

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

Individualizace tréninkového zatížení v tréninkovém  
procesu hráčů volejbalu pomocí metody spektrální  
analýzy variability srdeční frekvence

Disertační práce  
Autor: Mgr. Pavel Háp

Pracoviště: Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci

Školitel: doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2015

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Pavel Háp

**Název disertační práce:** Individualizace tréninkového zatížení v tréninkovém procesu hráček volejbalu pomocí metody spektrální analýzy variability srdeční frekvence

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Školitel:** doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Rok obhajoby disertační práce:** 2015

**Abstrakt:**

Rovnováha mezi objemem a intenzitou absolvovaného tréninkového zatížení a dobou nutnou pro zotavení je klíčovou podmínkou růstu sportovní výkonnosti, ale také prevencí proti stavu přetížení, případně i přetrénování. Ve sportovních hrách, včetně volejbalu, je nezbytné posuzovat individuálně reakce hráček na tréninkové podněty, zejména v období se zvýšeným objemem tréninkového zatížení. V předkládané práci byla ověřována možnost využití spektrální analýzy (SA) variability srdeční frekvence (HRV), monitorující aktivitu autonomního nervového systému (ANS), jako nástroje pro individualizaci tréninkového zatížení hráček volejbalu. U výzkumného souboru 8 hráček (průměrný věk  $21,3 \pm 1,3$  let, tělesná výška  $180,4 \pm 7,6$  cm a tělesná hmotnost  $74,1 \pm 11,1$  kg) byly analyzovány a interpretovány změny ranní aktivity ANS v průběhu dvou vstupních tréninkových mikrocyklů během přípravného období, které byly vyvolané tréninkovými i mimotréninkovými podněty. Řešeny byly také otázky vztahu ranní aktivity ANS a subjektivního vnímání ranní únavy a subjektivního hodnocení tělesného zatížení pomocí Borgovy škály. Výsledky práce ukazují na značné interindividuální rozdíly v aktivitě ANS jednotlivých hráček zejména jako reakci na tréninkové zatížení.

**Klíčová slova:**

Sportovní trénink, volejbal, tréninkový mikrocyklus, řízení tréninkového procesu, autonomní nervový systém, únava.

Souhlasím s půjčováním disertační práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Mgr. Pavel Háp

**Title of the doctoral thesis:** Training load individualization in the training process of women volleyball players using spectral analysis of heart rate variability

**Department:** Department of Sport

**Supervisor:** doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Year of presentation:** 2015

**Abstract:**

Balance between volume and intensity of the training load and the time period of subsequent recovery is a key factor of a sport performance increase, as well as prevention against a state of overreaching or overtraining. In volleyball it is also necessary to assess players' individual answers to training stressors, particularly during a period of high volume training load. This thesis has confirmed that it is possible to use spectral analysis (SA) of heart rate variability (HRV) to monitor autonomic nervous system (ANS) activity, as a diagnostic tool for individualization of volleyball players training load. Acute changes in ANS activity induced by training and non-training stress were also analyzed and interpreted in 8 women volleyball players (mean age  $21.3 \pm 1.3$  years, body height  $180.4 \pm 7.6$  cm and body weight  $74.1 \pm 11.1$  kg) during two introductory microcycles of preparation period. The relationship between ANS activity, the Borg's Rate of Perceived Exertion scale, and subjective feeling of morning fatigue was analyzed in this thesis as well. Results of the thesis show that there are significant interindividual differences in ANS activity in the players, mainly as an answer to training load.

**Keywords:**

Sports training, volleyball, training microcycle, sport training control, autonomic nervous system, fatigue.

I consent to this thesis paper being lent within the library service

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně pod vedením školitele doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. 7. 2015

Děkuji doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za jeho vedení a odborný dohled. Dále děkuji PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D., Mgr. Romanu Cuberkovi, Ph.D., Mgr. Karlu Hůlkovi, Ph.D., doc. MUDr. Pavlu Stejskalovi, CSc., RNDr. Aleši Jakubcovi, Ph.D., i ostatním kolegům, za jejich neocenitelnou pomoc a podporu.

# OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2 SYNTÉZA POZNATKŮ.....</b>	<b>9</b>
2.1 Sportovní výkon a trénink.....	9
2.1.1 Sportovní výkon a výkonnost.....	9
2.1.2 Herní výkon.....	9
2.1.3 Sportovní trénink.....	11
2.1.4 Tréninkové zatížení a zatěžování.....	14
2.1.5 Sportovní trénink jako proces adaptace.....	15
2.1.6 Desadaptace, detrénink.....	17
2.1.7 Fyziologická únava .....	18
2.1.8 Zotavení a superkompenzace .....	20
2.1.9 Patologická únava.....	21
2.1.10 Periodizace tréninkového procesu .....	24
2.1.11 Individualizace ve sportovním tréninku .....	28
2.2 Autonomní nervový systém .....	29
2.2.1 Periferní část ANS.....	29
2.2.2 Centrální části ANS.....	30
2.3 Srdeční frekvence.....	31
2.3.1 Srdeční automacie.....	31
2.3.2 Regulační mechanismy srdeční činnosti .....	31
2.4 Variabilita srdeční frekvence .....	34
2.4.1 Metody časové analýzy.....	35
2.4.2 Geometrické metody HRV.....	35
2.4.3 Frekvenční (spektrální) analýza HRV .....	35
2.4.4 Faktory ovlivňující HRV .....	39
2.4.5 Vliv zatížení na HRV .....	40
2.4.6 Vliv ortostázy na HRV.....	42
2.4.7 Vliv tréninkového zatížení na HRV .....	42
2.4.8 Změny v HRV během zotavení.....	44
<b>3 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>45</b>
<b>4 METODIKA .....</b>	<b>47</b>

4.1	Charakteristika souboru .....	47
4.2	Design studie.....	48
4.3	Popis tréninkového zatížení .....	48
4.3.1	<i>Popis tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu I</i> .....	48
4.3.2	<i>Popis tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu II</i> .....	49
4.3.3	<i>Popis úpravy tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu II</i> .....	49
4.4	Metodika sběru dat.....	50
4.4.1	<i>Časové a prostorové vymezení</i> .....	50
4.4.2	<i>Spektrální analýza variability srdeční frekvence</i> .....	51
4.4.3	<i>Organizace sběru dat</i> .....	59
4.4.4	<i>Borgova RPE škála subjektivního hodnocení tělesné zátěže</i> .....	61
4.5	Hodnocení a interpretace dat.....	62
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>64</b>
5.1	Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklů I a II .....	64
5.1.1	<i>Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklu I</i> .....	64
5.1.2	<i>Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklu II</i> .....	65
5.2	Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu mikrocyklů I a II .....	66
5.2.1	<i>Hodnocení změn komplexního indexu CS v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	66
5.2.2	<i>Hodnocení změn komplexního indexu VA v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	67
5.2.3	<i>Hodnocení změn komplexního indexu SVB v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	68
5.2.4	<i>Hodnocení změn věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu <math>P_T</math> v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	69
5.3	Hodnocení změn klidové srdeční frekvence v průběhu mikrocyklů I a II .....	70
5.3.1	<i>Hodnocení změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	70
5.3.2	<i>Hodnocení změn klidové srdeční frekvence měřené ve stoji v průběhu mikrocyklů I a II</i> .....	71
5.4	Hodnocení změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu mikrocyklů I a II.....	72
5.5	Hodnocení změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu mikrocyklů I a II .....	73
5.6	Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexních indexů CS, VA, SVB a věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu $P_T$ v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....	73

5.6.1	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu CS v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	74
5.6.2	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu VA v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	75
5.6.3	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu SVB v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	76
5.6.4	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu <math>P_T</math> v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	78
5.7	Odezva klidové srdeční frekvence na tréninkového zatížení v rámci tréninkových mikrocyklů I a II.....	79
5.7.1	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	79
5.7.2	<i>Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené ve stoji v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....</i>	81
5.8	Dynamika individuálních změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....	82
5.9	Dynamika individuálních změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....	83
<b>6</b>	<b>DISKUSE.....</b>	<b>85</b>
6.1	Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklů I a II.....	85
6.2	Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II.....	89
6.2.1	<i>Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkového mikrocyklu I.....</i>	89
6.2.2	<i>Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkového mikrocyklu II.....</i>	94
6.3	Hodnocení změn klidové srdeční frekvence v průběhu mikrocyklů I a II.....	98
6.4	Hodnocení změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu mikrocyklů I a II.....	101
6.5	Hodnocení změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu mikrocyklů I a II.....	103
6.6	Limity studie.....	106
<b>7</b>	<b>ZÁVĚRY.....</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>SOUHRN.....</b>	<b>109</b>
<b>9</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>112</b>
<b>10</b>	<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>114</b>



