

Autonomní nervový systém

Vegetativní nervový systém (VNS) (= autonomní nervový systém, ANS) je součástí nervového systému společně se somatickým eferentním (motorickým) systémem (přivádějícím vzruchy z CNS na vůlí kontrolované příčně pruhované svaly) a senzorickými (aferentními) vlákny (vedoucími cití a bolest). VNS zabezpečuje převod vzruchů mezi centrálním nervovým systémem (CNS) a efektorovými tkáněmi nezávislymi na kontrole vůlí (hladká svalovina, myokard, exokrinní žlázy...).

Autonomní nervový systém je část nervového systému, která reguluje viscerální funkce našeho těla – krevní tlak, tep, motilita střev, funkce žláz, vyprazdňování močového měchýře a jiné.

Obecné dělení:

- aferentní část (senzorická) (informace z chemoreceptorů a baroreceptorů)
- eferentní část (motorická) - 2 neuronová dráha – komunikace = vegetativní ganglion -> pregangliový a postgangliový neuron
 - sympatikus
 - parasympatikus
- enterický nervový systém (relativně nezávislý na ostatních částech, proto bývá často členěn samostatně)

Části ANS

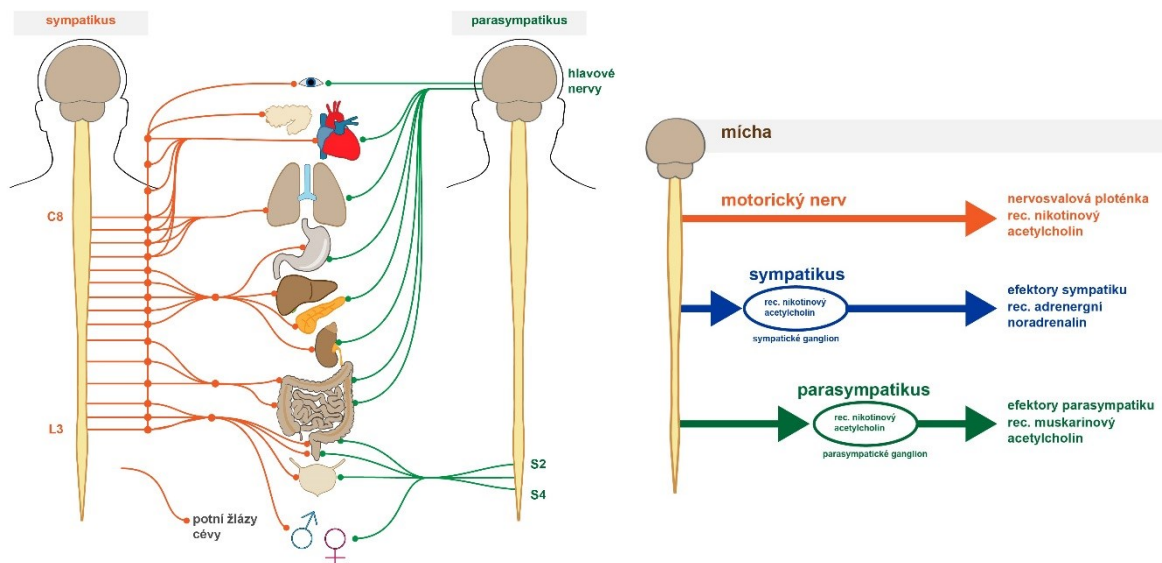
Centrální oddíly

- hypotalamus = hlavní integrační centrum somatoautonomních fcí
 - řízení tonu ANS
 - regulace příjmu potravy a tekutin
 - sexuální fce (limbický systém + emoce)
 - sekrece hormonů
 - termoregulace
 - účast na emočních stavech
 - řízení cirkadiálních rytmů
 - regulace imunitních pochodů
- mozkový kmen
 - řízení kardiovaskulárních fcí (vazokonstrikční, vasodilatační, kardioexcitační a kardioinhibiční centra)
 - řízení respiračního systému
 - autonomní reflexy – sací, polykací, slinění, reflexní sekrece žaludeční, pankreatické šťávy a zrcení
- mícha
- (někteří uvádí i kortex (jiní autoři vylučují) – integrační a řídící funkce)

