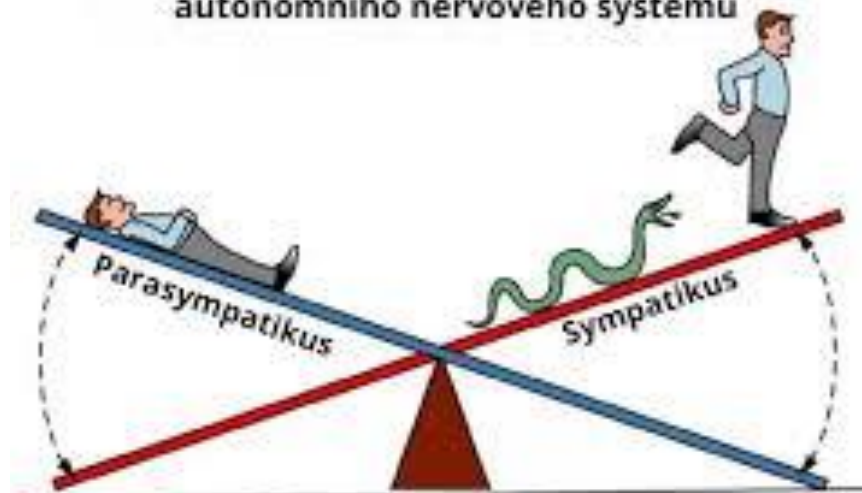


Autonomní nervový systém

Homeostáza je dynamická rovnováha mezi větvemi autonomního nervového systému



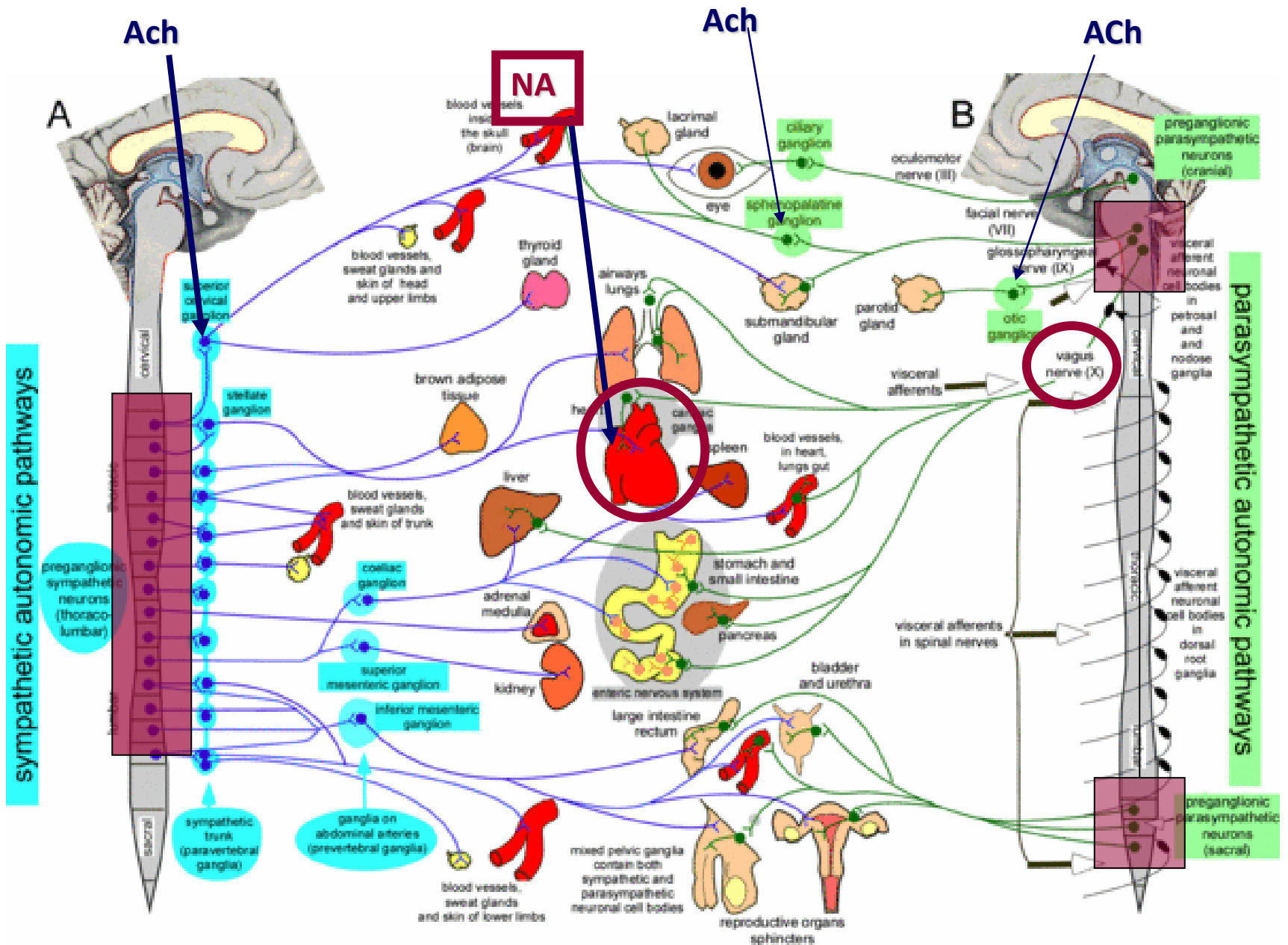
Odpočinek a zažívání:
Převládá aktivita
parasympatiku.

Bojuj nebo uteč:
Převládá aktivita
sympatiku.

thorakolumbální

Periferní části ANS

kraniosakrální



ANS řídí činnost

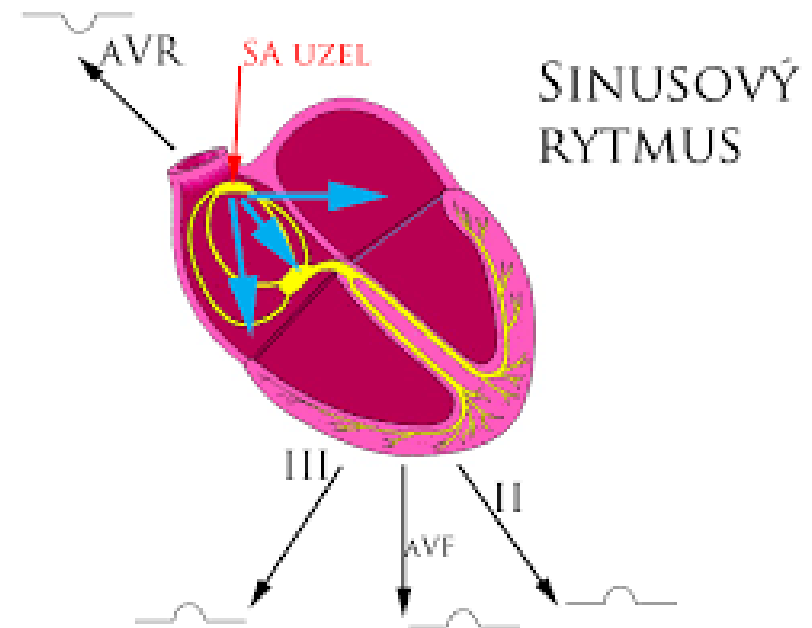
1. hladkého svalstva, které je většinou ve stěnách dutých orgánů
(v děloze, cévách, trávicím ústrojí a v močovém měchýři)
2. srdce a žláz

- sympatikus
- parasympatikus (vagus)

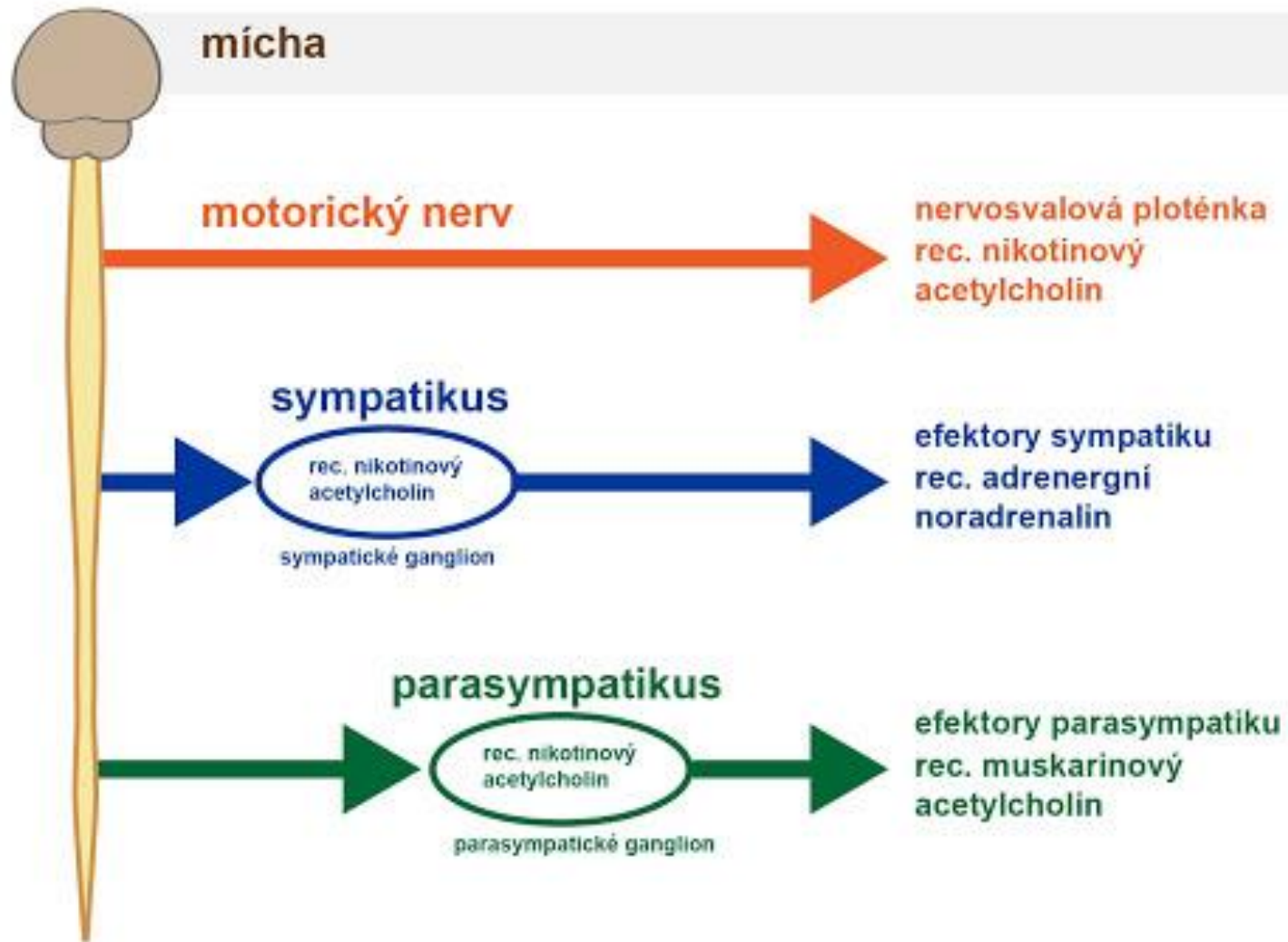


působení je většinou opačné (antagonistické)

např. sympatikus zrychluje srdeční frekvenci
parasympatikus zpomaluje srdeční frekvenci