## Seznam zkratek

ANS	autonomní nervový systém
$CCV_{VLF}$ , $CCV_{LF}$ , $CCV_{HF}$	koeficient variace komponent VLF, LF, HF
CS	komplexní věkově standardizovaný ukazatel celkového skóre
EKG	elektrokardiogram
$f_{VLF}$ , $f_{LF}$ , $f_{HF}$	frekvence komponent VLF, LF, HF
HF	vysoká frekvence (high frequency)
HRV	variabilita srdeční frekvence (heart rate variability)
FFT	metoda rychlé Fourierovy transformace (fast Fourier transformation)
LF	nízká frekvence (low frequency)
M	aritmetický průměr (mean)
MSSD	průměr čtverců rozdílů sousedních R–R intervalů
$P_T$	celkový spektrální výkon
$P_{VLF}$ , $P_{LF}$ , $P_{HF}$	spektrální výkony komponent VLF, LF, HF
R–R	průměrná hodnota všech R–R intervalů v měřeném časovém úseku
SA	spektrální analýza
SD	směrodatná odchylka (standard deviation)
SF	srdeční frekvence
$SF_{max}$	maximální srdeční frekvence
SVB	komplexní věkově standardizovaný ukazatel sympatovagové balance
ULF	ultra nízká frekvence (ultra low frequency)
VA	komplexní věkově standardizovaný ukazatel vagové aktivity
VLF	velmi nízká frekvence (very low frequency)
%VLF, %LF, %HF	relativní spektrální výkony komponent VLF, LF, HF
VLF/HF, LF/HF, VLF/LF	poměry spektrálních výkonů jednotlivých komponent
$VO_2max$	maximální spotřeba kyslíku
vs	versus

## 1 ÚVOD

Nároky na organismus vrcholového sportovce se v posledních desetiletích enormně zvyšují. Aby se sportovec svou výkonností udržel ve vrcholovém sportu, nestačí již amatérsky vedený trénink založený na pouhých vlastních pocitech sportovce nebo empirii trenéra. Stále více zasahuje do celého tréninkového procesu věda. Ukazuje se totiž, že sportovec nebo jeho trenér neumí vždy správně ohodnotit připravenost organismu k tréninku. Sportovní hry jsou považovány za jedno z nejvíce se rozvíjejících sportovních odvětví na světě z hlediska techniky, taktiky a využívání moderních medicínských technologií (Holmberg, 2004).

Monitorování srdeční frekvence (SF) během tréninku, umožňující okamžitou kontrolu intenzity zatížení i vysokou míru individualizace, se v mnoha sportech i sportovních hrách stalo samozřejmou součástí tréninkového procesu. Pro optimální dávkování intenzity, objemu a doby trvání tréninkové jednotky potřebují znát trenéři individuální reakci organismu na předcházející zatížení. V literatuře roste počet studií, které pro individuální hodnocení odpovědi organismu na tréninkové a soutěžní zatížení využívají hodnocení aktivity autonomního nervového systému (ANS). Tyto studie se zabývají vztahem mezi aktivitou ANS a změnou výkonnosti (Atlaoui et al., 2007; Botek, McKune, Krejčí, Stejskal, & Gába, 2014; Buchheit et al., 2012), únavou (Chen et al., 2011; Schmitt et al., 2013), přetížením či přetrénováním (Bosquet, Papelier, Léger, & Legros, 2003; Plews et al., 2012; Roose, de Vries, Schmikli, Backx, & van Doormen, 2009) a  $VO_2\max$  (Lee & Mendoza, 2012; Lewis, Kingsley, Short, & Simpson, 2007).

Aktivita ANS řídí všechny procesy podílející se na udržování homeostatické rovnováhy a bazálních funkcí organismu (Trojan, 2003). Výsledkem vzájemného působení obou větví ANS je aktuální SF a pro periodické oscilace mezi po sobě jdoucími srdečními stahy se užívá název variabilita srdeční frekvence (HRV), (Stejskal & Salinger, 1996). Jednou z metod, kterými lze hodnotit HRV je také spektrální analýza (SA) HRV (Task Force, 1996). SA HRV nám podává informace o regulaci srdeční aktivity, na níž se významně podílí aktivita ANS. Longitudinálním měřením SA HRV v průběhu určité části tréninkového období tedy můžeme sledovat dynamiku aktivity ANS a tím i změny adaptability (trénovatelnosti) sledovaného hráče na tréninkové zatížení (Aubert, Seps, & Beckers, 2003; Plews et al., 2013).

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 Sportovní výkon a trénink

#### 2.1.1 Sportovní výkon a výkonnost

Sportovní výkon a sportovní výkonnost jsou považovány za jednu z hlavních kategorií sportu a sportovního tréninku (Dovalil et al., 2012). Sportovní výkon je možné chápat jako průběh a výsledek pohybové činnosti realizovaný v konkrétním sportu s úsilím o maximální uplatnění výkonových předpokladů (Dovalil et al., 2012; Měkota & Cuberek, 2007; Moravec et al., 2007). Z hlediska systémového přístupu je sportovní výkon vymezený systémem prvků, který má určité uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů (Dovalil et al., 2012). Sportovní výkonnost je považována za jistou dispozici jedince podávat opakovaně poměrně stabilní výkony (Novosad, Frömel, & Lehnert, 1998). Dovalil et al. (2012) upřesňují, že je výsledkem přirozeného růstu a vývoje jedince, vlivů prostředí a vlastního sportovního tréninku. Mezi hlavní determinanty ovlivňující sportovní výkon patří genetické předpoklady jedince, vlastní působení adaptačních tréninkových podnětů a prostředí (Novosad et al., 1998).

#### 2.1.2 Herní výkon

Specifickým případem sportovního výkonu ve sportovních hrách je herní výkon (HV). Vymezení pojmu herní výkon je složitější, neboť představuje poměrně komplikovaný a značně dynamický jev, který postihuje hráče jen v daném okamžiku nebo vymezeném časovém intervalu. Podle Nykodýma et al. (2006) je to skupinová a individuální činnost hráčů v ději utkání, která je charakterizována mírou plnění herních úkolů a z toho vyplývajícím výsledkem utkání. Tábořský (2007) považuje za charakteristické pro herní výkon ve sportovních hrách měnící se herní podmínky, velký počet pohybových dovedností hráčů, složitá pohybová jednání, taktické jednání, předvídání úmyslů soupeře a rozdělení úloh podle hráčských funkcí. Za základ herního výkonu jsou považovány otevřené dovednosti (Magill, 1998), které člověk vykonává v neustále se měnících podmínkách. Aby hráč vykonal dovednost úspěšně, musí zahájení pohybu přizpůsobit pohybu míče, spoluhráčů nebo soupeře (Schmidt, 2005).

Úroveň herního výkonu je determinována faktory, které jsou určitým způsobem uspořádány v určitých vztazích. Těmito faktory jsou psychické, bioenergetické a biomechanické determinanty (Buzek, 2007; Dobrý, 1988). Elferink-Gemser, Visscher, Lemming a Mulder (2004) k nim ještě přidávají antropometrickou determinantu. Bukač (2006) je nazývá psychickými, motorickými a orgánovými adaptačními doménami.

Teorie sportovních her rozlišuje dva pojmy – individuální herní výkon (IHV), vztahující se k jednotlivci a týmový herní výkon (THV), vztahující se k týmu (Dobry, 1988). Individuální herní výkon je tvořen sumou individuálních herních dovedností (činností) realizovaných v sociální interakci utkání, zahrnuje veškerou činnost a chování hráče a z hlediska interakce úroveň IHV vyjadřuje stupeň způsobilosti hráče na týmovém herním výkonu (Dobry & Semiginovský, 1988). Týmový herní výkon je podle Dovalila et al. (2002) založen na individuálních herních výkonech, které podléhají vzájemnému regulačnímu působení je ovlivněn sociálně-psychologickými a činnostními determinantami. Týmový herní výkon ve volejbalu se realizuje v utkání, jehož výsledek je vždy měřítkem adekvátní součinnosti celého týmu při konfrontaci se soupeřem. V souvislosti s herním výkonem ve volejbalu Haník, Vlach et al. (2008) používají termín herní chování, který vyjadřuje souhrn vnějších projevů: činností, jednání, reakcí hráčů v průběhu utkání, činnost hráčů v herních kombinacích a při zaujímání herních formací, individuální herní řetězce i participaci na sociálně – herní interakci.

### *Herní výkon ve volejbalu*

Volejbal je sportovní hra intermitentní povahy, charakterizovaná mnohonásobnými krátkými intervaly zatížení vysoké intenzity střídanými krátkými intervaly odpočinku v poměru 1:2,4 (6 - 12 sekund intervalu zatížení ke 14 - 26 sekundám intervalu odpočinku), (Gabbett, Georgieff, & Domrow, 2007; Polglaze & Dawson, 1992; Sheppard, Gabbett, Taylor, Dorman, Lebedew, & Borgeaud, 2007; Vescovi, 2002; Viitasalo et al., 1987), přičemž asi 10 % rozeher přesáhne délku 16 sekund (Hedrick, 2007). Značné nároky jsou kladeny na nervosvalový systém během mnohosměrných rychlostně-silových pohybů po hřišti (přesuny, sprinty, pády, výskoky), kterých hráči během 5-setového utkání provedou 250 – 300 (Reeberg Stanganelli, Dourago, Oncken, Mancan, & Da Costa, 2008). Navíc se po hráčích požaduje schopnost provádět tato opakovaná úsilí s omezenými intervaly odpočinku po celou délku utkání, což je v průměru přibližně 90 minut (Gabbett & Georgieff, 2007; Sheppard & Borgeaud, 2008; Sheppard, Gabbett, & Borgeaud, 2008). To vše znamená, že pro hráče volejbalu je nezbytná vysoká úroveň rychlosti a síly, protože dobrý pohyb po hřišti a opakované vertikální výskoky maximální nebo submaximální intenzity jsou považovány za nejdůležitější kondiční předpoklady (Hedrick, 2007). Důležitost vertikálního výskoku ve volejbalu dokumentuje i skutečnost, že smečářské a blokařské výskoky představují 45 % všech rychlostně-silových akcí v utkání (Voigt & Vetter, 2003) a souvislost vertikálního výskoku s herním výkonem většiny herních postů jako důležitým faktorem pro úspěšné provedení smeče a bloku dokládá-

jí i Piuccio a Dos Santos (2009). Největší skokanské zatížení uvádějí Sheppard, Gabbett a Reeberg Stanganelli (2009) u postu středního blokaře, který realizuje v setu průměrně 20 – 27 výskoků, následují diagonální hráči, nahrávači (u nichž je navíc 20 – 25 submaximálních výskoků při nahrávce) a smečáři.

