

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

# **Odezva variability srdeční frekvence na tréninkovou periodizaci u vrcholové sportovkyně**

Diplomová práce

Autor: Zuzana Svozilová

Aplikované pohybové aktivity

Vedoucí práce: PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Olomouc 2015

## Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Zuzana Svozilová
Název bakalářské práce:	Odezva variability srdeční frekvence na tréninkovou periodizaci u vrcholové sportovkyně
Pracoviště:	Katedra přírodních věd v kinantropologii
Vedoucí bakalářské práce:	PhDr. Michal Botek, Ph.D.
Rok obhajoby bakalářské práce:	2015

### Abstrakt:

Jednou z moderních neinvazivních metod, která slouží k diagnostice aktivity autonomního nervového systému (ANS) je spektrální analýza variability srdeční frekvence (SA HRV). S využitím této metody se můžeme setkat ve zdravotnictví, v posledních letech se uplatňuje tato metoda také v optimalizaci zatížení tréninkového procesu.

V předložené práci byla zjišťována dynamika variability srdeční frekvence v průběhu tréninkové periodizace u vrcholové sportovkyně a porovnání subjektivních pocitů s výsledky vyhodnocených metodou SA HRV. Měření byla provedena ve standardních podmínkách v průběhu půlroční tréninkové přípravy a poté v přímo podmínkách ovlivněných přechodem přes časová pásma západním směrem do kolumbijského Cali s rozdílem šesti časových pásem. Sportovkyně po celou dobu monitorování, neměla přístup k výsledkům hodnocených metodou SA HRV. Výsledky byly měřeny pomocí modifikovaného vyšetření ANS metodou SA HRV pomocí ortoklinostatistického manévru.

Měření probíhalo ve třech blocích ve standardních (domácích) podmínkách. První období od 15.2-17.3.2013 v počtu 20 měření, druhé v období 22.4-1.6.2013 v počtu 20 měření a třetí bezprostředně před odletem v dnech 8.7-17.7.2013 v počtu 7mi měření. Další měření proběhlo ihned po přeletu na místo závodu od 19.7-29.7.2013 v počtu 11 ti měření.

Na základě retrospektivní analýzy variability srdeční frekvence (HRV) se lze domnívat, že metodiku SA HRV společně s psychomotorickými dotazníky lze v budoucnu použít při posuzování připravenosti organismu na zatížení.

**Klíčová slova:** Sportovní trénink, autonomní nervový systém, jet lag, ladění sportovní formy, únava

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## Bibliographical identification

Author's first name and surname:	Zuzana Svozilová
Title of master thesis:	The response of heart rate variability to training periodization in a professional sportswoman
Department:	Department of Natural Sciences in Kinanthropology
Supervisor:	PhDr. Michal Botek, Ph.D.
Year of the presentation:	2015

### Abstract:

One of the modern non-invasive method which serves to diagnose the activity of the autonomic nervous system (ANS) is the spectral analysis of the heart rate variability (SA HRV). This method is used in the healthcare, recently it has been applied to optimize the load of the training process.

In this final thesis the dynamics of the heart rate variability was examined in the course of a training periodization in a professional sportswoman and subjective feelings were compared with the results evaluated through SA HRV method. Measurements were performed under standard conditions in the course of a half-a-year training and then directly under conditions influenced by the crossing six time zones to Columbian Cali. The sportswoman being monitored for all the time did not have an access to the results evaluated by SA HRV method. The outcomes were measured through modified examination of ANS via SA HRV method through ortho-clino-statistic maneuver.

The measurement was held in three periods in standard (home) conditions. First period from 15<sup>th</sup> January to 17<sup>th</sup> March 2013 included 20 measurements, the second period from 22<sup>nd</sup> April to 1<sup>st</sup> June 2013 contained 20 measurements and the third one just before the departure to Columbia between 8<sup>th</sup> July and 17<sup>th</sup> July 2013 contained 7 measurements. Further measurements were performed immediately after the arrival at the place of the competition between 19<sup>th</sup> July and 29<sup>th</sup> July 2013 in number of 11.

On the base of retrospective analyse of heart rate variability we can discussed, that SA HRV could be, in common with psychomotorics questionnaire, used for preparation of organism on sports training.

**Keywords:** Sports training, autonomic nervous system, jet lag, tapering, fatigue

I agree this paper being lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením PhDr. Michala Botka, Ph.D., uvedla všechny literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 5. 7. 2015

.....

Děkuji vedoucímu práce PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. za jeho vedení, trenérovi doc. PhDr. Zbyňku Svozilovi, Ph.D. za odborný dohled a RNDr. Jakubu Krejčímu, Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování dat.

## Obsah

1 Úvod .....	9
2 Přehled poznatků .....	10
2.1 Sportovní trénink .....	10
2.1.1 Cykly ve sportovním tréninku .....	11
2.1.2 Roční tréninkový cyklus .....	17
2.1.3 Trénink plavání s ploutvemi .....	20
2.1.4 Borgova škála .....	25
2.2 Autonomní nervový systém .....	27
2.2.1 Centrální a periferní část ANS .....	28
2.2.2 Sympatikus a parasympatikus .....	29
2.2.3 Cirkadiánní rytmicita .....	31
2.2.4 Řízení srdeční frekvence a činnosti srdce .....	32
2.3 Variabilita srdeční frekvence .....	34
2.3.1 Časová doména .....	34
2.3.2 Frekvenční doména .....	35
2.3.3 Spektrální analýza variability srdeční frekvence .....	36
2.3.4 Proces měření HRV .....	39
2.3.5 Faktory ovlivňující HRV .....	39
3 CÍLE .....	44
4 METODIKA .....	45
4.1 Charakteristika souboru .....	45
4.2 Metodika sběru dat .....	45
4.3 Spektrální analýza variability srdeční frekvence .....	45
4.3.1 Diagnostický systém VarCor PF7 .....	46
4.3.2 Základní výstupní parametry SA HRV .....	47
4.3 Statistické zpracování dat .....	47
5 VÝSLEDKY A DISKUZE .....	48
5.1 Hodnocení tréninkového zatížení a objemu tréninků ve sledovaných obdobích .....	48
5.2 Analýza vztahu mezi subjektivními pocity a variability srdeční frekvence .....	51
5.3 Hodnocení změn HRV v průběhu půlroční tréninkové přípravy .....	60
6 Závěry .....	63
7 Souhrn .....	65
8 Summary .....	66
9 Referenční seznam .....	67

## Seznam vybraných zkratek

AV (uzel)	atrioventrikulární uzel
ANS	autonomní nervový systém
CNS	centrální nervový systém
EKG	elektrokardiogram
HF	vysoká frekvence (high frequency)
HRV	variabilita srdeční frekvence
LF	nízká frekvence (low frequency)
MSSD	průměr čtverců rozdílů sousedních R-R intervalů
NN	délka R-R intervalu, „normal-to-normal“ interval
R-R	průměrná hodnota všech R-R intervalů v měřeném časovém úseku
rMSSD	root mean square of successive differences
SA (uzel)	sinoatriální uzel
SA HRV	spektrální analýza variability srdeční frekvence
SF	srdeční frekvence



# 1 Úvod

Významné sportovní soutěže se konají po celém světě i v disciplínách, které nejsou známé běžné populaci. Sportovní disciplína plavání s ploutvemi patří v České Republice k okrajovým, méně známým sportům, přesto, že pravidelně od poloviny 20. století se konají Mistrovství Evropy a světa a jednou za 4 roky se objevuje i na Světových hrách, Olympiádě neolympijských sportů. I zde, musí sportovci podávat takový výkon, kterého bez dlouhodobé a systematické sportovní přípravy by jen těžko dosáhli. Jen stěží najdeme informace o tréninku plavání s ploutvemi v knižních publikacích.

Dovalil et al. (2009) popisuje sportovní trénink jako komplexní proces, který je založen na poznání příčin vedoucích ke změnám sportovní výkonnosti. Na tomto základě lze správně zvolit obsah tréninku, jeho koncepci, stavbu a vhodné metody.

Výkonnost sportovců je různá, odpověď organismu na tréninkové zatěžování je individuální, a proto je potřeba trénink přizpůsobit možnostem sportovce a současně se vyhnout stavu přetrénování (Stejskal, 2002).

Práce se zaměřuje na průběh tréninkové periodizace u vrcholové plavkyně s ploutvemi a změny ve variabilitě srdeční frekvence, s tím spojené, která se připravovala na Světové hry v roce 2013 konané v Kolumbii.

Cílem všech sportovců a jejich trenérů, je co nejlépe optimalizovat sportovní přípravu v domácích standardních podmínkách, a v našem případě i co nejvíce potlačit potíže spojené s přechodem časových pásem. Ne vždy je to cíl jednoduchý, a moderní doba nabízí spoustu teorií jak přípravu správně s těmito nástrahami vyrovnat.

Jedna z možností je využití metody spektrální analýzy (SA) s využitím variability srdeční frekvence (HRV). Tato moderní neinvazivní metoda umožňuje kvantifikovat aktivitu autonomního nervového systému (ANS). Základem metodiky je monitorování časových rozdílů po sobě následujícími srdečními stahy (R-R intervaly na EKG křivce, pro které se obecně vžil název variabilita srdeční frekvence (Stejskal & Salinger, 1996).

Protože se sportovkyně v průběhu půlroční přípravy neřídila doporučeními vygenerovanými přístrojem VarCor PF7, hlavním cílem této práce je porovnání kvantifikace ANS pomocí využití metody SA HRV se subjektivními pocity

## 2 Přehled poznatků

### 2.1 Sportovní trénink

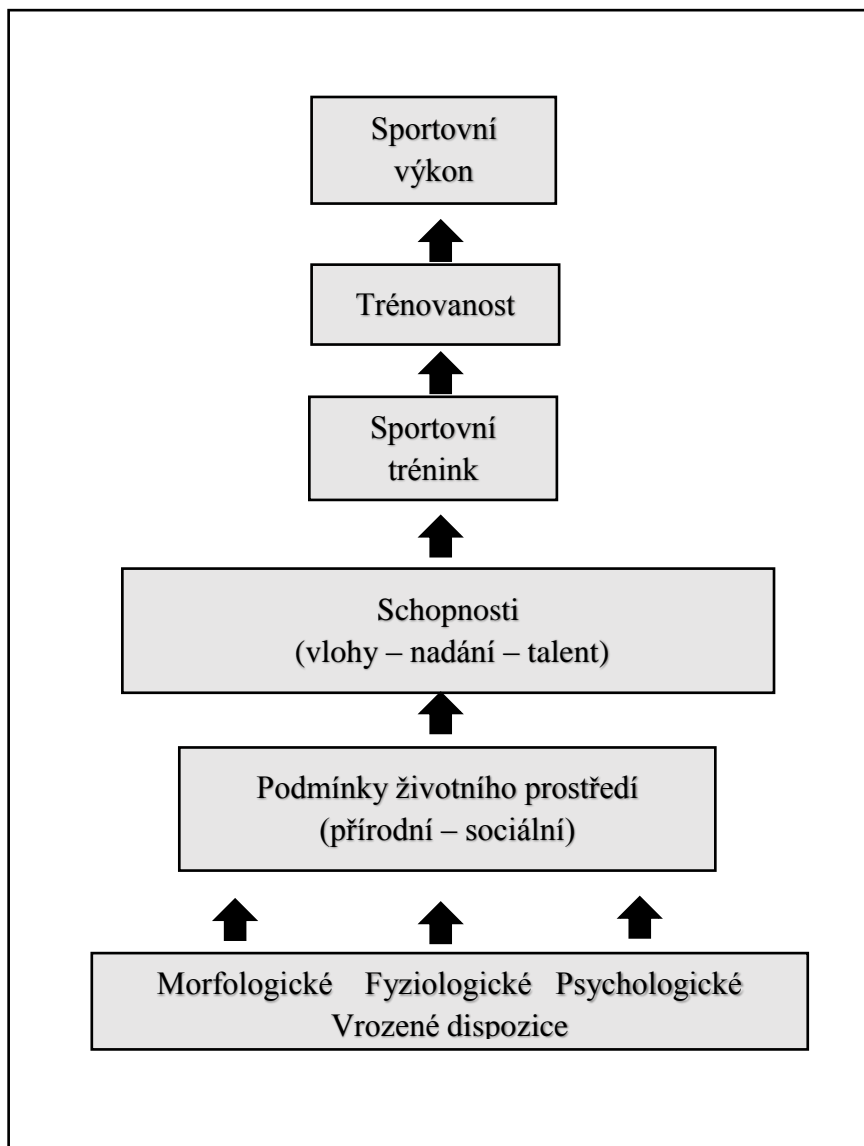
Hohman, Lames a Letzelter (2010) označují slovní spojení „věda o tréninku“ jako sousloví, co už samo o sobě vypovídá něco o jeho pojetí, stanovování cílů, ale i problémech s ním spojené. Popisují trénink jako plánovitou a systematickou realizaci opatření (obsah tréninku a tréninkové metody) vedoucích k trvalému dosažení cílů (tréninkové cíle) ve sportu a prostřednictvím sportu.

Podle Dovalila et al. (2009) sportovní trénink probíhá jako komplexní proces. Jeho teoretické vysvětlení má usnadnit praktické zvládnutí sportovního tréninku, musí tedy směřovat k poznání příčin, které vedou ke změnám sportovní výkonnosti. Na tomto základu můžeme adekvátně volit obsah tréninku, jeho koncepci a stavbu, vhodné metody atd.

Můžeme také hovořit o procesu biologického přizpůsobení zvýšené tělesné námaze. Současně je třeba se naučit řadu nových pohybů, přičemž jejich osvojování je nutno opřít o poznatky motorického učení. Interakční aspekty sportovního tréninku jsou určovány reálnými vztahy účastníků tréninku a soutěžení, jejich chováním vycházejícím z individuální psychiky (Dovalil et al., 2009).

Jansa a Dovalil (2009) upozorňují, že snaha o dosažení nejvyšších výkonů nesmí být v rozporu nejen s psychikou jedince, musí se respektovat celkový rozvoj jedince, a to nejen z hlediska morálního, kulturního, zdravotního, ekologického, ale i další normy společenského života. Trénink považují za proces rozvoje výkonnosti sportovce (nebo družstva), zaměřený na dosahování nejvyšších sportovních výkonů ve vybraném druhu sportu (Obrázek 1).

Sportovní trénink se vyznačuje silnou výkonovou motivací, projevující se ve snaze dosáhnout co nejvyšších výkonů. Můžeme rozlišit relativně i absolutně maximální sportovní výkony (rekordy). Sportovní výkony se demonstrují v soutěžích organizovaných podle jednotlivých sportů. Tréninkové působení se v souhrnu projevuje ve zvyšování trénovanosti sportovce, z ní vyrůstá ke konkrétním soutěžím příslušná sportovní forma (Jansa & Dovalil et al., 2009).



Obrázek 1: Dlouhodobé formování sportovní výkonnosti

### 2.1.1 Cykly ve sportovním tréninku

Podle Hohman, Lames a Letzelter (2010) je sportovní trénink je proces, který by neměl postrádat promyšlenou kontinuitu. Tím lze omezit na minimum nahodilost ve výběru a posloupnosti tréninkového působení (cíle a zaměření tréninku, prostředky, metody i přístupy). Organizačně se to řeší důsledným uplatňováním různě dlouhých tréninkových cyklů.

Jansa a Dovalil (2009) popisují tréninkové cykly jako určité tréninkové úseky, které mají obdobný obsah i rozsah a které plní určité tréninkové úkoly. Základním dělicím kritériem pro typy cyklů je jejich délka – mikrocykly, mezocykly a makrocykly.

Sled tréninkových jednotek v opakujícím se schématu, se nazývá mikrocyklus. Sled několika mikrocyklů naplňuje mezocyklus. Sled mezocyklů, střídajících a opakujících se podle principů stavby tréninku v delší časové dimenzi, bývá označován jako makrocyklus. Trvá několik měsíců až let (Dovalil et al., 2009).

Dovalil et al. (2009) popisuje cyklus ve sportu jako „...relativně ukončený sled, celek opakujících se různě dlouhých časových úseků tréninkového procesu. Časové úseky mohou trvat několik dnů, ale i několik měsíců až let. Jsou spojeny tréninkovým cílem (cíli), který je pro ně určující. Opakování cyklů má povahu kruhu a projevuje se jako obecná zákonitost tréninku. Cykly se v organizaci tréninku uplatňují jako rozhodující články stavby tréninku od tréninkové jednotky po cykly víceleté. Nejde přitom většinou o prosté opakování, každý následující cyklus je částečným opakováním některých rysů cyklu předchozího a současně se v něm objevují nové, rozvíjející tendence. Odlišuje se od předchozího novým obsahem, nárůstem zatížení, změnou jeho komponent apod.“ (Dovalil et al., 2009, 255).

### 2.1.1.1 Makrocykly

Hohmann, Lames a Letzelter (2010) tvrdí, že pro vytvoření makrostruktury tréninkových procesů se mohou používat různé typy makrocyklů (Obrázek 2).

Typ	Úkol	Zatížení/obsahy
<b>úvodní makrocyklus</b>	systematické zvyšování schopnosti snášet zatížení všeobecný rozvoj obnova	vysoký objem zátěže a střední intenzita zatížení převážně všeobecně rozvíjející cvičení
<b>základní makrocyklus</b>	<b>a) zvyšující výkon</b> systematické zvyšování úrovně výkonu u jednotlivých faktorů určujících výkon a dočasná stabilizace soutěžního výkonu	zvyšování intenzity a objemu zátěže zvyšování podílu speciálních a udržování konstantního podílu všeobecných tréninkových cvičení zvyšování intenzity zátěže bez velkého poklesu objemu zvyšování podílu speciálních cvičení, zmenšování všeob. trénink. cvičení
	<b>b) stabilizující výkon</b> stabilizace úrovně výkonu u jednotlivých faktorů určujících výkon a dočasná stabilizace soutěžního výkonu	
<b>kontrolní makrocyklus</b>	přeměna zlepšených základů a výkonnostních faktorů v komplexní soutěžní výkon a dočasná stabilizace specificky soutěžního výkonu	další zvyšování zátěžové intenzity udržování konstantních podílů všeobecných a zvyšování podílu speciálních tréninkových a soutěž. výkonů
<b>před soutěžní makrocyklus</b>	co nejlepší příprava na rozhodující soutěž odstranění technických a taktických chyb zdokonalení jednotlivých výkonnostních faktorů v případě potřeby	další zvyšování intenzity zátěže a pokles objemu zátěže zmenšování podílu všeobecných a udržování konstantního podílu speciálních tréninkových cvičení
<b>soutěžní makrocyklus</b>	dosažení co nejvyššího výkonu další přeměna základů v komplexní soutěžní výkon	další zvyšování intenzity zátěže a udržování konstantního podílu všeobecných a speciálních cvičení, zvyšování podílu soutěžních cvičení, resp. soutěží
<b>obnovovací makrocyklus</b>	obnova stabilizace psychofyzických a výkonnostních základů	pokles intenzity zátěže a zvyšování objemu zátěže
<b>přechodový makrocyklus</b>	příprava funkčních systémů na vyšší tréninkové zátěže	zvyšování podílu všeobecných tréninkových cvičení

Obrázek 2. Charakteristika makrocyklů při cyklizaci tréninkového procesu

Pro skladbu 3-6týdenního makrocycly je charakteristická progresivně-regresivní zátěžová struktura. To znamená, že nejdříve naplánujeme a zařadíme 2-4 týdenní zvyšování zátěže s vysoce zátěžovým mikrocyklem a následně pak 1-2 týdenní odpočinkovou fází.

Při přípravě na důležitou soutěž je nutné vytvořit rytmus zátěže a zotavení, který u sportovců vyvolá vrcholnou formu. V tréninkové praxi se osvědčil standardní makrocycly, tzv. bezprostřední příprava na soutěž“.