Mediátory ANS



Aktivita ANS pod výrazným vlivem dědičnosti

- Vysvětluje to 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

Genetics: The Science of Heredity



DNA molecule

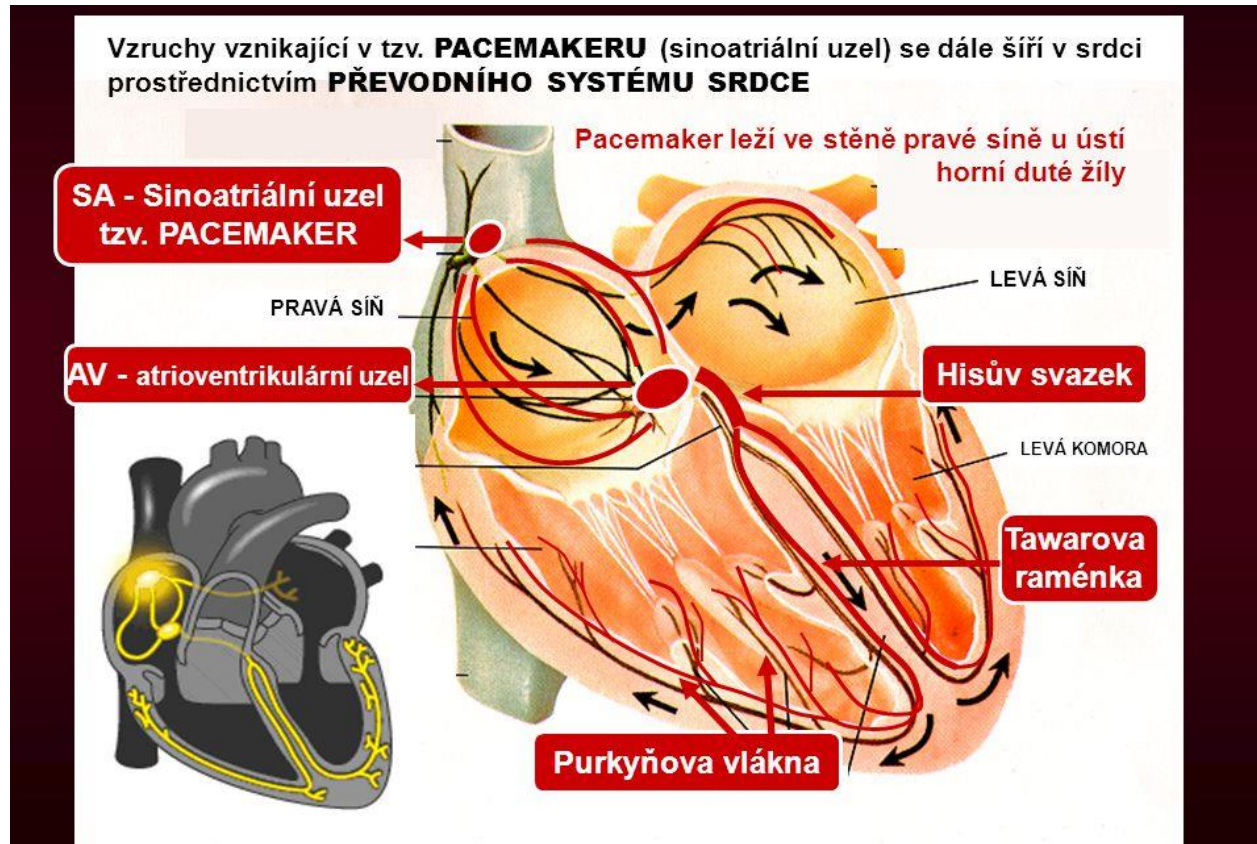
Genetics:
The Science of
Heredity

EXIT

?

MENU

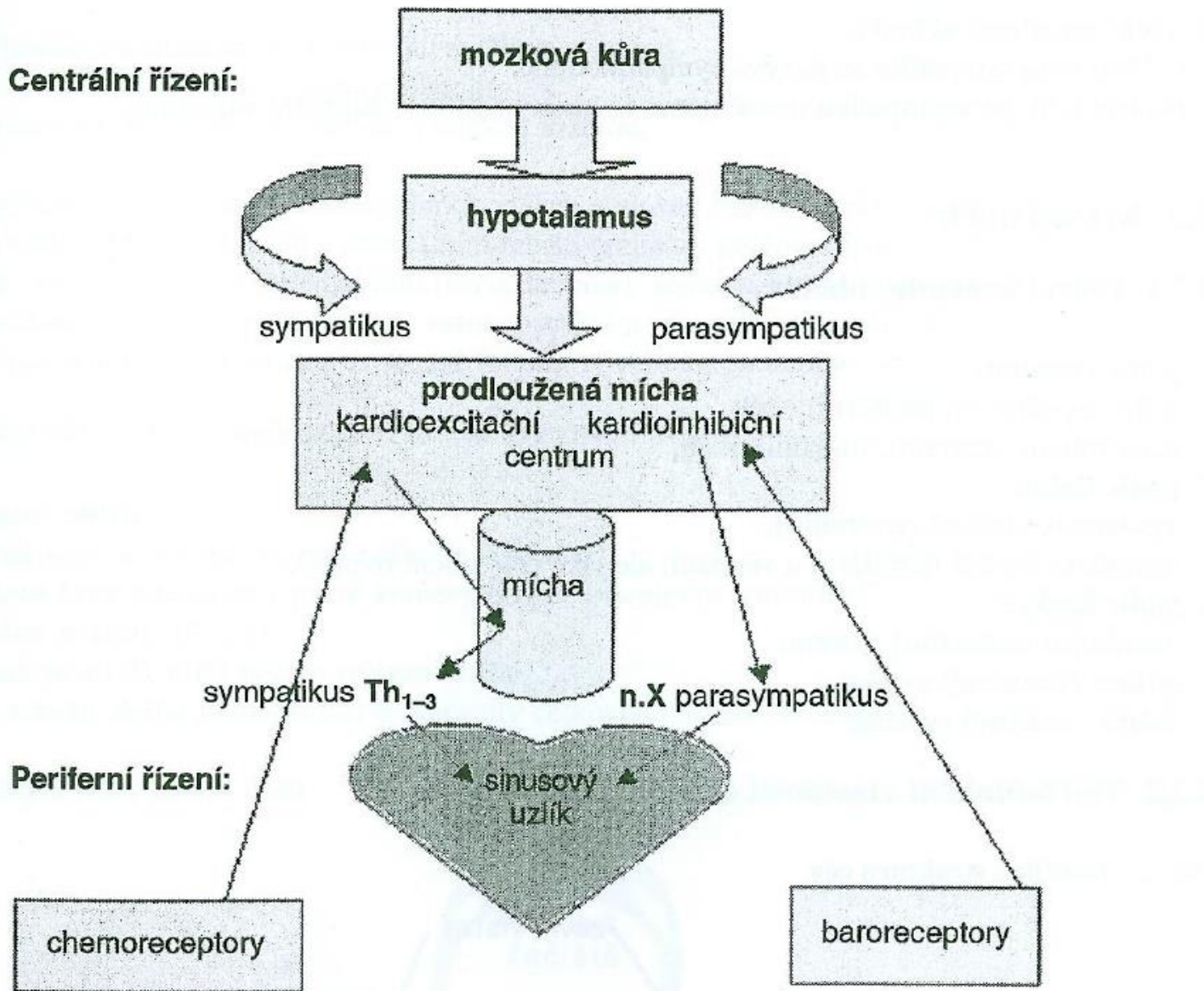
ANS A PŘEVODNÍ SYSTÉM SRDCE



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

Centrální řízení:



- glomus caroticum
- paraganglion supracardiale
↓ pO₂ → ↑ SF (Q)

- srdeční síně
- arteriální (aorta, sinus caroticus)
↑ TK → ↑ tonu kardioinhibičního centra → ↓ SF



Autonomní řízení srdeční činnosti

SYMPATIKUS



Minutový srdeční objem

Tepová frekvence

Krevní tlak

**BOJ, ÚTĚK
STRES**

PARASYMPATIKUS



Minutový srdeční objem

Tepová frekvence

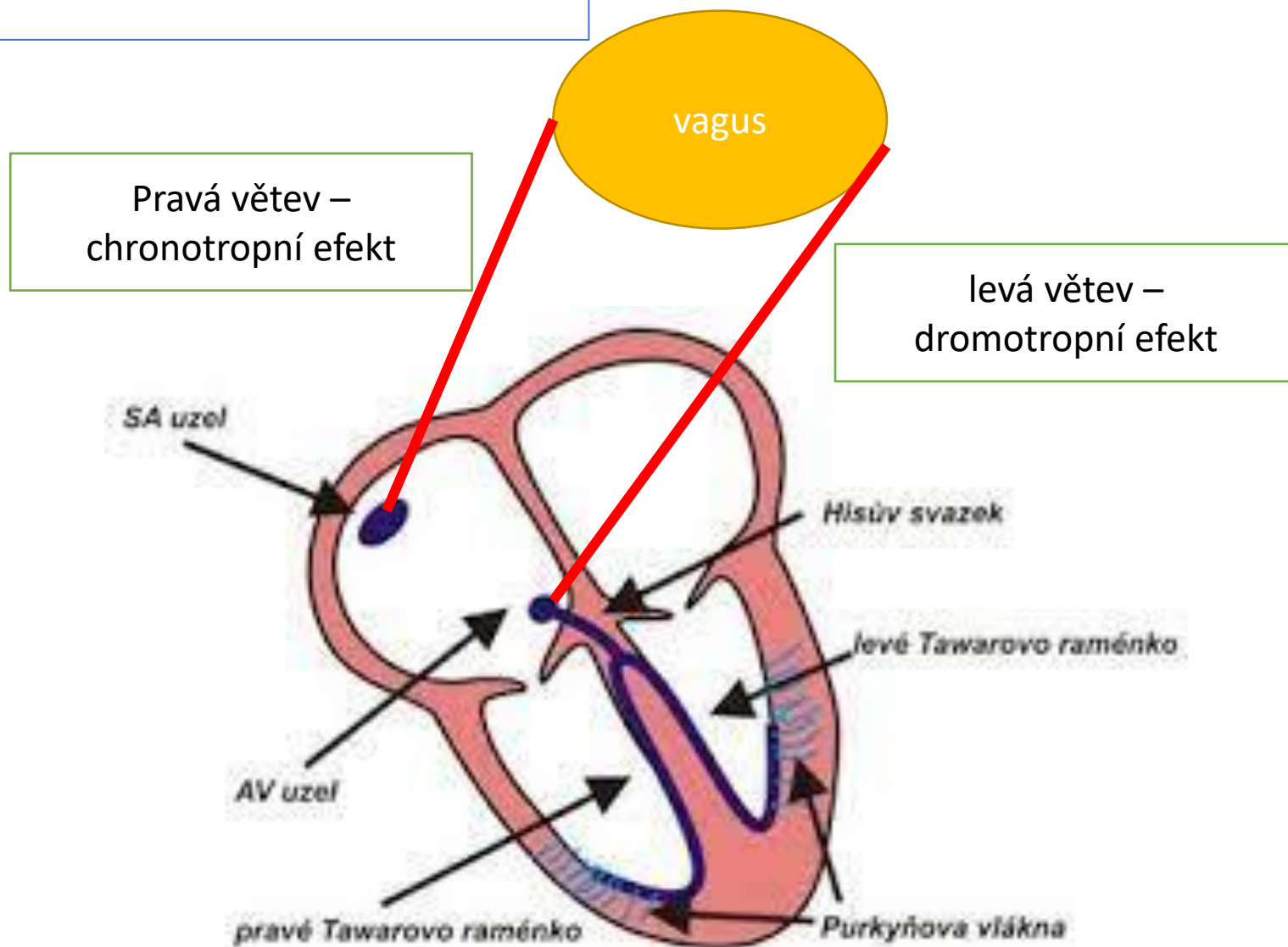
Krevní tlak

**ODPOČINEK
TRÁVENÍ**



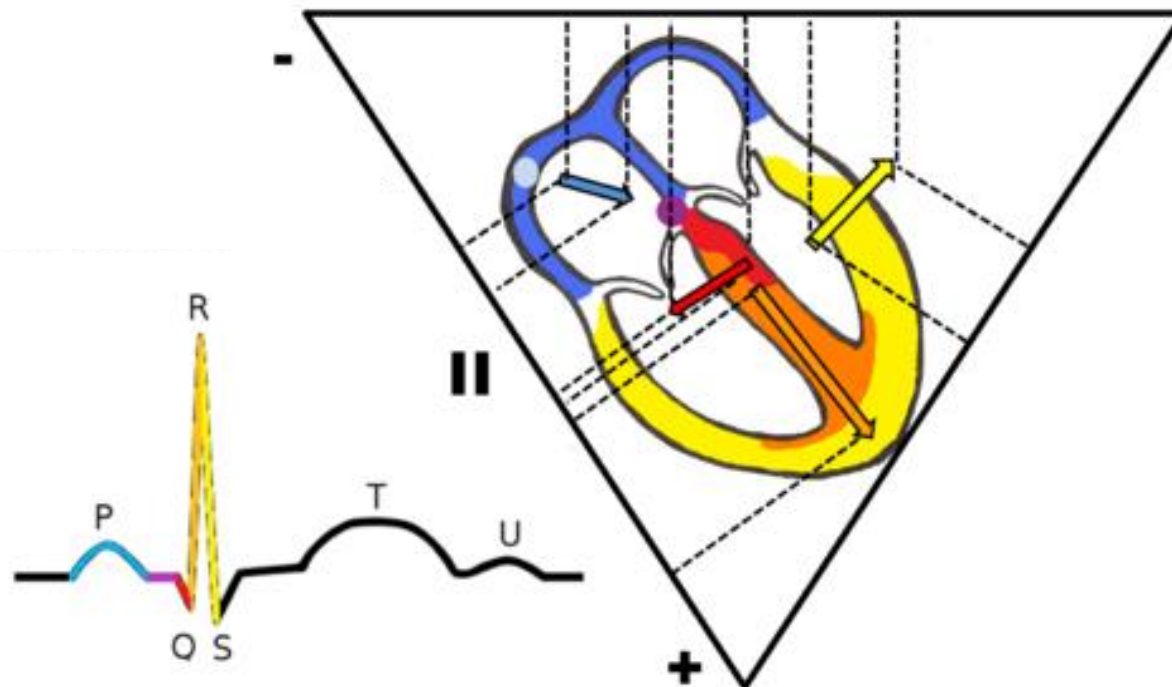
Mechanismus regulace srdeční činnosti
prostřednictvím sympatiku a parasympatiku

