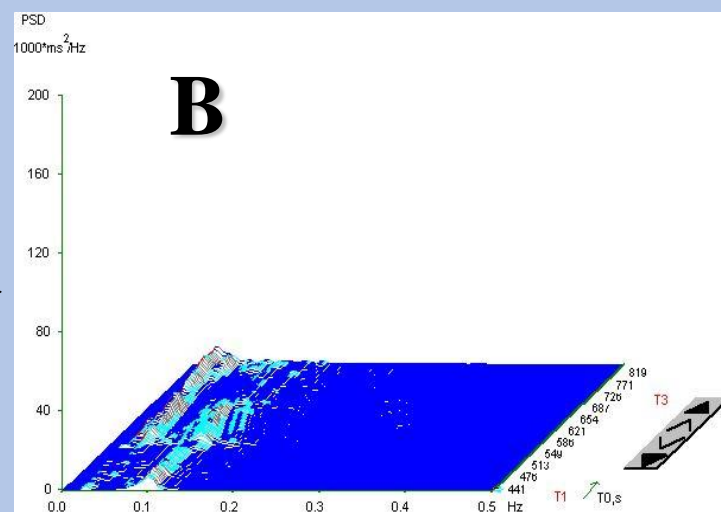
## Vyšší aktivita ANS

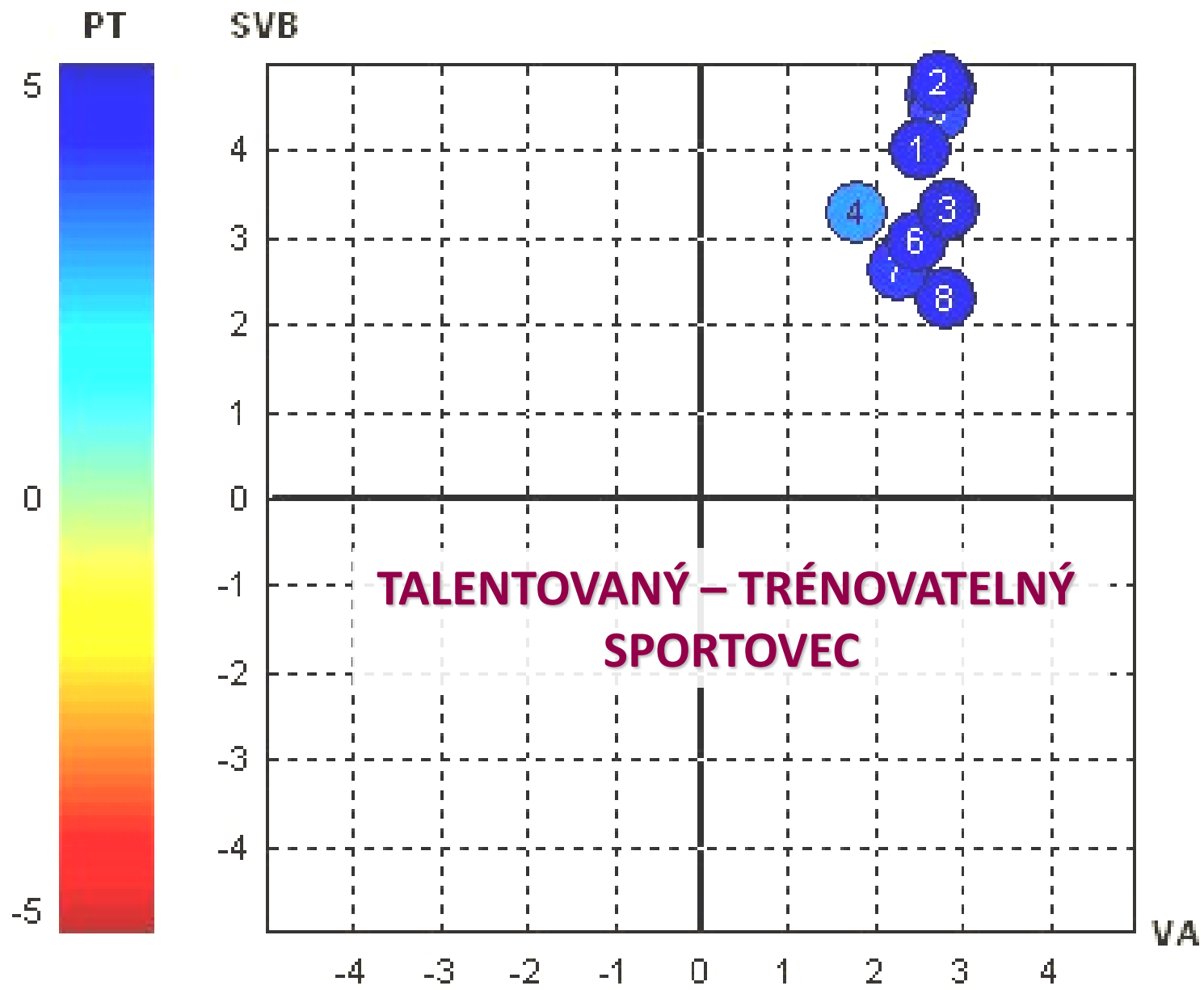
**VYSOKÁ TRÉNOVATELNOST  
A ODOLNOST HRÁČE VŮČI STRESU**