Na jednotlivé hráčské specializace jsou kladeny specifické nároky, které je nutné individualizovat nejen z hlediska pohybového režimu a způsobu provedení herních činností, ale také z hlediska antropometrických a fyziologických profilů hráčů a hráček na jednotlivých postech (Lidor & Ziv, 2010; Marques, Van Den Tillaar, Gabbett, Reis, & González-Badillo, 2009; Sheppard, Gabbett, & Reeberg Stanganelli, 2009). Studie, které provedli Fleck, Case, Puhl a Van Handle (1985) a Gabbett a Georgieff (2007) ukazují, že složení těla může hrát důležitou roli v kondiční připravenosti hráček volejbalu a také, že změny v procentuálním zastoupení svalové hmoty a tělesného tuku mají souvislost s herním výkonem (Cahill & Jones, 2010).

### *2.1.3 Sportovní trénink*

Sportovní trénink považují Lehnert, Novosad, Neuls, Langer a Botek (2010, 6) za „plánovitý, řízený proces, kde obsah, metody a organizace jsou zaměřeny na dosažení stanoveného sportovního výkonu“. Jeho hlavním cílem je dosažení relativně maximální sportovní výkonnosti ve zvoleném sportovním odvětví (Dovalil et al., 2012).

#### *Specifika sportovního tréninku žen*

Sportovní trénink mužů a žen vychází ze stejných teoretických principů, ale při plánování a realizaci tréninkového procesu je nutné respektovat odlišnosti mužského a ženského organismu. Ty se týkají nejen geneticky daných anatomických a fyziologických předpokladů, ale i psychosociální oblasti (Lehnert et al., 2010). V oblasti morfologicko-funkčních charakteristik autoři uvádí, že ženy jsou v porovnání s muži menší (o 6-8 %), lehčí (o 18 %), mají vzhledem k tělesné výšce proporcčně kratší končetiny a tím i lepší stabilitu (níž položené těžiště), mají užší ramena a širší pánev. Postavení kolen je u žen často díky širší pánvi valgózní, což je z důvodu možného zranění nutné brát v úvahu při silovém tréninku zaměřeném na čtyřhlavý sval stehenní a hamstringy (Ebben, Feldmann, VanderZanden, Fauth, & Petrushek, 2010; Fleck & Kraemer, 2004; Grasgruber & Cacek, 2008; Juhas, 2011; Silbernagl & Desopoulos, 2004; Vavák, 2011; Wilmore, Costill, & Kenney, 2008).

Pokud jde o svalovou hmotu, tvoří u žen asi 34 % celkové hmotnosti (o 10 % méně než u mužů), ženy mají méně svalových vláken a menší absolutní sílu v oblasti dolní (70-75 % síly mužů) i horní poloviny těla (25-55 % síly mužů) (Fleck & Kraemer, 2004; Wilmore et al., 2008). Charakteristické je u žen také výrazně vyšší procento tělesného tuku ve srovnání s muži. Ženské srdce je asi o 20 % menší než mužské, mají nižší celkové množství krve i systolický krevní tlak a srdeční výkon (Lehnert et al., 2010). Ženy mají menší celkový objem i vitální kapacitu plic a na nižší úrovni je také  $VO_2\text{max}$  (Kenney, Wilmore, & Costill, 2012). Máček a Radvaský (2011) uvádějí, že absolutní hodnoty  $VO_2\text{max}$  jsou u žen o 40-60 % nižší než u mužů a vyjádřeno v hodnotách na kg tělesné hmotnosti činí rozdíl asi 20-30 %.

Staron, Karapondo, Kraemer, Fry, Gordon, Falkel et al. (1994) ve své práci zjistili podobné výsledky adaptace na posilovací trénink u žen i u mužů a odvozují z toho možnost používání stejných tréninkových metod u žen jako u mužů. Juhas (2011) upozorňuje na nezbytnost posílení horní poloviny těla žen jako první, protože v posilovacím tréninku často používané komplexní cviky jsou většinou dávkovány adekvátně pro dolní polovinu těla, ale nerespektují slabší horní polovinu, což může vést ke zranění. Připomíná, že rozvoj horní poloviny těla je u žen velmi často limitujícím faktorem i pro výkonnost ve sportovních hrách (např. smech ve volejbalu). Zatsiorsky a Kraemer (2009) došli na základě zjištění, že ženy mají více pomalých svalových vláken než rychlých k závěru, že silový trénink je u nich velmi důležitý, zejména pro udržení dosažené sportovní formy.

Vytrvalostní výkonnost je u žen determinována již zmíněnými morfofunkčními charakteristikami. Mezi parametry, jež u žen ovlivňují rozvoj vytrvalosti, patří podle Lehnerta et al. (2010) nižší maximální spotřeba kyslíku, nižší koncentrace hemoglobinu, menší objem krve a menší množství krevní plazmy, nižší systolický objem, nižší maximální srdeční minutový objem, nižší oxidativní kapacita svalu, atd. Navzdory těmto skutečnostem se autoři (Bam, Noakes, Juritz, & Dennis, 1997; Coast, Blevins, & Wilson, 2004; Speechly, Taylor, & Roger, 1996) shodují na tom, že vytrvalostní trénink má u žen při respektování zásady postupného zvyšování tréninkového zatížení podobné výsledky jako u mužů. Předpoklady žen pro vytrvalost jsou velmi podobné mužům, na některých, zejména ultramaratonských, vzdálenostech je i překonávají (Beneke, Leithauser, & Doppelmayr, 2005). Další výzkumy popisují u žen šetření svalového glykogenu díky zvýšené oxidaci tuků u běhů na delší než maratonskou vzdálenost (Bam et al., 1997) a lepší využití tuků (Perreault, Lavaly, Kittelson, & Horton (2004).

Rychlost, která ve volejbalu představuje velmi důležitou složku sportovního výkonu, je u žen nižší především vlivem tělesných rozměrů a menších silových předpokladů, zatímco v rychlosti reakce a v maximální frekvenci pohybu se ženy mužům vyrovnají. V tréninku

rychlosti jsou rozdíly mezi muži a ženami minimální, projevují se spíše ve větší unavitelnosti a pomalejším zotavení. Vzhledem k podmíněnosti rychlosti svalovým rozvojem se u žen očekává nižší citlivost na rychlostně-silový trénink (Lehnert et al., 2010).

Specifika tréninku žen můžeme dále najít i v oblasti flexibility a koordinace a při tréninku je kromě výše zmíněných diferencí třeba brát v úvahu také specifika a rizika gynekologického charakteru, osteoporózy, specifika výživy a psychosociální aspekty sportu.

Zcela jiné závěry nacházíme u autorů zabývajících se únavou. Větší odolnost vůči únavě u žen zmiňují ve svých studiích Hicks, Kent-Braun a Ditor (2001), Hunter, Critchloe, Shin a Enoka (2004) nebo Lindstrom, Lexell, Gerdle a Downham (1997). Petrofsky, Burse a Lind (1975) zkoumali na vzorku 83 žen a 100 mužů za jaký čas dojde k selhání a zjistili u žen o 23 % lepší výsledky. Hunter et al. (2006) zkoumali hypotézu, že vyšší odolnost vůči únavě u žen je způsobena větší absolutní silou dosaženou muži při izometrické kontrakci a zjistili, že rozdíly v úrovni svalové síly mezi oběma pohlavími nevysvětlují rozdíly v odolnosti vůči únavě. Vavák (2011) uvádí, že z hlediska tréninkových aspektů je trénovanost žen ve srovnání s muži menší a při jednostranném tréninkovém zatížení podléhají rychleji únavě. Z toho důvodu je nezbytné zařazovat především do kondiční přípravy více tréninkových prostředků pro zajištění vyšší variability tréninkových podnětů. Podle Hewett, Myer, a Ford (2006) může kombinace různých tréninkových metod nejen zlepšit sportovní výkonnost žen, ale také funguje jako účinný mechanismus prevence zranění.