Periferní oddíly - eferentní dráhy

- **Rozdělení: parasympatikus a sympatikus**
- ANS můžeme rozdělit na dvě části: Parasympatikus a sympatikus -> pro fyziologické fungování těchto dvou částí ANS je důležitá jejich regulace a rovnováha (spojené nádoby – zvýšení aktivity sympatiku vede často ke snížení parasympatiku). Sympatikus i parasympatikus tak zůstávají stále aktivní -> hovoří se o tzv. Tonu sympatiku a parasympatiku. U zdravé populace v klidu převládá tonus parasympatiku.
- Pregangliová vlákna – myelinizovaná, postgangliová – nikoliv -> autonomní reflex je pomalejší než somatický -> autonomní reflexy mají delší a generalizovaný účinek

Uspořádání:



Obrázek 1+2: <http://fblt.cz/skripta/regulacni-mechanismy-2-nervova-regulace/6-autonomni-nervovy-system/>

Sympatikus:

- Reflexní centra: mícha – Th1-L3 -> **thorakolumbální systém**
- Připravuje organismus -> bojůj nebo uteč
- Preganglivé vlákno – cholinergní (neurotransmitter = acetylcholin) (krátké)
- Postganglivé vlákna adrenergní (neurotransmitter = noradrenalin) (dlouhé)

Parasympatikus

- Reflexní centra jsou asociovány s jádry hlavových nervů (III., VII., IX., X.) a míšními segmenty S2-S4 -> **kraniosakrální systém**
- „mírní“ organismus -> zaživej a odpočivej
- Preganglivé i postganglivé vlákno cholinergní – neurotransmitter = acetylcholin
- (Pozn. Hlavové nervy: parasymptická část)
 - N. III = n. oculomotorius
 - o M. sphincter pupillae (miosa), m. ciliaris (akomodace)
 - N. V = n. facialis
 - o (část - n. intermedius) -> žlázy podčelistní, podjazyková a slzná
 - N. IX = n. accesorius
 - o Součást postranního smíšeného systému – společná jádra -> slinná žláza (+viscerosenzitivní + visceromotorické větve – svaly měkkého patra a hrtanu)
 - N. X = n. vagus
 - o Orgány hrudníku a břišní dutiny -> srdce, bronchy, plíce, jícn, žaludek, slinivka, ledviny, střeva (část – zbytek sakrální parasymptikus)

Orgán	Sympatikus		Parasympatikus	
	Odpověď	Receptor	Odpověď	Receptor
Srdce				
SA uzel	zrychlení	β_1	zpomalení	M ₂
svalovina síní	↑ kontraktilita	β_1	↓ kontraktilita	M ₂
svalovina komor	↑ automaticita ↑ kontraktilita	β_1	↓ automaticita ↓ kontraktilita	M ₂
HLADKÉ SVALSTVO CÉV				
kůže, mukózy, vnitřní orgány	konstrikce	α_1, α_2	vazodilatace (zanedbatelná)	M ₃
kosterní svalstvo	dilatace	β_2	vazokonstrikce	nepřímo
PLÍCE				
svaly trachey a bronchů	relaxace	β_2	kontrakce	
sekrece žláz bronchů	inhibice		stimulace	M ₃
GIT				
svalovina	relaxace, ↓ motility	α_2, β_2	↑ tonu, motility	M ₃
OKO				
zornice	mydriasa	α_1	miosa	M ₃
m. ciliaris	akomodace na dálku	β_2	akomodace na blízko	M ₃
ŽLÁZY				
slinné	slabá stimulace sekrece	α_1	silná generalizovaná sekrece	M ₃
slzné	slabá stimulace sekrece	α_1	silná sekrece	
Potní	sekrece		--	

Zdroj: upraveno

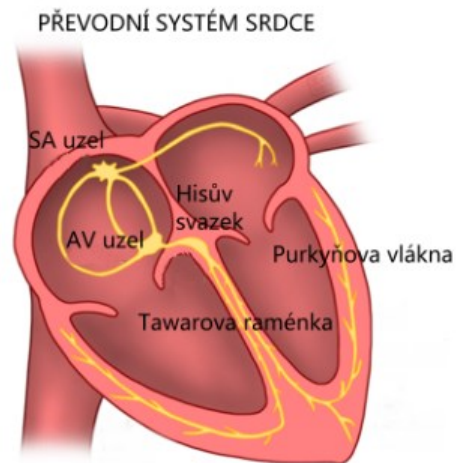
[https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD_nervov%C3%A1_soustava_\(fyziologie\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD_nervov%C3%A1_soustava_(fyziologie))