Řízení srdeční činnosti



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

α_1 ; α_2 ; β_1 ; β_2



REDISTRIBUCE KRVE

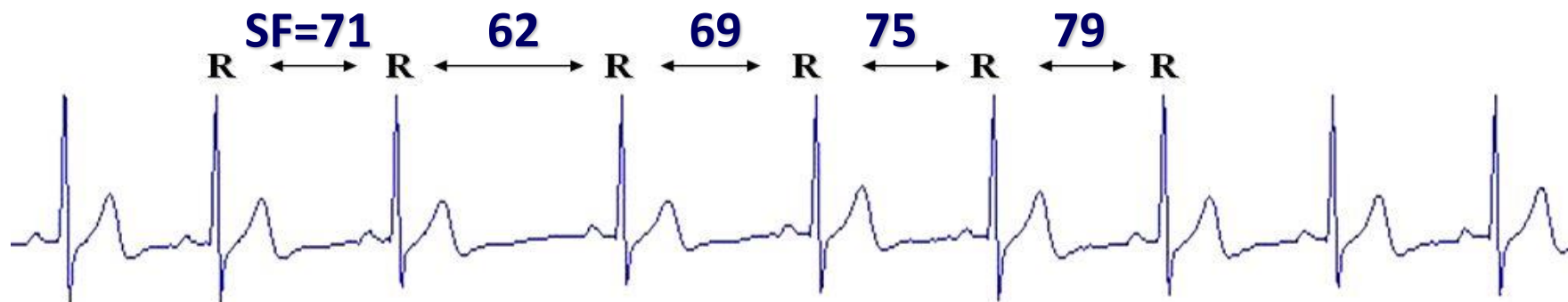
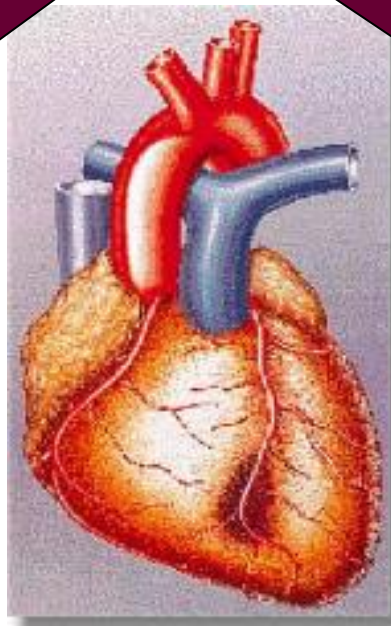
↑↑↑ METABOLISMU

PERIFERNÍ ODDÍLY ANS

SYMPATIKUS

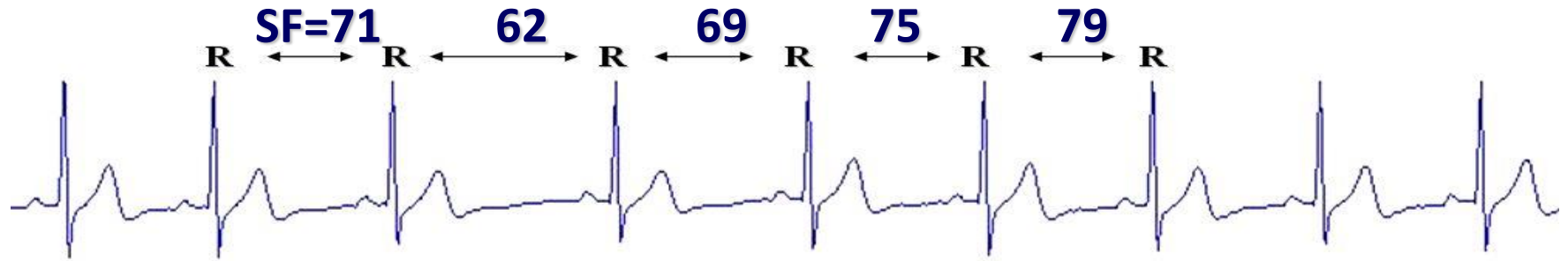
PARASYMPATIKUS

(n.vagus)



VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE (VVF)

VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE (VSF)



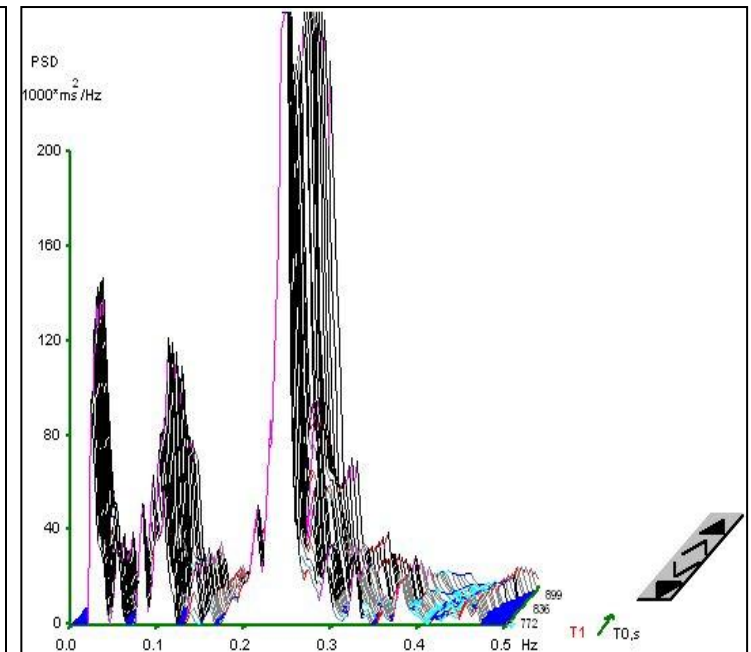
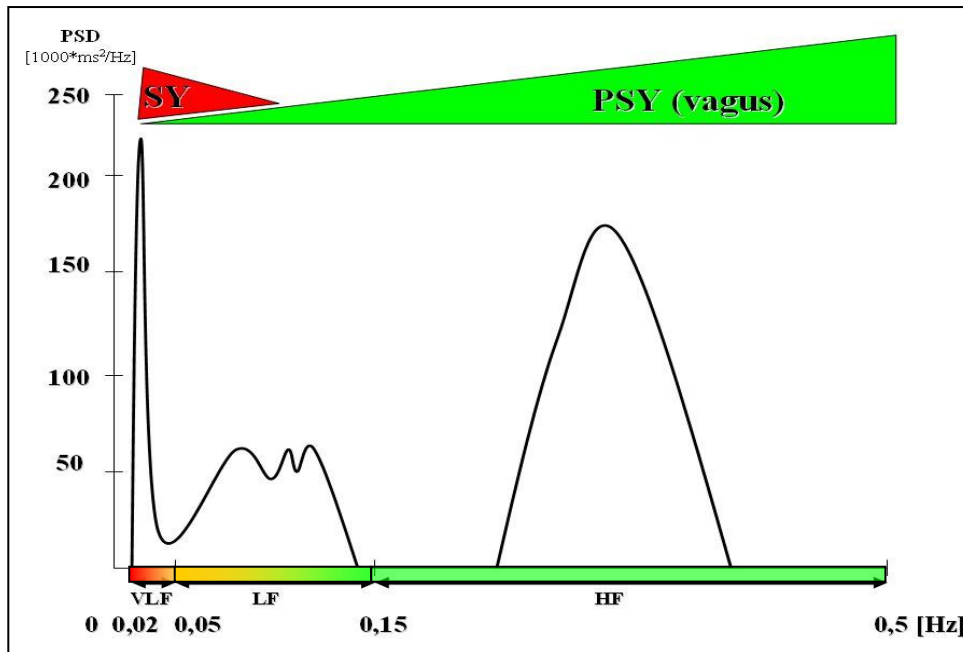
- o **VSF** – změny v SF na úrovni po sobě jdoucích tepů - **RR**
- o **VSF** – reflektuje regulační funkci ANS
– výsledek zejména respiračně vázané aktivity vagu

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



Faktory ovlivňující aktivitu ANS

↓ únava

↓ přetížení, přetrénování

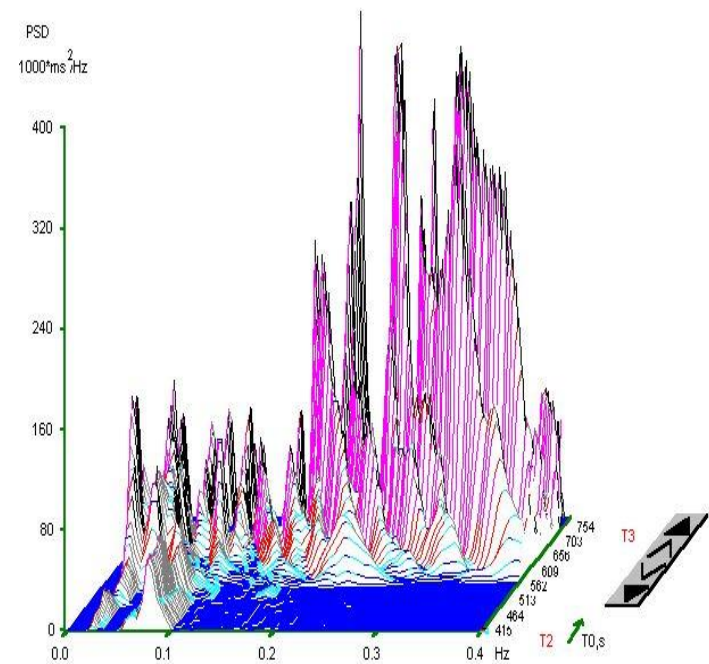
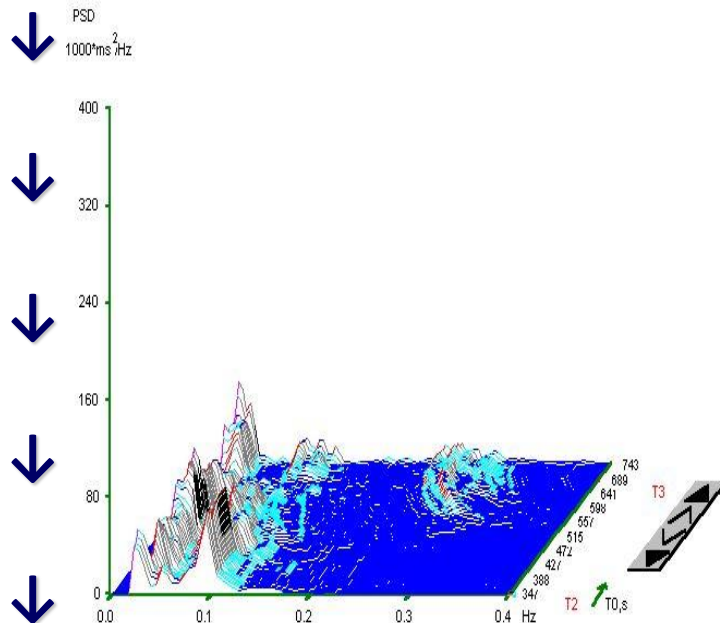
↓ onemocnění (DM II, IM, obezita, ↑TK)