### *Sportovní trénink ve volejbalu*

Rozhodujícím momentem v didaktické technologii tréninkového procesu ve sportovních hrách je vyvážená a systematická stimulace syntézy všech determinant herního výkonu (Dobry & Semiginovský, 1988). Buchtel, Ejem a Vorálek (2011) hovoří o motorických akcích a mentálních procesech, které hráči v rámci tréninkového procesu realizují. Jejich obsah tvoří čtyři komponenty, které vytvářejí vnitřní prostředí a podněty pro požadované adaptační změny u hráčů:

- technicko-taktický rozvoj
- kondiční rozvoj
- psychický rozvoj
- regenerace

V literatuře najdeme málo studií, které se zabývají efektivitou tréninkového procesu a kondiční přípravy ve volejbalu v přípravném období. Gonzáles-Ravé, Arija a Clemente-

Suarez (2011) sledovali vliv tréninkového programu během 24 týdnů tréninku v předsoutěžním a soutěžním období na výkon nervosvalového systému a složení těla u 12 hráček španělské nejvyšší soutěže. Předsoutěžní kondiční příprava vyvolala signifikantní změny výkonu ve vertikálním výskoku a maximální síle, což koresponduje s výsledky studie Newton, Kraemer a Häkkinen (1999), kteří zjistili u 16 hráčů NCAA pozitivní změny ve výšce vertikálního výskoku po absolvování 8-týdenního tréninkového programu s využitím balistické metody. Vlivem specificky zaměřeného kondičního tréninku na rozvoj explozivní síly dolních končetin u hráčů volejbalu se zabývali také Leporace et al. (2013) a Reeberg Stanganelli, Dourago, Oncken, Mancan a Da Costa (2008), souvislost mezi úrovní síly dolních končetin a výkonem při vertikálním výskoku zkoumali Peterson, Alvar a Rhea (2006) a Stone et al. (2003). Elastickým vlastnostem svalu jako důležitému faktoru ovlivňujícímu vertikální výskok a jejich zdokonalování v tréninkovém procesu se věnují Ercolessi (2000) a Kollias, Panoutsakopoulos a Papaiakovou (2004) a důležitost periodického monitorování vývoje skokanské kapacity v závislosti na tréninkovém cyklu jako ukazatel tréninkem vyvolaných adaptací zdůrazňují Markovic, Dizdar, Jukic a Cardinale (2004).

Nesser a Demchak (2007) sledovali efektivitu dvoutýdenní vícefázové předsoutěžní přípravy s vysokou intenzitou i objemem zatížení na ukazatele herního výkonu ve volejbalu u hráček NCAA ve dvou po sobě jdoucích sezónách a zjistili, že hráčky byly v obou případech přetrénované, což vedlo ke snížení výkonnosti ve sledovaných ukazatelích.

Mnoho studií hodnotí souvislost tréninkového procesu a kvalitu provádění jednotlivých herních činností během soutěžního období. Studii s cílem vyhodnotit vliv 26týdenního individualizovaného tréninkového programu zaměřeného na rozvoj síly a prevenci zranění na vybrané silové a rychlostně-silové parametry u 27 adolescentních hráček volejbalu provedli Augustsson, S. R., Augustsson, J., Thomeé, Karlson, Eriksson a Svantesson (2011). Zjistili signifikantní zlepšení u zvolených silových a rychlostně-silových parametrů, ale žádné statisticky významné změny v množství zranění.

#### *2.1.4 Tréninkové zatížení a zatěžování*

Tréninkové zatížení představuje specifický druh zatížení a je základním podnětem vedoucím ke spuštění mechanismů adaptace v oblasti funkční, biochemické, morfologické a psychologické (Lehnert et al., 2010). Dovalil et al. (2012, 82) uvádí, že „je-li pohybová činnost vykonávána tak, že vyvolává žádoucí aktuální změnu funkční aktivity člověka a ve svém důsledku trvalejší funkční, strukturální a psychosociální změny, lze ji označit jako zatížení“.



Lehnert (2007) potom jako tréninkové zatížení vnímá soubor plánovitě použitých podnětů, které jsou realizované formou tréninkových cvičení, vyvolávajících aktuální změnu funkční aktivity organismu sportovce v souladu se stanovenými cíli.

Zatížení můžeme z hlediska velikosti podnětu a reakce organismu dělit na vnější a vnitřní zatížení (Halson, 2014). U vnějšího zatížení obvykle rozlišujeme jednotlivé komponenty, které nám umožňují stanovit jeho velikost: objem, intenzitu, dobu, frekvenci a specifčnost zatížení (Bompa, 1999; Smith, 2003). Vnitřní zatížení, tj. reakce systémů organismu na aplikované zatížení, je většinou vyjádřena pomocí fyziologických nebo biochemických ukazatelů, přičemž Smith (2003) dělí tréninkové zatížení na extrémní (překračující funkční kapacitu organismu), rozvojové (přinášející specifický tréninkový efekt), udržovací, zotavovací a neúčinné. Dovalil et al. (2012) z tohoto hlediska rozlišuje následující funkce zatížení - rozvoj, renovaci, stabilizaci a regeneraci.

Lehnert (2007) upozorňuje, že z hlediska řízení tréninkového procesu je důležité, že tréninkový efekt na základě působení jednorázového tréninkového zatížení má pouze dílčí charakter a nevede k dlouhodobým adaptačním změnám. Podmínkou pro vznik specializovaných adaptací v organismu sportovce (trvalejších funkčních, strukturálních a psychosociálních změn) je systematicky opakované zatížení, tj. zatěžování. Bompa (1999) a Dovalil et al. (2012) zdůrazňují, že teprve opakované zatížení vede ke kumulativnímu tréninkovému efektu. V souvislosti s obměnami v zatěžování mluví o dávkování zatížení nebo o manipulaci se zatížením. S ohledem na individualizaci tréninkového procesu je také nezbytné poznamenat, že zatížení má pravděpodobnostní charakter (Dovalil et al., 2012), což znamená, že totožné zatížení nemusí vyvolat vždy tytéž účinky. Proto je nezbytné velikost zatížení individualizovat a optimalizovat, přičemž jednou z možností jak k tomuto požadavku přistoupit, je využití variability srdeční frekvence.

#### *2.1.5 Sportovní trénink jako proces adaptace*

Lehnert et al. (2010) definují adaptaci ve sportovním tréninku jako komplexní, individualizovaný a formativní proces biologické podstaty s geneticky stanovenými limity. Zahrnuje podle nich veškeré trvalejší biochemické, strukturální, funkční a psychosociální změny, které jsou vyvolány pohybovou činností při tréninku a soutěžení a projevují se zvýšením trénovanosti sportovce. Placheta et al. (2001) považují proces adaptace za schopnost různých orgánových systémů přizpůsobovat se po funkční i morfológické stránce mnohonásobně opakovaným a dlouhodobým vlivům zátěže. Neumann, Pfützler a Hottenrott (2005) rozeznávají

tři hlavní fáze adaptace: fázi aktuální funkční změny v organismu, fázi regenerace a fázi vlastní adaptace, tj. rozvoj výkonnosti. Fázi vlastní adaptace potom ještě dělí do čtyř stupňů na změny pohybového programu, zvýšení energetických zásob, funkční optimalizace nervo-svalové činnosti a součinnost nadřazených funkčních center. Lehnert et al. (2001) dělí adaptaci na specifickou a nespecifickou. Nespecifická adaptace (zdatnost) organismu je výsledkem působení velkého množství podnětů z vnějšího prostředí, při opakovaném působení konkrétního podnětu naopak dochází ke konkrétní reakci a postupnému rozvoji specifické adaptace (výkonnosti). Selye (in Viru, 1995) autor konceptu nespecifické adaptace, definuje reakci organismu na stres jako sumu nespecifických odpovědí organismu na jakkoliv silný podnět na něj působící. Vztah adaptace a stresu vysvětluje Selye (in Kučera, Dylevský et al., 1999) tak, že po první poplachové reakci organismu nastává fáze adaptace, při které organismus získává zvýšenou odolnost proti působícímu faktoru. Viru (1995) potom specifikoval tři hlavní komponenty mechanismu obecné adaptace:

- mobilizace energetických rezerv organismu,
- mobilizace proteinových zdrojů,
- aktivaci obranných funkcí organismu.

Podle Plachety et al. (2001) se adaptace projevuje zejména nižší aktivitou sympatiku, sníženou sekrecí katecholaminů a menší reakcí kardiorespiračních funkcí při konstantním zatížení. Hamar a Lipková (2001) uvádějí, že kromě postupného snižování koncentrace katecholaminů v krvi již po prvním týdnu tréninku se také snižuje počet  $\beta$ -receptorů a výsledným projevem adaptovaného srdce je mírnější reakce na katecholaminy, adrenalin a noradrenalin. Kučera, Dylevský et al. (1999) k metabolickým adaptacím ještě dodávají zvýšení citlivosti na inzulín a systematické šetření glykogenu jako energetického zdroje.

Na projevy adaptace jednotlivých systémů má vliv více faktorů, přičemž jedním z nejdůležitějších je typ zatížení. Četní autoři (Hamar & Lipková, 2001; Kučera, Dylevský et al., 1999; Placheta et al., 2001) se shodují na tom, že v kardiovaskulárním systému dochází vlivem vytrvalostního zatížení k adaptacím na úrovni srdce i periferní cirkulace. Adaptace srdce se projevují většinou ve formě funkčních a morfologických změn myokardu (především zvětšení objemu srdečních dutin, označované jako dilatace), zesílené kontraktility, zvýšení systolického objemu atd. Mnohem rychleji než morfologickými změnami srdečního svalu reagují na pravidelné vytrvalostní zatížení mechanismy periferie. Jejich nejčastějšími projevy

jsou zvýšená kapilarizace zapojených svalů, zvýšený počet mitochondrií, zvýšená aktivita enzymů aerobního metabolismu, zvýšená koncentrace myoglobinu a další.

Na úrovni svalového aparátu nevyvolává vytrvalostní zatížení, v porovnání se silovým nebo rychlostním, hypertrofii vláken a nevede ani k výraznějšímu zvyšování silových schopností (Hamar & Lipková, 2001). Z pohledu volejbalu je adaptace hráček na vytrvalostní zatížení důležitá z hlediska herního výkonu, protože podmiňuje efektivní využití jiných pohybových schopností během utkání (Vavák, 2011).