Srdce a ANS

Buňky srdce dělíme na dvě skupiny: buňky **myokardu (kardiomyocyty)** (buňky, které mají schopnost kontrakce) a **Převodní systém srdeční** (buňky, které mají autonomně schopnost vytvářet vzruchy a následně je rozvádět po srdci -> dávají tak informaci myokardu, aby se kontrahoval)

Převodní systém srdeční:

- Autonomní – není řízen CNS ani humorálně, ANS neřídí, ale může ovlivnit činnost -> sympatikus (nn. Cardiaci) zvyšuje srdeční frekvenci, parasympatikus (cestou n. vagus) snižuje srdeční frekvenci
- Automatický
- Rytmický
- Struktury PSS:
 - SA uzel (sinoatriální) -> primární pacemaker -> primární udavatel rytmu (60-80 tepů)
 - AV uzel (sekundární pacemaker -> nižší frekvence!)
 - Hisův svazek
 - Tawarova raménka
 - Purkyňova vlákna



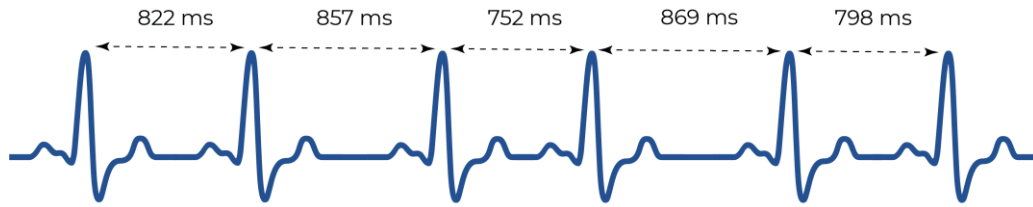
Obrázek 2:
<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/185>

Působení ANS na srdce:

- Sympatikus -> zvýšení srdečního výdeje:
 - Pozitivní inotropie (= síla svalového stahu)
 - Pozitivní chronotropie (= velikost srdeční frekvence)
 - Pozitivní dromotropie (= rychlost šíření vzruchu v PSS)
 - Pozitivní bathmotropie (=dráždivost srdečního svalu)
- Parasympatikus -> snížení síly kontrakce i její frekvence
 - Nedá se popsat přímý efekt parasympatiku na kardiomyocyty -> efekt spojených nádob větví ANS -> zvýšení PA -> snížení efektu SY -> snížení pozitivní inotropních a chronotropního efektu („brzda a plyn“)
- Krevní tlak
 - Sympatikus -> zvýšený srdeční výdej + zvýšení periferního odporu (vazokonstrikce)
 - Parasympatikus -> pokles srdečního výdeje, na cévy má pouze malý efekt

Variabilita srdeční frekvence

HRV = variation between beat to beat intervals



Heart Rate = beats per minute (on average)

Obrázek 3: <https://nyxo.app/heart-rate-variability-hrv-is-the-hype-justified>

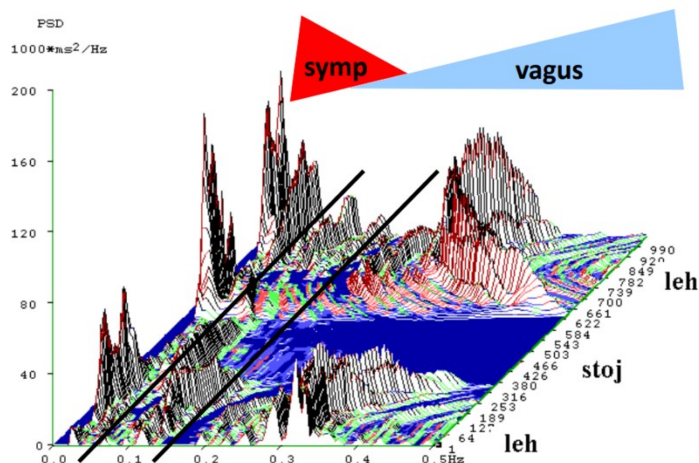
Variabilita srdeční frekvence = kolísání (oscilace) srdeční frekvence v čase -> hodnotí se interval mezi dvěma R-R kmity (beat to beat interval) na EKG záznamu

Srdeční frekvence je přímo ovlivněna autonomním nervovým systémem (ANS) a tak nám toto měření může posloužit jako ukazatel stavu ANS – balance a tonus ANS -> větší VSF je lepší