## Nižší aktivita ANS

**SNÍŽENÁ TRÉNOVATELNOST  
= REDUKOVANÁ VÝKONNOST**



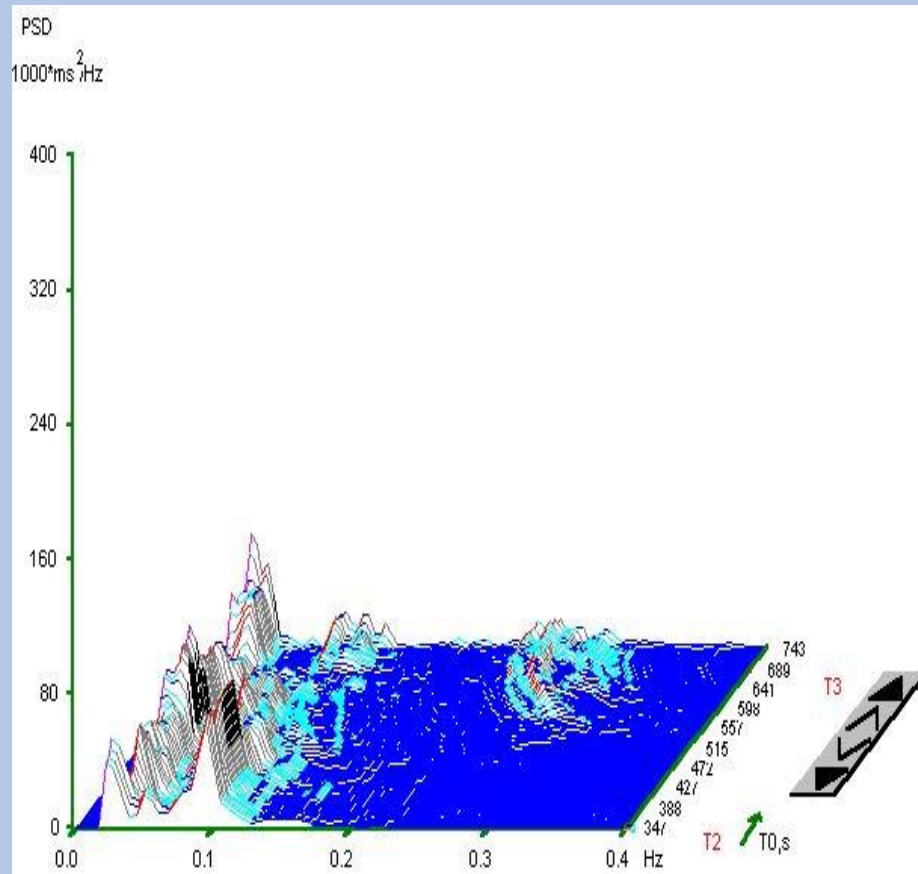


# Využití SA HRV ve sportovní oblasti

- ❑ Pro **optimalizaci zatížení** a *minimalizuje riziko vzniku přetížení nebo přetrénování*
- ❑ Pro **objektivní hodnocení** míry vnitřního zatížení organismu a *tím i aktuální tréninkové kapacity sportovce*
- ❑ Pro hodnocení **průběhu a kvality zotavení** a stanovení optimálního začátku tréninku („timing“ tréninku a zotavení).
- ❑ Při **výběru talentovaných** („trénovatelných“) sportovců nebo *nákupu* nových sportovních akvizic.
- ❑ Pro hodnocení **průběhu aklimatizace** při pobytu ve vyšší nadmořské výšce, časového posunu

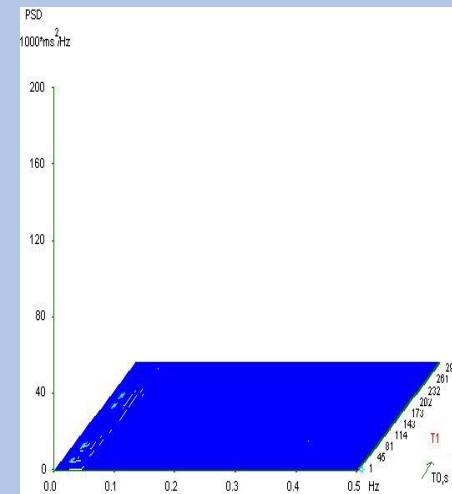
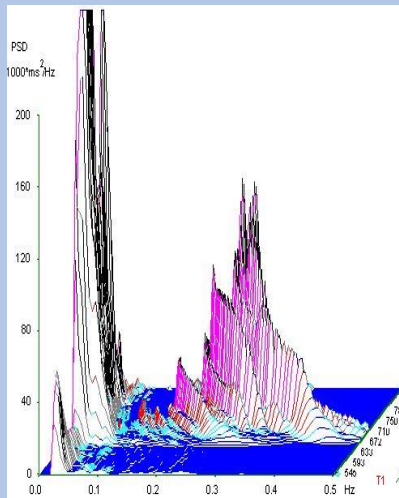
3.