↓ spánková deprivace

↑ spánek

↑ zdravý životní styl

↑ pohybová aktivita



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)

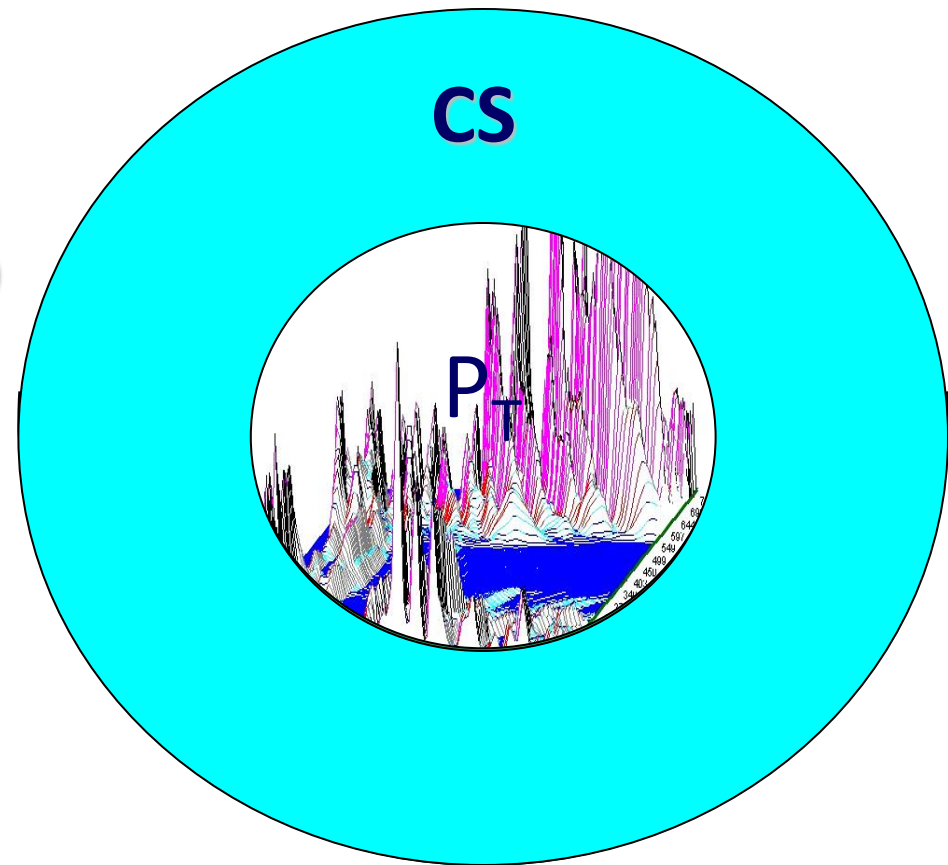
(od -2 do 2 bodů)

o **celkového skóre** (CS)

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

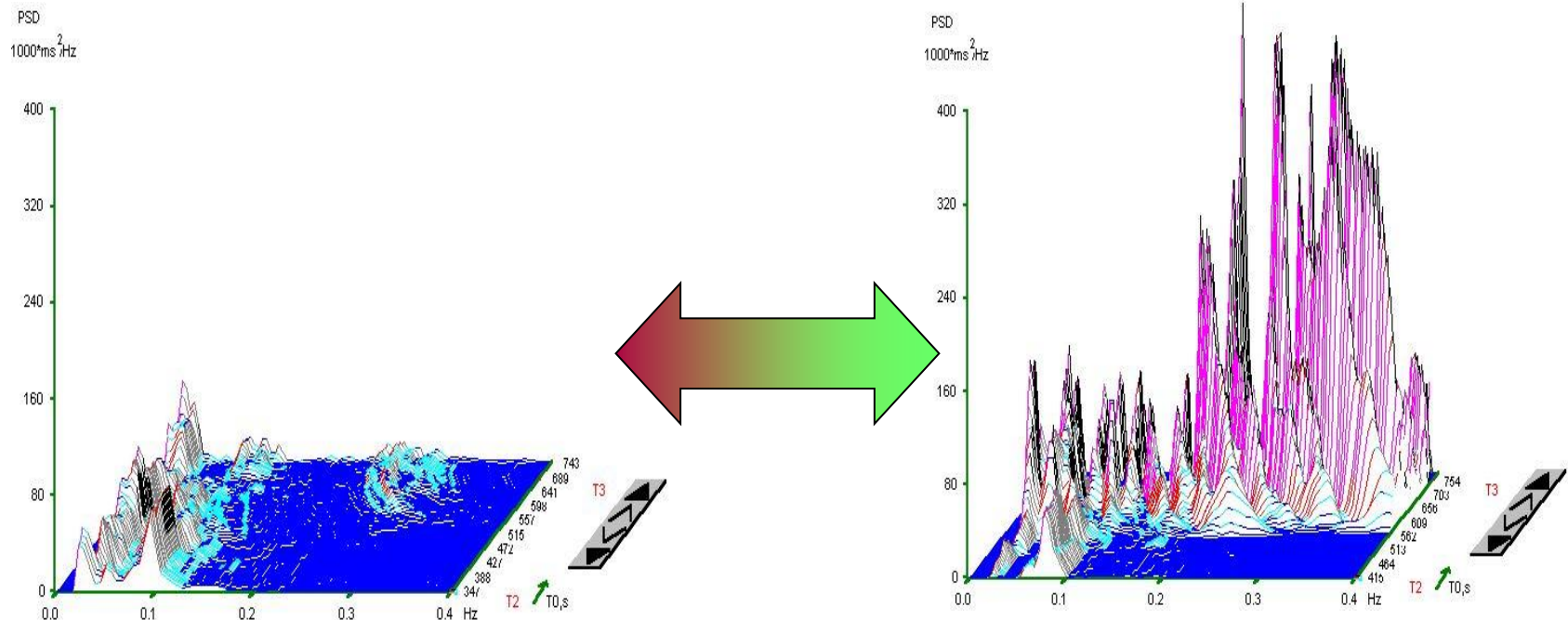
o **celkový spektrální výkon** (PT)

(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**.

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

Analýza provedena 23.1.2009 11:06:50

Poloha1: interval 2

Poloha2: interval 3

Celkový spektrální výkon variability srdeční frekvence je zvýšený.

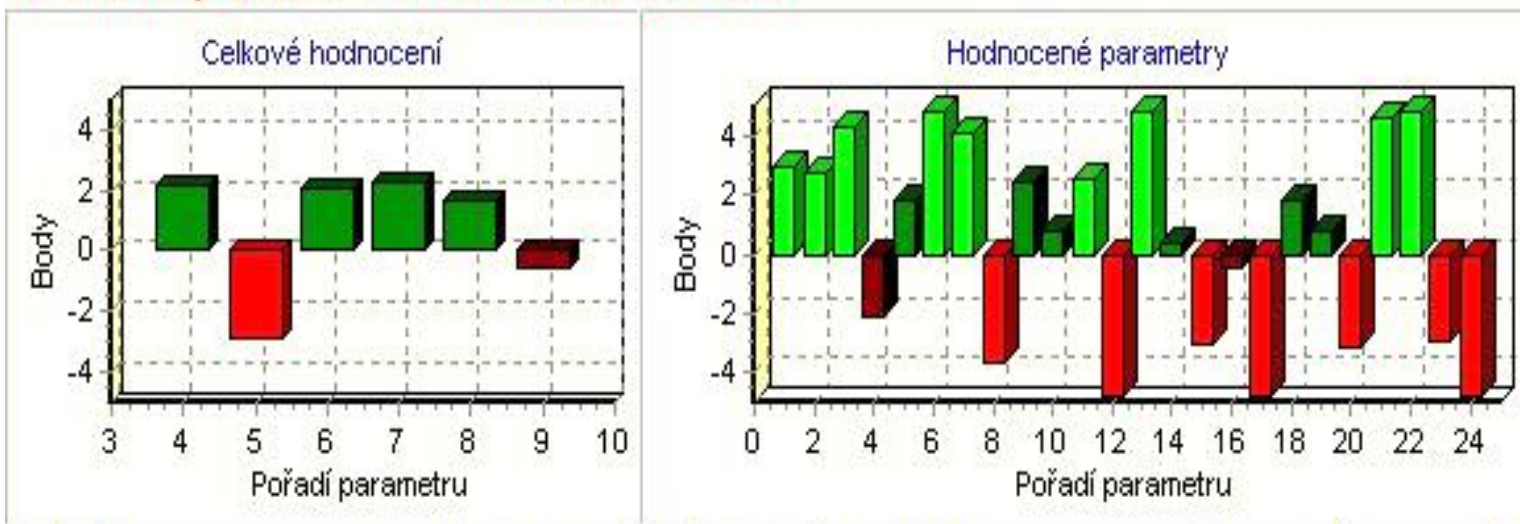
Aktivita vagu v lehu je zvýšená, po postavení odpovídá věku.

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

Výkonnost baroreceptorů po postavení je normální.

Homogenita naměřených dat je redukovaná.

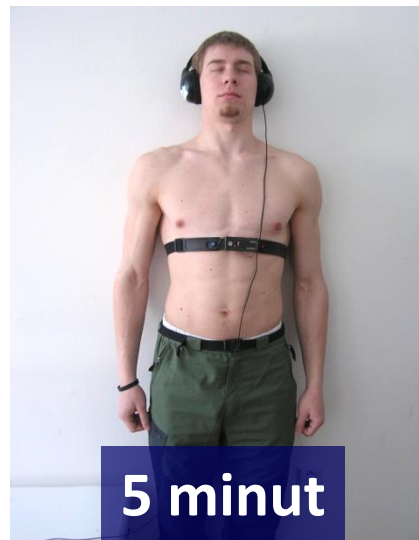
Funkční věk je vzhledem ke kalendářnímu věku nižší.



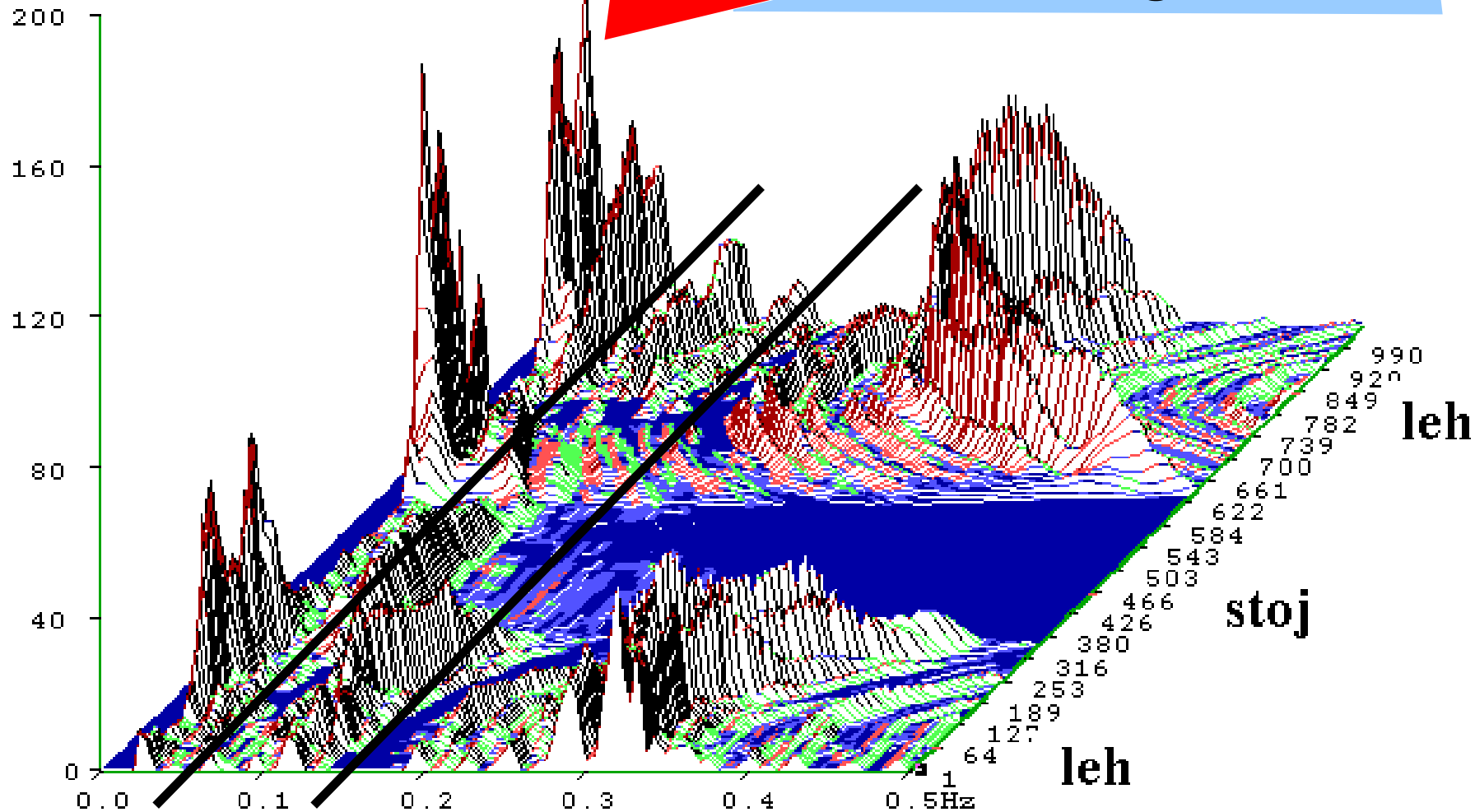
1	Věk	33.3333	Celkové spektrum		
2	Funkční věk	25.3118	1	TotPwr	2.97 (*)
3	Rozdíl	-8.0215	Ukazatele vagotonie - klid		
4	Celk. skóre	2.1240	2	F1	2.78 (*)
5	Homogenita	-2.8494	3	L_HF	4.24 (*)
6	Vagotonie	2.0345	Ukazatele vagotonie - stimulace		
7	S-V balance	2.2942	4	F2	-2.09 ()
8	Baroreceptory	1.6598	5	F3	1.75 ()
9	Ostatní	-0.5313	Ukazatele S-V balance - klid		