- Sympatikus -> zvyšuje srdeční frekvenci -> zkracuje R-R interval
- Parasympatikus -> snižuje srdeční frekvenci -> prodloužení intervalu

Spektrální = frekvenční analýza VSF

- **Podstata analýzy**
 - Parasympatikus pracuje rychleji -> funguje jako tzv. brzda -> oproti tomu sympatikus pomalejší regulace -> jednotlivé oddíly pracují v různých frekvencích
 - 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
- **pásma:**
 - VLF (velmi nízká frekvence) (0,02-0,05 Hz) – největší podíl termo a chemo receptorů, systému RAA
 - LF (nízká frekvence) (0,05- 0,15 Hz) „tlaková vlna“ – hlavní podíl sympatiku
 - HF (vysoká frekvence) (0,15 – 0,5 Hz) „respirační vlna“ – hlavní podíl parasympatiku



Obrázek 4: https://is.muni.cz/auth/el/ffsps/jaro2022/np4343/kondicni_trenink_-_ANS.ppt.pdf

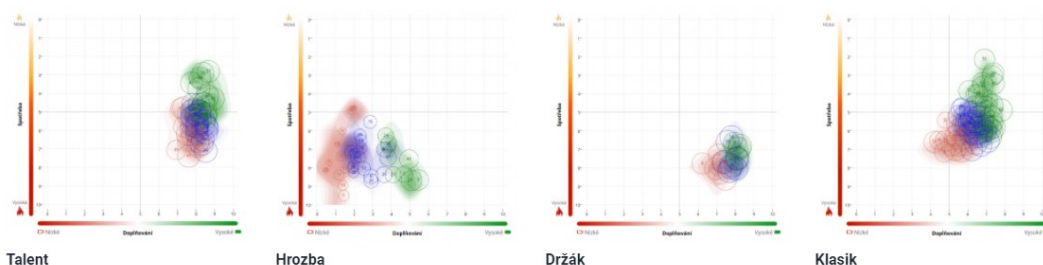
○

- **Provedení – ortostatoklinický test**

- Základní varianta: 5 minut lehy -> 5 minut stoj -> 5 minut lehy
- My Sasy: 2 minuty lehy (120 tepů) -> 5 minut stoj (360 tepů) -> 7 minut lehy (360 tepů)
 - Pro sportovce mají k dispozici i zkrácenou verzi
- Autonomní nervový systém je velmi citlivý, proto je důležité, aby 12 hodin před testem klient neměl žádnou zátěž duševní ani tělesnou, neměl by kouřit ani pít alkohol. Samotnému měření předchází 5-10 minut zklidnění a během testu se snažíme vytvořit klidné a nikým nerušené prostředí.

- **Sledované parametry**

- Spektrální výkon (P) – v jednotlivých pásmech + celkový
- Relativní spektrální výkon – poměr výkonu v jednom pásmu k celkovému
- Poměry spektrálních výkonů vůči sobě
- Spektrální výkonová hustota – v jednotlivých pásmech
- Komplexní ukazatele (škála -5 až +5 bodů)
 - Index vágové aktivity (norma: -2 až +2)
 - Index sympato-vagové rovnováhy (norma: -2 až +2)
 - Celkové skóre (norma: -1,5 až +1,5)
 - Funkční věk (mySASY)



Obrázek 5: <https://www.mysasy.com/mysasy-profil>

Časová analýza VSF

Časová metoda (time-domain) je jednoduchá metoda hodnocení variability srdeční frekvence, při níž jsou v průběhu holterovského měření EKG zaznamenávány odchylky (časové intervaly) mezi po sobě následujícími komplexy QRS, označované jako RR nebo NN (normal-to-normal) intervaly.

Časová analýza je doporučována pro hodnocení dlouhodobých záznamů (minimálně 18 hodin hodnotitelného záznamu, včetně celé noci). Klíčové pro záznam je zachycení rozdílů denních a nočních hodnot. Časová analýza je vhodná také k hodnocení funkčních testů (testy klidového a hlubokého dýchání, Valsalvův manévr, ortostatickou zkoušku a izometrický handgrip test). Časová analýza však není schopna dostatečně posoudit aktivitu jednotlivých složek ANS.