Projevy adaptace jsou u dlouhodobě trénovaných sportovců zřetelné také ve změnách v aktivitě ANS, kde dochází k posunu autonomní rovnováhy od sympatiku k parasympatiku, což koresponduje i se sníženou hodnotou klidové SF, krevního tlaku a dechové frekvence (Carter, Banister, & Blaber, 2003; Hamar & Lipková, 2001; Leicht, Allen, & Hoey, 2003).

Velikost adaptační kapacity organismu, trénovatelnosti, odpovídá regulačním možnostem ANS, zejména aktivity vagu, které jsou částečně geneticky podmíněny (Hedelin, Bjerle, & Henriksson-Larsen, 2001). Sportovci s přirozeně vyšší aktivitou vagu se jeví být adaptabilnější, než sportovci disponující nižší kardiální vagovou regulací (Botek, McKune, Krejčí, Stejskal, & Gába, 2014).

Funkční nebo morfologické adaptace se samozřejmě týkají i dalších systémů, které zde nejsou zmíněny a o nichž detailně pojednávají ve svých publikacích Åstrand, Rodahl, Dahl a Strømme (2003), Hamar a Lipková (2001), Kučera, Dylevský et al. (1999) a další.

### *2.1.6 Desadaptace, detrénink*

Adaptační mechanismy se řídí principem reverzibility. V případě dlouhodobého nepřiměřeného snížení zatížení nebo úplné absence určitých typů tréninkových podnětů dochází postupně ke ztrátám úrovně adaptace získané předchozím tréninkem, k tzv. dezadaptaci nebo detréninku (Bompa, 1999; Kenney, Wilmore, & Costill, 2012; Máček, Macková, & Radvanský, 2002; Placheta et al., 2001). Mujika a Padilla (2000a,b) definují detrénink jako částečnou nebo úplnou ztrátu anatomických, fyziologických a výkonnostních adaptací vyvolaných tréninkem, jako následek redukce nebo zastavení tréninku. Titíž autoři rozlišují krátkodobý a dlouhodobý detrénink, přičemž krátkodobý je vymezen délkou dvou až čtyř týdnů a dlouhodobý více než čtyřmi týdny snížení nebo absence tréninkových podnětů a projevuje se ve změnách v kardiorepiračním, metabolickém a nervosvalovém systému. Máček a Radvanský (2011) popisují úbytek krevního objemu u trénovaných osob o 5-12 % v případě krátkodobého detréninku a až o 20 % v při delším trvání inaktivity, což má za důsledek zvýšení srdeční

frekvence o 5-10 %. Mujika a Padilla (2001) uvádějí, že absence tréninkového zatížení zapříčiní po 2-3 týdnech pokles kapilární denzity, po 2-8 týdnech pokles arteriovenózní diference a aktivity oxidativních enzymů, což v důsledku vede k poklesu aerobní kapacity organismu. Ve svalech dochází ke svalové atrofii, která je doprovázena snížením maximální síly, explozivní síly i svalové vytrvalosti. Bosquet et al. (2013) popisují, že k uvedenému poklesu dochází především u starších a neaktivních jedinců a že pokles maximální síly je signifikantní od třetího týdne neaktivity. Podle Kenney et al. (2012) klesá úroveň svalové vytrvalosti již po dvou týdnech inaktivity, zatímco ztráta rychlosti a agility související s detréinkem je, na rozdíl od flexibility, relativně nízká. Botcazou et al. (2006) sledovali efekt šestiměsíčního sprinterského tréninku následovaného pětíměsíční pauzou na produkci katecholaminů a zjistili, že absence tréninkových podnětů vedla k vymizení získané adrenergní adaptace. Na druhou stranu Mujika a Padilla (2000a) uvádějí, že úroveň síly může být zachována i po čtyřech týdnech inaktivity, což znamená, že změny v hodnocení síly jsou rezistentní ke krátkodobému detréinku. Santos a Janeira (2009) zjistili u hráčů basketbalu ve věku 14-15 let, že 16 týdenní detréink (týkající se kondiční přípravy, nikoliv samotného basketbalového tréninku) následující po 10 týdenním komplexním kondičním programu, nepůsobil žádné signifikantní změny v úrovni explozivní síly.

Někteří autoři (Máček, Macková, & Radvanský, 2002; Mujika & Padilla 2001) také upozorňují, aby nebyl pojem detréink směřován s abstinenčními příznaky (detraining syndrome), kdy se mohou po náhlém přerušení dlouhodobého intenzivního tréninku objevit vegetativní symptomy, jako bolesti hlavy, závratě, nevolnosti, atd.

### *2.1.7 Fyziologická únava*

Únava je běžnou a požadovanou součástí tréninkového procesu a v případě odpovídající rovnováhy mezi zatížením a zotavením znají sportovci akutní únavu jako reakci organismu na jednotlivé tréninkové jednotky a zotavení jako záležitost následujících hodin či dní. Většina definic únavy poukazuje na zhoršení výkonu jednoho nebo více biologických systémů jako následek intenzivní svalové práce a současně na reverzibilitu únavy. Allen a Westerblad (2001) považují únavu za pokles výkonnosti jako následek předchozí intenzivní svalové aktivity, Kenney et al. (2012) definují únavu jako neschopnost pokračovat ve svalové práci dané intenzity, ve sportovním tréninku se většinou hovoří o redukované kapacitě podat maximální sportovní výkon (Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011). Únava je zákonitým průvodním jevem jakékoliv činnosti a signalizuje funkční a metabolické změny v organismu. V této

souvislosti mluví autoři (Kučera, Dylevský et al., 1999; Lehnert et al., 2014; Máček & Radvanský, 2011; Silbernagl & Despopoulos, 2004) o fyziologické únavě, jejíž příznaky po ukončení zátěže během zotavení postupně mizí a jejíž dynamika je důležitá pro řízení sportovního tréninku.

Únava, definovaná jako psycho-fyziologický stav, existuje na úrovni periferní, což jsou metabolické změny v pracujících svalech, které limitují výkon (Fitts, 1994), a centrální, což jsou změny v centrálním nervovém systému, které ovlivňují motorické a percepční procesy a jsou extrémně důležité pro sportovní hry (McMorris et al., 1997, Royal et al., 2006). Åstrand et al. (2003) dodávají, že názvy přesně neodpovídají anatomickému významu slov z důvodu možnosti vzniku „centrální únavy“ na periférii.

Za projev periferní únavy považují Åstrand et al. (2003) neschopnost svalového vlákna vyvinout maximální sílu přesto, že došlo k optimální nervové impulzaci motorické ploténky signály z centrálního nervového systému. Brooks, Fahey, White, a Baldwin (2000) považují za jeden z faktorů vzniku svalové únavy metabolické změny, které se projevují nejen v redukovaných energetických zásobách adenosintrifosfátu (ATP), kreatinfosfátu (CP), krevní glukózy a glykogenu, ale také v rostoucí koncentraci katabolitů, především laktátu. Zvýšená koncentrace laktátu, respektive iontů vodíku způsobuje ve svalu acidózu (Brooks et al., 2000).

Bangsbo, Madsen, Kiens a Richter (1996) vidí možnou příčinu vzniku svalové únavy ve zvýšené koncentraci intersticiálního draslíku ve svalu, což způsobuje depolarizaci buněčné membrány vedoucí k částečnému nebo úplnému zablokování přenosu akčního potenciálu. Mohr et al. (2004) zjistili, že hladina intersticiálního draslíku nezpůsobuje únavu, pokud je intenzivní zatížení prováděno opakovaně.

Hakkinen, Komii a Linnamo (1998) zjistili, že vysoká zátěž, vyvolávající sníženou elektrickou aktivitu uvnitř svalu doprovázenou zvýšenou kumulací laktátu, může být důsledkem značné centrální i periferní únavy. Právě metabolické změny zasahující do resyntézy ATP nebo excitace svalových buněk, považují Åstrand et al. (2003) za hlavní příčiny periferní únavy.

Z pohledu předkládané práce je vhodné zmínit také dělení únavy na vnímanou (subjektivní) a fyziologickou (objektivní), přičemž subjektivní únava předchází únavě objektivní (Kenney et al., 2012; Lehnert et al., 2014).

### 2.1.8 Zotavení a superkompenzace

Zotavení je považováno za nedílnou součást tréninkového cyklu ve které dominují zejména mechanismy přestavby (adaptace) organismu, nezbytné k progresivnímu růstu výkonnosti sportovce (Dovalil et al., 2012). Kuipers (1996) dokonce považuje zotavení za nejdůležitější komponentu tréninkového procesu. Proces zotavení lze rozdělit podle jednotlivých časových fází. Bishop, Jones a Woods (2008) rozlišují:

- okamžité zotavení – objevuje se mezi jednotlivými, rychle po sobě následujícími úseky pohybu a dochází při něm k regeneraci ATP a odstranění vedlejších produktů. Objevuje se např. u běžce, u něhož při každém kroku probíhá okamžité zotavení nezátížené dolní končetiny. Při zkrácení doby okamžitého zotavení se snižuje tolerance organismu na zátěž (Misić, & Kelley, 2002).
- krátkodobé zotavení – je zotavení mezi jednotlivými sériemi při silovém nebo rychlostním tréninku nebo v případě sportovních her intermitentní povahy se jedná o intervaly odpočinku mezi jednotlivými krátkými intervaly zatížení vysoké intenzity (Cottrell, Coast, & Herb, 2002). Tento typ zotavení je charakteristický resyntézou makroergních fosfátů (Seiler, & Hetlelid, 2005).
- tréninkové zotavení – je definováno jako zotavení mezi po sobě následujícími tréninkovými jednotkami nebo soutěžemi (Gomez et al., 2003). V naší terminologii tento typ zotavení odpovídá použití termínu superkompenzace.