### **2.1.1.2 Mezocykly**

Základním blokem, ze kterého se skládají mezocykly, jsou mikrocykly. U vytrvalostních sportovních odvětví se v přípravném období obvykle využívá pravidelný čtyřtýdenní mezocyklus (Suchý, 2012).

Roční tréninkový cyklus jako makrocycly formuluje svými požadavky pro jednotlivá období dlouhodobé záměry tréninkového procesu. Tyto úkoly jsou rozpracovávány do dílčích, časově kratších úseků – střednědobých cyklů, mezocyklů. Délka se pohybuje rámcově v týdnech (často, zejména v přípravném období se užívají pravidelné čtyřtýdenní mezocykly). Jejich vnějším znakem je opakující se sled mikrocyklů nebo změna daného sledu mikrocyklů jiným. Struktura a obsah mezocyklů je dána zvláštnostmi obsahu tréninku v různých obdobích ročního tréninkového cyklu, závisí na dosažených změnách trénovanosti, zotavení a dalším. V jejich rámci už lze postřehnout adaptační změny (kumulativní tréninkový efekt) a organizací série mikrocyklů tedy tyto změny řídit (Dovalil et al., 2009).

Přípravné období ročního cyklu začíná obvykle úvodním mezocyklem (tvořeným 1-3 úvodními mikrocykly), největší význam má mezocyklus základní (hlavní blok delšího přípravného období). V něm se zákonitě mění zatížení, nejen se zvyšuje, ale v určitých mikrocyklech se jeho úroveň vědomě snižuje. I v tomto případě platí vlnovitost zatížení, střídání delších úseků s poměrně vysokým zatížením a krátkých úseků s redukováným zatížením. Dále lze rozlišit mezocyklus předzávodní (několik vyloďovacích mikrocyklů), mezocyklus závodní (několik mikrocyklů závodního období) a mezocyklus zotavný (Dovalil et al., 2009).

### 2.1.1.3 Mikrocykly

Mikrocykly sehrávají v praktické organizaci tréninkového procesu rozhodující úlohu. Tyto krátkodobé několikadenní cykly jsou nejdůležitějšími „manipulačními bloky“, skladebnými kameny plánovité tréninkové činnosti. Vycházejí z cyklů vyššího typu, tj. makrocyklů a mezocyklů, avšak svým obsahem nejvíce vyhovují operativním požadavkům aktuálních tréninkových potřeb a změn. Dílčí tréninkové jednotky se v nich stávají vzájemně spojenými a navazujícími prvky, určujícími příslušný záměr (Dovalil et al., 2009).

Podle Suchého (2012) mikrocykly spojují jednotlivé tréninkové dny do spojených a navazujících tréninkových prvků. Z praktických důvodů bývá používán převážně sedmidenní (týdenní) cyklus, někdy jsou však také využívány tři- až šestidenní mikrocykly.

Plán na mikrocyklus v tréninkové praxi je nejdůležitějším typem plánu. Rozpracovává obsah tréninku již do konkrétní podoby podle záměru mikrocyklu – rozvojový, kontrolní, soutěžní atd. Umožňuje operativní změny v tréninku, kterými se trenér přizpůsobuje aktuálním potřebám a požadavkům družstva. Tréninkové jednotky v mikrocyklu jsou spolu vzájemně spojeny určitými záměry a jedna navazuje na druhou (Jansa & Dovalil et al., 2009). Délka mikrocyklů podle Dovalila et al. (2009) se ustálila většinou na jednom týdnu, používá se i cyklů kratších, např. tři nebo čtyřdenních, nebo delších, například desetidenních. Stavba mikrocyklu vychází z jeho cíle nebo cílů, z počtu zahrnutých tréninkových jednotek, sumární velikosti zatížení, z místa mikrocyklu v cyklu vyššího řádu. To se rámcově vyjadřuje v tréninkovém plánu. Současně se však musí brát ohled na individuální zvláštnosti sportovců, jak zvládají tréninkové a závodní zatížení, eventuálně biorytmy. Podle toho se rozlišují různé typy mikrocyklů, mohou se i vzájemně kombinovat.

Tabulka 1. Typy mikrocyklů v ročním tréninkovém cyklu (Dovalil et al., 2009)

Typ mikrocyklu	Hlavní úkol	Obsah	Celkové zatížení	Využití v ročním cyklu
ÚVODNÍ	Příprava k náročnější tréninkové činnosti	Specifická i nspecifická cvičení	Malé	Počátek přípravného období, po delším přerušení
ROZVÍJEJÍCÍ	Stimulace trénovanosti	Specifická i nspecifická cvičení	Velké	Přípravné období (závodní podle cvičení potřeby)
STABILIZAČNÍ	Udržení dosažených změn	Specifický	Střední	Přípravné období
KONTROLNÍ	Hodnocení aktuálního stavu	Starty, utkání, turnaje, testy trénovanosti	Střední až velké	Přípravné období

Typ mikrocyklu	Hlavní úkol	Obsah	Celkové zatížení	Využití v ročním cyklu
VYLAĎOVACÍ	Ladění sportovní formy	Specifický, starty	Střední až malé	Předzávodní období, závodní období
SOUTĚŽNÍ	Demonstrace výkonu, udržení sport. formy	Účast v soutěžích, specifická cvičení	Střední	Závodní období
ZOTAVNÝ	Dílčí nebo celkové zatížení	Doplňkové sporty, nespecifická cvičení, odpočinek	Malé	Přípravné období, závodní období, přechodné období

#### 2.1.1.4 Tréninková jednotka

Tréninková jednotka je hlavní organizační forma tréninku, základní prvek jeho stavby. Sled tréninkových jednotek tvoří vlastní tréninkový proces. Struktura tréninkové jednotky rozlišuje několik fází: úvodní, průpravnou, hlavní a závěrečnou. Každá z těchto částí je specificky naplněn. Tréninkový den může obsahovat více tréninkových jednotek (Choutka, 1979).

Čechovská et al. (2012) také popisují tréninkovou jednotku jako základní organizační formu pohybového programu, která je plánována, řízena a evidována trenérem. V plaveckém tréninku mohou být v praxi jednotlivé plavecké tréninkové jednotky doplňovány i jinými pohybovými aktivitami na suchu, které klient realizuje pod vedením trenéra nebo s doporučením samostatně. Ve struktuře tréninkové jednotky se rozlišují tři navazující části: úvodní, hlavní a závěrečná.

Úvodní (přípravná) část plní funkci přípravy pohybového aparátu, srdečně cévního a dýchacího aparátu, zahájení prostřednictvím cvičení na protažení svalů, šlach a kloubů.

Hlavní část rozvíjí nebo udržuje jednotlivé pohybové schopnosti nebo kondici jako celek. Nacvičuje stabilizaci sportovní techniky a taktiky. V závěrečné části bychom měli zajistit plynulý přechod od tréninkového zatížení k postupnému uklidnění a návratu všech funkcí fyziologických i psychických do původního stavu (Jansa & Dovalil et al., 2009).



## 2.1.2 Roční tréninkový cyklus

Dovalil et al. (2009) popisuje roční tréninkový cyklus za základní jednotku dlouhodobě organizované sportovní činnosti. Vychází z reálné dynamiky sportovní výkonnosti, z faktu, že výraznější změny trénovanosti vyžadují delší časový úsek a nelze je očekávat v krátkodobém horizontu. Jeho stavba pak směřuje k tomu, aby maximální sportovní výkonnost kulminovala v požadovaném čase. S ohledem na to byl v souladu s vývojem tréninkové praxe zformulován teoretický názor na podobu tréninku v průběhu ročního cyklu, který se osvědčuje ve většině sportovních specializací. Úkoly a zaměření tréninku se během roku mění. Tomu v praktické rovině odpovídá standardní periodizace (Tabulka 2), rozlišující přípravné, předzávodní, závodní (také hlavní nebo soutěžní) a přechodné období, jednotlivá období mohou být tvořena různým počtem mezocyklů.

Tabulka 2: Rámcové schéma periodizace ročního tréninkového cyklu (Dovalil et al., 2009)

<b>Období</b>	<b>Hlavní úkol období</b>
Přípravné	Rozvoj trénovanosti
Předzávodní	Vyladění sportovní formy
Závodní	Prokázání a udržení vysoké výkonnosti
Přechodné	Dokonalé zotavení

### 2.1.2.1 Přípravné období

Dle Dovalila et al. (2009) je cílem přípravného období růst výkonnosti a vytvoření základu pro budoucí výkon. Hlavním úkolem tohoto období je zvýšení trénovanosti. V jistém smyslu lze přípravné období lze chápat jako nejdůležitější v ročním cyklu.

Přípravné období nejvíce ovlivňuje připravenost sportovce na závodní zatížení. Klade důraz na vybudování kvalitního aerobního systému, který později bude základem pro zbylá energetická ústrojí. Tréninkový objem je nejvyšší, s nižší intenzitou (Carmichael & Rutberg, 2003).

Trénovanost je složitý proces mnoha proměnných – složený z kondiční, technické, taktické a psychické připravenosti sportovce na tréninkové a soutěžní zatěžování. V přípravném období se klade důraz na aplikaci vhodných stimulů, které vyvolají adaptační změny, které jsou podmínkou změn ve sportovní výkonnosti. V tomto období zařazujeme i širší výběr tréninkových cvičení, která mají přispět k zajištění všestrannosti jako základu

speciálního trénink, ale i jako prevenci a kompenzaci jednostrannosti (Dovalil et al., 2009). Speciální cvičení popisuje Jansa a Dovalil (2009) jako vyšší stupeň shody s obsahem a strukturou sportovní specializace. Cíleně mají ovlivnit jednotlivé faktory sportovního výkonu, a ve velké míře ovlivňují úspěšnost tréninku.

Na začátku přípravného období má trénink spíše analytický charakter a ke zvyšování síly adaptačních podnětů dochází zejména zvyšováním objemu zatížení. V druhé části období dochází k přechodu k syntetickému tréninku a zvyšování zatížení se děje hlavně nárůstem intenzity při dosažené úrovni objemu zatížení nebo jeho mírném poklesu.

### **2.1.2.2 Předzávodní období**

Jansa a Dovalil (2009) plní toto období zásadní úkol a to dosažení vysoké sportovní formy. V předzávodním období dochází k prvním startům a mistrovským soutěžím.

Obvykle trvá od 2 do 4 týdnů. Ladění sportovní formy navazuje na trénink v přípravném období (Dovalil et al., 2009).

Jansa a Dovalil (2009) popisují hlavní tréninkové zásady ladění sportovní formy následovně:

- Snížení objemu zatížení při současném udržení jeho vysoké intenzity
- Důraz na kvalitu tréninkové činnosti
- Dostatek odpočinku
- Důsledné využití speciálních cvičení
- Využívání přípravných startů jako tréninkového prostředku
- Zdůraznění psychologické přípravy

Vyladovací trénink by měl probíhat s ohledem na individuální zvláštnosti sportovce. Mimořádného vyladění a vrcholu sportovní formy lze dosáhnout jednou až dvakrát za rok (Dovalil et al., 2002).

Lehnert, Novosad a Neuls (2001) charakterizují sportovní formu jako „...stav optimální připravenosti k soutěži, kterého bylo dosaženo na základě správně řízené sportovní přípravy.“

### **2.1.2.3 Závodní období**

V závodním období jsou soustředěny soutěže, kde hlavním cílem je zhodnotit předchozí přípravu a prokázat co nejvyšší výkonnost. Úkolem tréninku v závodním období je udržení nebo opakované vyladění sportovní formy. Když je závodní období delší, mohou nastat problémy s udržením formy. Je nutné zařadit i dostatečný prostor pro zotavení (Jansa & Dovalil et al., 2009).

Sekera a Vojtěchovský (2009) vidí jako hlavní tréninkový prostředek v tomto období závodní program. Trénink mezi závody má především podpůrnou úlohu a slouží k jemnému doladění zatížení. Neměl by však svým významem, intenzitou ani objemem dominovat nad závodním programem.

Účasti v soutěžích završují sportovní činnost a stávají se měřítkem úspěšnosti talentu i tréninku. Soutěži se dá využít jako tréninkového prostředku, proto kromě startů hlavních, které zahrnují významné soutěže, bývají v závodním období zahrnuty také starty pomocné, které slouží ke kontrole, ověření, zdokonalení. Samotný výkon je v pomocných startech spíše druhořadý (Dovalil et al., 2009).

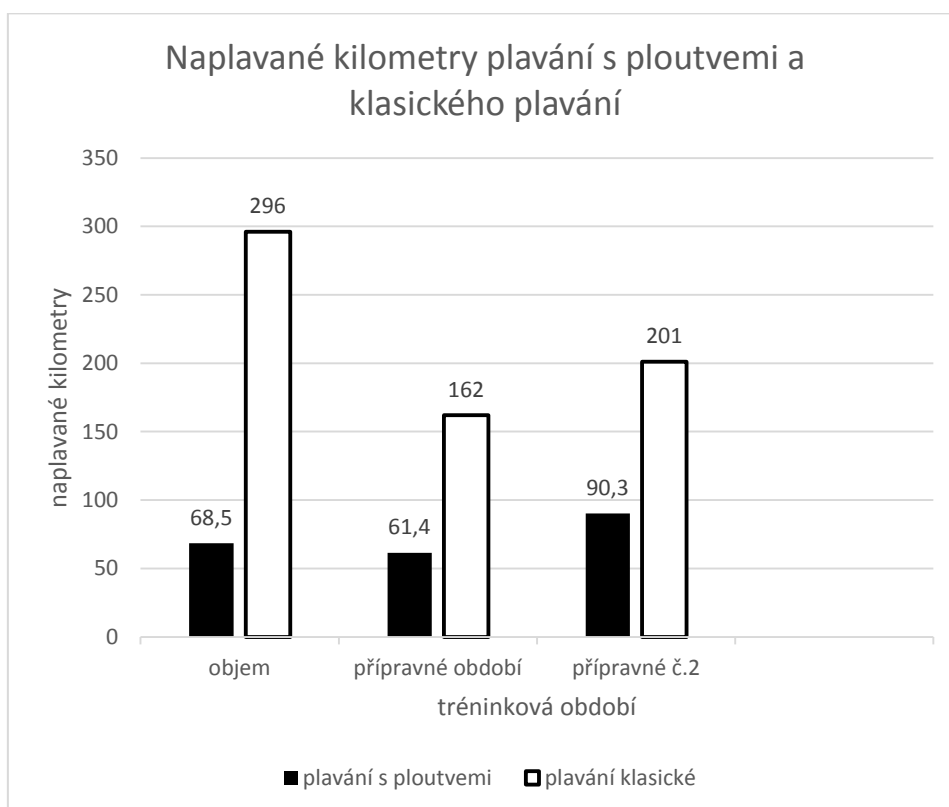
### **2.1.2.4 Přechodné období**

Přechodné období je část ročního tréninkového cyklu, která je zaměřená na odpočinek případně na doléčení zranění. Délka může být různá, dle typu zaměření sportovní činnosti, ale v průměru trvá 3-6 týdnů. Pozornost je kladena na co nejdůkladnější zotavení. Na přechodné období plynule navazuje období přípravné.

V přechodném období dochází ke snížení velikosti zatížení a snižuje se také počet tréninkových jednotek, které jsou výrazně kratší. Někdy je trénink na několik dnů úplně přerušen. A zařazeny jsou činnosti povahy aktivního odpočinku či cvičení nespecifických. Cvičení jsou prováděná nízkou aerobní intenzitou. Do přechodného období jsou zařazeny doplňkové sporty a účast v jejich soutěžích (Dovalil et al., 2009). Jansa a Dovalil (2009) doporučují pestřejší výběr cvičení, variabilitu prostředí, ale také pozornější sledování psychické stránky sportovce.

### 2.1.3 Trénink plavání s ploutvemi

Bohužel neexistují prozatím žádné vědecké publikace, které by objektivně popsaly tréninkový proces plavání s ploutvemi. Proto se opřeme o znalosti z klasického plavání, které je tomuto sportu nejbližší. Největší rozdíl zaznamenáváme v počtu tréninků týdně. Plavci trénují zpravidla dvoufázově – ráno a odpoledne a každá tréninková jednotka se vyznačuje velkým počtem naplavaných kilometrů (Maglischo, E. W., 2003)



Obrázek 3. Rozdíl naplavaných kilometrů u vrcholové plavkyně s ploutvemi a plavkyně „klasického“ plavání.

Výrazný rozdíl mezi naplavanými kilometry je zřejmý (Obrázek 3) u vrcholové plavkyně, účastnice OH, medailistku z MS a ME Barbory Závadové, a vrcholové plavkyně s ploutvemi ve všech vybraných tréninkových obdobích. Potvrzují se slova Z. Svozila (emailová komunikace, 14. 6. 2015), kdy v tabulce níže (Tabulka 3) můžeme vidět významný rozdíl, co se naplavaných hodin ve vodě týče. Tréninkové jednotky (TJ) plavců jsou zejména v objemové části přípravy delší (jedna TJ = 2 hod.), a počet kilometrů se zvyšuje i velkým počtem soustředění, které plavci v této části přípravy mají a u plavců s ploutvemi se soustředění dělají především v předzávodním období. Důvodem je, že trenéři plavání

s ploutvemi jsou z převážné většiny „amatéři“, nejsou placeni za tuto funkci, a finanční náročnost soustředění, které by padlo na plavce samotné. Vyšší počet TJ vidíme u plavkyně s ploutvemi pouze u suché přípravy, kdy plavci s ploutvemi nahrazují menší počet TJ ve vodě, jinou sportovní aktivitou (Tabulka 3).