# SA HRV jako nástroj pro indikaci PA u oslabených jedinců



# SA HRV a preskripce PA: VAGOVÝ PRÁH

definice, výpočet a možné využití v praxi

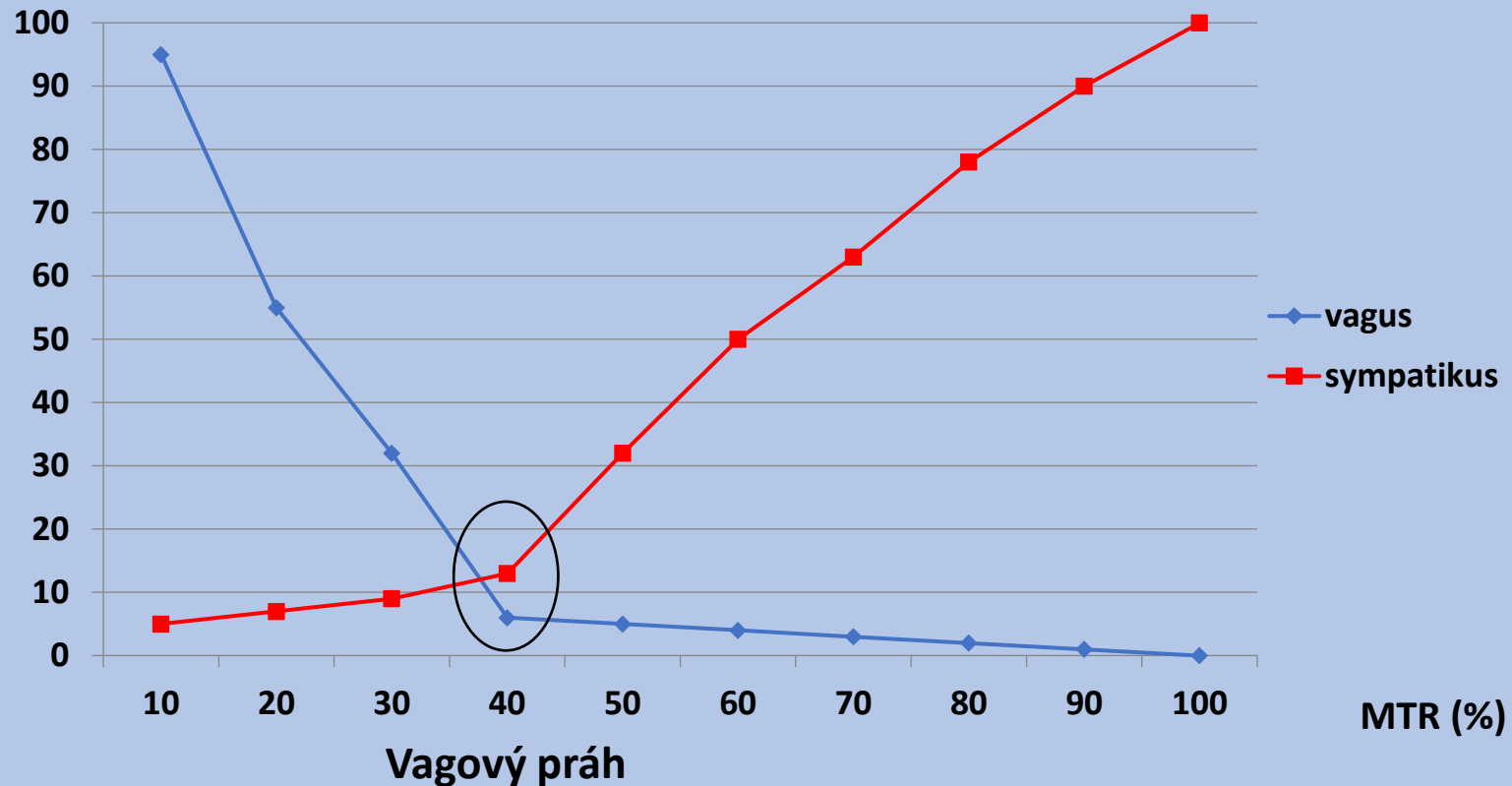