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)

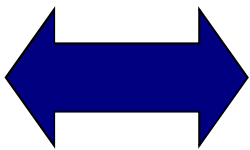
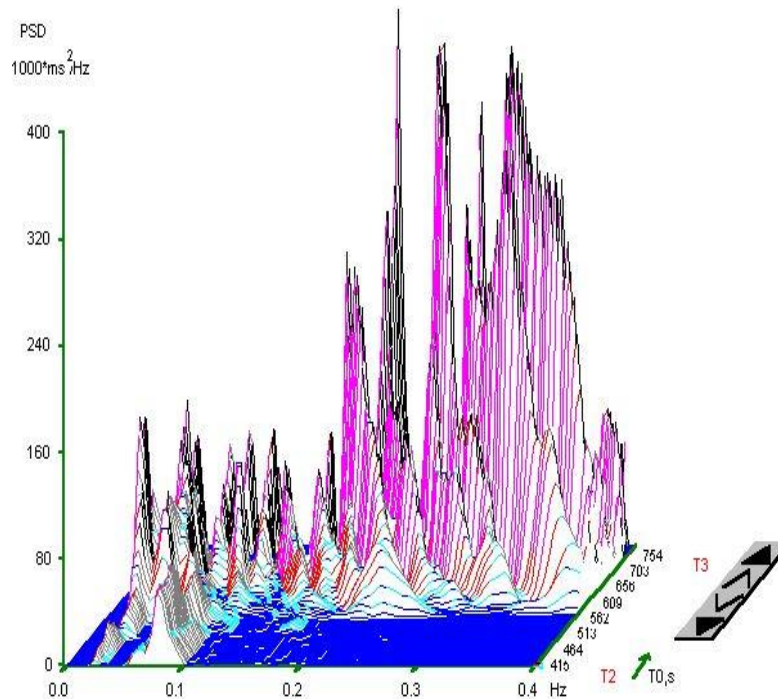
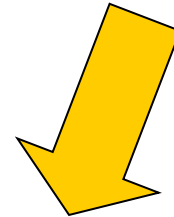


PSD
1000*ms²/Hz



1.

SA HRV jako nástroj OPTIMALIZACE ZATÍŽENÍ



Tréninkové zatížení



**sportovní
výkonnost**

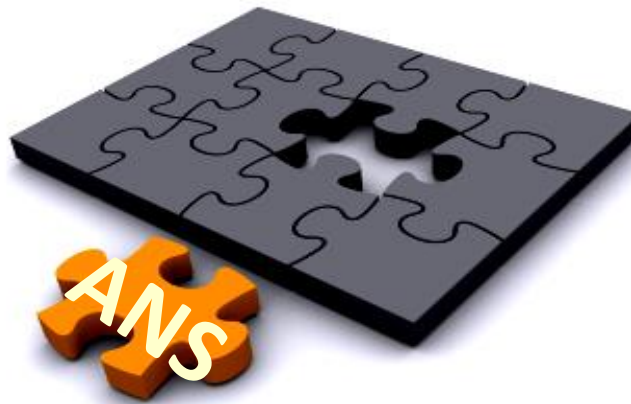
zotavení

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)

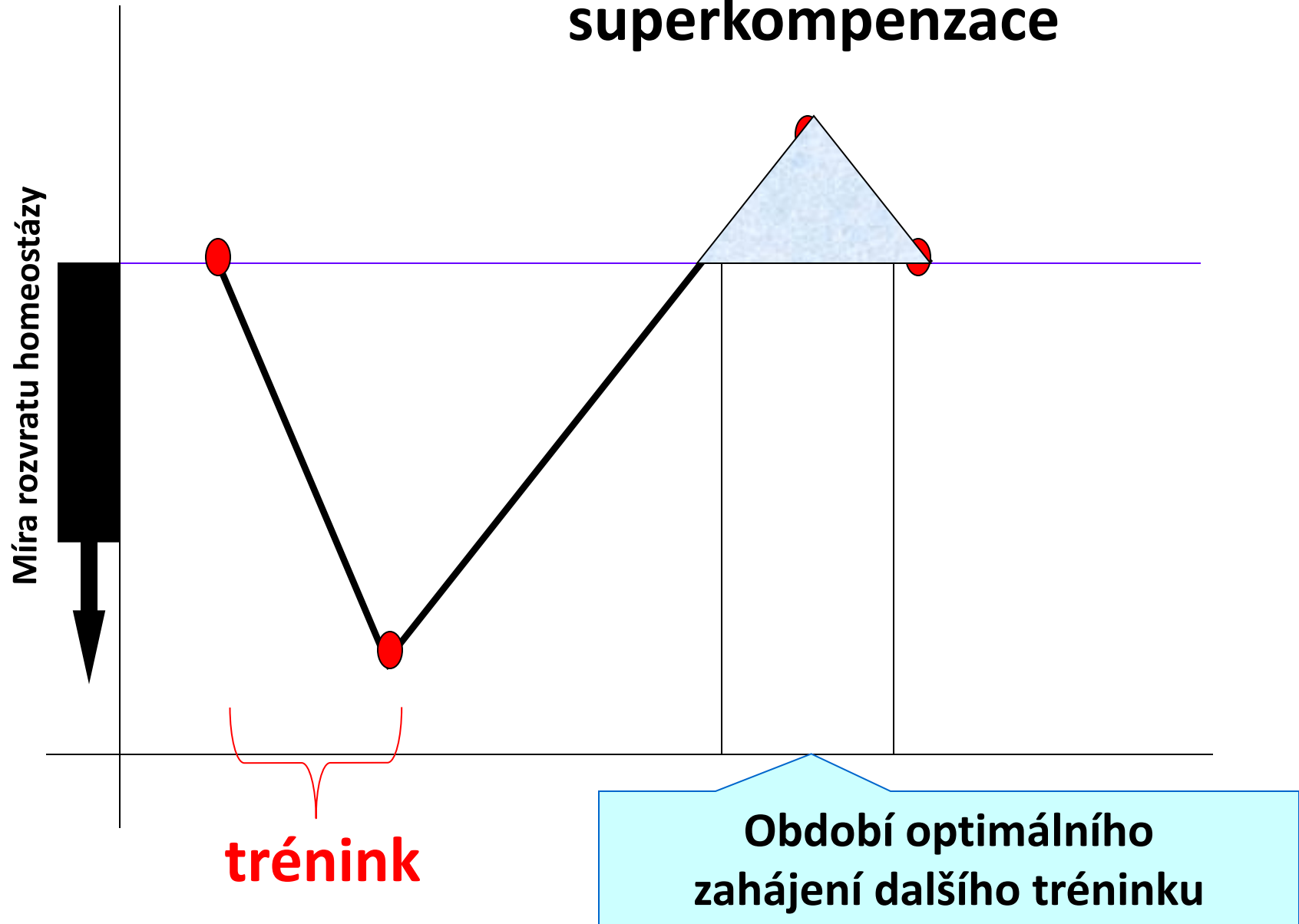
- Narušení buněčné homeostázy
- Iniclace fyziologické odpovědi → úprava
- Fáze superkompenzace

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

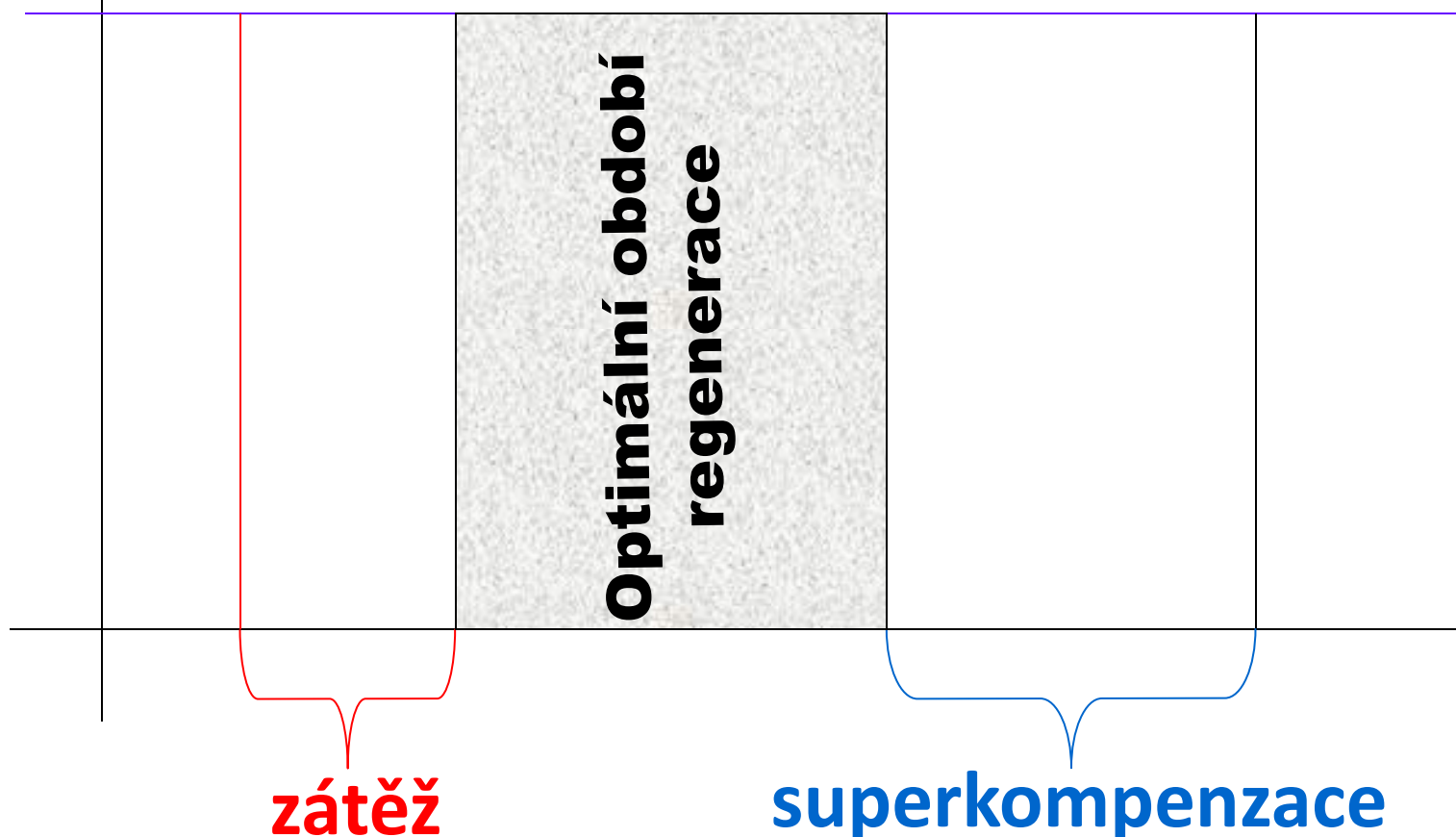


(TRÉNINKOVÝ EFEKT)