K rozdílům mezi klasickým plaváním a plaváním s ploutvemi se vyjadřuje bývalý, velice úspěšný italský reprezentant z let 1988-1999, od roku 2000 do současnosti trenér velice úspěšných italských reprezentantů, držící světové rekordy, a v Itálii nejdéle se pohybující odborník v oblasti plavání s ploutvemi A. Mangherini (emailová komunikace, 29. 6. 2015):

...“ačkoli na první pohled vypadají tyto dva sporty podobně, není tomu tak. Plavci s ploutvemi používají k plavání monoploutev, a k plavání potřebují hodně síly dolních končetin, tedy musí snášet mnohem více kyseliny mléčné, která se ve svalech vytvoří, než plavci, kteří mají volné nohy a jsou více okysličovány. Je velice důležité vědět a naučit se, jak rychle si plavec s ploutvemi může dovolit rozjet určitou trať. Pokud „přepálí“ začátek, z 95% to pro něho znamená konec závodu a šanci na dobrý čas. Je nutné si určenou trať najet několikrát a nazpaměť se naučit závodní tempo.“

Tabulka 3. Porovnání přípravy plavkyně s ploutvemi a „klasické“ plavkyně

	<b>Plavání s ploutvemi</b>				<b>Plavání</b>			
	Celkový počet naplavaných kilometrů	Hodiny VODA	Suchá příprava (hod.)	Počet závodů	Celkový počet naplavaných kilometrů	Hodiny VODA	Suchá příprava (hod.)	Počet závodů
Měsíc: objem	68,5	28,5	14	1	296	87	8,6	1
Měsíc: přípravné období	61,4	25,5	12	2	162	55	3,5	4
4. týdny: přípravné období č.2 (tapering)	90,3	47	8	0	201	68	8,2	2

Většinou i závodník zaměřující se na sprinterské tratě naplave za rok více než 2000km. Plavci s ploutvemi v ČR naplavou kolem 800km za rok. Rozdíl v objemu u plavci s ploutvemi je způsoben nižším počtem tréninkových jednotek za týden. Trénují většinou pouze jedenkrát denně, a jako doplňkové aktivity volí jiné sportovní aktivity (posilovna, TRX, běh, spinning apod.). Proto se zpravidla nevidí velké rozdíly, co se objemu týče

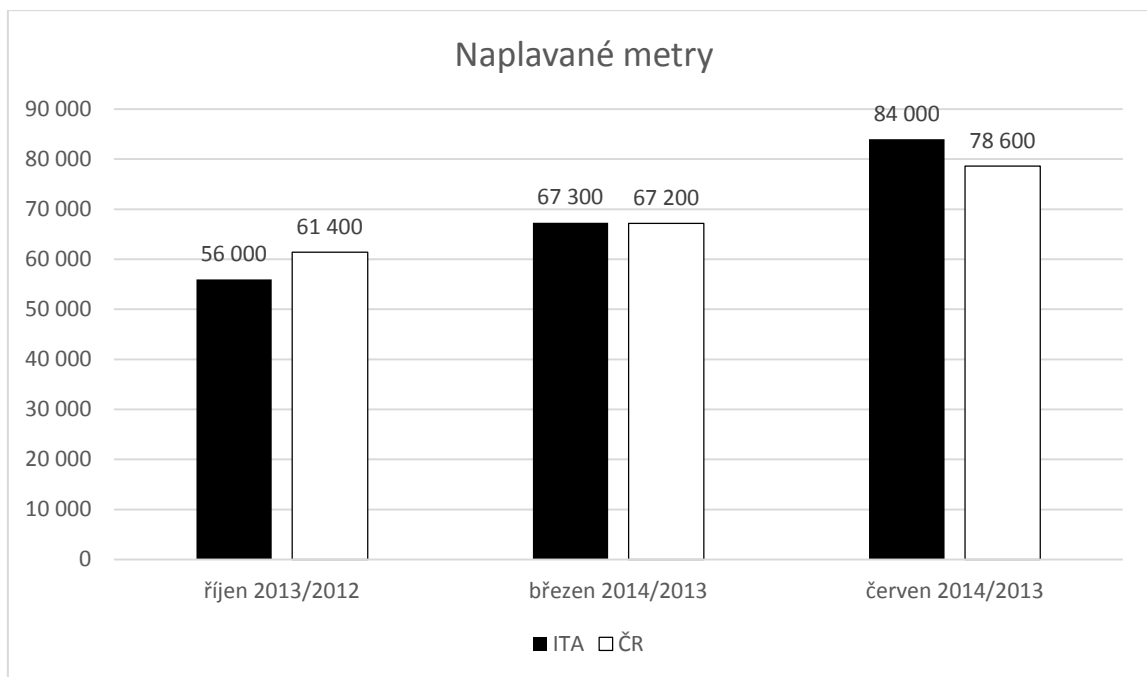
v průběhu ročního tréninkového cyklu, v našem případě půlroční tréninkové přípravy (Tabulka 4).

Plavci s ploutvemi si nemohou dovolit, kvůli nižšímu počtu TJ snížit objem natolik, aby se výrazně změnil. Změnu v objemu můžeme vidět v lednu (Tabulka 4), kdy se po vánočních svátcích začíná plavat o týden později a v červnu, kdy se konalo 10 ti denní soustředění a plavkyně tedy měla možnost trénovat dvakrát denně.

Tabulka 4. Počet naplavaných metrů v rozmezí půlroční tréninkové přípravy v klubu KSP Olomouc

<b>Rok 2013 – příprava v ČR</b>	<b>Počet naplavaných metrů</b>
Leden	38 100
Únor	65 500
Březen	70 200
Duben	63 600
Květen	63 500
Červen	90 800

Pro porovnání uvádím graf (Obrázek 4) naplavaných kilometrů vrcholové plavkyně s ploutvemi ve dvou různých sezonách, kde se připravovala na vrchol sezony ve dvou odlišných zemích. V sezoně 2012/2013 pobíhala příprava v ČR a vrchol sezony byly Světové Hry v Kolumbii, a v sezoně 2013/2014 se Sportovkyně připravovala v Itálii, a vrcholem sezony bylo Mistrovství Evropy konané v italském Lignano Sabbiadoro. Na obou soutěžích plavkyně podala své maximální výkony, vylepšila výrazně své osobní rekordy, které se staly novými českými rekordy. Na obrázku 4 je vidět srovnání objemové části a to v období říjen – přípravné období, březen – předzávodní a v měsíci červnu, kdy se jednalo o téměř poslední část přípravy před vrcholem sezony. Naplavané kilometry se v přípravě v ČR a Itálii výrazně nelišily. Tréninky plavání s ploutvemi probíhají obdobně. Za jednu tréninkovou jednotku v délce hodiny a půl plavci s ploutvemi naplavou průměrně 3700-4300m.



Obrázek 4. Srovnání naplavaných km plavkyně s ploutvemi ve dvou odlišných sezonách v dvou různých klubech (v Itálii/ČR)

K přípravě v ČR se vyjadřuje Z. Svozil (emailová komunikace, 14.6.2015) letitý úspěšný reprezentant ČR v letech 1982-2004, reprezentační trenér plavání s ploutvemi v letech 2005-2012, medailista z MS a ME z let 1983 a 1992, který v nynější době trénuje nejúspěšnější ženské družstvo v ČR. a na otázku „Proč se nemění objemová stránka tréninkových jednotek (TJ) v průběhu přípravy?“ odpovídá:

„...plavecká příprava v KSP Olomouc má omezené počty tréninkových jednotek. Změny nejsou v počtu tréninkových jednotek (zvýšení, snížení), ale pouze v naplavaných metrech a zejména změně intenzity vzhledem k blížícím se závodům a množstvím naplavaných metrů v závodních ploutvích (monoploutve). Dalším faktorem, který ovlivňuje objemovou stránku přípravy, je zaměření sportovců. Vytrvalci na rozdíl od sprinterů nepotřebují tak výrazné změny v objemové přípravě, naopak ji potřebují udržet po poměrně dlouhou dobu a objem se snižuje až velmi těsně před závody.

Sportovní kalendář plavců s ploutvemi není „jedno vrcholový“, ale je složen z celé řady kvalitních závodů v podstatě v průběhu celého roku. Např. 6-8 kol světového poháru jsou rozloženy od ledna až po říjen listopad. Na ME i MS je zapotřebí zaplavat kvalitní časy, tak aby došlo k nominaci na tyto závody.“

Na otázku čím dalším plavci s ploutvemi řídí intenzitu zatížení, odpovídá Z. Svozil (emailová komunikace, 14.6.2015):

„...velikost zatížení je řízena zejména procentuální vyjádření subjektivním úsilí plavce, kterým plavec plave naplánované úseky vzhledem k trénované disciplíně.

Např. plavec, připravující se na 400m může plavat se 100% úsilím tréninkový motiv 4x100 s intervalem odpočinku 12 sekund při součtu času na úrovni osobního rekordu a lépe. U sledované vrcholové plavkyně s ploutvemi, která má svůj osobní rekord na 400 m 3:25,9, kdy průměrná 100ka vychází na 51,5 sekund, můžeme tvrdit, že v motivu 4x100 s intervalem odpočinku 10-12 sekund, je čas 51 sekund považován za maximální úsilí. Submaximální úsilí by odpovídal čas 52-53 sekund, submaximálnímu úsilí mírné intenzity 54-57 sekund, a časy horší považujeme za mírnou intenzitu.“

U 800m trati, kdy osobní rekord vrcholová plavkyně odpovídá času 7:08,6, by v motivu 8x100m s intervalem odpočinku 10-12sekund, maximálnímu úsilí odpovídá čas na jednotlivý úsek 100m 53,5 sekund, submaximálnímu zatížení 54-56 sekund, submaximálnímu zatížení mírné intenzity čas 57-60 sekund, a nad 1 minutu mírná intenzita.

Subjektivní pocity jsou obdobně vyjádřeny jako Borgova škála (Borg, 1985) subjektivně vnímané námahy“.

Stejně tak se k přípravě plavců s ploutvemi a odlišnostmi s tréninky spojené vyjadřuje bývalý, velice úspěšný italský reprezentant z let 1988-1999, od roku 2000 do současnosti trenér velice úspěšných italských reprezentantů, držící světové rekordy, A. Mangherini (emailová komunikace, 29. 6. 2015), který potvrzuje slova Svozila:

...“zejména v měsících říjen až prosinec, v kterém se nekonají žádné významné soutěže, se používají doplňky (krátké ploutve) tak, aby se co nejméně zatěžovaly chodidla, které díky velice těsným botičkám od monoploutve a častým používáním trpí, často se vyskytují problémy s achilovkami a záněty šlach. Tréninky výjimečně zahrnují motivy na úrovni submaximální, častěji pro stimulaci svalů se používají krátké sprinterské úseky, vše v krátkých ploutvích.

Délky tréninkových jednotek se tedy příliš nemění, ale mění se jejich obsah. Od ledna a dělí přípravu na několik mikrocyklů po 4 týdnech. Tři týdny pravidelného střídání intenzity zatížení v TJ, jeden den na hranici anaerobního prahu, druhý den rychlost, změny tempa a délky intervalů, aerobní vytrvalost, a dvakrát až třikrát do týdne řadí motiv imitující závodní tempo.

Z. Svozil (emailová komunikace, 14.6.2015) dělí intenzitu tréninku plavání s ploutvemi do 5 ti různých kategorií:



- 1) Plavání bez ploutví – zde řadíme rozplavání, vyplavání mezi sériemi, a závěrečné vyplavání. Intenzita je velmi nízká.
- 2) Plavání s krátkými ploutvemi v nízké intenzitě, kam řadíme v úvodní části TJ rozplavání, nebo ke konci TJ technickou část (Krátké ploutve nízká intenzita).
- 3) Plavání s krátkými ploutvemi ve vysoké intenzitě. Intenzita může stoupnout až na hranici anaerobního prahu. Jedná se převážně o jednu delší sérii (cca 1200m), kdy tepová frekvence se pohybuje okolo 170-180 tepů. Na Borgově škále 16 a výše.
- 4) Plavání s monoploutví v nízké intenzitě. Řadíme obdobně jako u plavání s krátkými ploutvemi v nízké intenzitě rozplavání s monoploutví, čili přípravu na náročnější sérii.
- 5) Plavání s monoploutví ve vysoké (submaximální) intenzitě. Hlavní série v TJ, kdy tepová frekvence stoupne až k 170-180 tepů i výše. Jedná se o sérii simulující závodní tratě, podle zaměření. U kratších tratí můžeme zařadit delší intervalový odpočinek mezi zvolenými tratěmi, a pro vytrvalce spíše kratší odpočinek, ale vícenásobné opakování zvoleného motivu.

Z. Svozil a A. Mangherini se shodují, že je velice důležité znát svého svěřence, a zejména v období předzávodním, kdy dochází k ladění formy, přizpůsobit tréninky přímo na míru, s ohledem na jeho zaměření (sprinter, vytrvalec).

### **2.1.4 Borgova škála**

Lidé mají podle vyvinutou kapacitu hodnotit úroveň námahy. Vnímání námahy je druh chování, které využívá všechny zdroje informací, jež se podílejí na řízení pohybové aktivity, přinášející zdravotní benefity a následné adaptační změny.

Kladný postoj k vykonávání pohybové aktivity má také pozitivní vliv při jejím hodnocení a jsou velmi významným indikátorem skutečného stupně vynakládané námahy (Čechovská & Dobrý, 1999).

Čechovská a Dobrý (2008) popisují původní záměr Borga, který byl vytvořit kategoriální škálu se stupni 6 až 20 (Tabulka 5), v níž by jednotlivé stupně (úrovně) přibližně odpovídaly jedné desetině srdeční frekvence při výkonu pohybových aktivit. Skóre 6 (bez námahy) by mělo odpovídat srdeční frekvenci zhruba 60 tepů za minutu ve věkových kategoriích průměrně zdatných dospívajících dospělých středního věku. Jde však pouze o hrubý odhad vztahu a existují značné individuální diference. Vztah SF a RPE (Borg 's rating

of perceived exertion) u jedné osoby se proměňuje v závislosti různých pohybových aktivit. RPE se nejlépe hodí pro srovnávání jednotlivců, vykonávajících stejnou pohybovou aktivitu.

Tabulka 5. Borgova škála subjektivně vnímané námahy s přepočtem na tepy (Borg, 1985)

	<b>Přepočet škály na počet tepů</b>	<b>10 ti stupňová škála</b>	<b>Popis stupňů</b>	<b>% SF max</b>
6			Bez námahy	
7			Extrémně malá námaha	
8	80 tepů	1		60-70%
9	90 tepů		Velmi malá námaha	
10	100 tepů	2		70-75%
11	110 tepů		Malá námaha	
12	120 tepů	3		70-75%
13	130 tepů		Poněkud větší námaha	
14	140 tepů	4		75-80%
15	150 tepů	5	Velká námaha	80-90%
16	160 tepů	6		80-90%
17	170 tepů	7	Velmi malá námaha	90-94%
18	180 tepů	8		95-100%
19	190 tepů	9	Extrémně velká námaha	95-100%
20	200 tepů	10	Maximální námaha	

Často se u sportovců můžeme setkat s podhodnocováním úrovně námahy. Nejdříve by měl pocit po aktivitě popsat verbálně, a poté zvolit odpovídající číslo na škále.

Proč používat RPE? - Mnoho trenérů nemá přístup k laboratorním přístrojům, které by mohly monitorovat sportovce během tréninků či během soutěže. RPE může tyto nedostatky nahradit, umožní trenérovi a sportovci monitorovat intenzitu bez složitých nástrojů (Čechovská & Dobrý, 2008).

Borg (1985) popsal, vysokou korelaci RPE a SF tak, že každý stupeň škály vynásobený 10ti, bude souhlasit s SF. Například odhad námahy je 13, krát 10 = 130 tepů/min = intenzita cvičení byla mírně vyšší.

Řídit se při výkonu pohybových aktivit pouze podle srdeční frekvence je nebezpečné. Vnitřní pociťované bolesti a napětí jsou velmi významnými indikátory skutečného stupně vynakládané námahy. Borgovým původním záměrem bylo vytvořit kategoriální škálu se stupni 6 až 20, v níž by jednotlivé stupně přibližně odpovídaly jedné desetině srdeční frekvence při výkonu pohybových aktivit.

## 2.2 Autonomní nervový systém

„Nervový systém dělíme do různých kategorií. Z morfologického hlediska se dělí na centrální (CNS), kam řadíme mozek a míchu, a periferní (PNS), pod který spadají nervové kořeny a kmeny a periferní nervy. Z funkčního hlediska jej dělíme na somatický a viscerální. Somatický reguluje orgány podléhající volní kontrole, kdežto viscerální reguluje orgány nepodléhající volní kontrole“ (Rokyta, 1998, 354).

Autonomní nervový systém je především motorickým systémem hladkého svalstva orgánů, cév, kůže a srdeční svaloviny. Zajišťuje řízení funkcí vnitřních orgánů a krevního oběhu a přizpůsobuje je aktuálním potřebám (např. ortostatická reakce, startovní reakce při tělesné práci) a kontroluje také vnitřní prostředí organismu (Silbernagel & Despopoulos, 2004). Funkce, které ovlivňují tento systém, nejsou zpravidla ovlivnitelné vůlí (Přidalová & Riegerová, 2009), což je dáno tím, že vedle neuronů v CNS a posléze až neurony ve stěnách orgánů, které fungují i bez přímého vlivu nervových vláken z vyšších etáží systému.

„Protože činnost systému ovlivňuje základní biologické funkce spojené s přijímáním potravy, látkovou výměnou, cirkulací a s dalšími funkcemi spojenými s udržením života a s rozmnožováním, bývá také, zejména ve starší literatuře, označován jako vegetativní nervový systém“ (Čihák, 2004, 546-547).

Přidalová a Riegerová (2009) dělí autonomní nervový systém na dva oddíly, sympatický (pars sympathica, sympatikus) a parasympatický (pars parasympathica, parasimpatikus).

„Oba oddíly mají motorické neurony zapojené do řetězců po dvou. Motorické neurony obou oddílů inervují převážně stejné vnitřní orgány, ale působí na ně vzájemně protichůdně, když jeden oddíl stimuluje hladkou svalovinu některého orgánu ke stahu nebo některou žlázu k sekreci, druhý oddíl tyto činnosti potlačuje“ (Marieb & Mallat, 2005, 445).

Takovéto antagonické působení obou systémů nejde ovšem do důsledků; převažuje koordinované působení obou systémů, představující funkční jednotu organismu a udržující optimální stav. Kromě sympatiku a parasimpatiku existuje ještě další, třetí složka

autonomního nervstva, označovaná jako enterický (intramurální) systém (Marieb & Mallat, 2005, 445).

S enterickým nervovým systémem se můžeme setkat, když se navzájem propojí dvě nervové pleteně (plexus submucosus Meissneri a plexus myentericus Auerbachi). Význam tohoto systému není zanedbatelný, protože ho tvoří okolo 100milionů nervových buněk a kontroluje hlavně sekreci trávicích šťáv, lokální krevní průtok a zasahuje i do kontroly motility GIT. Enterický systém dokonce může pracovat nezávisle na centrálním nervstvu (Mysliviček & Trojan, 2004).

Na udržování optimální činnosti srdce a na jeho přizpůsobování k dynamicky se měnícím požadavkům organismu se podle Rokyty et al. (2000) zúčastňují některé regulační mechanismy. Z nich vzhledem na komplexnost, množství informací, schopnost zpracovávat je do optimálního integrovaného výstupu zejména rychlost reakce na vnitřní i vnější podněty dominuje ANS. „Autonomní nervový systém je složitý systém s prvky a oddíly, které za fyziologických, ale i za patofyziologických okolností koordinují činnost orgánů, systémů a celého těla jako celek v zájmu zachování homeostázy organismu. ANS je permanentně aktivní, což se projevuje neustálou impulzací v jeho vláknech. Tím se určuje trvalý, ale ne neměnný tonický vliv na jednotlivé orgány systémy v určitém funkčním stavu, který se může fázicky – oscilačně měnit v závislosti od excitability systému. Obě dvě modalita jsou úzce spjaté a vzájemně se ovlivňují“ (Rokyta et al., 2000, 111).

### **2.2.1 Centrální a periferní část ANS**

Centrální sympatické struktury zúčastňující se na srdeční činnosti se u člověka nacházejí v nucleus intermediolateralis laterálních rohů míchy od C<sub>8</sub> až po L<sub>3</sub>.

„Aktivita v periferních nervech ANS má svůj původ v centrálním nervovém systému. Mluvíme o centrální aktivitě, kterou u člověka generují a modulují struktury CNS – mícha, prodloužená mícha, hypotalamus, limbický systém a mozková kůra, tak i periferní výstupy z různých receptorů včetně receptorů srdce. Výsledkem je přizpůsobování aktivity autonomních nervů, a tím i činnosti srdce aktuální situace“ (Čihák, 2004, 468).

Na periférii těla je autonomní nervový systém anatomicky i funkčně zcela oddělen od somatického, zatímco v centrálním nervovém systému jsou mezi oběma těsná propojení (Silbernagel & Despopoulos, 2004, 78).

Periferní nervový systém je eferentní, to znamená, že vede informace do periferie, avšak nervy, jimiž probíhá, obsahují většinou také vlákna aferentní (centripetální). Ta přicházejí od receptorů vnitřních orgánů (jícen, žaludek, střevo, játra, plíce, srdce, tepny, močový měchýř atd.), a jsou proto označovány jako viscerální aferentace. Je rovněž běžné je označovat podle nervu, v němž vlákna probíhají (Silbernagel & Despopoulos, 2004, 78).