Lehnert et al. (2014) používají zjednodušené dělení procesu zotavení do dvou fází:

- během rychlé fáze zotavení dochází k začátku splácení kyslíkového dluhu. K tomu slouží tzv. zotavný kyslík, který se využívá pro obnovu zásob kyslíku v krvi a svalovém myoglobinu. Během rychlé fáze se obnovují zásoby ATP, CP, které spolu s návratem sodíku (Na<sup>+</sup>) a draslíku (K<sup>+</sup>) na buněčné úrovni do původních koncentrací trvá zhruba 2 minuty. V této fázi dochází k významnému snižování SF, která souvisí s rychlostí pozátěžové reaktivace vagu,
- v průběhu pomalé fáze zotavení dochází k metabolizaci laktátu na glykogen, při které je spotřebováno zhruba 60% přijatého kyslíku a zbylých 40% je využito na tvorbu energie potřebné pro termoregulaci. Lehnert et al. (2014) uvádějí, že kyslíkový dluh je vyrovnán v průběhu 30 minut po ukončení tělesné práce. V pomalé fázi zotavení je možné identifikovat změny v SF, respektive ve variabilitě srdeční frekvence ještě i 24 hodin od ukončení zatížení. Dobu obnovy svalového glykogenu po aerobním výkonu

udávají autoři mezi 10 a 48 hodinami, po absolvování cvičení anaerobního charakteru se doba resyntézy udává mezi 5 a 24 hodinami.

Délka zotavení úzce souvisí s rychlostí resyntézy energetických substrátů, jako jsou makroergní fosfáty (Seiler, & Hetlelid, 2005) nebo glykogen (Kenney et al., 2012). Dobu resyntézy glykogenu přitom ovlivňuje několik faktorů, z nichž důležitou roli hraje koncentrace laktátu ve svalech, respektive koncentrace z laktátu disociovaných vodíkových iontů snižující hodnotu pH (Kenney et al., 2012). Zrychlené vyplavování laktátu ze svalových buněk je spojováno s aktivní formou zotavení po tréninkovém zatížení (Monedero, & Donne, 2000), přičemž z hlediska efektivity vyplavování laktátu během aktivního odpočinku je neúčinnější intenzita zatížení mezi 30 a 60 %  $VO_2max$ .

Obnova energetických substrátů je spojována s pojmem superkompenzace, který Lehnert et al. (2014) definují jako přechodné zvýšení energetických substrátů nad výchozí úroveň. Proces superkompenzace je považován za jeden ze základních principů sportovního tréninku. Fáze superkompenzace je považována za optimální okamžik pro zahájení dalšího tréninkového zatížení, protože organismus disponuje zvýšeným energetickým potenciálem v podobě glykogenových zásob. Stejskal (2002) uvádí, že s jistým omezením platí, že doba trvání a amplituda kulminace superkompenzace je přímo úměrná velikosti narušení buněčné homeostázy; čím bude narušení homeostázy větší, tím bude trvání superkompenzace delší a amplituda kulminace vyšší. Za neoptimálnější dobu pro zahájení dalšího tréninkového zatížení, ve které je sportovec schopen disponovat zvýšeným energetickým potenciálem, se považuje právě doba kulminace superkompenzace. Není však jisté, kdy k nástupu a kulminaci superkompenzace dochází.

Superkompenzaci také nelze podle Lehnerta et al. (2010) chápat jako možnost nekonečného zvyšování výkonnosti. Ta je ovlivněna adaptačním stropem, který představuje individuální, geneticky podmíněnou hranici adaptace.

### *2.1.9 Patologická únava*

Pro dosahování vysoké sportovní výkonnosti je nezbytné, aby bylo tréninkové zatížení sportovců optimálně dávkováno. Stanovení optimální kombinace objemu, intenzity, doby trvání a frekvence zatížení je přitom pro trenéry i složité. Při neustálém překračování tréninkové kapacity organismu, kdy stresové podněty jsou příliš intenzivní, přicházejí příliš často a nejsou doprovázeny adekvátní regenerací, se může únava kumulovat a měnit svůj fyziologic-

ký charakter na patologický. Jedním ze základních symptomů progresivně narůstající únavy je pokles sportovně specifické výkonnosti, která je doprovázena typickými psychosomatickými, psychologickými, fyziologickými a patofyziologickými symptomy (Stejskal, 2002).

V česky psané literatuře se v souvislosti s patologickou únavou vyskytují termíny přetížení, přepětí a přetrénování (Dovalil et al., 2012; Kučera et al., 1999; Lehnert et al., 2014; Máček, & Radvanský, 2011; Stejskal, 2002). V anglicky psané literatuře se používají nejčastěji termíny overreaching (přetížení) a overtraining (přetrénování), v souvislosti s přetížením ještě functional a non-functional overreaching (funkční a nefunkční přetížení). Dále se aktuálně používají také termíny overtraining syndrome (syndrom přetrénování) a unexplained underperformance syndrome (nevysvětlitelný pokles výkonnosti) (Budgett et al., 2000; Kreher & Schwartz, 2012; Plews et al., 2012).

### *Krátkodobé přetížení*

Krátkodobé (funkční) přetížení je běžnou součástí tréninkového procesu, zejména u vrcholových sportovců v přípravném období (Halsen & Jeukendrup, 2004). Funkční přetížení je definováno jako záměrné a progresivní zvyšování tréninkového zatížení, s cílem vyvolat růst výkonnosti sportovce (Thiel et al., 2011) nebo zvýšit či prodloužit proces superkompenzace (Hackney, Dobridge, & Wilson, 2000).

Přepětí (nefunkční přetížení) se objevuje při opakovaném vystavení organismu vysoce intenzivnímu zatížení bez přiměřeného zotavení a je charakterizováno poklesem výkonnosti trvajícím řádově dny až týdny (Meeusen et al., 2013). Vznik přepětí bývá přisuzován nedostatečnému metabolickému zotavení a s ním souvisejícímu poklesu koncentrace makroergních fosfátů ve svalu (Kuipers & Keizer, 1998). Projevuje se často enormním vyčerpáním, obvykle provázeným narušením normální funkce kardiovaskulárního systému, dále se mohou celková slabost, bolest hlavy, pocity apatie, později nervozitou a podrážděním (Dovalil et al., 2012). Matos, Winsley a Williams (2011) zjistili, že až 30 % mladých sportovců na vrcholové úrovni má zkušenost s přetížením tohoto typu a riziko vzniku je významně vyšší u individuálních sportů a u žen.

### *Syndrom přetrénování*

Syndrom přetrénování vzniká v důsledku dlouhodobé nadměrné zátěže a nedostatečné regenerace u sportovce a má negativní dopad na jeho výkonnost. Nově se v souvislosti s přetrénováním používá termín syndrom nevysvětlitelného poklesu výkonnosti (Budgett et



al., 2000; Máček & Radvanský, 2011), jenž zahrnuje i jiné možné vyvolávající příčiny než nepřiměřené zvyšování intenzity nebo délky zatížení. Podobně definují syndrom přetrénování jako proces maladaptace na tréninkové i mimotréninkové podněty Roose et al. (2009) a také podle toho rozlišují dva přístupy k výzkumu v této oblasti. Přístup zdůrazňující jedinou hlavní příčinu syndromu přetrénování nebo multifaktoriální přístup. Syndrom přetrénování se vyznačuje řadou fyziologických a psychických příznaků (zvýšená klidová SF, zpomalený návrat SF ke klidovým hodnotám, zvýšená tělesná teplota, zažívací obtíže, poruchy spánku, podrážděnost, únava) (Kreher & Schwartz, 2012). Tyto příznaky mohou přetrvávat i po dvoutýdenním odpočinku a incidence u mladých elitních sportovců se odhaduje na 20–30 % (Winsley & Matos, 2011). Mechanismus vzniku tohoto syndromu není stále zcela zřejmý, diskutuje se především cytokinová hypotéza, která předpokládá zvýšenou sekreci některých cytokinů v průběhu zátěže a v zotavení s obrazem chronického celotělového zánětu (Robson, 2003). Léčba je obvykle zdlouhavá, vyžaduje klidový režim v řádu několika týdnů až měsíců.

Roose et al. (2009) uvádějí, že nejčastěji se syndrom přetrénování dělí na dva základní typy:

- sympatický typ přetrénování nebývá identifikován příliš často, protože je objevuje v počáteční fázi syndromu přetrénování. Vyskytuje se nejčastěji v silových a rychlostních sportech s převládajícím anaerobním krytím energie, případně u mladých sportovců absolvujících tréninkové jednotky s vysokým objemem a intenzitou zatížení (Kuipers, 1998). Dochází při něm k přesunu aktivity ANS na stranu sympatiku, což následně způsobuje dysbalanci v aktivitě obou větví. Lehmann, Foster, Dickhuth a Gastmann (1998) ale oponují, že sympatický typ syndromu přetrénování může být spíše vyvolán psycho-emočními stresory.