## TĚLESNÁ PRÁCE - ZMĚNY V AKTIVITĚ ANS

↑ srdeční frekvence + ↑ systolického objemu + ↑ kontraktility myokardu

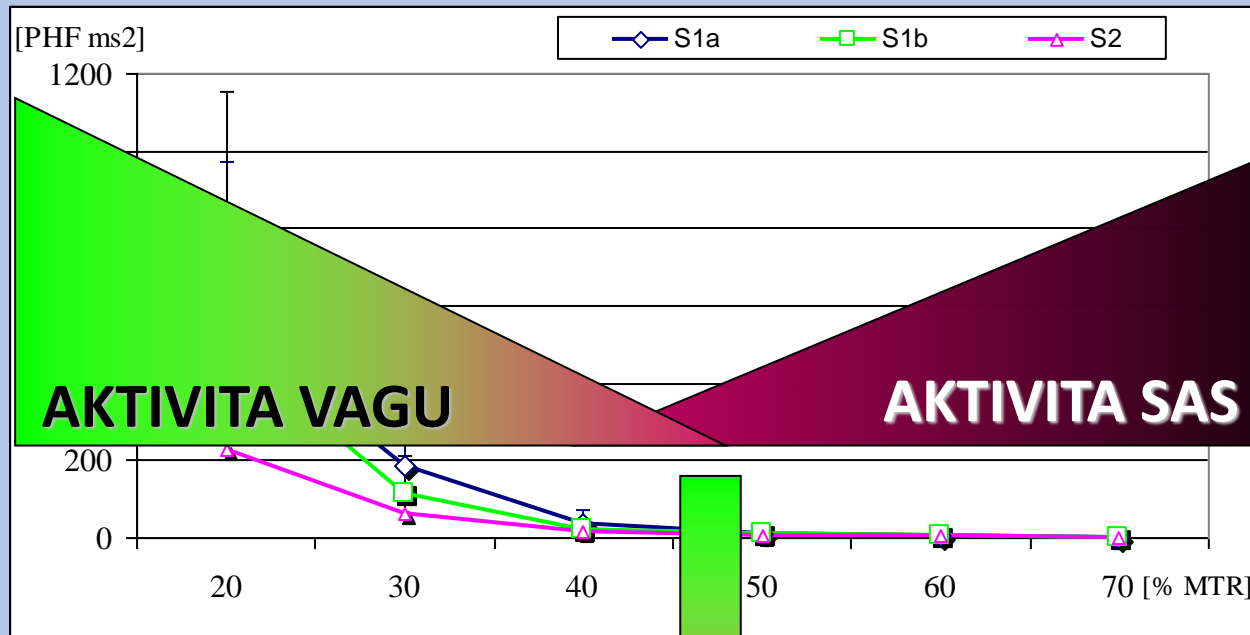
Krytí energetických požadavků pracujících svalů