superkompenzace



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



+5

Sympatovagová rovnováha

Zotavení

Aktivita vagu

-5

+5

-5



+5



Tělesná práce

Aktivita vagu

-5

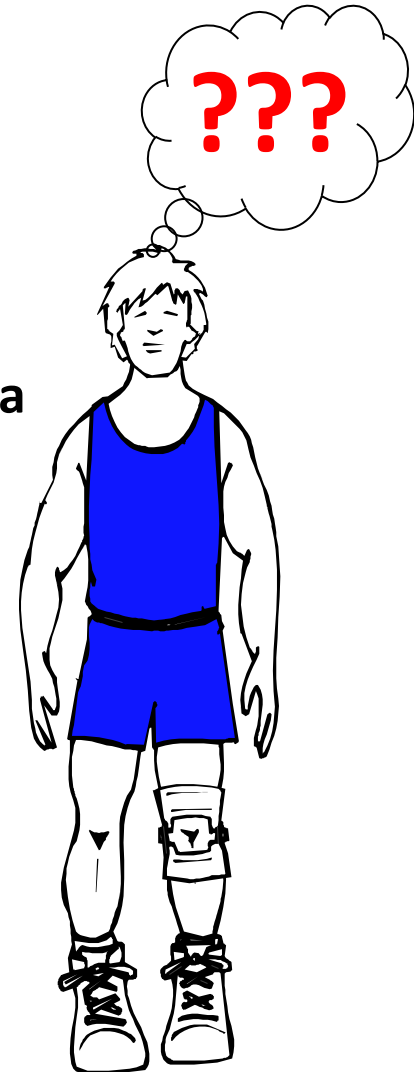
+5

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

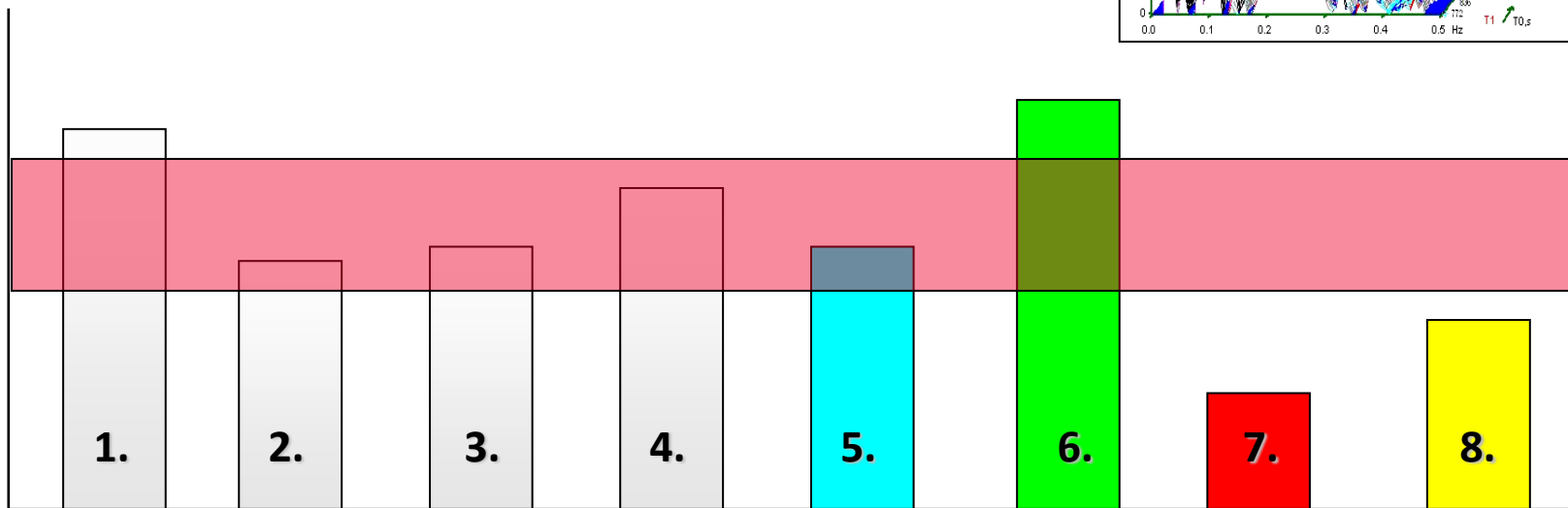


Longitudinální vyšetření ANS

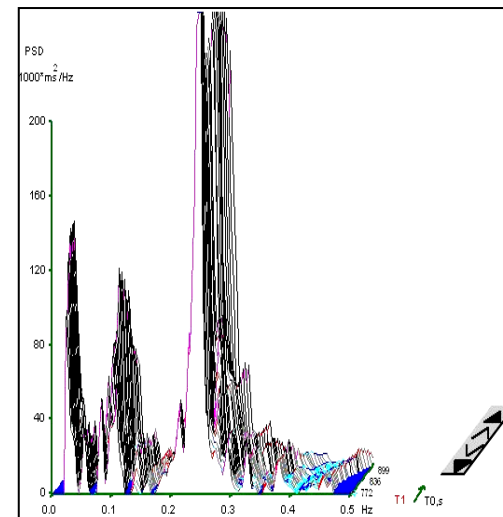
☞ mapa „profil“ aktivity ANS

☞ optimalizace

CS
[body]



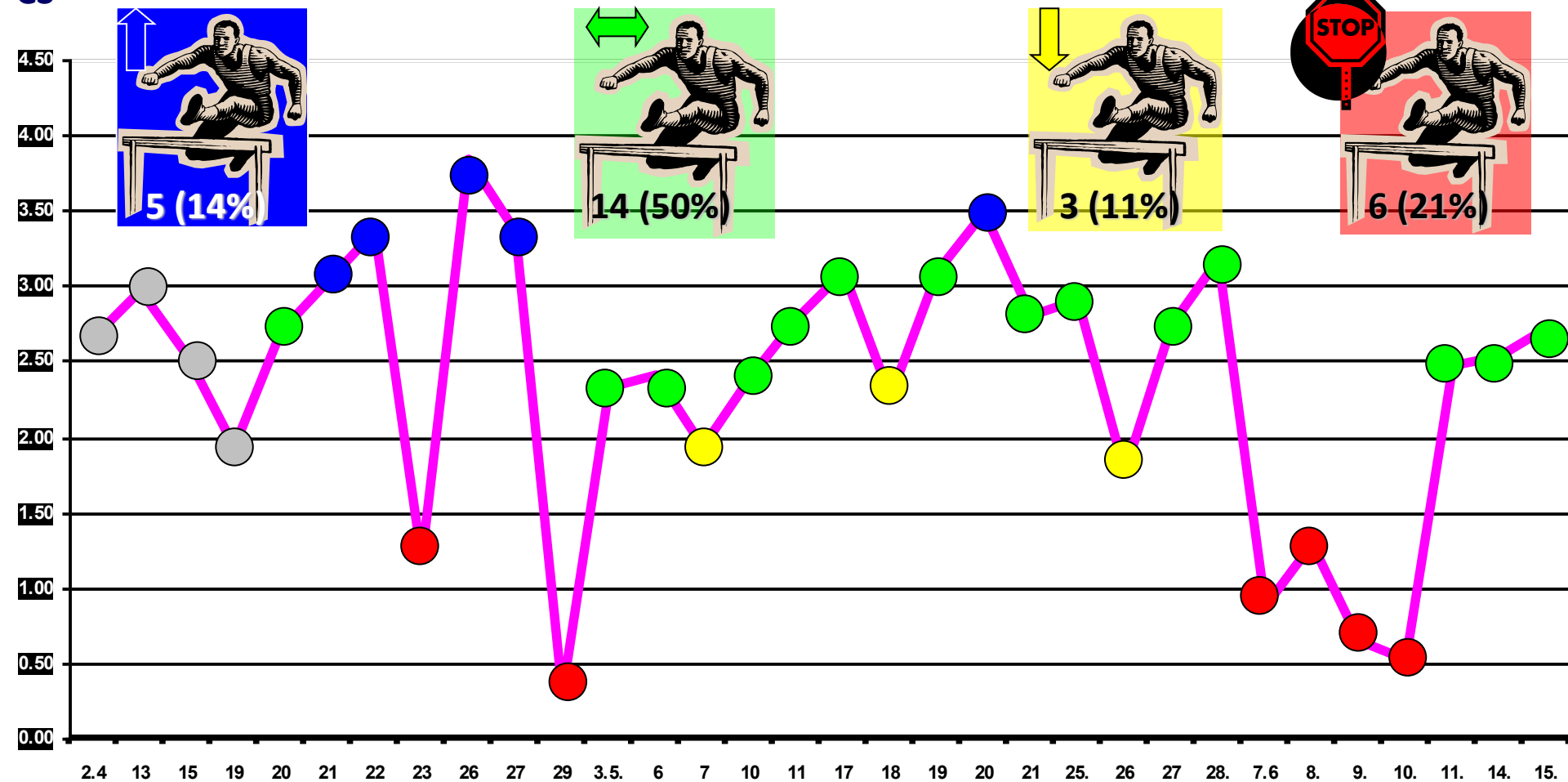
tréninkové jednotky



PRAKTICKÁ UKÁZKA OPTIMALIZACE

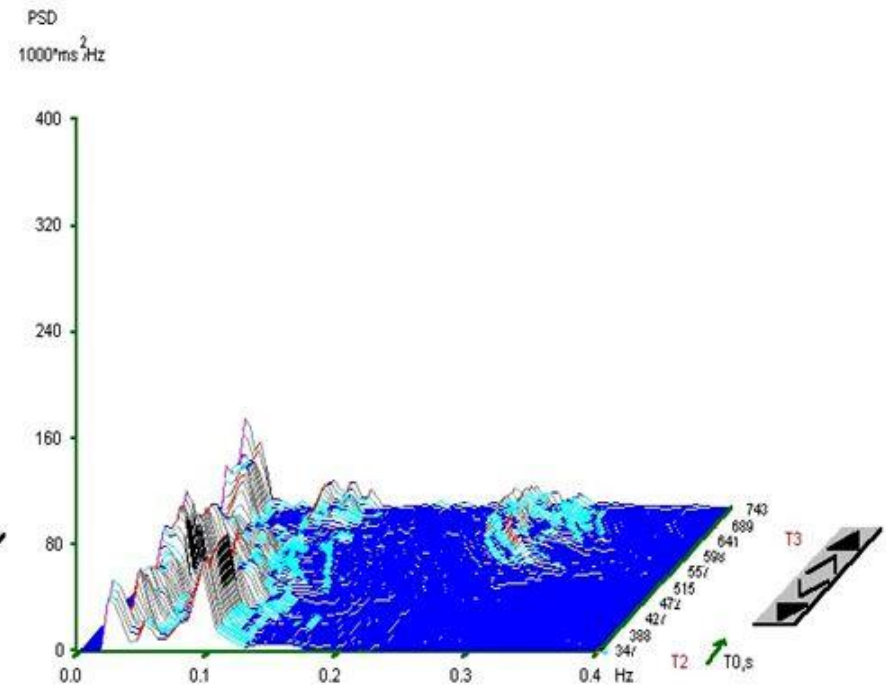
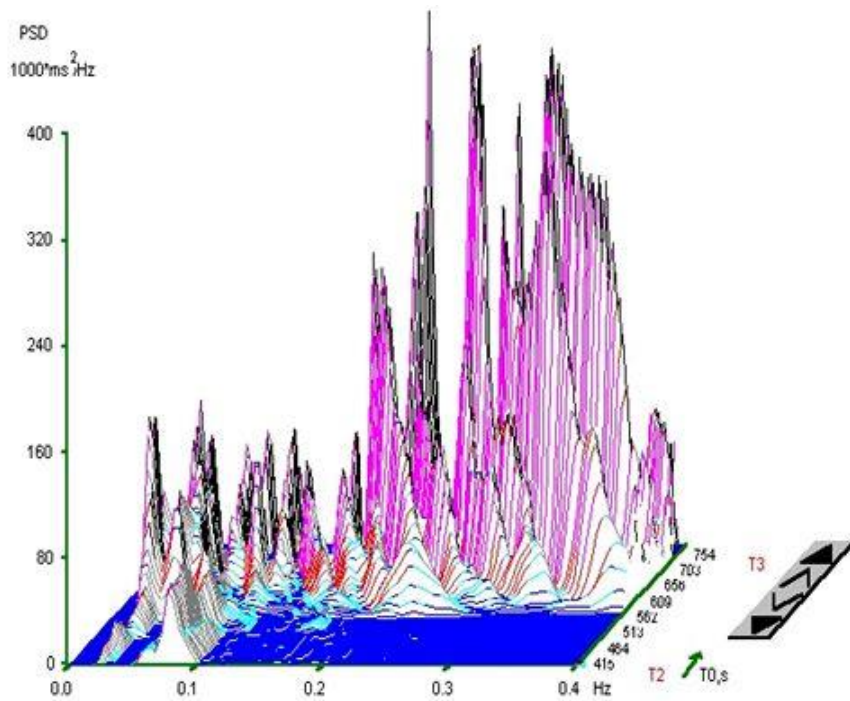
✓ muž 20 let; 400m překážek; 32 TJ

CS



2.