Sledované parametry:

- Průměr druhých mocnin rozdílů délky po sobě jdoucích R-R intervalů -> informuje o variabilitě dvou sousedních intervalů
- Standardní /směrodatná/ odchylka souborů R-R intervalů -> informuje o variabilitě sousedních R-R intervalů

Faktory ovlivňující ANS

Dech:

Při hodnocení stavu autonomního nervového systému hraje velkou roli posuzování vlivu dýchání na autonomní regulaci činnosti srdce. V klinické praxi se hodnotí míra respirační sinusové arytmie (RSA), při níž dochází k variabilitě srdeční frekvence v synchronizaci s dechem. RSA výrazněji ovlivňuje dechová frekvence než hloubka dechu. R-R intervaly na EKG jsou během inspirace zkracovány, během expirace naopak prodloužovány. Vagus je inhibován během inspirace, desinhibován během expirace. RSA se z frekvenčního hlediska projevuje hlavně v pásmu vagového frekvenčního spektra (HF), ležícího v oblasti 0,15-0,4 Hz.

Obecně:

- nádech -> klesá aktivita n. vagus -> zrychlení SF -> zkrácení R-R intervalu
- Výdech -> zvyšuje aktivita n. vagus -> zpomalení SF -> prodloužení R-R intervalu

Možnosti ovlivnění

- Negativně – stres -> vyšší DF
- Pozitivně – dechová cvičení, meditace...

Negativní:

- Věk – s rostoucím věkem klesá VSF
 - Se stoupajícím věkem se aktivita ANS snižuje. Při narození dítěte není dokončeno zrání sympatiku a parasimpatiku, a tím i řízení srdeční činnosti, tudíž podle Javorky (2003) má parasimpatikus na srdce dítěte malý vliv. Novorozenec má tak srdeční frekvenci vyšší. Aktivita ANS se snižuje s věkem. Stárnutím klesá aktivita obou systémů ANS (sympatiku i parasimpatiku). Rovnováha mezi nimi se posunuje směrem k sympatiku.
- Únava, spánková deprivace
- Přetrénování, přetížení
 - Časná fáze – pokles vágové aktivity -> posun SV balance směrem k sympatiku
 - Pozdní fáze -> vágové přetrénování -> snížení i sympatické aktivity -> celkový pokles VSF
- Stress
- Onemocnění (DM, onkologické onemocnění, kardiovaskulární onemocnění)
- Alkohol, kouření

Pozitivní:

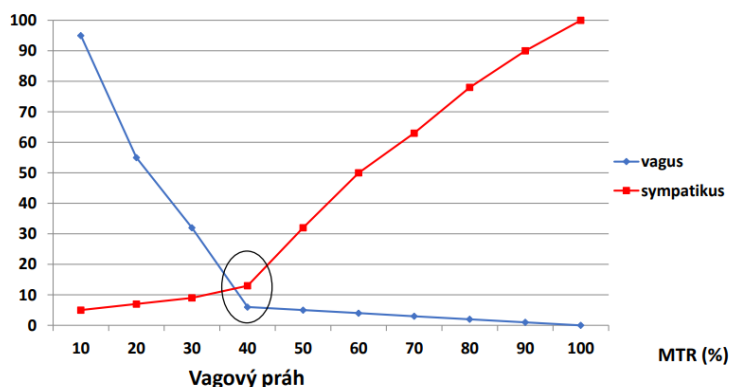
- Přiměřená pohybová aktivita
 - ANS- je zpětnovazebný ukazatel změn v organismu, které mohou být vyvolány tréninkovými a mimo tréninkovými podněty
 - Optimalizace tréninkového zatížení- prevence přetrénování.
 - Úroveň autonomní aktivity souvisí s aerobní a sportovní výkonností.
 - Sledováním ANS pomocí HRV (heart rate variability) může pomoci zhodnotit kvalitu regenerace a stav regulativní a metabolické superkompenzace.
 - Vyšší aktivita ANS- vysoká trénovatelnost a odolnost hráče vůči stresu (výběr talentů?)
- Spánek, dostatečná regenerace
- Zdravý životní styl

Využití znalosti ANS u oslabených osob – sekundární prevence

Kardiovaskulární onemocnění:

V klinické medicíně je spektrální analýza variability srdeční frekvence nejčastěji používána u pacientů po infarktu myokardu, kdy redukovaná variabilita srdeční frekvence reflektuje sníženou srdeční vagovou aktivitu, která vede k prevalenci sympatických mechanismů a k srdeční elektrické instabilitě. Často je tato metoda využívána i u jiných závažných onemocnění srdce a jeho transplantací. Výzkumy se zaměřují také na spektrální analýzu variability srdeční frekvence u arteriální hypertenze, diabetu mellitu, panických onemocnění, obezity a neurologických postižení, jakými jsou Parkinsonova nemoc, syndrom Guillain-Barré, poranění míchy atd.