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

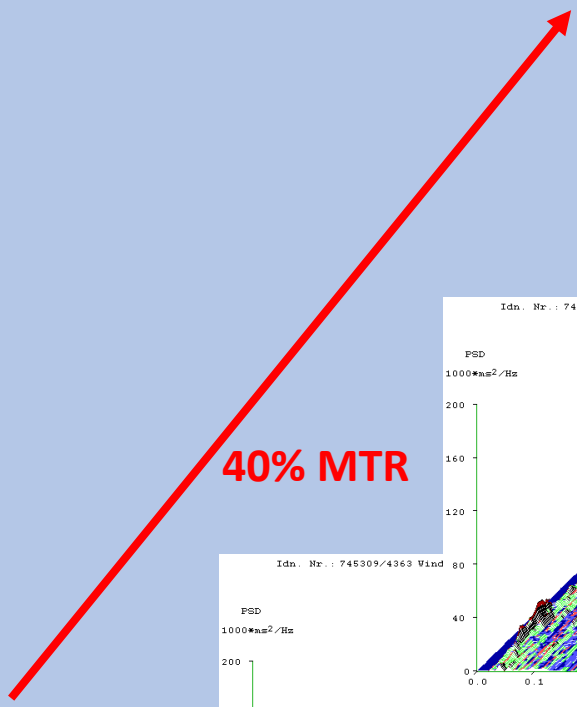


# PODÍL AKTIVITY VAGU NA REGULACI KVS

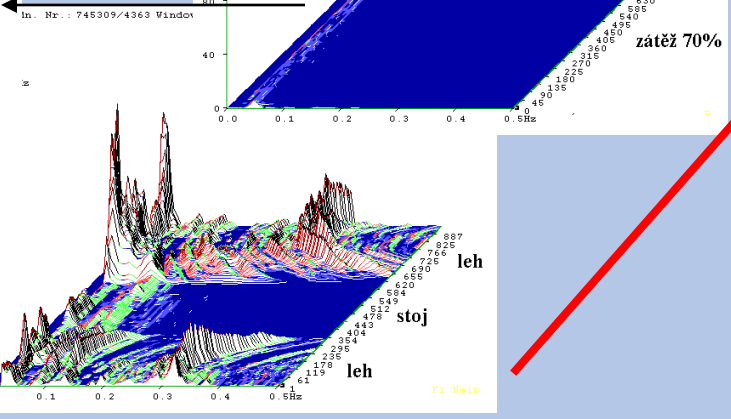
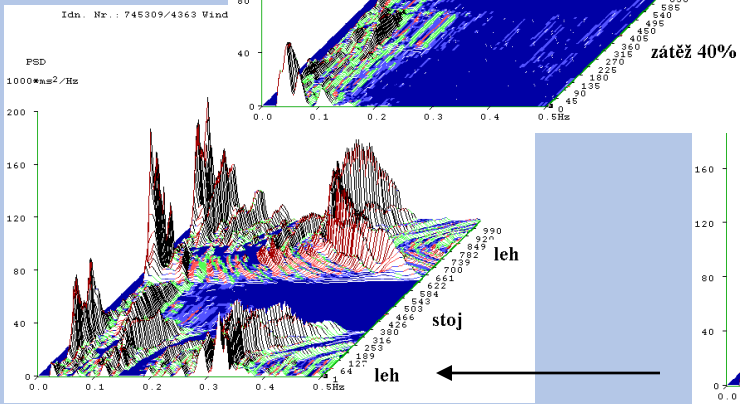
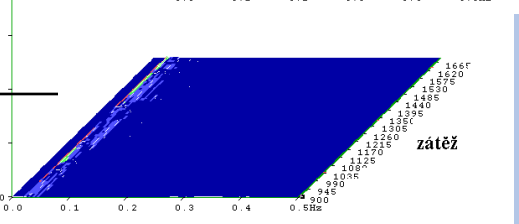