Periferní nervový systém můžeme rozdělit na systém cerebrospinální a systém vegetativní. Systém cerebrospinální zásobuje somatickou část těla, hlavně svaly a kůži, prostřednictvím míšních a hlavových nervů. Úkolem systému je zabezpečit volní hybnost, která je jediná možnost odpovědi organismu do zevního prostředí. Do zevního prostředí patří například zprostředkování řeči volním ovládním příčně pruhovaného svalstva mluvidel. Systém vegetativní, nazývaný také autonomní, neovládaný vůlí, zásobuje orgány, jejich žlázy, hladkou svalovinu a cévy prostřednictvím vegetativních nervů. Odlišnost od cerebrospinálního nervstva je dvou neuronová cesta z CNS k výkonnému orgánu. Úlohou vegetativního systému je automatické uvedení organismu do stavu nejvhodnějšího pro výdej či příjem energie prostřednictvím pars sympatica a pars parasympatica (Petrovický, 2002).

### **2.2.2 Sympatikus a parasympatikus**

Petrovický (2002) popisuje parasympatikus a sympatikus jako eferentní (viscemotorický) systém drah.

Pars sympatica i pars parasympatica jsou visceromotorické systémy, začínající v CNS a na rozdíl od somatomotorických nervů jsou na cestě k orgánům a tkáním přepojovány přes nervové shluky buněk – tzv. ganglia (Čihák, 1997).

Podle Ganonga (1999) z důvodu výstupu pregangliových axonů (které vedou signály do ganglií a jsou uložena v mozkovém kmeni a v míše) je pars sympatica označována jako thorakolumbální systém – axony sympatických pregangliových neuronů opouštějí páteřní míchu předními kořeny prvního hrudního až třetího nebo čtvrtého míšního bederního nervu a pars parasympatica jako systém kraniosakrální, kde pregangliová vlákna vystupují z jader mozkového kmene z oblasti křížové míchy.

Pregangliové neurony sympatiku i parasympatiku jsou cholinergní, vychází z CNS a mají jako mediátor acetylcholin. Pregangliová vlákna jsou myelinisovaná (Petrovický, 2002).

Postgangliové neurony sympatiku a parasympatiku se liší svým mediátorem (Čihák, 1997). Postgangliová sympatická vlákna uvolňují noradrenalin, kdežto postgangliová parasympatická acetylcholin.

Sympatikus a parasympatikus se liší svými funkcemi. Obecně platí, že parasympatikus je zaměřen na dlouhodobé udržení organismu, tedy k získání energie a její ukládání, zatímco sympatikus se účastní rychlé mobilizace energetických zdrojů a rezerv organismu pro případy útoku nebo obrany (fight or flight) (Petrovický, 2002).

### 2.2.2.1 Sympatikus

Sympatikus je rozsáhlejší systém než parasympatikus; sympatická vlákna přicházejí téměř do všech orgánů a tkání.

Podrobněji popisuje sympatikus Rokyta (1998) a označuje ho jako cervikotorakolumbání autonomní nervový systém, protože jeho pregangliové neurony leží v postranních rozích míšních na úrovni segmentů C8 až L3. Jejich myelinizované axony směřují přes přední kořeny míšní a záhy po výstupu z intervertebrálního foramina opustí spinální nerv jako rami communicantes albi a jdou do příslušného ganglia k postgangliovému neuronu (Rokyta, 1998, 357-359).

Podle Rokyty (1998) jsou sympatická ganglia většinou uložena paravertebrálně, relativně blízko visceromotorického jádra a relativně daleko od příslušného efektoru.

Rokyta (1998) dále popisuje aktivaci sympatiku, která je spojena i s aktivací dřeně nadledvin (sympatoadrenální systém), a je navozena situacemi, při kterých se zvyšuje výdej energie a které jsou spojeny pravidelně s:

- emočním vypětím (fight or flight reaction)
- zvýšení krevního tlaku
- redistribuci krevního oběhu do kosterních svalů (vazodilatace) na úkor splachniku a ledvin (vazokonstrikce)
- vazokonstrikci kožních cév
- dilataci zornic
- zvýšení pocení
- naježení chlupů

- zvýšení mentální aktivity a metabolické změny ve smyslu zvýšené lipolýzy v játrech a svalech a glukoneogeneze v játrech

Sympatický oddíl vychází z hrudní a horních segmentů bederní míchy, konkrétně z TH1-L2. Buněčná těla pregangliových neuronů leží ve visceromotorické oblasti šedé hmoty míšni, kde vytvářejí tzv. postranní roh míšni (Matrieb & Mallat, 2005).

### 2.2.2.2 Parasympatikus

Parasympatikus v porovnání se sympatikem má menší rozsah a přichází pouze k vnitřním orgánům. Vychází z mozku a inervuje orgány v hlavě, krku, hrudníku a převážně části dutiny břišní. Vlivem parasympatiku dochází například ke stimulaci trávicích procesů poklesu SF, nebo zúžení průdušek v plicích. Zatímco veškerá kůže, svaly a klouby končetin a svaly tělní stěny parasympatickou inervaci nemají (Matrieb & Mallat, 2005).

Morfologicky označujeme parasympatikus jako kraniosakrální. Neli. originis najdeme v jádrech mozkového kmene a v míšních segmentech S2-S4. Kmenové struktury působí především na zúžené zornice a akomodaci, sekreci slz, sekreci slin a změny činnosti srdce, dýchacího a trávicího ústrojí. Sakrální část inervuje dolní břišní oblast, axony opouštějí míchu předními kořeny a po krátkém průběhu sakrálními nervy vytvářejí plexus hypogastricus inferior (Myslivoček & Trojan, 2004).

„Zjednodušeně řečeno, parasympatický oddíl má na starosti běžné činnosti sloužící k udržování životních funkcí a k aktivaci sympatiku dochází pouze tehdy, je-li potřeba mimořádného úsilí. Rovnováha mezi těmito dvěma systémy umožňuje hladký chod všech činností našeho těla“ (Matrieb & Mallat, 2005, 445).

Mimo tyto obecné funkční vlastnosti se oba systémy liší co do účinku na metabolismus organismu a na funkce jednotlivých orgánů a orgánových systémů; protichůdné působení obou systémů je v některých případech nahrazeno aktivací a inhibicí systému jednoho (Čihák, 1997).

### 2.2.3 Cirkadiánní rytmicita

Značné množství dějů, které v organismu probíhají, jsou děje periodicky se opakující. Těchto dějů je celá řada a probíhají v různě dlouhých cyklech. Zatímco změny v morfologii a funkci děložní sliznice probíhají s periodou přibližně rovnou lunárnímu měsíci, množství dějů

má periodicitu přibližně 1 den. Tyto děje nazýváme cirkadiánní rytmy (Mysliveček & Trojan, 2004).

Mysliveček a Trojan (2004) již naznačili, že cirkadiánní rytmy jsou periodickými ději s přibližně jednodenním opakováním. Pro cirkadiánní rytmy je charakteristické, že jde o děje endogenní (nejsou indukovány změnami ve vnějším prostředí). Jinými slovy v neperiodickém prostředí (myslíme tím například neustálá tma či neustálé světlo) běží cirkadiánní pacemaker s periodou blízkou 24hodinám (u člověka 24,2-25 hodin – volný běh). Za normálních okolností ovšem tato situace nenastává, protože zevní prostředí (např. střídání tmy a světla) vnucuje endogennímu pacemakeru periodu rovnou 24 hodinám.

Cirkadiánní rytmy jsou přirozeně kontrolovány našimi biologickými hodinami. Ty jsou uloženy v hypotalamu a jsou ovlivňovány hormonem melatoninem, který se vylučuje v noci a naopak ve dne je jeho sekrece potlačována (Reilly et al., 1997).

Lagarde et al. (2000) podobně jako mnoho dalších autorů, považuje melatonin jako jednu z možností rychlejší synchronizace cirkadiánních rytmů při přeletu více časových pásem.

Stejně jako Mysliveček a Trojan (2004) tak i Praško (1990) zařadili mezi hlavní činitele ovlivňující cirkadiánní rytmy, hladinu kortizolu, denní kolísání tělesné teploty, hladina prolaktinu, adrenokortikotropního hormonu, spánek-bdění. Změna v cyklu spánek – bdění zasahuje do rytmu koncentrace kortizolu v plasmě až po více než osmi mi dnech. Delší pobyt v zahraničí – po překonání několika časových pásem dochází k posunutí denní a noční aktivity a vyžaduje vlastní adaptaci, než se objeví nový cirkadiánní rytmus přizpůsobený časovému posunu.

Praško (1990) uvádí jako další nejčastěji měřený cirkadiánní rytmus denní kolísání tělesné teploty, kdy nejnižší je mezi 4-6 hodinou ranní, po probuzení prudce stoupá a následně zvolna narůstá až ke svému maximu okolo šesté hodiny večer. Rozdíl denní teploty u mladých zdravých lidí je okolo dva stupně Celsia a s věkem tento rozdíl podle klesá.

#### **2.2.4 Řízení srdeční frekvence a činnosti srdce**

Srdeční frekvence je řízena nervově a humorálně. Nervovou regulaci uskutečňuje sympatikus a parasympatikus. Sympatikus tepovou frekvenci zvyšuje, parasympatikus naopak snižuje. V klidovém stavu je na chronotropních změnách vyšší podíl parasympatiku, který ovlivňuje rychlé výchylky tepové frekvence v rozsahu až 20 – 30 tepů/min. Mediátorem



parasympatiku je acetylcholin a jeho vylučování ze zakončení X. hlavového nervu (n. vagus) v blízkosti sinoatriálního uzlu přímo ovlivňuje srdeční automacii. Snížení tepové frekvence není jediný děj, na který má stimulace parasympatiku vliv. Projeví se i v prodloužení převodu vzruchu v atrioventrikulárním uzlu (negativní dromotropní efekt). Parasympatické vlivy na srdeční rytmus jsou řízeny zejména z jader v prodloužené míše, nc. dorsalis nervi vagi a nc. ambiguus (Rokyta et al., 2000, 121).

Rokyta et al. (2000) popisuje sympatikus a jeho protichůdné účinky na srdeční činnost v porovnání s parasympatikem. Sympatické vlivy jsou zprostředkovány nn. cardiaci a mediátorem sympatiku je noradrenalin. Tepová frekvence se drážděním sympatiku zvyšuje (pozitivní chronotropní efekt). Sympatické vlivy pocházejí z poměrně rozsáhlé oblasti prodloužené míchy, kde je síť neuronů se vztahem k srdečnímu rytmu i vazomotorickému tonu.

Činnosti srdce je řízena na několika úrovních. Především je to nervová regulace, která probíhá prostřednictvím vegetativního nervového systému – sympatiku a parasympatiku. Na regulaci činnosti srdce se s nervovými mechanismy podílí také reflexní aktivita receptorů, zejména baroreceptorů a chemoreceptorů (Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 1999).

Baroreceptory jsou umístěny na stěnách srdce a cév a reagují na změny v jejich napětí. Informace o změnách jsou vedeny aferentními drahami do vazomotorických a kardioinhibičních center uložených v prodloužené míše, kde dochází k jejich zpracování a následné eferentní odpovědi (Trojan et al., 1999). Baroreceptory jsou umístěny v adventicii některých cév, ve stěně předsíní a v levé komoře srdeční.

Rokyta et al. (2000) popisuje změny, ke kterým dochází při zvýšení arteriálního tlaku ke kompenzační odpovědi v podobě zvýšené aktivity vagu, paralelní inhibici sympatické vasokonstrikční aktivity, vazodilataci, venodilataci, poklesu SF, minutového oběhu, což společně vede k jeho normalizaci. Naopak při poklesu arteriálního tlaku dochází ke zvýšení sympatické vasokonstrikční aktivity a inhibici vagu, což se následně projeví zvýšením krevního tlaku, SF a tepového objemu.

## 2.3 Variabilita srdeční frekvence

Variabilita srdeční frekvence je český ekvivalent pro heart rate variability (HRV). Označuje oscilaci intervalů mezi po sobě následujícími srdečními stahy (Stejskal & Salinger, 1996).

Srdeční rytmus se projevuje rytmickým kolísáním, které je výsledkem vzájemně propojeného působení sympatiku a parasympatiku na sinoatriální uzel (SA uzel). SA uzel je během každého srdečního cyklu modulován centrálními a periferními oscilátory. Analýza těchto oscilací srdeční periody umožňuje posuzovat stav a funkci vegetativní eferentní aktivity. Náhlé změny v tepové frekvenci jsou běžná reakce na fyzický nebo mentální stres a zátěž. Pro tento jev se ujal název variabilita srdeční frekvence (Stejskal & Salinger, 1996).

K hodnocení a interpretaci HRV se používá velké množství metod. Salinger et al. (1998) popisují, že v poslední době se k posouzení HRV využívá moderního počítačového zpracování EKG signálu, který umožňuje velmi přesnou časovou kvantifikaci R-R intervalů. K velice častým metodám, které se využívají při analýze a hodnocení HRV patří metody časové, (tzv. „time domain“ a frekvenční (tzv. „frequency domain“) analýzy HRV. Podle Kantora (2003) se nejdříve při vyšetřování HRV používala pouze časová analýza, která odpovídá na otázku: „Jaká je variabilita srdeční frekvence?“ a až později se k této analýze přidala přesnější spektrální analýza, která odpovídá na otázku: „Jaké jsou rytmy v HRV?“ K posouzení HRV se využívá počítačového zpracování elektrokardiografického (EKG) signálu (Salinger et al., 1998).

### 2.3.1 Časová doména

Metoda časové domény je jednoduchá a nenáročná na interpretaci. Většina časových parametrů odráží celkovou autonomní modulaci srdeční frekvence, ale neposkytuje informace o jednotlivém vlivu sympatiku a parasympatiku, tak jako spektrální analýza HRV. Spektrální analýza HRV dokáže částečně rozlišit vlivy sympatiku od parasympatiku (Malik & Camm, 1995).

Metoda časové domény je vhodná k užití analýzy delších záznamů, kde by záznam měl obsahovat minimálně 18 hodin hodnotitelného záznamu, do kterého zahrnujeme celou

noc a ranní hodiny. Tuto metodu však můžeme použít i pro hodnocení krátkodobých intervalů (minimální délka záznamu je 5 minut) (Javorka, K. & Javorka, M. 2008).

Pro hodnocení HRV využívá metoda časové domény dvě skupiny parametrů. Do první skupiny parametrů, které vycházejí z porovnání délek R-R intervalů z celého měřeného úseku, patří průměrná SF měřeného úseku. Druhou skupinu parametrů, která je založena na sledování diferencí mezi sousedními intervaly, tvoří parametr rMSSD (root mean square successive differences) (Malic & Camm, 1995) vyjadřující průměr čtverců rozdílů sousedních R-R intervalů. NN50 vyjadřující počet sousedních N-N intervalů v celém záznamu, které se od sebe liší více než 50ms, a další (Salinger et al., 1998).

RMSSD [ms] je definováno jako druhá odmocnina průměrů umocněných rozdílů po sobě jdoucích NN intervalů. Tato hodnota se vypočítá postupně, nejdříve se musí získat rozdíly všech NN intervalů, pak se vypočítají difference umocněných těchto rozdílů, a nakonec se dopočte druhá odmocnina jejich průměrů. Výsledná hodnota je zapsána v proměnné rMSSD. Tento parametr se již nepočítá přímo z NN intervalů, nýbrž z rozdílů mezi NN intervaly. Výsledné vypočítané hodnoty jsou v rozmezí od 25,73 ms – 57,35 ms. V porovnání s normální hodnotou ( $27 \pm 12$  ms) (Task Force, 1996).

### 2.3.2 Frekvenční doména

Metody frekvenční domény byly poprvé využity v roce 1973 Sayersem (Opavský, 2002). Jedná se o spektrální (frekvenční) analýzu SA HRV. Jde o neinvazivní metodický postup, který umožňuje kvantifikovat aktivitu ANS a poskytuje informace o nervové kontrole sinoatriálního uzlu (Stejskal & Salinger, 1996).

Podle Opavského (2002) je pro aplikaci SA HRV potřeba, aby harmonické signály SF odpovídaly nastavenému frekvenčnímu pásmu. Je důležité, aby při analýze daného úseku byly odfiltrovány artefakty, které často ruší harmonické signály. Čím více artefaktů, záznam se stává nespolehlivějším (Stejskal & Salinger, 1996).

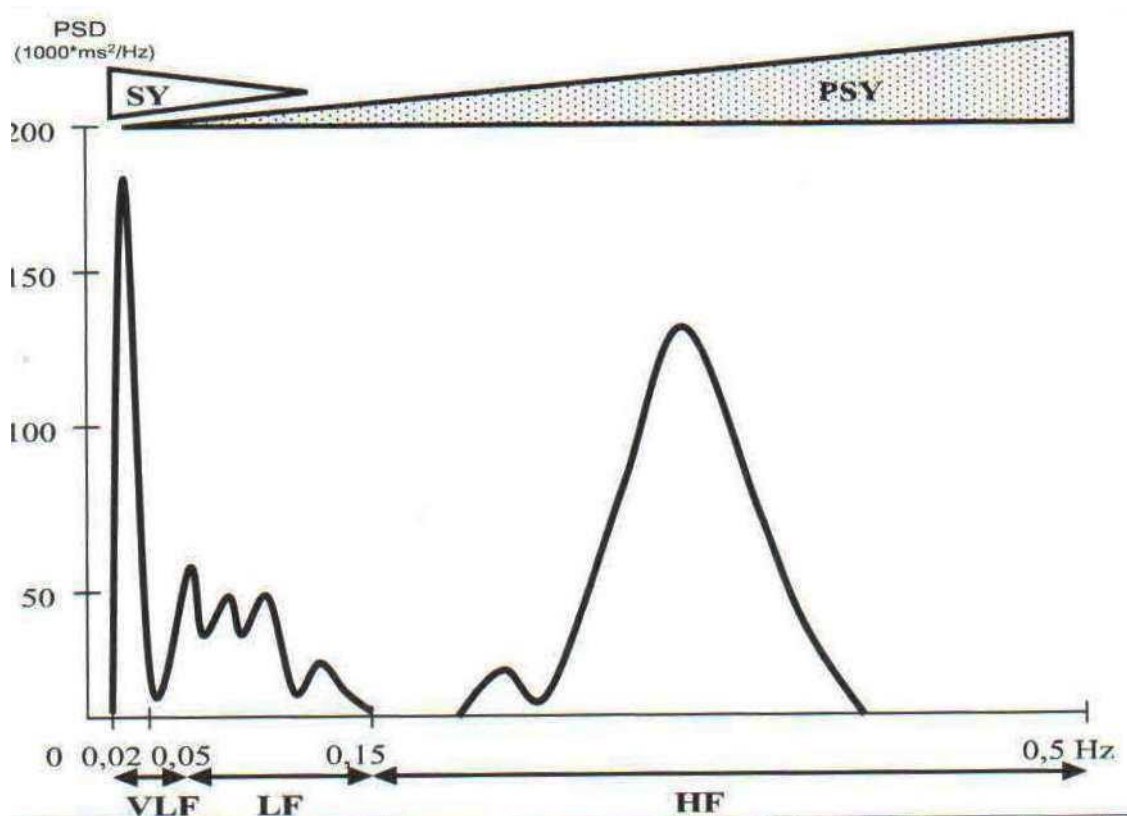
Spektrum HRV dělíme do tří frekvenčních komponent:

- HF (vysoká frekvence), která je ovlivněna výhradně vagovou aktivitou
- LF (nízká frekvence) vypovídá o baroreflexní aktivitě, která je ovlivněna jak sympatickou tak vagovou stimulací

- VLF (velmi nízká frekvence), která reflektuje vliv cirkulujících katecholaminů, termoregulační aktivitu cév a oscilace renin-angiotenzinového systému (Malik & Camm, 1995; Opavský, 2002; Stejskal & Salinger, 1996)

Komponenty VLF se pohybuje v rozsahu 0,02 -0,05 Hz, LF mezi 0,05-0,15 Hz a HF 0,15-0,5 Hz (Stejskal & Salinger, 1996).