Trénink na úrovni vagového prahu -> bezpečná intenzita zatížení (35-45 % MTR) (Při provádění PA nejprve klesá aktivita parasymptiku (rychlý pokles) a na začátku pomalu stoupá aktivita SY. Při poklesu vagové aktivity, dochází k prudkému nárůstu aktivity sympatiku -> vagový práh (cca 40 % MTR). S dále rostoucí aktivitou sympatiku se zvyšuje riziko elektrické nestability myokardu.



Obrázek 6: Zdroj: přednáška dr. Kapounková

(Vyšetření variability srdeční frekvence poskytuje kvalitativně nový pohled na diagnostiku a léčbu řady chronických onemocnění, s nimiž se setkáváme v denní praxi. Analýza HRV se etablovala především v kardiologii, diabetologii a při vyšetřování metabolického syndromu, kde

byla prokázána korelace mezi poklesem variací R-R intervalů a nepříznivou prognózou nemoci, což odpovídá všeobecně vnímané pozici metodiky jako časného a nezávislého indikátoru rizika.

Autonomní dysfunkce je nedílnou součástí kardiovaskulárních komplikací řady chronických onemocnění. Excesivní sympatikotonie spolu s chybějícím ochranným vlivem vagu je jedním ze spouštěcích faktorů maligních arytmií a příčin náhlé smrti nejen při akutním koronárním syndromu ale i řadě jiných, metabolických onemocnění s kardiálním postižením (Metelka 2014). Kromě kardiovaskulárního efektu má sympatikotonie významnou korelaci 20/172 s rozvojem inzulinoresistence a komponent metabolického syndromu včetně diabetu 2. typu (Pumpřla 2014).

Variabilita srdeční frekvence (VSF) je uznávaným ukazatelem při diagnostice kardiální autonomní neuropatie (KAN) a je využitelná jako nezávislý prognostický ukazatel rizika náhlé smrti na arytmií. Přes důležitost včasné diagnostiky je zjištění KAN, zejména u diabetiků, často pozdní diagnózou. Důvodem vedle dlouhé subklinické fáze je i velká diverzifikace metodik, absence jednotných normálových hodnot, zejména co se týče VSF stanovené metodou spektrální analýzy (SAVSF) v krátkých záznamech elektrokardiogramu (EKG)

K tématu:

MUDr. Jiří Pumpřla, MBA, MPH: Využití analýzy variability srdeční frekvence v hodnocení autonomní dysfunkce a nefarmakologických intervencí při metabolickém syndromu: 20 let zkušeností, Disertační práce -> <https://theses.cz/id/dybzeb/14321770>

MUDr. Jiří Pumpřla, MBA, MPH: Variabilita srdeční frekvence: Využití v interní praxi se zaměřením na metabolický syndrom - <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2014/05/09.pdf>

Onkologičtí pacienti -> negativní vliv onemocnění ale i některých typů chemoterapie na VS, pacienti s nižší VSF – nižší odhadovaná délka přežití

Obecně se dá VSF při dlouhodobém zaznamenávání využít pro plánování a optimalizaci PA u všech skupin oslabených pacientů – kardio RHB, HT, DM, onkologický pacient. (obdobně jako u sportovců)

Zdroje:

MYSLIVEČEK, Jaromír a Vladimír RILJAK. Fyziologie: repetitorium. Praha: Stanislav Juhaňák - Triton, 2020. ISBN 978-80-7553-818-5.

Stejskal, P., & Salinger, J. (1996). Spektrální analýza variability srdeční frekvence – základy metodiky a literární přehled o jejím klinickém využití. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 5(2), 33-42.

Stejskal, P., Šlachta, R., Elfmak, M., Salinger, J., Gaul-Aláčková, P. (2002) Spectral analysis of heart rate variability: New evaluation method. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 32 (2), 13-18.

Šlachta, R. (2000). Sledování závislosti hodnot ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence na věku vyšetřovaných osob. Disertační práce. Olomouc: Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého.

https://is.muni.cz/auth/el/fsp/s/jaro2022/np4343/kondicni_trenink_-_ANS.ppt.pdf

[https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD_nervov%C3%A1_soustava_\(fyziologie\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD_nervov%C3%A1_soustava_(fyziologie))