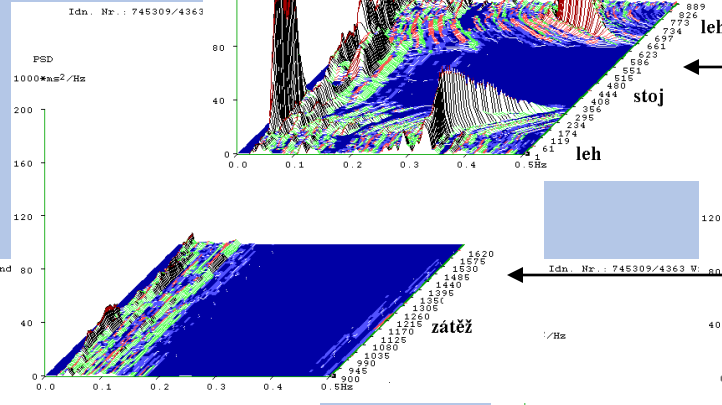
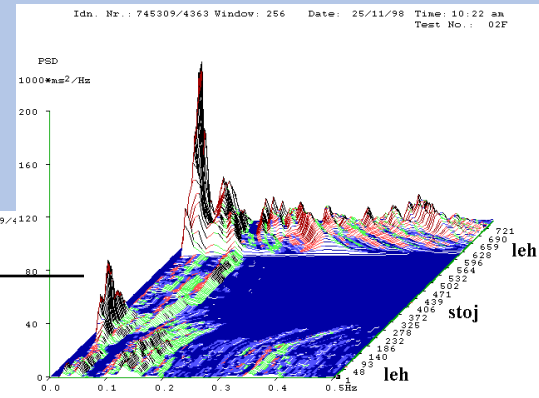
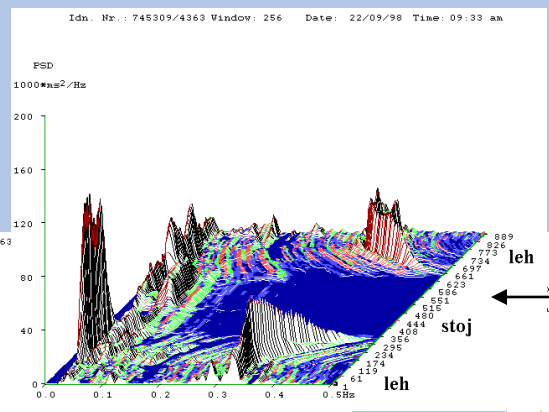
IZ 40 - 45 % MTR –  $T_{VA}$  : není závislý na věku ani pohlaví



40-45 % MTR = bezpečná IZ



**40% MTR**



**70% MTR**