Stejskal & Salinger (1996) prokázali, že přímou stimulací nervus vagus dochází ke snížení výkonu komponenty LF, naopak ke zvýšení HF a zmenšení poměrů LF/HF., HRV může být ovlivňováno širokou škálou vlivů, mezi které patří kromě některých léků například věk, průměrná HRV, fyzická aktivita, emoční stres, srdeční funkce, ischémie myokardu a autonomní neuropatie.



Obrázek 5. Hlavní spektrální komponenty SA HRV

Vysvětlivky:

SY	sympatikus	LF	nízká frekvence
PSY	parasympatikus	HF	vysoká frekvence
VLF	velmi nízká frekvence		

### 2.3.3 Spektrální analýza variability srdeční frekvence

Spektrální analýza variability srdeční frekvence je moderní neinvazivní metoda, která kvantifikuje aktivitu autonomního nervového systému. Základem metodiky je monitorování

časových rozdílů mezi po sobě následujícími srdečními stahy R-R intervaly na EKG křivce, pro které se obecně vžil název variabilita srdeční frekvence (Stejskal & Salinger, 1996).

Metoda SA HRV jsme schopni kvantifikovat pouze aktivitu vagu. Aktivitu sympatiku je možno soudit pouze nepřímo z vybraných poměrů mezi jednotlivými spektrálními komponentami.

Olšák (2003) vidí optimální využití SA HRV u vrcholových sportovců téměř v každodenním ranním sledování stavu organismu sportovce, čímž vzniká možnost objektivního posouzení reakce ANS na předchozí zatížení a regeneraci. Analýza výsledků se poté může využít k případné korekci sportovní přípravy.

Olšák (2003) dále tvrdí, že SA HRV je vhodným nástrojem pro:

- obnovu sil sportovce po zatížení a umožnění posouzení individuální reakce na zatížení
- prevence některých onemocnění, na sledování průběhu těchto chorob a usměrňování
- sportovní přípravy ve fázi zahájení tréninku po nemoci
- prevence pro odhalení „skrytých“ chorob (např. srdečních arytmií apod.)
- efektivní vyladění formy ve sportovní přípravě před soutěžemi
- sebepoznávání sportovce a také pro racionální práci trenéra se sportovcem

Variabilita srdeční frekvence je detailní analýza délek R-R intervalů a je to jedna z možností, jak můžeme odhalit poruchy neurovegetativní regulace činnosti srdce. Tato neinvazivní diagnostická metoda se používá nejen v tělovýchovném lékařství, kardiologii (při onemocnění srdce a srdečních větví bloudivého nervu), diabetologii, onkologii, neurologii, neonatologii, ale také v psychologii. Ukazatelé HRV jsou dále používány v monitorování změn autonomních nervových regulací v průběhu různé zátěže. Konkrétně v péči u sportovců se uplatňuje ve více oblastech:

- regulaci sportovního tréninku
- hodnocení stavu únavy
- diagnostice přetrénování
- v hodnocení adaptace na časový posun
- při řízení tréninkového procesu (Novotný, 2008).

Novotný (2008) potvrzuje, že variabilita srdeční frekvence je velmi citlivým ukazatelem stavu neurovegetativních regulací, jejichž cílem je udržet stálé vnitřní prostředí. HRV je ukazatelem funkčních i strukturálních změn srdce a periferních nervů, které vedou řídicí pokyny k srdci, a je ovlivněna také psychickým stavem sportovce.

### **2.3.3.1 Uplatnění SA HRV při optimalizaci sportovního tréninku**

Stejskal (2008) považuje monitorování a využití variability srdeční frekvence za nadějnou metodu sledování funkcí autonomního vegetativního systému. V několika posledních letech zaznamenáváme nárůst počtu publikací zabývajících se sledováním HRV v průběhu zatížení, následného zotavení a další odpovědi vegetativního systému na předcházející zátěž.

Jedním z velmi sledovaných a diskutovaných problémů, vyskytujících se aktuálně v prostředí vrcholového sportu, ve většině sportovních odvětví, je otázka proporcionality mezi tréninkovou zátěží a následnou regenerační fází. V důsledku neustálého růstu nároku na zvyšování výkonnosti dnešních vrcholových sportovců, dochází stále častěji k porušování této rovnováhy nadměrným zatěžováním jedince, které se projevuje snížením sportovní výkonnosti. Pokud je sportovec přetěžován dlouhodobě, může to vést k syndromu přetrénování a dlouhodobému poklesu sportovní výkonnosti (Stejskal, 2008).

Podle Šlachty, R., Stejskala, P., Elfmarka, M. (2003) by mohly výsledky longitudinálního sledování SA HRV u sportovců být prakticky využitelné.

Pro optimalizaci tréninku nebo ladění sportovní formy je třeba získat základní informace o výkonnosti ANS (tzv. "mapa" nebo "profil" ANS). Vyšetření by měla proběhnout opakovaně, během jednoho týdne a sportovec by měl být v době měření zcela zdravý. Při ranním vyšetření vždy dostatečně regenerován. To znamená, že vytváření "mapy" ANS sportovce musí probíhat v období, kdy intenzita tréninkového zatížení není příliš vysoká. Obvykle jsou pro účely "mapování" ANS dostatečná čtyři měření, za nestandardních podmínek jich však může být až deset (počet "mapovacích" měření určuje software) (Botek, 2007).

### **2.3.3.2 Hlavní spektrální komponenty SA HRV**

Komponenty HF, LF a VLF patří mezi hlavní spektrální komponenty SA HRV. Výkon VLF není zatím bohužel podle Stejskala a Salinger (1996) přesně definován, ale bývá vztahován k termoregulační sympatické aktivitě cév, hladině katecholaminů a oscilací v systému renin-angiotenzin. Komponenta VLF, hraje důležitou roli při posuzování rychlosti zotavení ANS po dynamickém zatížení.

Podle Stejskala a Salinger (1996) komponenta LF je označována také jako „Mayerova tlaková vlna“. Komponenta LF je nejvíce ovlivněna baroreflexní sympatickou aktivitou a koresponduje s pomalými oscilacemi variability arteriálního tlaku. Neměla by se však považovat za ukazatel sympatovagové stimulace. Z disertační práce Gaul-Alačové (2005) vyplývá, že komponenta LF za předpokladu, že dechová frekvence je rovna nebo nižší 9 dechů/min je ovlivněna respirací.

Podle Opavského (2002), je komponenta HF je výrazně ovlivněna eferentní vagovou aktivitou. Při snižování dechové frekvence pod 6 dechů/min se začíná složka HF prolínat se složkou LF.

Mezi další parametry patří komplexní indexy vagové aktivity (VA), komplexní index sympatovagové balance (SVB), komplexní ukazatele celkového skóre (CS) SA HRV, který vzniká sloučením komplexních indexů VA a SVB.

### **2.3.4 Proces měření HRV**

HRV je monitorována pomocí standardizovaného ortostatickým manévrem v pozicích leh – stoj – leh. První fáze lehu slouží k zjištění výchozích podmínek měření. Stoj představuje ortostatickou stimulaci sympatiku a po něm následující leh vyvolává klinostatickou stimulaci vagu (Salinger et al., 1998).

Hodnocení časové řady tvořené R-R intervaly metodou SA HRV je často zkresleno výskytem artefaktů. Jak již bylo zmíněno, je nutné tyto artefakty odfiltrovat. K našemu výzkumu bylo využito diagnostického systému VarCor PF7, který umožňuje záznam dechové frekvence pomocí softwaru. Mezi další systémy používané na vyšetření krátkodobé HRV patří např. systém VariaPulse PF3, VarCor PF6 a VariaCardio TF4. Data se zpracovávají pomocí algoritmu krátkodobého záznamu, který běžně trvá zhruba 5 minut (při předpokladu průměrné klidové SF 60 tepů.min<sup>-1</sup>. Při nižší srdeční frekvenci nebo častějším výskytu artefaktů se časový interval měření zvyšuje (Salinger et al., 1998).

### **2.3.5 Faktory ovlivňující HRV**

Podle Novotného a Novotné (2008) je HRV vysoce senzitivní ukazatel změn v aktivitě ANS, který je neustále ovlivňován velkým množstvím různorodých podnětů jak vnitřních (endogenních), tak vnějších (exogenních). Mezi vnitřní (endogenní) faktory SA HRV, které

mají periodický vliv na SF a které ovlivňují HRV, řadíme např. sympatikus, parasympatikus, respirace, baroreflexní senzitivitu, chemorecepci a termoregulaci.

Podle Stejskala a Salinger (1996) je třeba zohlednit i další okolnosti jako např. mentální koncentraci, která významně může snižovat výkonové spektrum HRV. Na změnách aktivity ANS se podle Lacka et al. (2003) podílí také stres, který ve své chronické podobě má za následek pokles aktivity sympatiku a parasympatiku. Dále se může podílet i na rozvoji psychosomatických onemocnění, jako je například diabetes mellitus, nebo kardiovaskulární choroby. Mezi další faktory, který se podílí na změnách v aktivitě ANS je věk, dědičnost, zatížení, únava, spánek, zotavení, trénovanost, syndrom jet lag atd.

#### **2.3.5.1 Vliv zatížení na HRV**

Brooks et al. (2000) popisují, že během zatížení dochází ke změnám v aktivitě regulačních systémů, které se výsledně projeví redistribucí krve, zvýšením SF a minutového srdečního výdeje jako odpovědi organismu na zvýšenou poptávku pracujících svalů po kyslíku a energetických substrátech.

Z literatury je patrné, že vytrvalostně trénovaní jedinci mají vyšší hodnoty HRV oproti jedincům netrénovaným. U vytrvalostně trénovaných jedinců dochází ke klidové bradykardii, snížení SF při submaximálním zatížení, zvýšení objemu krve a podobně a snížení klidové SF. (Hamar & Lipková, 2001, Bojan et al. 2013).

Konkrétní odpověď ANS spočívá ve snížené eferentaci vagu. Při nižších intenzitách zatížení je tachykardie výsledkem poklesu aktivity vagu, který je při vyšších intenzitách zatížení následován postupným růstem aktivity sympatiku (Stejskal et al., 2001). Kvalitativní i kvantitativní změny v aktivitě ANS jsou podmíněny především intenzitou zatížení.

#### **2.3.5.2 Vliv zotavení na HRV**

V prvních vteřinách po ukončení zátěže, dochází k poklesu SF společně i ke snížení srdečního výdeje. V první minutě dochází k prudkému poklesu SF a je to ovlivněno především parasympatickou větví ANS. Ve druhé minutě dochází k poklesu noradrenalinu a to bez ohledu na intenzitě zatížení. Poté je pokles SF a plazmatického noradrenalinu pomalejší kde je patrný podíl reaktivace vagu. Po páté minutě dochází postupně k reaktivaci parasympatiku a poklesu SF na klidové hodnoty. Sledování poklesu SF mezi 5. a 10. minutou



může sloužit jako „index kardiální vagové reaktivace“. Vzestup aktivity vagu po zatížení není závislý vagové aktivitě před zatížením (Stejskal, 2008).

Jakubec (2005), charakterizuje sympatovagovou rovnováhu a její návrat ukazatelů HRV na původní úroveň do šesti hodin zotavení a ukazatele sdružené do komplexního indexu aktivity vagu do devíti hodin zotavení. Zaznamenal také vzestup centrálního spektrálního výkonu po 23hod. od ukončení zatížení nad předzátěžovou úroveň. To značí výsledek dokonalé regenerace a připomíná proces superkompenzace.

### **2.3.5.3 Vliv únavy a spánkové deprivace na HRV**

Dalším faktorem, který modifikuje HRV je spánkový deficit a kvalita spánku. Vlivem spánkové deprivace dochází podle Zhong et al.(2005) u zdravých lidí k redukci aktivity vagu a zvýšení aktivity sympatiku a utlumení aktivity parasympatiku.

Pagani et al. (2009) tvrdí, že spánková deprivace může narušit autonomní regulaci a zvyšovat krevní tlak s hrozbou chronické hypertenze. Nahodile probdělá noc nepotvrdila takový vliv na organismus. Za následky náhodně probdělé noci popisuje zvýšenou únavu a snížení tělesné výkonnosti. Dlouhodobá spánková deprivace může narušit autonomní regulaci, zvýšení arteriálního tlaku či dokonce hrozí chronická hypertenze.

### **2.3.5.4 Vliv cirkadiálních rytmů na HRV**

Vlivem cirkadiálních rytmů se HRV v průběhu dne mění. Podle Jensen-Urstad et al. (2002) se cirkadiální změny projevují zvýšením celkového spektrálního výkonu a zejména výkonu komponenty HF v nočních hodinách kdy dosahuje nejvyšších hodnot. Naopak v průběhu dne dochází k poklesu výkonu této komponenty (HF).

Opavský (2002) považuje snížení rozdílů mezi spektrálním výkonem komponenty HF v noci a ve dne za abnormální nález svědčící o převaze sympatiku.

### **2.3.5.5 Vliv HRV na trénovanost**

Podle Stejskala (2008) patří mezi hlavní projevy pravidelné pohybové aktivity snížení SF v klidu. U vytrvalostně trénovaných osob, může bradykardii způsobit zpomalení spontánní diastolické depolarizace. K vnitřním změnám na SA uzlu dochází po několika letech tréninku.

Hlavním důvodem sportovní bradykardie je posun rovnováhy od sympatiku k parasympatiku. Na zvýšenou aktivitu vagu u sportovců se usuzuje respirační arytmií.

Vytrvalostně trénované osoby mají vyšší vagovou aktivaci jak v klidu, tak při tělesné práci. Je všeobecně známo, že dlouhodobý vytrvalostní trénink zvyšuje variabilitu srdeční frekvence (Pichot et al., 2002) a vykazují tak vyšší úroveň HRV, než osoby se sedavým způsobem života.

Nejvyšší hodnoty HRV vykazují vytrvalci, u nichž HRV koreluje s aerobní kapacitou (Stejskal, 2008). Takto disponovaný sportovec je schopen pružněji a efektivněji se vypořádat se stresovými faktory tréninkového zatížení (Cipryán, 2008).

Podle závěrů Pichota et al. (2002) který tvrdí, že stav ANS závisí na kumulativním efektu tělesné únavy způsobené nárůstem tréninkového zatížení se tak analýza HRV může stát vhodným nástrojem pro monitorování efektu tréninkového zatížení na tělesnou zdatnost a případně může sloužit jako prevence přetrénování.

#### **2.3.5.6 Vliv menstruačního cyklu na HRV**

Podle Leichta, Allena & Hoyer, (2003) není cyklické kolísání pohlavních hormonů měřené pomocí HRV během menstruace doprovázeno významnou změnou autonomní srdeční kontroly. Významná pozitivní korelace byla pozorována mezi maximální hladinou estrogenu a parametry HRV v době ovulace. U zdravých žen má estrogen kardioprotektivní účinek.

Podle studie Sato a Miyake (2004), kteří pozorovali změny v aktivitě ANS během menstruačního cyklu je aktivita sympatiku výrazně větší během luteální fáze v porovnání s fází folikulární, zatímco u aktivity parasympatiku je tomu naopak.

#### **2.3.5.7 Vliv mentální aktivity na HRV**

Podle Javoroky et al. (2008) je intenzivní mentální aktivita s emočním stresem mimo jiné spojeny i se změnami v kardiovaskulárním systému. Při mentální zátěži se mění rovnováha ANS vzestupem aktivity sympatiku a poklesem aktivity parasympatiku, což se projeví na HRV.

Javoroka et al. (2008) dále popisují chronický dlouhodobý stres ve spojitosti se zvýšeným tlakem v krvi a zvýšeným výkonem v oblasti LF variability, za kterou zodpovídá zvýšená činnost sympatiku. Naopak snížená činnost parasympatiku způsobuje naopak

zvýšený výkon v HF oblasti a sníženou baroreflexní senzitivitu. Všechny tyto změny aktivity ANS a regulace činnosti srdce se mnohou dále podílet na rozvoji psychosomatických onemocnění (kardiální onemocnění, infarkty, diabetes mellitus atd.) (Lacko et al., 2003).

### **3 CÍLE**

Hodnocení odpovědi organismu na zatěžování během půlročního tréninkového cyklu u vrcholové plavkyně s ploutvemi

#### **Dílčí cíle:**

1. Hodnocení tréninkového zatížení a objemu tréninků ve sledovaných obdobích
2. Analýza vztahu mezi subjektivními pocity a variability srdeční frekvence
3. Hodnocení změn HRV v průběhu půlroční tréninkové přípravy

#### **Výzkumná otázka:**

1. Souvisí subjektivní hodnocení únavy s výsledky variability srdeční frekvence?

## **4 METODIKA**

### **4.1 Charakteristika souboru**

Sportovkyní byla dlouholetá a úspěšná reprezentantka ČR plavání s ploutvemi ve věku 24 let, která se zúčastnila již po druhé Světových her v Kolumbijském Cali v roce 2013.

Aktivita ANS byla měřena v průběhu půlroční tréninkové přípravy v domácích podmínkách a byla rozdělena do třech období. První období měření probíhalo od 15.2-17. 3. 2013, druhé období od 22.4-1. 6. 2013 a třetí bezprostředně před odletem od 8.7-17.7.2013. Následující data jsou již z místa konání soutěže (Kolumbie, Cali), ve směru západním s rozdílem šesti časových pásem. Celkově zde bylo naměřeno 10 měření po příletu, kdy probíhala klimatizace a příprava na závod, který proběhl 9. den po příletu dne 27. 7. 2013.

### **4.2 Metodika sběru dat**

Vrcholová plavkyně si během monitorovacího období vedla tréninkový deník, kde si zaznamenávala kromě samostatných tréninkových jednotek (TJ, délku tréninku, subjektivní hodnocení TJ podle Borga, ranní únavu, zdravotní stav, mimotréninkové aktivity a aktivity, které mohly ovlivnit celkovou únavu (škola, zkoušky apod.). Tréninkové jednotky byly regulovány podle subjektivních pocitů vrcholová plavkyně a posouzení trenéra. TJ nebyly regulovány doporučeními systému VarCor PF7.

### **4.3 Spektrální analýza variability srdeční frekvence**

Oproti klasickému snímání a hodnocení HRV, které se provádí metodou spektrální analýzy ze záznamu EKG o délce 300 tepů (při předpokladu průměrné klidové srdeční frekvence 60 tepů za minutu tedy zhruba 5 minut) pomocí originálního diagnostického systému VarCor 7 PF7 (Stejskal, 2008), byla zvolena modifikovaná verze, která byla zkrácena v prvním intervalu z původních 5 minut na pouhých 30 vteřin (Botek et al., 2013).

Aktivita ANS byla po detailním vysvětlení měřena samotnou sportovkyní. Monitorování proběhlo standardně ortostatickým reflexem (leh-stoj-leh) v tomto případě aktivním postavením se diagnostickým systémem VarCor PF7.

### 4.3.1 Diagnostický systém VarCor PF7

Diagnostický systém VarCor PF7 vygeneroval tréninková doporučení pro optimalizaci tréninkových jednotek, ke kterým však vrcholová plavkyně z důvodů eliminace možného ovlivňování hodnocení subjektivních pocitů, neměla přístup. Tréninkové jednotky v průběhu celého výzkumu nebyly tedy regulovány doporučením systému VarCor PF7, které písemně interpretoval Šlachta, Stejskal a Elfmark (2003) do čtyř úrovní (viz níže), ale vrcholová plavkyně se řídila vlastními subjektivními pocity.

1. Stav ANS je velmi dobrý, doporučujeme zintenzivnit tréninkové zatížení. Jedinec je připraven realizovat maximální zátěž.
2. Stav ANS je pokračovat ve stávajícím modelu zatížení, které se jeví jako vyhovující.
3. Stav ANS je mírně zhoršený, doporučujeme snížit zatížení pod stávající úroveň případně zvýšit zastoupení regeneračních jednotek.
4. Stav ANS je špatný, doporučujeme přerušit tréninkový proces, zatížení nahradit kvalitní regenerací.