Stejskal (2002) uvádí, že po jisté době dojde k obratu od počáteční hyperaktivity sympatiku k postupnému vyhasínání celkové autonomní regulace se současnou sympatickou hypoaktivitou a následným přechodem do vagového typu syndromu přetrénování.

- vagový typ syndromu přetrénování je výsledkem setrvalého vystavování organismu sportovce vysoce intenzivnímu zatížení bez dostatečné kompenzace kvalitní regenerací. Prohlubuje se nerovnováha mezi subsystemy ANS, kde převládá reziduální aktivita vagu (Kuipers, 1998). Podle Achten a Jeukendrup (2003) je výskyt syndromu přetrénování vagového typu častěji zaznamenáván u disciplín vytrvalostního charakteru.

Syndrom přetrénování má velké množství symptomů. V současnosti se jejich počet odhaduje kolem devadesáti (Máček & Radvanský, 2011). Vzhledem k vysokému počtu i intra-individuální rozdílnosti v projevech jednotlivých symptomů přetrénování u sportovců je zpočátku velmi obtížné určit přesnou diagnózu a tedy i strategii následné léčby. Pro trenéry i sportovce je proto prvním z alarmujících symptomů syndromu přetrénování snížená specifická tréninková i závodní výkonnost (Roose et al., 2009).

#### *2.1.10 Periodizace tréninkového procesu*

Dávkování a manipulace se zatížením se liší v jednotlivých fázích tréninkového cyklu, čímž dochází k periodizaci tréninkového procesu. Periodizace tréninkového procesu je uspořádání po sobě jdoucích tréninkových cyklů, jejichž obsah, velikost tréninkového zatížení a opakování se podílejí na zvyšování trénovanosti a tvorbě optimální sportovní formy (Lehnert, Novosad, & Neuls, 2001). Bompa (1999) považuje periodizaci tréninkového procesu za jeden z nejdůležitějších konceptů v tréninku a plánování. Gamble (2006) uvádí, že periodizace poskytuje rámec pro plánování a systematické obměňování tréninkových parametrů s cílem optimalizace tréninkových adaptací specifických pro jednotlivé sporty. Podle Turnera (2011) je důležitým znakem periodizace její postup od obecných úkolů ke specifickým.

Tréninkový cyklus Perič a Dovalil (2010) popisují jako více či méně podobné tréninkové celky řešící jeden či více tréninkových úkolů. Zatsiorsky a Kraemer (2006) k tomu dodávají, že počet těchto tréninkových úkolů by neměl být víc než tři.

#### *Tradiční členění tréninkových cyklů*

Kritériem pro rozlišení tréninkových cyklů je jejich délka a v tradičním členění (Dovalil et al., 2012; Harre et al., 1973; Lehnert et al., 2001; Perič & Dovalil, 2010, Plisk & Stone, 2003) se dělí na makrocyklus, mezocyklus a mikrocyklus. V současné literatuře se také stále častěji hovoří o tréninkových blocích (Issurin, 2010; Koprivica, 2012). Za základní stavební prvek periodizace sportovního tréninku potom Lehnert et al. (2010) považují tréninkovou jednotku.

#### ***Makrocyklus***

Makrocyklus je tréninkový celek, který se skládá z několika mezocyklů. Většina autorů (Dovalil et al., 2012; Gamble, 2013; Harre et al., 1973; Matvejev, 1981; Turner, 2011; Vavák,

2011) považuje makrocycklus za roční tréninkový cyklus (ale může být také dvou nebo čtyřletý v případě přípravy na olympijské hry), jehož délka trvání kopíruje roční periodu a vychází z poznatků o dynamice sportovní výkonnosti. U vyspělých sportovců je jeho hlavním cílem dosáhnout maximálních sportovních výkonů ve vrcholných soutěžích. Roční tréninkový cyklus se obvykle dělí na přípravné, předzávodní, hlavní (závodní) a přechodné období (Neumann, Pfützner, & Hottenrott, 2005), přičemž pro Periče a Dovalila (2010) makrocycklus představuje tato jednotlivá období. Specifika volejbalu zohledňuje Vavák (2011), který rozlišuje jednoroční jednovrcholový a jednoroční vícevrcholový systém sportovní přípravy.

- *Přípravné období*

Lehnert et al. (2014) uvádějí, že cílem přípravného období je zvýšení trénovanosti a zatížitelnosti sportovce a obsahem tohoto období jsou cvičení nesespecifická (především v počátku období) i specifická. Toto období je charakterizováno vysokým tréninkovým objemem a nižší intenzitou (Hoffman, 2002), přičemž kondiční zatížení zde má prioritu před zatížením herním (Vavák, 2011). Někteří autoři (Gamble, 2013; Hoffman, 2001; Turner, 2011) rozdělují přípravné období na nesespecifické a specifické, Vavák (2011) rozlišuje přípravné období 1 a 2.

- *Předzávodní období*

Předzávodní období má podle Dovalila et al. (2012) a Lehnerta et al. (2014) za cíl dosáhnout a vyladit sportovní formu a je charakterizováno snížením objemu a zvýšením intenzity tréninkového zatížení (Hoffman, 2002). Vavák (2011) upozorňuje, že kondiční příprava je v tomto období stále velmi důležitá.

- *Závodní období*

V závodním období se zhodnocuje příprava v přípravném a předzávodním období a trénink je zaměřen na udržení a opakované vyladění sportovní formy (Bompa, 1999; Dovalil et al., 2012; Lehnert et al., 2014). Tradiční model periodizace odpovídá individuálním sportům s dvěma až třemi vrcholy během závodního období (Gamble, 2006) i skutečnosti, že vrcholnou výkonnost může sportovec udržet po dobu 2 – 3 týdnů (Turner, 2011). Závodní období pro hráče sportovních her může být ale rozšířeno až na 35 týdnů s častými soutěžními utkáními (Gamble, 2006; Turner, 2011) a tomu musí odpovídat specifická periodizace (Gamble,

2013). Vavák (2011) v tomto období rozlišuje tři typy herního období a mezipřípravné herní období.

- *Přechodné období*

Přechodné období slouží především pro regeneraci a zotavení a je charakteristické nespecifickým tréninkovým zatížením (Lehnert et al., 2014). V případě sportovních her je ale přechodné období často využíváno pro zdokonalení herních dovedností hráčů a na vrcholové úrovni pro akce reprezentačních družstev (Vavák, 2011).

### ***Mezocyklus***

Mezocyklus se skládá z určitého počtu mikrocyklů a jednotlivé mezocykly mohou mít nestejnou délku (řádově v týdnech, nejčastěji 3-4) a zaměření (Dovalil et al., 2012; Gamble, 2013; Lehnert et al., 2001; Neumann, Pfützer, & Hottenrott, 2005). Lehnert et al. (2001) popisují cíl mezocyklu jako vyvolání a udržení specifických morfologických a funkčních adaptací organismu a regulaci zatížení vyvolaného jednotlivými mikrocykly.

### ***Mikrocyklus***

Mikrocyklus je relativně krátký, nejčastěji týdenní až dvoutýdenní, cyklus sestavený z několika tréninkových jednotek (Dovalil et al., 2012; Gamble, 2013; Kelly & Coutts, 2007; Neumann, Pfützer, & Hottenrott, 2005) s cílem vyvolání dílčí adaptační odezvy, která díky optimálně dávkovanému zatížení vyvolá kumulativní tréninkový efekt. Bompa (1999, 166) považuje mikrocyklus za „nejdůležitější funkční nástroj plánování, protože jeho struktura a obsah určují kvalitu tréninkového procesu.“ Různí autoři používají odlišnou klasifikaci mikrocyklů podle jejich zaměření. Bompa (1999) používá dělení mikrocyklů na rozvíjející, „šokový“, regenerační a soutěžní, Viru (1994) na rozvíjející, aplikovaný, soutěžní a regenerační, Perič a Dovalil (2010) používají dělení na všeobecně rozvíjející, speciálně rozvíjející, kontrolní, vyladovací, soutěžní, stabilizační a regenerační, Dovalil et al. (2012) k tomu ještě přidávají úvodní mikrocyklus. Po delším přerušení tréninkové činnosti může být zařazen mikrocyklus úvodní s nižším zatížením a cílem prevence zranění a kumulace únavy. Specifickým typem soutěžních mikrocyklů jsou ve sportovních hrách „mezizápasové“ mikrocykly v soutěžním období, během nichž jsou objem a intenzita tréninkového zatížení závislé na mnoha faktorech, jako je kvalita nadcházejícího soupeře, počet tréninkových dní mezi utkáními nebo časová náročnost na cestování k utkáním na hřišti soupeře (Kelly & Coutts, 2007).