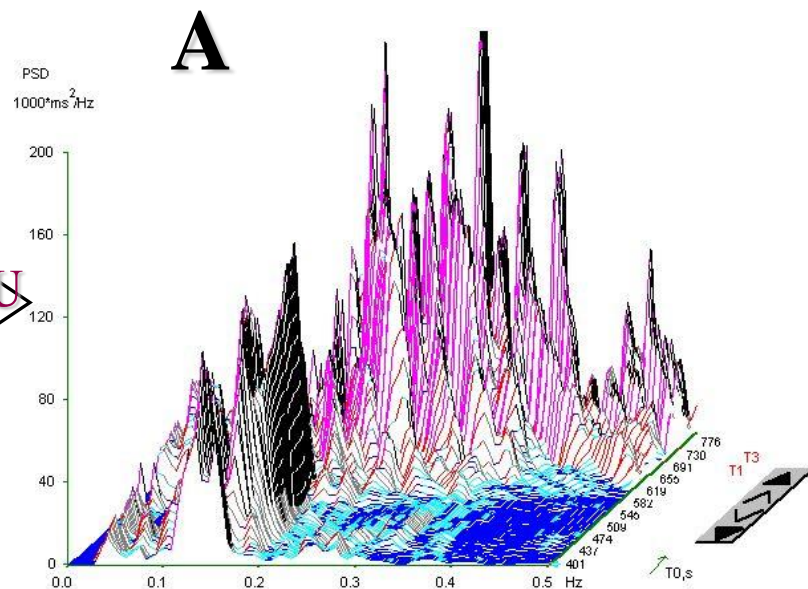
SA HRV jako nástroj pro **VÝBĚR** talentů



SF [tep.min⁻¹]

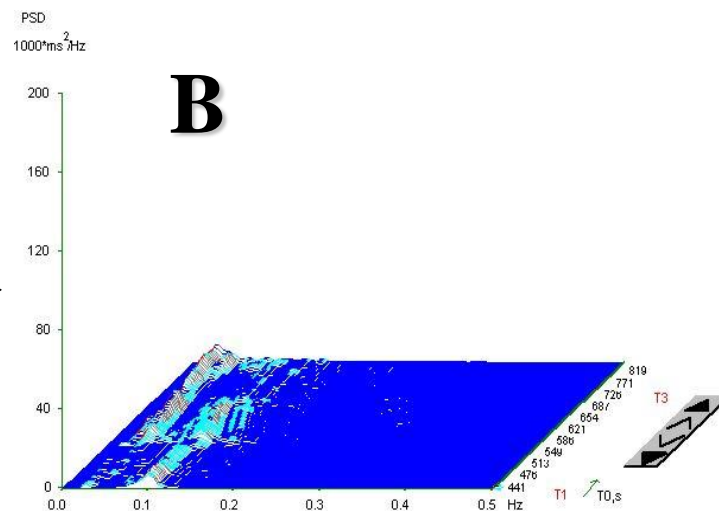
Vyšší aktivita ANS

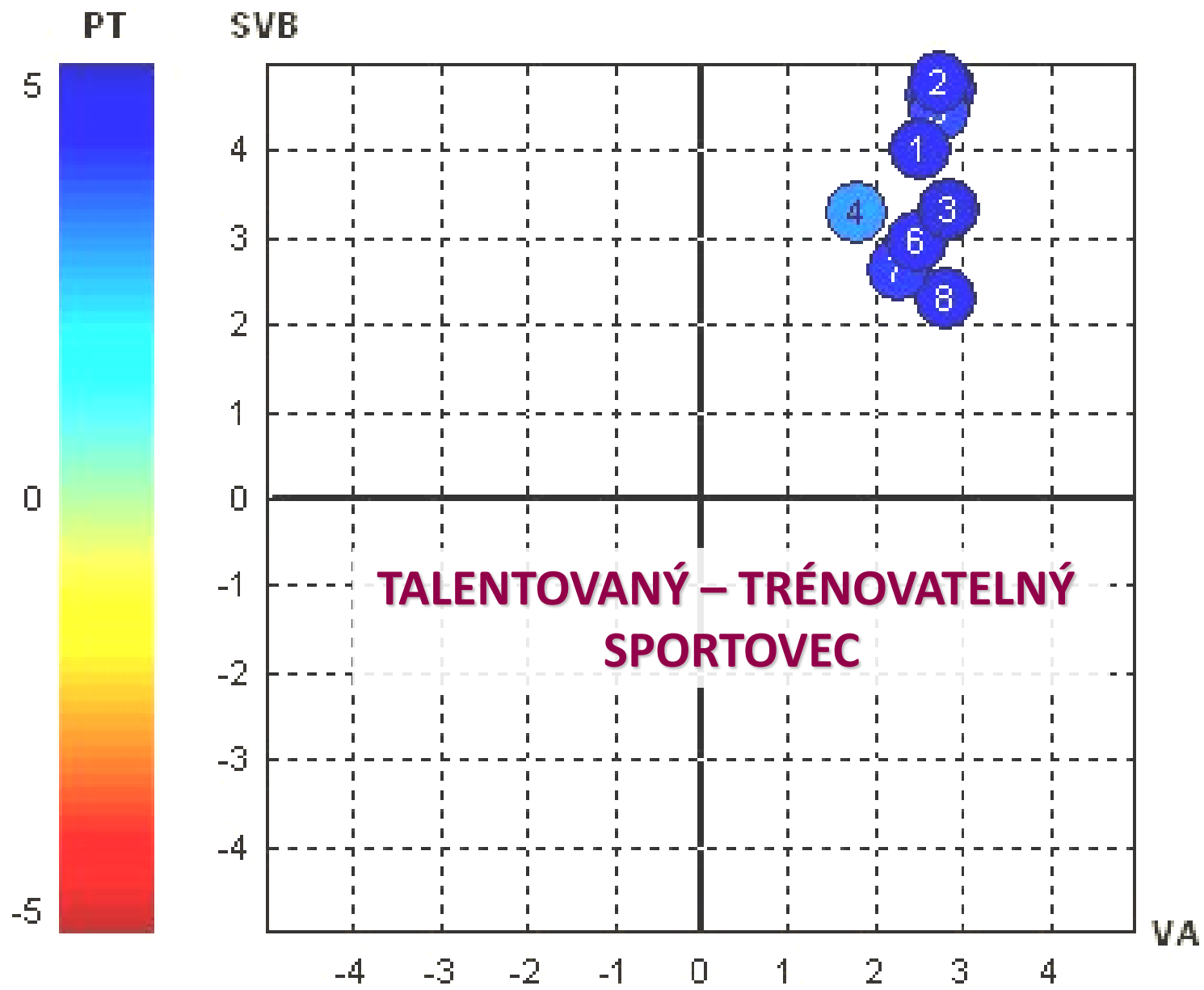
**VYSOKÁ TRÉNOVATELNOST
A ODOLNOST HRÁČE VŮČI STRESU**



Nižší aktivita ANS

**SNÍŽENÁ TRÉNOVATELNOST
= REDUKOVANÁ VÝKONNOST**



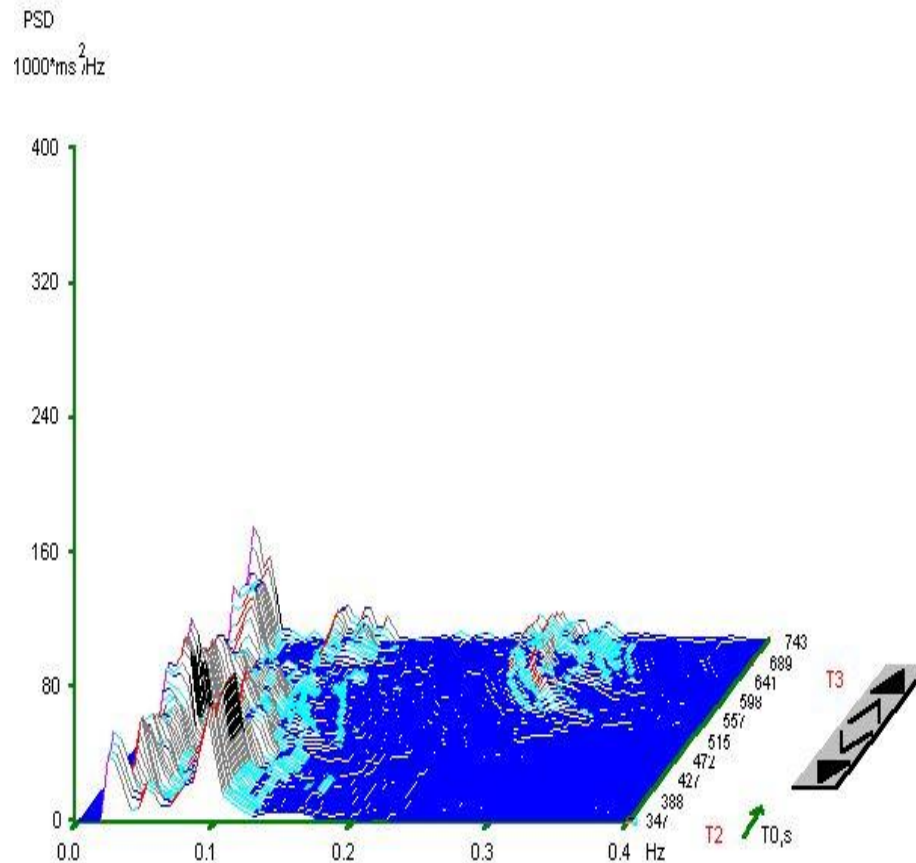


Využití SA HRV ve sportovní oblasti

- 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

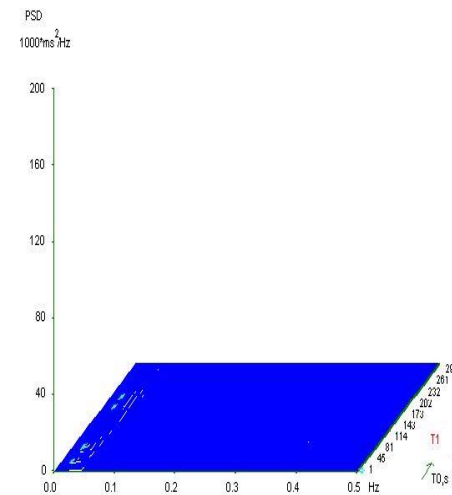
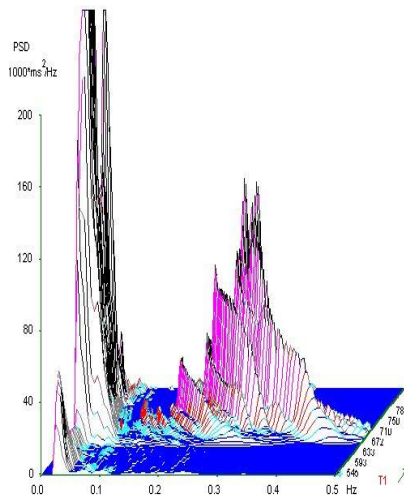
3.