Obrázek 6. Mikropočítačový systém VarCor PF7 s příslušenstvím (DIMEA group)

### 4.3.2 Základní výstupní parametry SA HRV

V práci byly využity tyto parametry:

- VLF (very low frequency) – velmi pomalá frekvence v rozsahu od 20 do 50 mHz
- LF (low frequency) – pomalá frekvence v rozsahu od 50 do 150 mHz
- HF (high frequency) – vysoká frekvence – vysoká frekvence v rozsahu od 50 do 150 mHz
- rMSSD (mean squared successive differences) – představující průměrnou hodnotu mocniny postupných diferencí R-R intervalů v průběhu naměřeného časový úseku. (Salinger et al., 1998).

### 4.3 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla zpracována s použitím počítačového programu MS Excel 2014 za pomoci funkce ln (logaritmus). K vyhodnocení výsledků SA HRV byly použity základní popisné statistické charakteristiky, aritmetický průměr a směrodatná odchylka (SD), které byly zpracovány do grafů a tabulek.

Statistické zpracování bylo provedeno pomocí programu STATISTICA. Porovnávány byly individuální parametry naměřené ve stoji (modifikovaný způsob) a parametry v druhém lehu (modifikovaný způsob. Kromě vybraných individuálních ukazatelů frekvenční analýzy byly vybrány také ukazatele časové analýzy: R-R intervaly a rMSSD (Mean Square Successive Differences – průměr čtverců rozdílů sousedních R-R intervalů).

Pro hodnocení individuálních ukazatelů (ranní únava) bylo provedeno t-testem. Pro zjištění korelace byl použit Spearmanův korelační koeficient ( $R_s$ ). Hladina statistické významnosti ( $p$ ) byla stanovena na  $p < 0,05$ .

Podle Pett (1997) se korelační závislost hodnotí následovně:  $R_s < 0,30$  slabá závislost,  $R_s: 0,30-0,49$  nízká závislost,  $R_s: 0,50-0,69$  střední závislost,  $R_s: 0,70-0,89$  silná závislost a  $R_s: > 0,90$  extrémně silná závislost.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

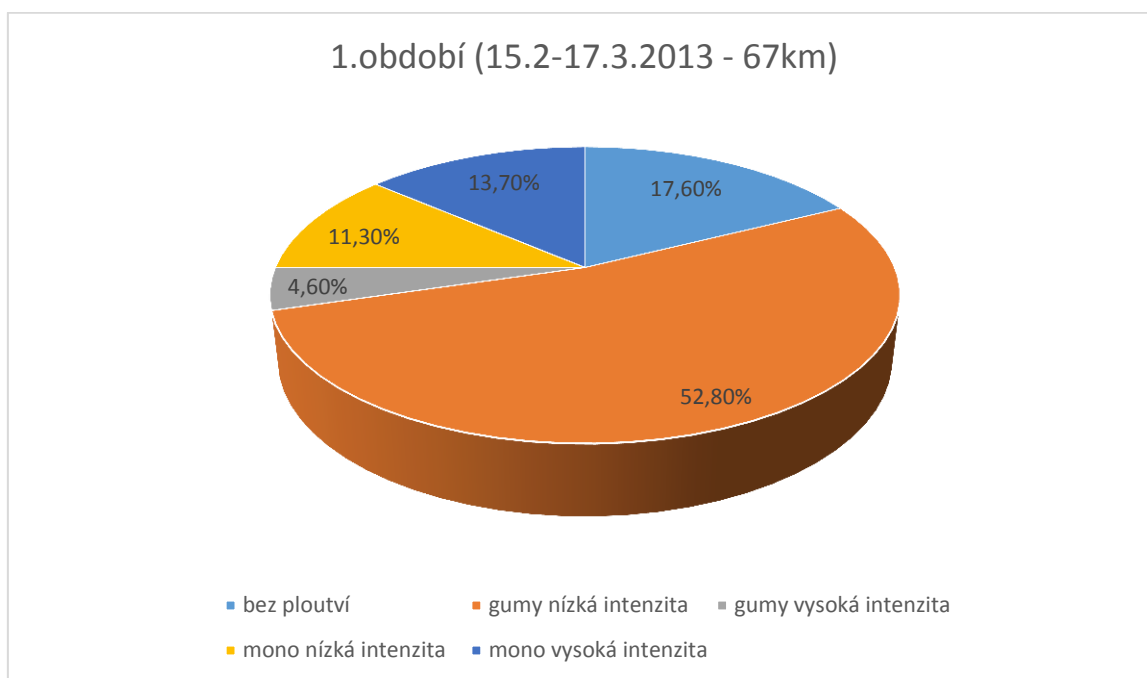
### 5.1 Hodnocení tréninkového zatížení a objemu tréninků ve sledovaných obdobích

Tabulka 6. Procentuální porovnání naplavaných kilometrů podle intenzity

	1.období (15.2-17.3)	%	2.období (22.4-1.6)	%	3.období (8.7- 17.7)	%
Počet měření	20		20		7	
Počet tréninků	19		21x		11	
Počet závodů	2x (SP)		3x (MČR družstev, MČR, SP)		0	
Celkový počet km	67		74,2		35	
Bez ploutví – velmi nízká intenzita	11,8	<b>17,6%</b>	11,5	<b>15,5%</b>	7,1	<b>20,3%</b>
Krátké ploutve – rozplavání, vyplavání – nízká intenzita	35,3	<b>52,8%</b>	34,8	<b>47%</b>	15,1	<b>43,15%</b>
Krátké ploutve – měřené série – vyšší intenzita (80% a více – Borg – 16/17 a víc	3,1	<b>4,6%</b>	7,5	<b>10%</b>	0	<b>0%</b>
Mono – nízká intenzita – rozplavání	7,6	<b>11,3%</b>	7,2	<b>9,7%</b>	6,8	<b>19,4%</b>
Mono - měřené série – vyšší intenzita (80% a více – Borg – 16/17 a víc	9,2	<b>13,7%</b>	13,2	<b>17,8%</b>	6	<b>17,15%</b>

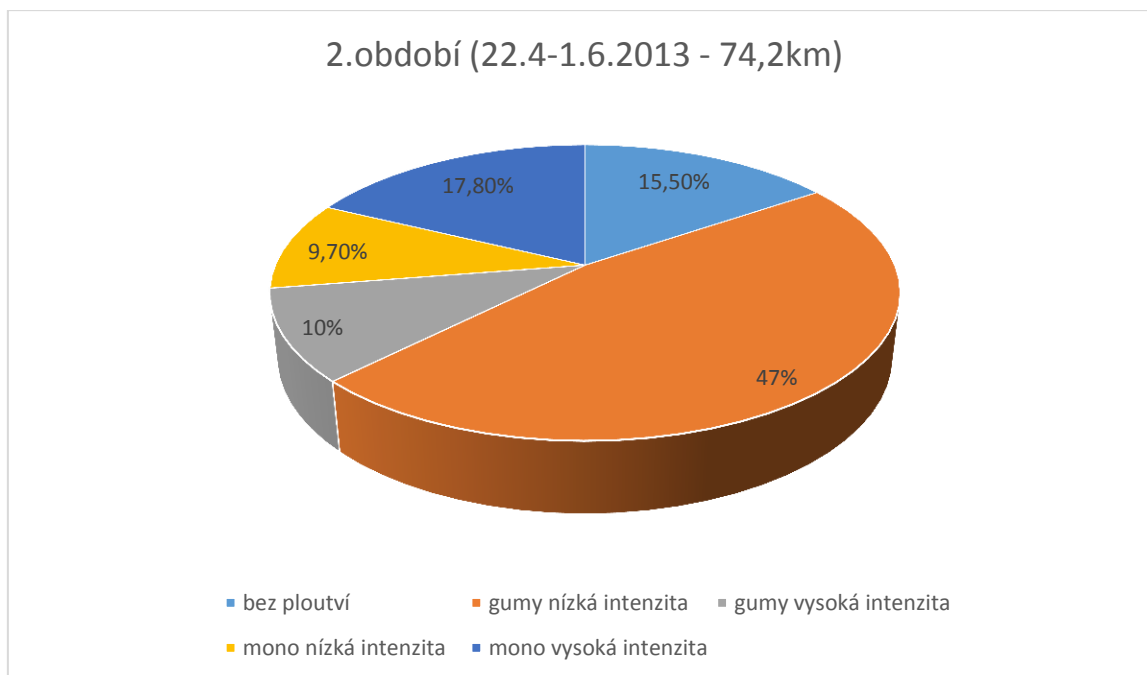
Je patrné, že se tréninkové zatížení a objemem výrazně během monitorovacích období neměnily (Tabulka 6). Potvrzují to slova Z. Svozila (emailová komunikace, 14. 6. 2015). V prvním období bylo naplaváno celkem 67 km. Během tohoto období bylo zaznamenáno 19 TJ, a dva závody. Celkem bylo naplaváno 4,6 % v krátkých ploutvích (tréninkových ploutvích) vyšší submaximální intenzitou, velmi mírnou intenzitou, 11,3% nízkou intenzitou v monoplostvi (závodní ploutev), 13,7% v monoplostvi vyšší, submaximální intenzitou, 17,6% představovalo plavání bez ploutví a nejvíce 52,8% v krátkých ploutvích, nižší intenzitou kam řadíme například úvodní, rozplavávací část, či vyplavání a technická cvičení (Obrázek 7).





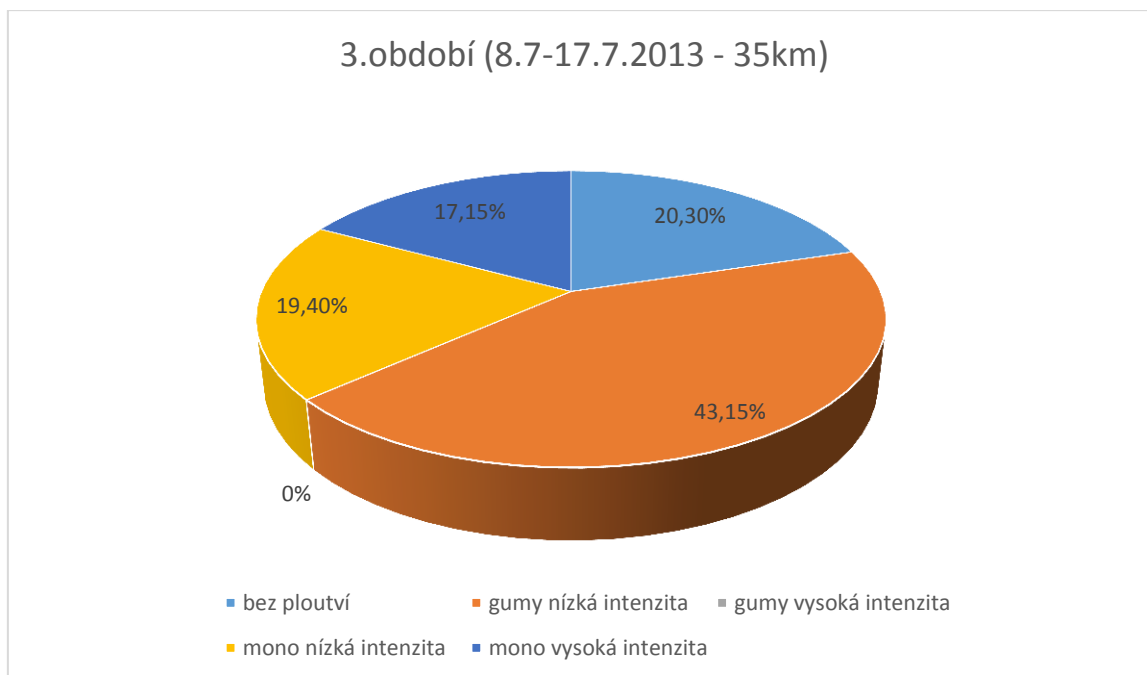
Obrázek 7. Záznam procentuálního podílu naplavaných km bez ploutví, s krátkými ploutvemi (gumy) a monoploutví (mono - závodní ploutev) v různých intenzitách v období 15.2-17. 3. 2013

Druhé období představovalo také přípravnou část, kdy během monitorování proběhlo 21 TJ, a troje závody. Procentuálně se naplavané kilometry příliš neměnily. Mírný nárůst pozorujeme u plavání s dvěma krátkými ploutvemi vyšší, submaximální intenzitou na 10%, mírný pokles na 9,7% v plavání s monoploutví mírnou intenzitou, 17,8% narostl počet naplavaných kilometrů v monoploutvi ve vyšší, submaximální intenzitě, které přikládám vyššímu počtu závodů, kdy i tréninky jsou více přizpůsobené na jejich přípravu. Zhruba o 2% klesl počet naplavaných kilometrů bez ploutví, a na 47% klesl i počet naplavaných km v krátkých ploutvích v nízké intenzitě (Obrázek 8).



Obrázek 8. Záznam procentuálního podílu naplavaných km bez ploutví, s krátkými ploutvemi (gumy) a monoploutví (mono - závodní ploutev) v různých intenzitách v období 22.4. 2013 - 1.6. 2013

Ve třetím předzávodním období, vidíme v porovnání s předchozími obdobími mírné změny. Příprava se konala pouze na 50 metrovém bazénu, nikoli jak v průběhu roku na 20 metrovém, kdy se zpravidla nepoužívá závodní monoploutev. Vyšší submaximální zátěž s dvěma ploutvemi úplně vymizela. Výrazně se procentuálně zvýšil počet naplavaný km v monoploutví v nízké intenzitě (19,7%), ve vyšší, submaximální intenzitě se poměr zachoval. V krátkých ploutví klesl objem v nízké intenzitě na 43,15%. Snížení objemu v předzávodním období potvrzuje i Maglischo (2003) (Obrázek 9).



Obrázek 9. Záznam procentuálního podílu naplavaných km bez ploutví, s krátkými ploutvemi (gummy) a monoploutví (mono - závodní ploutev) v různých intenzitách v období 8.7-17.7.2013

## 5.2 Analýza vztahu mezi subjektivními pocity a variability srdeční frekvence

Během výzkumného období, které probíhalo mezi 15. 2. – 28.7.2013 bylo celkem naměřeno 57 měření ANS, z kterého bylo vygenerováno 51 doporučení HRV. Z celkového počtu bylo doporučeno celkem 5 x zvýšit zátěž, 28 x pokračovat ve stávajícím tréninkovém programu, 13 x snížit intenzitu zatížení a 6 x přerušit tréninkový proces. Ranní únava byla sportovkyní 18 x popsána číslem 1 nebo 1-2, tedy nízká ranní únava. Ve 27 případech číslem 2 (případně 2-3), mírná únava, 12 x vyšším stupněm únavy, označenou číslem 3, a 6 x jako velice vysoký stupeň ranní únavy, kdy v některých případech byla vynechána i tréninková jednotka.

V prvních pěti dnech měření nemůžeme porovnávat subjektivní pocity s výsledky měření, protože přístroj VarCor PF7 nemohl kvůli nedostatku naměřených dat vyhodnotit doporučení. Ve dnech 15.2-20. 2. 2013 však probíhal trénink standardně, většinou byly zařazeny série ve vyšší, submaximální intenzitě. Vrcholová plavkyně často popisovala vyšší

ranní únavu, ale plavané série byly časově optimální a uspokojivé. Od pátku 22.2-24.2 probíhala bloková výuka, která byla časově náročná, sportovkyně se cítila unaveně a to se následující den v pondělí 25.2 projevilo i na měření ANS, kdy bylo doporučeno přerušit tréninkové zatížení. Kvůli špatnému subjektivnímu pocitu byl přizpůsoben i trénink, kdy byla snížena intenzita zatížení na velmi mírnou. Vysokou únavu popisovala sportovkyně celý týden, trénink přerušen nebyl, ale po domluvě s trenérem byly zařazeny lehčí, kratší motivy na submaximální úrovni, pokud se jednalo o delší motiv, sportovkyně se řídila subjektivními pocity, tak aby se únava příliš nezvýšila a to i z důvodu prvního víkendového kontrolního závodu sezony. Doporučení VarCor PF7 korespondovala se subjektivními pocity sportovkyně a vyhodnotila stav ANS jako vyhovující. V den odjezdu na Světový pohár dne 1. 3. 2013 se sportovkyně cítila unavená, a po 6 ti hodinové cestě do Maďarska proběhl pouze lehký regenerační trénink. V sobotu, den prvního závodu popsala nižší ranní únavu, to však nekořespondovalo s doporučením a stavem ANS, který doporučil snížit tréninkové zatížení. Horší stav ANS mohl být způsoben událostmi z předchozího dne, kdy proběhla cesta na místo závodu, nebo také předstartovní nervozita. V tento den proběhly dva závody, dopoledne 800m, a odpoledne 200m. Oba tyto závody byly zaplavány v dobrých, na začátek sezony velice uspokojivých časech. Subjektivně pocítovala vysokou zátěž, 800m na Borgově škále vyhodnotila číslem 19-20, u trati 200m 19kou. Úspěšný byl i druhý závodní den, kdy proběhl jeden závod na 400m, stav ANS se zlepšil ze stupně 3 na stupeň 2 (stav ANS se jeví jako vyhovující), ranní únava byla mírná, ale plavkyně popsala závod jako fyzicky náročný s mírnými bolestmi zad. Výsledný čas byl opět na úvod sezony uspokojivý. Návrat v pondělí 4. 3. 2013 byl v ranních hodinách, měření neproběhlo, a byl zařazen velice lehký kompenzační trénink. Protože za další dva týdny bylo v plánu další kolo Světového poháru, regenerace nemohla být příliš dlouhá a ihned od úterý 5.3 začaly nové přípravy. Ranní únavu po delší době vnímala jako nižší, a subjektivně vnímaná námaha podle Borga číslem 16. Následující dva tréninkové dny probíhaly obdobně v submaximální intenzitě, časy byly uspokojivé, ranní únava mírná a stav ANS se jevil jako vyhovující. Nesoulad mezi subjektivními pocity a stavem ANS nastal v pátek 8.3, kdy ranní únavu sportovkyně nevnímala, ale doporučení VarCor PF7 vyhodnotila stav ANS jako mírně přetížení a doporučil snížit intenzitu. To mohlo způsobit větší počet TJ, kdy se od pondělí 4.3 do čtvrtka 7.3 se kromě plaveckých TJ účastnila každý den i jiných sportovních aktivit. Konkrétně 3 x aerobní aktivity H.E.A.T a jedenkrát pilates. Na snížení aktivity ANS mohla mít opět vliv mírná nervozita, protože v tento den (pátek 5.3), se sportovkyně v dopoledních hodinách účastnila testu maximální TF, a VO<sub>2</sub> max. Únavu pocítila v odpoledních hodinách při

plaveckém tréninku, kdy známý motiv zaplavala v horších časech s vysokou subjektivně popsanou námahou (B 18-19). Po víkendu, kdy dva dny probíhala regenerace bez TJ, se projevilo v pondělním (11.3) hodnocení ANS kdy se stav jevil jako optimální a doporučil zvýšit tréninkové zatížení. Nebyla vnímána ani ranní únava. V následujících třech dnech byly zvoleny kratší motivy ve vyšší submaximální intenzitě, s přihlédnutím k blížícím se závodům. Aktivita ANS se zdála vyhovující, a bylo doporučeno ponechat stávající tréninkový režim. V pátek 15.3 proběhla dlouhá 8 mi hodinová cesta do Itálie, kde se konalo druhé kolo SP. Po příjezdu na místo závodu, byl opět zařazen velice lehký, regenerační trénink. V den prvních dvou závodů, opět se jednalo první den o 800m a 200m a druhý den o 400m, popsala ranní únavu jako vyhovující, což opětovně nesouhlasilo s doporučením VarCor PF7, který v první den závodu doporučil snížit tréninkové zatížení a druhý den ji dokonce úplně přerušit. Domníváme se, že to mohla způsobit předzávodní nervozita a únava z dlouhé cesty na místo závodu. Výsledky závodů dopadly velice podobně, co se zaplavaných časů týče, jako na předchozím závodě před dvěma týdny, ale s podstatně nižší subjektivní pociťovanou námahou. U všech tratí popsala námahu na Borgově škále číslem 17 (Tabulka 7).

Tabulka 7. Komplexní informace o průběhu tréninkového procesu v 1. období

	<b>Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)</b>	<b>Ranní únava:</b>	<b>Subjektí vní únava: (poznám ky)</b>	<b>Další aktivita:</b>	<b>BORG:</b>	<b>Náročnost série / časově</b>	<b>Výsledky měření Var Cor PF7:</b>
<b><u>1.období:</u> <u>15.2-</u> <u>17.3.2013</u></b>	15.2. pá	2	Mírná únava již při rozplavá ní, a v závěru série		17	Max-submax (vytrvalecky)	Nebylo možné vyhodnotit
	18.2. po	3,5	TJ – bez problému		16	Submax delší odpočinek, čas - dobrý)	Nebylo možné vyhodnotit
	19.2. út	3	plavání dobré	H.E.A.T.	16	submax mono, časy dobré	Nebylo možné vyhodnotit
	20.2. stř	3	plavání dobré		15	Středně těžký. Mono, časy dobré	Nebylo možné vyhodnotit
	21.2. čtv	3	unavená	H.E.A.T.	15	trénink volný	Nebylo možné vyhodnotit
	22.2. pá	3,5	unavená	Bloková výuka		trénink vyplavávací – mírná intenzita	2
	23.-24.2. so + ne			Bloková výuka SH			Není měření

<b>Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)</b>	<b>Ranní únava:</b>	<b>Subjekti vní únava: (poznám ky)</b>	<b>Další aktivita:</b>	<b>BORG:</b>	<b>Náročnost série / časově</b>	<b>Výsledky měření Var Cor PF7:</b>
25.2. po	3	celková únava	H.E.A.T	14	Mírná intenzita – sprinty (kompenzace)	4
26.2 út	3		H.E.A.T	15	submax mírná	2
27.2 stř	3,5		Pilates	16	submax, časy dobré	Neumožnilo vypracovat doporučení
28.2 čtv (ladění na závod SP)	2,5	lehká únava		16	Mírná intenzita	2
1.3 cesta Maďarsko	2,5	lehký trénink po cestě			Mírná intenzita	Není měření
2.3 SO – závod 800, 200m	2	pocitově lepší, únava mírnější		19,5 18	Maximální zátěž - závod	3
3.3 NE – 400m	2			19 únava	Maximální zátěž - závod	2
4.3. po – příjezd v ranních hodinách	2	volný trénink	H.E.A.T	13	Mírná intenzita	Není měření
5.3 út	1,5	únava, časy dobré	H.E.A.T	16	Submax - mírnější	2
6.3 stř	2	náročné, ale časy dobré	Pilates	17	Maximální intenzita	2
7.3 čtv	2,5	pocitově náročné	H.E.A.T	18	Submax intenzita	2
8.3 pá (PZN!!! – dopoledne test VO2 max	1	pocitově náročné		18,5	Submax intenzita	3
11.3 po	1		H.E.A.T	17	Submax intenzita	1
12.3 út	3		2 x H.E.A.T	17		2
13.3 stř	2			15	Submax mírná intenzita	
14.3 čtv – ladění před SP	1	lehký trénink	(masáž)	16	Mírná intenzita	2
15.3 – cesta - Itálie		Lehký trénink				Není měření
SO závod, 800 a 200 m	1			18 17		3
NE závod 400m	1,5			17		4

*Vysvětlivky:*

B - Borgova škála (6-20)

H.E.A.T	- aerobní pohybová aktivita (chůze)
MČR	- Mistrovství České Republiky
R	- ranní únava (1-bez únavy, 2-mírná únava, 3-únava, 3-4 – vysoká únava)
SP	- Světový pohár (závod)
TJ	- tréninková jednotka , TRX - posilování s vlastní vahou těla

V druhém období, které proběhlo mezi 22.4-1. 6. 2013 probíhaly TJ velice podobně jako v předchozím období. Můžeme je nazvat jako období přípravná, s několika kontrolními závody. V druhém období proběhly tři kontrolní závody, MČR družstev, další kolo Světového poháru v Polsku a MČR jednotlivců. V prvních třech měření vrcholová plavkyně uvedla mírnou ranní únavu, TJ nebyly však příliš náročné, protože se připravovala na MČR družstev, které je co se týče množství disciplín plavaných disciplín v krátkém čase po sobě velice náročné. Doporučení ANS se pravděpodobně vlivem nízké náročnosti tréninku stále zlepšovala. V dny závodu ranní únava byla stále mírná, a doporučení VarCor PF7 souhlasilo a vyhodnotilo stav jako vyhovující. Ráno po závodech se vrcholová plavkyně (sportovkyně) cítila velice unavena, napříč tomu bylo doporučeno zvýšit tréninkové zatížení. Týden po MČR družstev neproběhlo v podání sportovkyně příliš TJ z důvodu školních povinností a zvýšené únavy a také dvou státních svátků. Z důvodu delší tréninkové pauzy byl následující týden, kterému předcházelo další kolo SP v Polsku, nutné zařadit i tréninkové jednotky s náročnějšími motivy, a intenzita zátěže byla vyšší. Zařazeny byly kratší motivy na úrovni vyššího submaximálního zatížení. Celý týden se sportovkyně cítila dobře, ranní únava byla mírná a až na jednu výjimku stavu ANS, kdy byl mírně zhoršený, se jevil jako vyhovující. Na SP v Polsku opět potvrdila stoupající formu, a na tratích 800, 200 a 400 m podala prozatím nejlepší výsledky sezony, a na 200m dokonce pokořila nový český rekord. Dne 27. 5. sportovkyně popsala vysokou ranní únavu, TJ ohodnotila na Borgově škále číslem 20, a i stav ANS byl mírně zhoršený a doporučil snížit intenzitu zatížení. Další den TJ vynechala. I přesto se stav následujícího dne 29. 5. ještě zhoršil, a bylo dokonce doporučeno přerušit tréninkový proces. Potvrzují to i subjektivní pocity, byla zvolena mírnější varianta TJ, popsána na Borgově škále číslem 13. Následující den byla ranní únava mírnější, stav ANS také, ale stále s doporučením snížit intenzitu zatížení. Pátek 30.5. byl odjezd na MČR. Navzdory zvýšené únavě a horšímu stavu ANS v posledním týdnu, kdy druhý den závodu (1. 6.) bylo dokonce doporučeno přerušit tréninkovou činnost, podala uspokojivé výkony, a na trati, na kterou se zaměřila, vylepšila opětovně český rekord (Tabulka 8). Špatnému stavu ANS v posledním týdnu připisují začátku zkouškového období, kdy z důvodu nekvalitního a krátkého spánku, nemohlo dojít ke kvalitní regeneraci organismu. Vliv únavy na HRV popisuje Javorka et al. (2008) a vliv nervozity a stresu na HRV podrobněji popisuje i Pagani et al. (2009).

Tabulka 8. Komplexní informace o průběhu tréninkového procesu v 2. období

	Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)	Ranní únava:	Subjektí vní únava: (poznám ky)	Další aktivita:	BORG	Náročnost série / časově	Výsledky měření VarCor PF7:
<b>2. období:</b> <b>22.4-</b> <b>1.6.2013</b>	22.4 Po	2		H.E.A.T	10	Mírná Intenzita, volný motiv	3
	23.4 Út	2		H.E.A.T	12	Mírná Intenzita, volný motiv	2
	26.4 pá	2,5				Mírná Intenzita, volný motiv	1
	27.4 SO – závod MČR družstev	2				Hodně disciplín, únava	2
	28.4 NE – závod	2				Hodně disciplín, únava	2
	29.4 po	3		H.E.A.T		Mírná intenzita	1
	2.5 čtv	3			17	Submax mírná	2
	3.5-8.5						Není měření – zkoušky, svátek...
	9.5 čtv	2			17	Submax až max intenzita	2
	10.5 Pá	2			18	Submax až max intenzita	3
	13.5 po	2		H.E.A.T	16	Submax mírná intenzita	2
	14.5 út	1,5		H.E.A.T	16	Submax mírná	2
	16.5 čtv	2			18	Submax mírná	2
	17.5 pá					Mírná intenzita	Není měření
	18.5 so GLIWICE SP Závod	2		2 x závod, 800 a 200m	18 18		2
	19.5	2		Závod 400m	17		2
	20.5 po	2		H.E.A.T	12	Mírná intenzita	2
	21.5 út	3		TRX	16	Submax mírná	2
	27.5 po	3,5		H.E.A.T	20	Unavená	3
	28.5 út	3,5				Vynechání tréninku – únava	Není měření
	29.5 stř	3			13	Submax mírná	4
	30.5 čtv	2			14		3
	31.5 pá –						Není měření



<b>Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)</b>	<b>Ranní únava:</b>	<b>Subjektí vní únava: (poznám ky)</b>	<b>Další aktivita:</b>	<b>BORG</b>	<b>Náročnost série / časově</b>	<b>Výsledky měření VarCor PF7:</b>
MČR ZLÍN						
1.6 so	2	závody				4

*Vysvětlivky:*

B	- Borgova škála (6-20)
H.E.A.T	- aerobní pohybová aktivita (chůze)
MČR	- Mistrovství České Republiky
R	- ranní únava (1-bez únavy, 2-mírná únava, 3-únava, 3-4 – vysoká únava)
SP	- Světový pohár (závod), TJ - tréninková jednotka, TRX - posilování s vlastní vahou těla

Ve třetím období od 8.7-17.7, probíhala příprava na domácím plaveckém stadionu, střídavě jedenkrát, či dvakrát denně. Ze začátku období sportovkyně popisovala vyšší únavu, i v tréninku popsala vyšší úsilí, navzdory stavu ANS, který se jevil jako optimální. Stav ANS se zhoršil třetí den, kdy bylo doporučeno snížit intenzitu zatížení. Vrcholová plavkyně popsala ranní únavu jako zlepšující se, avšak vnímaná intenzita zatížení byla na Borgově škále vysoko (18). V těchto prvních třech dnech byla příprava náročná, probíhala vždy dvoufázově. Došlo sice ke snížení objemu, ale plavkyně nebyla zvyklá během půlroční přípravy na dvoufázové tréninky, proto můžeme předpokládat vyšší únavu a subjektivně vysoké úsilí na Borgově škále. Ve čtvrtek 11.7 proběhl pouze ranní trénink doplněn odpolední posilovnou. Ranní únava popsána nebyla, trénink proběhl ke spokojenosti sportovkyně, která subjektivně popsala nízkou vnímanou intenzitou zatížení. Stav ANS se jevil jako vyhovující. V pátek se sportovkyně necítila unaveně, trénink proběhl podle plánu ve vyšší intenzitě s uspokojivým pocitem, navzdory stavu ANS, který doporučoval v tento den přerušit trénink. Přes víkend však TJ neproběhly, a sportovkyně uvedla, že se účastnila brigády na cyklistických závodech. V následujících třech dnech (15. - 17. 7.) se sportovkyně cítila odpočatá, i stav ANS byl optimální. V trénincích, které probíhaly jedenkrát denně, zaplavala dobré časy, se subjektivně dobrým pocitem. Dne 18. 7. proběhl let na místo Světových Her v Kolumbii. Příjezd do Kolumbie byl v nočních hodinách. První měření proběhlo okamžitě po probuzení dne 19.7. Stav ANS doporučoval snížit zatížení, a i ranní únavu sportovkyně popsala jako vyšší. Tento den neměla přístup na bazén, a TJ neproběhla. Následující den se cítila odpočatá, bez ranní únavy, ale v tréninku si stěžovala na únavu dolních končetin. To se projevilo i na časech zaplavaných v trénincích, kdy zaplavané časy byly mírně horší, než v přípravě v domácích podmínkách. Stav ANS vyhodnotil jako vyhovující. Dne 22. 7. si stěžovala na špatný spánek a špatný pocit na tréninku. Ve stavu ANS se to projevilo až následující den, kdy bylo doporučeno snížit intenzitu. Stav potvrdily i subjektivní pocity

plavkyně, kdy se cítila unaveně, a trénink tento den neproběhl. To se pozitivně projevilo na nízké ranní únavě následující den (24.7.), kdy proběhl i náročnější trénink, s dobře zaplavanými časy a dobrým subjektivním pocitem. Při ranním měření uvedla nevolnost, ale i přesto stav ANS byl optimální a doporučil zvýšit zátěž. Dne 25. 7. byl po dohodě s trenérem zvolen lehčí motiv, i přesto, že se sportovkyně cítila dobře, ale doporučení VarCor PF7 vyhodnotilo stav ANS jako velmi špatný, a doporučil přerušit tréninkový proces. V pátek 26. 7. byl zvolen podobný motiv jako dne 24. 7., sportovkyně nevedla ranní únavu, byly zaplavány stejné časy s lepším subjektivním hodnocením intenzity zátěže i napříč špatnému stavu ANS, který stále doporučil snížit tréninkové zatížení. Následující den, sobota 27.7. proběhl závod. Sportovkyně se cítila odpočatě, a v dopoledních rozplavbách vylepšila podstatně svůj osobní rekord, i s vypuštěním závěru tratě. Do odpoledního finále postoupil s prvním nejlepším časem. Stav ANS vykazoval dle doporučení zlepšení, oproti předchozím dvěma dnům. V odpoledním finále opět potvrdila dobrou formu a osobní, zároveň nový český rekord z dopoledních rozplaveb opět výrazně vylepšila (Tabulka 9).

Tabulka 9. Komplexní informace o průběhu tréninkového procesu v 3. období

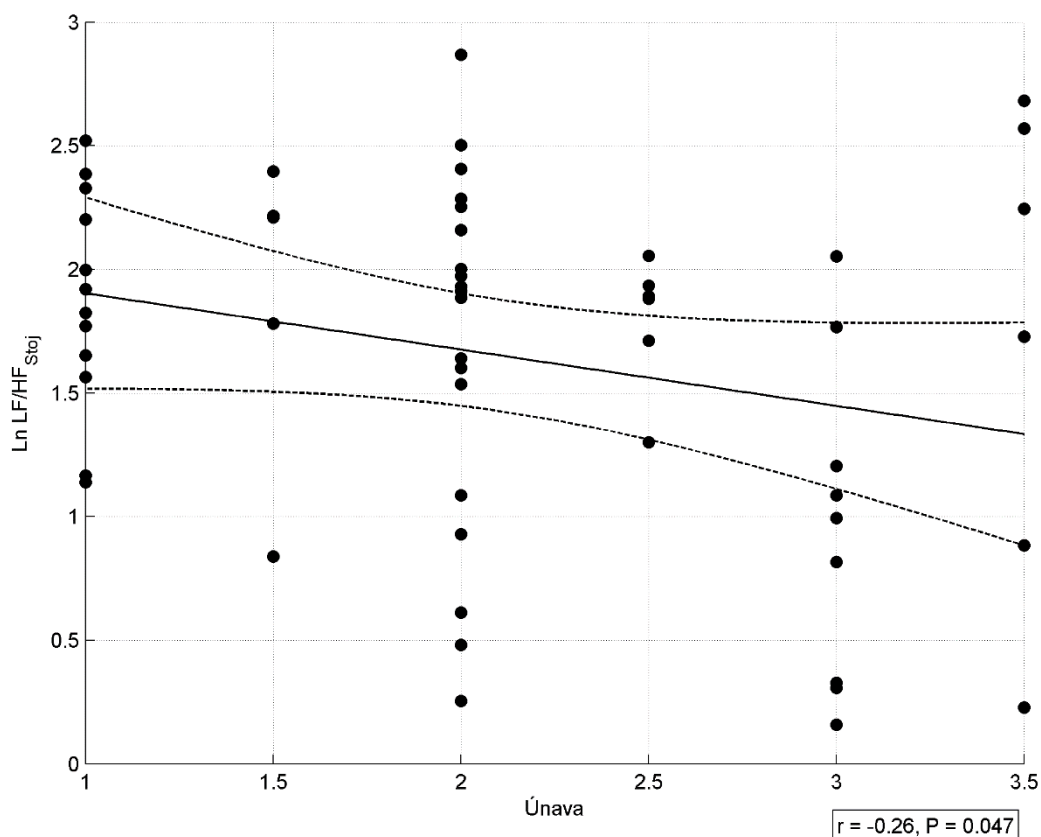
	Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)	Ranní únava:	Subjektí vní únava: (poznám ky)	Další aktivita :	BORG:	Náročnost série / časově	Výsledky měření VarCor PF7:
<b>3. období před odletem</b>	8.7. PO 2x trénink	3	pocitově náročné – časy dobré		18	Ráno Submax/max intenzita Odpo Submax mírná	2
	9.7. út (2 x)	2	lepší pocit		16	Ráno Submax intenzita Odpo Mírná intenzita	2
	10.7. stř (2 x)	1,5	teplá voda		18	Ráno submax/max Odpo Submax	3
	11.7. čtv (1x)	1		Posilovna	15	Submax	2
	12.7. pá (1 x)	2			17,5	Submax/max	4
	13.-14.7.13						Není měření – brigáda
	15.7. po (1x)	1	dobry pocit, odpočatá		16	Submax	2
	16.7. út (1x)	1	dobry pocit		15	Submax	
	17.7. stř (1x)	1			16	Submax	1

<b>Datum tréninkové jednotky: (rok 2013)</b>	<b>Ranní únava:</b>	<b>Subjekti vní únava: (poznám ky)</b>	<b>Další aktivita :</b>	<b>BORG:</b>	<b>Náročnost série / časově</b>	<b>Výsledky měření VarCor PF7:</b>
<b>18.7. – Příjezd Kolumbie 00:00</b>						
19.7.	2,5		Není trénink		Submax , rozloženě na 400ku	Měření hned po vyspání 3
20.7. so	1		Yoga + salsa	16		3
21.7. ne	1	unavené nohy		17		2
22.7. po	2	špatný spánek, unavená	Yoga + salsa	17		2
23.7. út	2,5	přesun do hotelu, není trénink, unavená			Není trénink	3
24.7. stř	1,5			16,5		u měření ve stoje špatně!! 1
25.7. čtv	1	lepší pocit		17		4
26.7. pá	1			16		3
27.7. so – <b>ZÁVOD</b>	1			17 18		2
28.7. ne	3,5	po banketu + celodenn í výlet – neděle				3

*Vysvětlivky:*

- B - Borgova škála (6-20)
- H.E.A.T - aerobní pohybová aktivita (chůze)
- MČR - Mistrovství České Republiky
- R - ranní únava (1-bez únavy, 2-mírná únava, 3-únava, 3-4 – vysoká únava)
- SP - Světový pohár (závod)
- TJ - tréninková jednotka
- TRX - posilování s vlastní vahou těla

### 5.3 Hodnocení změn HRV v průběhu půlroční tréninkové přípravy



Obrázek 10. Korelace mezi parametrem LF/HF a únavou

Vysvětlivky: r – korelační koeficient  
P – statistická významnost

Z obrázku (Obrázek 10) vyplývá, že čím vyšší ranní únava byla popsána, tím se sympatogová rovnováha posunula více na stranu parasympatiku, poměr LF/HF byl nižší, tzn., že bylo vyšší zastoupení HF. Sympatikus nebyl stimulovatelný a systém nebyl schopný adekvátně odpovídat a byl spíše v útlumu. Vliv únavy na snížení hodnoty sympatiku popisuje např. i Merkelbach et al. (2006). Ve většině případů, kdy byla popsána ranní únava číslem 3 a 3,5, předcházelo těmto dnům náročnější trénink. Dalším faktorem zvýšené únavy přikládá sportovkyně i zvýšené náročnosti školní docházky, kdy probíhala výuka i během víkendů a nebyl tedy čas na kvalitní regeneraci. V období března až květen, popisuje vrcholová plavkyně také vysoké vnitřní napětí, nervozity a stresu z osobních důvodů, které ovlivňovaly například kvalitu spánku. Vliv stresu na organismus a jeho důsledky popisuje Handl (2014) a tvrdí, že stres, či stresor vede k produkci a sekreci katecholaminů ze dřeně nadledvin. Jejich vlivem dochází k vzestupu tepové frekvence a kontraktility myokardu, zvýšení dechové frekvence a bronchodilataci, redistribuci krve z kůže do kosterních svalů, mozku a myokardu.