SA HRV jako nástroj pro indikaci PA u oslabených jedinců



SA HRV a preskripce PA: VAGOVÝ PRÁH

definice, výpočet a možné využití v praxi

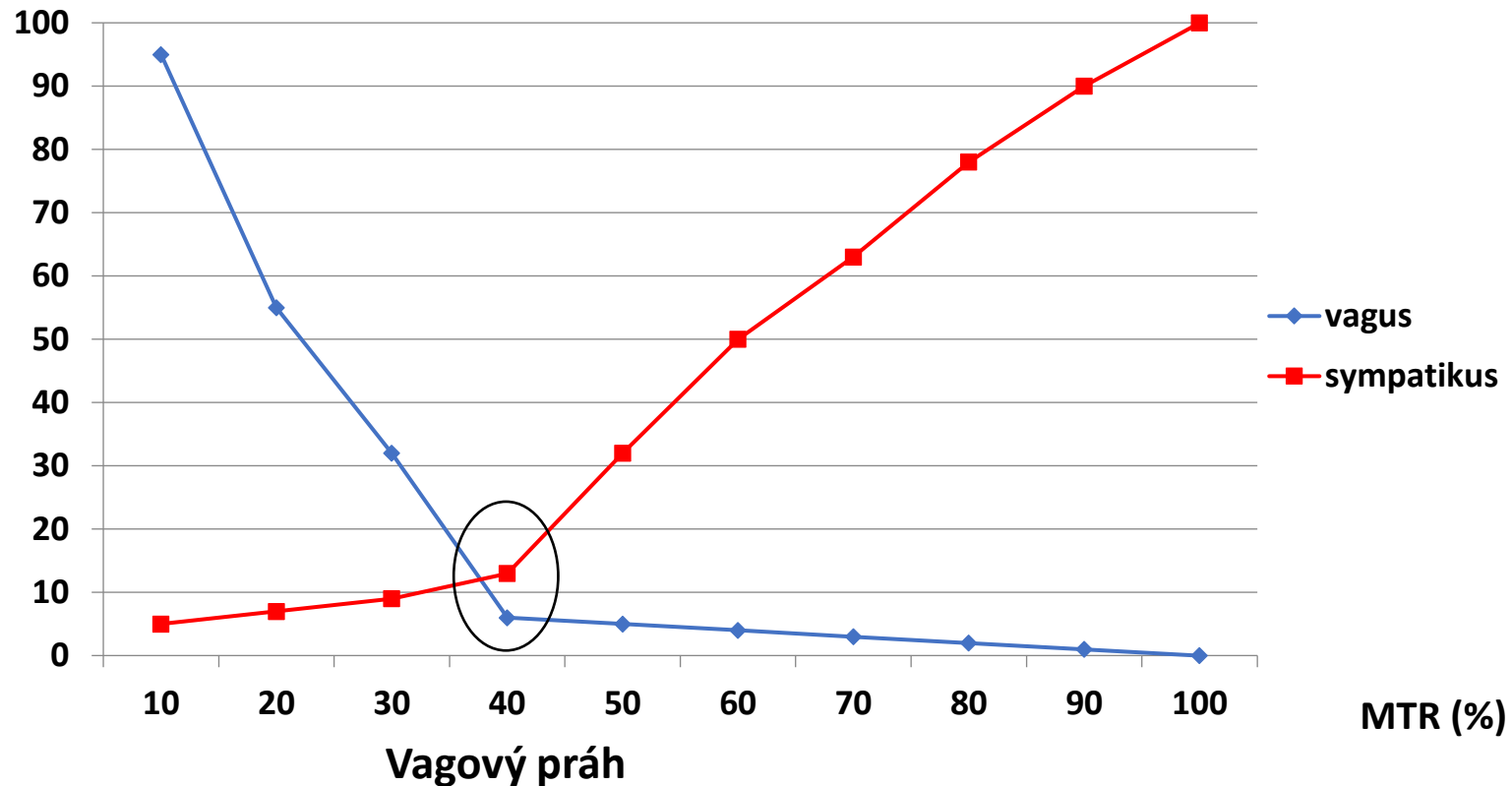


TĚLESNÁ PRÁCE - ZMĚNY V AKTIVITĚ ANS

↑ srdeční frekvence + ↑ systolického objemu + ↑ kontraktility myokardu

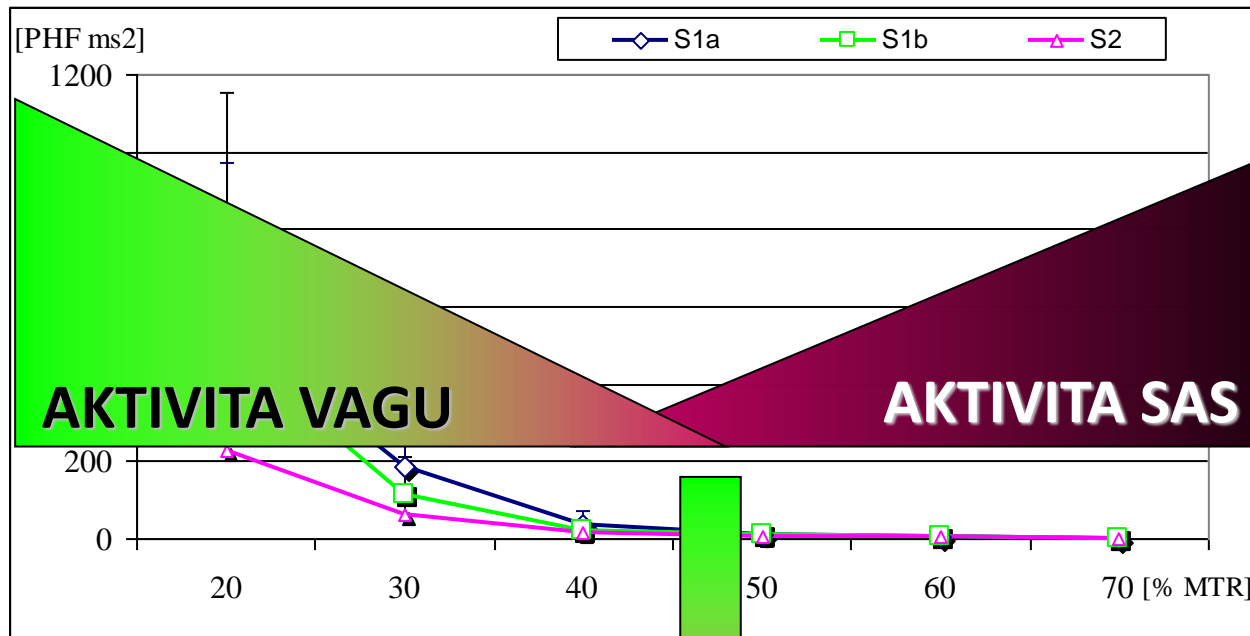
Krytí energetických požadavků pracujících svalů

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



PODÍL AKTIVITY VAGU NA REGULACI KVS

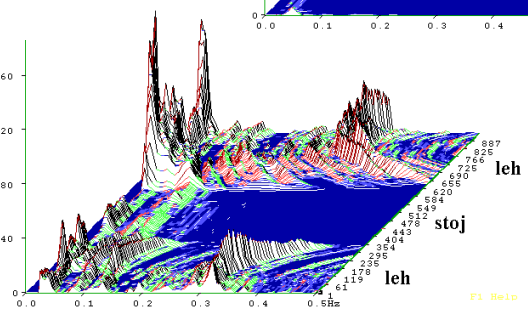
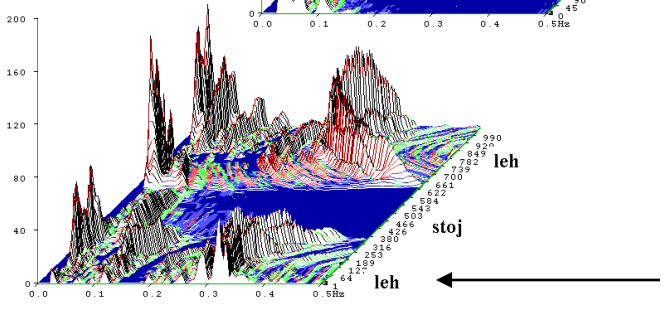
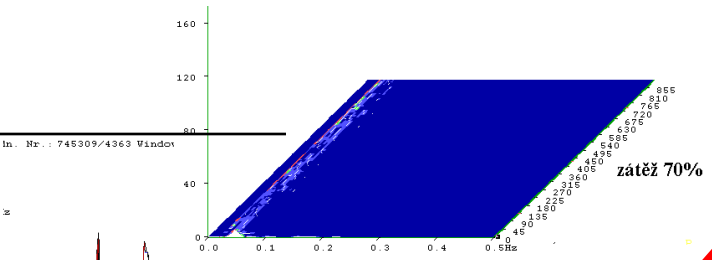
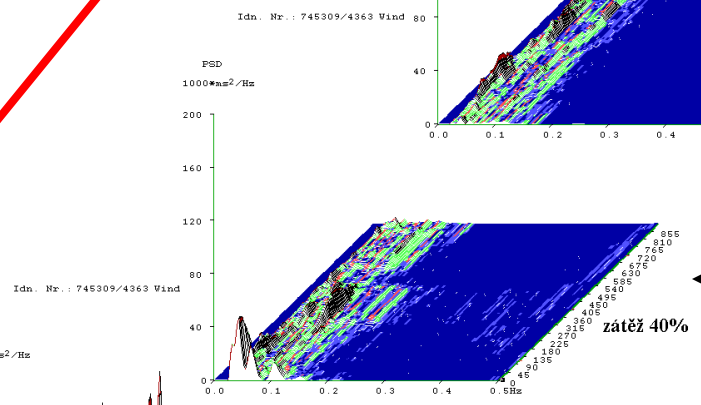
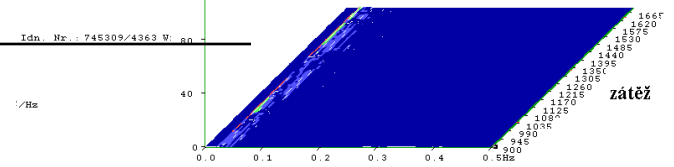
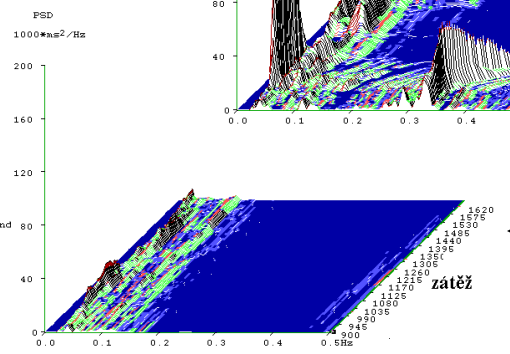
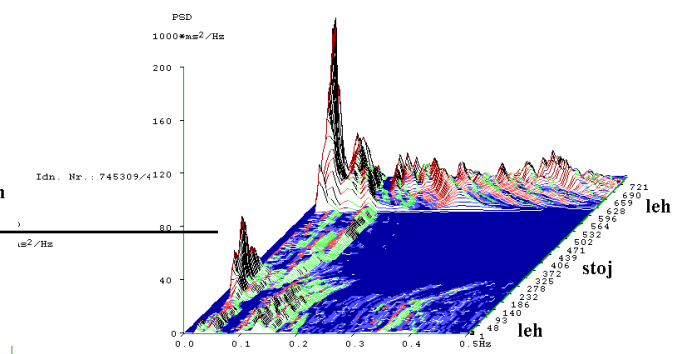
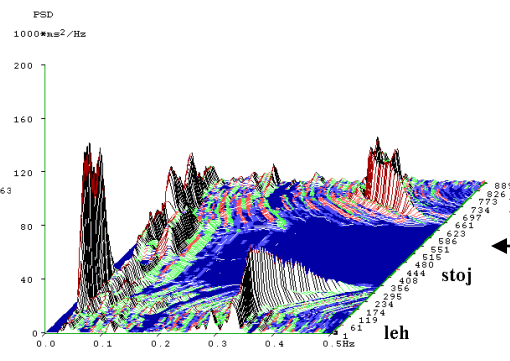
IZ 40 - 45 % MTR – T_{VA} : není závislý na věku ani pohlaví



40-45 % MTR = bezpečná IZ

Idn. Nr.: 745309/4363 Window: 256 Date: 22/09/98 Time: 09:33 am

Idn. Nr.: 745309/4363 Window: 256 Date: 25/11/98 Time: 10:22 am Test No.: 02F



40% MTR

70% MTR