Variabilita je jedním z dobrých nástrojů, které nám ukáže aktuální stav organismu, na tentýž den, ale nesmí se používat samostatně. Je důležité si zapisovat v průběhu monitorování ranní únavu, hodnocení kvality spánku, mimo tréninkové aktivity, u studentů zkuškové období, či osobní pocity a aktuální psychický stav, předzávodní a závodní stav, které variabilitu ovlivňují (Novotný, 2013).

Tabulka 10. Individuální parametry a jejich porovnání mezi jednotlivými obdobími

	mean ± SD	mean ± SD	t-test	mean ± SD	t-test	t-test	mean ± SD	t-test
	1. období	2. období	2. vs 1. období	3. období	3. vs 1. období	3. vs 2. období	Kolumbie (K)	K. vs 3. období
SF_Stoj [tepů/min]	97,2 ± 10,6	98,2 ± 8,8	0,764	99,5 ± 10,2	0,634	0,75	109,1 ± 7,4	0,039
LnLF_Stoj [ms <sup>2</sup> ]	6,4 ± 0,5	6,5 ± 0,7	0,486	6,3 ± 0,8	0,656	0,455	6,1 ± 0,8	0,657
LnHF_Stoj [ms <sup>2</sup> ]	4,8 ± 0,9	4,9 ± 0,8	0,635	4,6 ± 0,8	0,637	0,379	4,3 ± 1,1	0,49
Ln LF/HF_Stoj	1,6 ± 0,8	1,6 ± 0,7	0,945	1,7 ± 0,7	0,852	0,878	1,8 ± 0,5	0,54
Ln RMSSD_Stoj [ms]	2,9 ± 0,4	3,0 ± 0,3	0,159	3,0 ± 0,3	0,497	0,717	2,6 ± 0,4	0,044
DF_Stoj [dechů/min]	15,7 ± 1,0	15,4 ± 1,2	0,425	16,3 ± 0,7	0,134	0,064	15,6 ± 0,7	0,06
SF_Leh [tepů/min]	53,5 ± 3,9	53,3 ± 6,1	0,901	51,3 ± 2,0	0,161	0,398	53,0 ± 6,4	0,512
LnLF_Leh [ms <sup>2</sup> ]	6,1 ± 0,9	6,3 ± 0,8	0,362	6,4 ± 0,6	0,437	0,909	6,1 ± 1,2	0,621
LnHF_Leh [ms <sup>2</sup> ]	7,7 ± 0,2	7,8 ± 0,4	0,241	7,9 ± 0,3	0,164	0,883	7,5 ± 0,4	0,087
Ln LF/HF_Leh	-1,7 ± 0,9	-1,5 ± 0,8	0,583	-1,5 ± 0,7	0,659	0,96	-1,4 ± 1,2	0,886
Ln RMSSD_Leh [ms]	4,6 ± 0,1	4,6 ± 0,2	0,529	4,7 ± 0,1	0,04	0,428	4,5 ± 0,2	0,027
DF_Leh [dechů/min]	14,8 ± 1,7	13,6 ± 2,0	0,056	12,4 ± 1,3	0,003	0,174	12,9 ± 1,7	0,552
Únava	2,3 ± 0,9	2,3 ± 0,6	0,834	1,6 ± 0,7	0,108	0,018	1,7 ± 0,9	0,891
Borgova škála	16,3 ± 1,5	15,5 ± 2,8	0,266	16,6 ± 1,2	0,593	0,306	16,9 ± 0,7	0,663

#### Vysvětlivky

- SF – srdeční frekvence,
- lnLF – logaritmovaná nízká frekvence,
- lnHF – logaritmovaná vysoká frekvence,
- RMSSD – root mean square of successive differences,
- DF – dechová frekvence,
- SD – směrodatná odchylka

Mezi prvním a druhým období (Tabulka 10) se nevyskytla žádná významná změna u žádného z parametrů. Mírné snížení se vyskytlo pouze u dechové frekvence v druhém období. Sportovkyně subjektivně vnímala zátěž v těchto dvou období stejně. Ve třetím období

se zvyšoval pouze parametr časové domény rMSSD, které není tak závislé na dechové frekvenci, která nebyla řízena, plavkyně dýchala při měření spontánně a je tedy více rezistnější vůči větším výkyvům v dechové frekvenci, která se mírně snížila (Chalencona et al., 2012). Ke zvýšení parametru rMSSD došlo při snížení tréninkového zatížení v období taperu.

Sportovkyně vnímala celkovou únavu a tréninkové zatížení v prvních dvou období srovnatelně. Průměr únavy je v prvním a druhém období stejný, ale liší se jejich směrodatná odchylka, která byla ve 2. období nižší, proto se únavu signifikantně snižovala pouze v porovnání 3. období s druhým (Tabulka 10). Ve třetím období došlo k ladění sportovní formy, poklesu subjektivně vnímané únavy, došlo ke snížení objemu tréninku a i přes vyšší intenzitu došlo ke zvýšení aktivity parasymptiku (ln rMSSD). V tomto období odpadly také problémy spojené se školou, zkouškami, psychický stav popsala vrcholová plavkyně jako lepší. Sportovkyně se v této části přípravy mohla soustředit pouze na tréninkový proces a cítila se subjektivně méně unavena. Chalencon et al. (2012) a Garet et al. (2004) potvrzují, že zvýšení hladiny parasymptiku v období ladění sportovní formy, zejména u plavců, může být spojováno s nárůstem sportovní výkonnosti.

V porovnání třetího období a období bezprostředně po přeletu dochází přechodně vlivem únavy z přeletu ve stoji k signifikantnímu nárůstu TF, jako odpověď relativně se zvyšující aktivity sympatiku a signifikantního poklesu vagu (rMSSD). Vzájemnou stimulaci sympatiku a parasymptiku v návaznosti pro podání ideálního výkonu popisuje i Novotný (2013).

## 6 Závěry

Úkolem předložené práce bylo zjistit a vyhodnotit odpověď organismu na zatěžování během půlročního tréninkového cyklu u vrcholové plavkyně s ploutvemi. Získané výsledky obsahují data z průběhu tréninkového cyklu rozdělené do třech období přípravy a data naměřená po přeletu na místo konání soutěže v Kolumbii. Sportovkyně k výsledkům a doporučením VarCor PF7 v průběhu monitorování neměla přístup, a výsledky byly porovnány se subjektivními pocity až po ukončení sezony.

Podle zjištěných výsledků práce můžeme konstatovat že:

1. Objemová stránka tréninků ve všech sledovaných obdobích se navzdory literatuře výrazně neměnila. Rozdíly byly patrné ve struktuře naplavaných metrů. Oproti prvním dvěma přípravným obdobím se v předzávodním období zvýšil počet naplavaných metrů ve vyšší, submaximální intenzitě v monoploutvi (závodní ploutev), a naopak k 100 % poklesu naplavaných metrů v této intenzitě v krátkých ploutvích (tréninkové ploutve).
2. Rozdíly mezi subjektivními pocity a výsledky variability srdeční frekvence se projevily zejména ve dnech, kdy se konaly závody a v období ladění sportovní formy. Potvrdilo se, že variabilita srdeční frekvence je závislá nejen na aktuální tréninkové zátěži, ale je nutné přihlížet na další faktory, které mohou ovlivnit aktuální fyzický i psychický stav jedince.
3. V prvních dvou obdobích nebyly zaznamenány výrazné změny v autonomní kardiální aktivitě. Ke změně došlo ve třetím, předzávodním období, kdy došlo ke snížení objemu zatížení, vzrostla aktivita parasympatiku, což značilo zlepšování sportovní formy. Kromě parasympatiku se zvýšila i aktivita sympatiku. Zvýšení obou systémů, sympatiku a parasympatiku, je žádoucí s ohledem na dosažení maximálního výkonu.
4. Výsledky získané metodou SA HRV nebyly až na pár rozdílných výsledků v zásadním rozporu se subjektivními pocity plavkyně. Rozdíly v prvních dvou obdobích byly zřejmě zejména ve dnech konání závodů. Větší rozdíly mezi subjektivními pocity a výsledky HRV byly zaznamenány ve třetím období, ladění sportovní formy. V tomto období se objevily diskrepance a i přes dobrý pocit plavkyně nebyl vždy stav ANS optimální. Intenzita zatížení byla vždy regulována podle pocitů vrcholové plavkyně s ploutvemi a konzultována se zkušeným trenérem, kteří již mají s přípravou na vrcholné soutěže

dlouholeté zkušenosti, a proto nedošlo k přetrénování, nebo naopak nedotrénování. Vrcholová plavkyně podala vždy svůj nejlepší dosavadní výkon.

Ze závěrů můžeme vyhodnotit, že výsledky variability by se neměly zobecňovat. Výsledky dané práce jsou individualizované a konkretizované u sledované vrcholové plavkyně. Práce dokazuje, že při hodnocení variability, je nutné mít celkový obraz fyzického a psychického stavu sportovce, který podrobně popíše jeho reálný stav. Variabilitu neovlivňuje pouze tréninkové zatížení, význam má i celková únava, zdravotní a psychický stav, kvalita spánku a celkové aktuální rozpoložení jednotlivce, které je nutné při měření a hodnocení variability srdeční frekvence brát v potaz.



## 7 Souhrn

Cílem předložené práce bylo ověřit a vyhodnotit odpověď organismu na zatěžování během půlročního tréninkového cyklu u vrcholové plavkyně s ploutvemi.

Bylo sledováno subjektivní zatížení organismu a aktivita autonomního nervového systému u sportovkyně věku 24 let, během tréninkové přípravy v domácích podmínkách, kterou rozdělila do třech období a poté i přímo v místě závodu v Kolumbijském Cali.

V prvních dvou období proběhla příprava bez větších problémů. Sportovkyně častěji popisovala vyšší ranní únavu, které mohla být způsobena větším počtem zkoušek a blokových výuk spojené se studiem. Únava se však na výkonech podaných v závodech neprojevila. Doporučení, až na pár výjimek korespondovala se subjektivními pocity popsané vrcholovou plavkyní. V třetím období kdy příprava probíhala v domácích podmínkách, popisovala nižší únavu a tréninky probíhaly bez problémů. V tomto období docházelo k více neshodám mezi subjektivními pocity a doporučením VarCor PF7. Po přesunu do Kolumbie, který proběhl dne 18. 7. došlo k předpokládanému snížení aktivity ANS první den po přeletu. Doporučení VarCor PF7 kromě posledních třech dnů před závodem korespondovala se subjektivními pocity plavkyně.

Práce potvrdila, že reakce organismu na zátěž a rychlý přesun přes časová pásma je založená na změnách aktivity ANS a je individuálně variabilní. Metoda SA HRV může být vhodný nástroj pro optimalizaci tréninkového zatížení v průběhu tréninkového cyklu, pro vyladění sportovní formy, optimalizaci tréninkového zatížení při přeletu časových pásem, ale také odhalení dalších faktorů, které mohou variabilitu srdeční frekvence a tedy i sportovní výkonnost ovlivňovat.

## 8 Summary

The main aim of this study was to prove on the organism respond on six months training period of elite finswimmer. The thesis was focused on monitoring of subjective load of organism and activity of autonomic nervous system of elite finswimmer athlete at the age 24, during the training preparation in common (home) conditions as well as at the venue of the competition - Colombia.

In the first two periods, the preparation was without any problems. Fatigue was not observed on the performance during the competition. The recommendation, with some exceptions, corresponded with subjective feeling described by the finswimmer athlete. In the third period, tapering period, finswimmer described lower fatigue. After the rapid travel over the 6 time zones, there were influences of it immediately after the flight.

This thesis confirmed, that the reaction of organism on performance is based on the heart rate variability and it is strictly individual. The method SA HRV could be useful device for athletes and their coaches during the preparation before the important competition.

## 9 Referenční seznam

- Bojan, M., Djordjevič, N., Willis, M., Monte, S. (2013). Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology (3)*16, 103.
- Borg, G. (1985). *An introduction to Borg's RPE-scale*. Ithaca, NY: Movement Publications.
- Botek, M. (2007). *Sledování aktivity autonomního nervového systému metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence u sportovců*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Botek, M., Krejčí, J., Neuls, F., & Novotný, J. (2013). Effects of modified method of autonomic nervous system activity assessment on results of heart rate variability analysis. *Acta Univ. Palacki. Gymn. (2)* 42.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M. (2000). *Exercise physiology* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Carmichael, Ch., & Rutberg, J. (2003). *Rozhodující jízda*. Praha: Pragma.
- Cipryán, L. (2008). *Srovnání využití spektrální analýzy variability srdeční frekvence v individuálních a kolektivních sportech*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Čechovská, I., & Dobrý, L. (2008). Borgova škála subjektivně vnímané námahy a její využití. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 74(3), 37-45.
- Čechovská, I., Jurák, D., & Pokorná J. (2012). *Plavání – pohybový trénink ve vodě*. Praha: Karolinum.
- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
- Dovalil, J., et al., (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Ganong, W. F. (1999). *Přehled lékařské fyziologie* (1<sup>st</sup> ed.) (T. Blažek et al., Trans.). Jinočany: H &H. (Originál vydán 1997).
- Garet, M., Tournaire, N., Roche, F., Laurent, R., Lacour, J. R., Barthélémy, J. C., Pichot, V. (2004). Individual interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Med Sci Sport Exerc*, 36, 2112-2118.
- Hamar, D., & Lipková, J. (2001). *Fyziologia tělesných cvičení*. Bratislava: Universita Komenského.
- Handl, L. (2014). Prevence stresu a syndromu vyhoření pomocí meditace. *Practicus (1)*.8.

- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Impert.
- Chalencon, S., Busso, T., Lacour, JR., Garet, M., Pichot, V., Connes, P., Gabel, CP., Roche, F., & Barthélémy, JC. (2012). A model for the training effects in swimming demonstrates a strong relationship between parasympathetic activity, performance and index of fatigue. *PloS ONE*. 7.
- Choutka, M. (1979). *Zákonitosti zatěžování a řízení tréninku vrcholových sportovců*. Praha: FTVS.
- Jakubec, A. (2005). *Spektrální analýza variability srdeční frekvence v průběhu zotavení po dynamické práci*. Disertační práce, Universita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Jansa, P., & Dovalil, J. et al. (2009). *Sportovní příprava. Vybrané teoretické obory*. Příbram: Q-art. (720/408 Zbroj. )
- Javorka, K., & Javorka, M. (2008). Hodnotenie variability frekvencie srdca časovou a frekvenčnou analýzou. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvencie srdca* (pp. 47-51). Martin: Oвета.
- Kantor, L. (2003). Co víme o autonomním nervovém systému novorozence? *Pediatric pro praxi*, 5, 264-266.
- Lacko, A., Navrátilová, M., Hruboň, A., Straka, J., & Bestiina, D. (2003). Vplyv stresu na autonomnu reguláciu srdcovej činnosti. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp 59-61). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lagarde, D., Chappuis, B., Billaud, P., Ramont, L., Chauffard, F., & French, J. (2000). Evaluation of pharmacological aids on physical performance after a transmedian flight. *Medicine & Science in Sport & Exercises*. 628-634.
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku 1*. Olomouc: Hanex.
- Leicht, A.S., Allen, G. D., & Hoey, A.J. (2003). Influence of age and moderate intensity exercise training on heart rate variability in young and mature adults. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(3), 446-461.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign: Human Kinetics.
- Malic, M., & Camm, A.J. (1995). *Heart rate variability*. New York, NY: Futura.
- Matrieb, E. N., & Mallatt, J. (2005). *Anatomie lidského těla*. Brno: CP Books.

- Merkelbach, S., Haensch, C.A., & Hemmer, B.(2006). Multiple sclerosis and the autonomic nervous system. *Journal of Neurology*.p. 253.
- Myslivoček, J., & Trojan S. (2004). *Fyziologie do kapsy*. Praha: Triton.
- Novotný, J. (2013). Biologické ukazatele odezvy a adaptace na zátěž, únavy a regenerace sil. *Regenerace a výživa ve sportu*. Brno: Fakulta sportovních studií MU.
- Olšák, M., (2003). Skúsenosti a možnosti využitia variability srdcovej frekvencie vo vrcholovom športe. In J. Salinger, *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 75-80). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Opavský, J., (2002). *Autonomní nervový systém a diabetická autonomní neuropatie: Klinické aspekty a diagnostika*. Praha: Galén.
- Pagani, M., Pizzinelli, P., Traon, APOD., Ferreri, C., Beltrami, S., Bareille, MP., Costes-Salon, MC., Bérout, S., Blin, O., Lucini, D. & Philip, P. (2009). Hemodynamic, autonomic and baroflex changes after one night sleep deprivation in healthy volunteers. *Auton Neurosci*, 145 (1-2), 76-80. Retrieved 5.5.2010 from MEDLINE: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>
- Petrovický, P., (2002). *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. Martin: Osveta.
- Pett, A. M. (1997). *Nonparametric statistics for health care research. Statistics for small samples and unusual distributons*. California: Sage Publications.
- Pichot, V. et al. (2002). Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34(10), 1660-1666.
- Praško, J., (1990). *Fototerapie a cirkadiánní rytmy u depresivních poruch*. Brno: Ornová.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2009). *Funkční anatomie 2*. Olomouc: Hanex.
- Rokyta, R. a spol. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědeckých a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Salinger, J., Opavský, J., Stejskal, P., Vychodil, R., Olšák, S., & Janura, M. (1998). The evaluation of heart rate variability in physical exercise by using the telemetric variapulse TF3 systém. *Acta Universitatis Palackinae Olomucensis. Gymnica*, 28, 13-23.
- Sato, N., & Miyake, S. (2004). Cardiovascular reactivity to mental stress: Relationship with menstrual cycle and gender. *Journal od Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 23(6), 215-223.
- Sekera, J., & Vojtěchovský, O. (2009). *Cyklistika: Průvodce tréninkem*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Silbernage, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Grada publishing.

- Stejskal, P. (2002). Trénink v oblasti přetížení a možné důsledky. Možnosti časné diagnostiky a prevence přetrénování a optimalizace tréninku. In D. Tomajko (Ed.) *Sborník referátů ze 4. mezinárodního vědeckého semináře. Efekty pohybového zatížení v edukačním prostředí tělesné výchovy a sportu.* 333-359. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Stejskal, P. (2008). Využití hodnocení variability srdeční frekvence ve sportovní medicíně. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvencie srdca: mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie* (pp. 168-181). Martin: OSVETA.
- 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.
- Suchý, J. (2012). Využití hypoxie a hyperoxie ve sportovním tréninku. Praha: Karolinum.
- Šlachta, R., Stejskal, P., & Elfmark, M. (2003). Spektrální analýza variability srdeční frekvence u sportovce a modifikace tréninku pomocí spektrální analýzy. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 134-139). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Special report. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.
- Zhong, X., Hilton, H. J., Gates, G. J., Jelic, S., Stern, Y., Bartels, M. N., Demeersman R. E., & Basner, R. C. (2005). Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 2024-2032.