### *Tréninkové bloky*

Podle mnoha autorů (Issurin, 2010; Koprivica, 2012; Lehnert et al., 2010) se v současnosti jeví tradiční model periodizace jako nevyhovující, protože vrcholové výkony vyžadují specifické fyziologické, morfologické a psychologické adaptace, které často nejsou kompatibilní a při současném zaměření na rozvoj více motorických schopností dochází k redukci tréninkového efektu. Další argument proti tradičnímu modelu periodizace je nemožnost udržet vrcholnou výkonnost po delší dobu, přičemž tendencí v současném vrcholovém sportu, zejména ve sportovních hrách, je výrazné prodloužení „soutěžního“ období na 20-35 týdnů (Gamble, 2006; Issurin, 2010; Turner, 2011). Požadavek na opakovanou kvalitní přípravu a vícenásobné opakované vyladění vedl k opuštění tradičního schématu. Pro pružnější a efektivnější řízení tréninkového procesu vrcholových sportovců se používají tréninkové bloky, definované jako „tréninkové cykly vysoce koncentrovaného, specifického úsilí“ (Issurin, 2010, 198). Tyto bloky (obvykle v délce 1-3 mikrocyclů) představují velký tréninkový objem s minimálním množstvím cílů a v souvislosti s tímto termínem se objevil i nový metodologický přístup, bloková periodizace. Za hlavní teoretická východiska blokové periodizace jsou považovány koncept kumulativního tréninkového efektu, který vyjadřuje změny fyziologické a motorické úrovně jako výsledek dlouhodobé přípravy sportovce, a koncept reziduálního tréninkového efektu, který můžeme charakterizovat jako zachování změn vyvolaných systematickým zatěžováním po určitou dobu po ukončení tréninku (Issurin, 2010). V tréninkové praxi se uplatňují 4 základní typy bloků (mezocyclů) – akumulací, intenzifikační, transformační a realizační. Existují ale autoři (Kiely, 2010), kteří tuto teorii zpochybňují.

Specifický koncept periodizace, vytvořený zejména s ohledem na kondiční přípravu družstev ve sportovních hrách a především ve volejbalu, prezentuje Vavák (2001). Základ zde tvoří tři systémy určené pro družstva s odlišnými soutěžními cíli. Jednoroční jednovrcholový systém je určen pro družstva aspirující v sezoně na nejvyšší cíle a používá dělení ročního makrocyclu na jednotlivé části, které jsou charakteristické svou zaměřeností a dostatkem času na splnění úkolů při respektování zásad dlouhodobé sportovní přípravy. U družstev, která musí neustále obhajovat své místo v soutěži a snaží se o optimální sportovní výkon v každém utkání, nachází uplatnění jednoroční vícevrcholový systém. Zde probíhá kondiční příprava družstva v plné součinnosti s herním tréninkem a musí brát ohled na pravidelná utkání. Mezo-

cykly se speciálním zaměřením jsou určeny pro situace, kdy se družstvo připravuje na vrcholnou sportovní akci a nemá dostatek času na plnohodnotnou a postupnou přípravu.

### *2.1.11 Individualizace ve sportovním tréninku*

V současném sportovním tréninku je individualizace považována za jedno ze stěžejních témat. Individualizace je jednou z hlavních podmínek všestranného rozvoje osobnosti sportovce a využití jeho potenciálu. Podle zásady individualizace musí zvyšování zatížení, tréninková variabilita, stavba a obsah jednotlivých cyklů v průběhu sportovní přípravy postupně stále citlivěji respektovat individualitu sportovce. Současně je nutné stanovovat individuálně specifické cíle, zdokonalovat a využívat silné stránky sportovců a eliminovat jejich slabiny (Bompa, 1999; Martens, 2013). Podle Bompy (1999) individualizace vyjadřuje myšlenku, že trenéři musí přistupovat ke každému sportovci jednotlivě podle jeho schopností, potenciálu, úrovně motorické docility, specifík daného sportovního odvětví a v neposlední řadě podle úrovně trénovanosti a věku. V souvislosti s rozdílnou úrovní tolerance hráče na zatížení je třeba zohlednit nejen biologický, resp. chronologický věk, ale i věk tréninkový (počet let, které jedinec věnoval systematické přípravě na podávání sportovního výkonu). Proto je individualizace považována (Lyle, 2002) za základní součást každého modelu tréninkového procesu jako nástroj, který by měl přizpůsobit tréninkový proces potřebám a kvalitám sportovce. Mezi základní předpoklady rozpoznání jedinečnosti individua a aplikace individuálního přístupu při řízení sportovního tréninku se řadí poznatky z různých oblastí vědy (psychologie, anatomie, fyziologie, biomechanika, atd.), což výrazně zvyšuje nároky na vzdělání, zkušenost a schopnost koordinace trenéra (Lehnert, Psotta, Janura, Zemková, Malý, et al., 2012).

Mnoho autorů popisuje tréninkový proces bez respektování principu individualizace jako neefektivní (Bompa, 1999; Bon, 2009; Bril, 2001; Lyle, 2002). Pro trenéry ve sportovních hrách je totiž velmi náročné kompenzovat nedostatky sportovce uplatněním adekvátní taktiky (Bril, 2001). Rushall (1990) tvrdí, že individualizace je myšlenkou diskutovanou v mnoha pracích, ale ve skutečnosti trpí nedostatkem výzkumného zájmu a je třeba se na něj přeorientovat. Navzdory tomu, že trenéři tento fakt znají, tréninková filosofie je často omezoována sportovně specifickými faktory (úroveň dovedností, materiální podmínky) (Ellis & Cross, 2008). Ve sportovních hrách je princip individualizace značně ovlivněn nutností přítomnosti týmové dynamiky, což znamená, že je pro individualizaci méně času.

Muresan a Buldus (2013) popisují individualizaci tréninkového procesu ve volejbalu jako nezbytnost nejen pro optimální sportovní výkonnost, ale i pro ochranu zdraví hráčů. Pro

volejbal platí, že z hlediska pohybového režimu i způsobu provedení herních činností jsou na hráče v jednotlivých hráčských specializacích kladeny specifické nároky (Lidor & Ziv, 2010; Marques et al., 2009; Sheppard, Gabbett, & Reeberg Stanganelli, 2009). Tyto specifické nároky je vhodné individualizovat podle úrovně trénovatelnosti (adaptability na trénink) jednotlivých hráčů a hráček, která souvisí, mimo jiné, také s aktivitou ANS.

## **2.2 Autonomní nervový systém**

ANS řídí funkce vnitřních orgánů a ve vztahu k tělesnému zatížení je koordinuje s činností kosterního svalstva. I když je jeho aktivita do značné míry samostatná (autonomní), v určitých situacích podléhá vlivu vyšších oddělení centrálního nervového systému v kůře mozkové (Ganong, 2005; Hamár & Lipková, 2001). ANS dynamicky reaguje na podněty exogenního a endogenního charakteru s cílem udržet homeostatickou rovnováhu a bazální funkce organismu (Opavský, 2004; Trojan et al., 2003).

ANS ovlivňuje zejména činnost srdce, hladkou svalovinu vnitřních orgánů, cévního systému a žláz (Čihák, 2004; Rokyta et al., 2000). Podobně jako v somatickém nervovém systému je podstatou organizace autonomního nervového systému reflexní okruh a se somatickým nervstvem také ANS úzce spolupracuje. Oba systémy se ale vzájemně liší ve stavbě a funkci. Vegetativní nervová vlákna jsou tenčí, vegetativní eferentní dráhy jsou dvouneuronové, vegetativní reflexy mají delší reflexní dobu i účinek a činnost vegetativního nervstva nelze ovládat vůlí. Vzájemná integrace obou systémů je realizována na úrovni páteřní míchy, v oblasti prodloužené míchy a zejména v hypotalamu a jeho spojích s mozkovou kůrou a talamem (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 2003).

ANS je tvořen centrální a periferní částí. Centrální částí (mícha, prodloužená mícha, mezimozek, mozková kůra) představují pro vegetativní funkci různé regulační úrovně. Periferní část tvoří senzorká nervová vlákna, která přivádějí informace z vnitřního prostředí a orgánů a dráhy směřující k efektorům (Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 2003).

### *2.2.1 Periferní část ANS*

Periferní částí ANS tvoří pregangliové a postgangliové neurony. Každý pregangliový axon (většinou myelinizovaný) se rozděluje na 8-9 neuronů, což znamená, že autonomní informace je rozptýlená, difúzní. Axony postgangliových neuronů (většinou nemyelinizované) končí na viscerálních efektoech (Ganong, 2005). Přenos na těchto spojeních je zprostředko-

ván chemicky a hlavními mediátory tohoto přenosu jsou acetylcholin a noradrenalin (na přenosu se podílejí také dopamin a GnRH). Podle těchto chemicky uvolňovaných mediátorů dělí autoři (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 2003) ANS na cholinergní a adrenergní část. Mediátorem cholinergních neuronů je acetylcholin a patří sem všechna pregangliová zakončení, postgangliová zakončení parasympatiku, postgangliové neurony anatomicky náležející k sympatiku inervující potní žlázy a sympatická vazodilatační vlákna cév kosterálních svalů. Ostatní postgangliová zakončení neuronů sympatiku jsou adrenergní a jejich mediátorem je noradrenalin.

Anatomicky dělí Ganong (2005) ANS na oddíl sympatický, parasympatický a střevní (enterický) nervový systém, který může být modulován vlivy sympatiku i parasympatiku. Podle výstupů eferentních neuronů z hrudní a bederní míchy je sympatikus nazýván také jako torakolumbální systém, parasympatikus (vlákna vycházejí z jader mozkového kmene a z křížové míchy) jako systém kraniosakrální (Trojan et al., 2003).

„Většina vnitřních orgánů je inervován oběma druhy vláken, sympatikem i parasympatikem. Jejich účinek může být souhlasný (např. sekrece slin) nebo protichůdný (např. srdeční činnost). Často o konečném účinku sympatiku nebo parasympatiku rozhoduje okamžitý funkční stav efektorů“ (Trojan et al., 2003, 652). Obecně lze říci, že parasympatická (cholinergní) větev má vztah k vegetativní složce každodenního života (např. povzbuzuje trávení a vstřebávání potravy zvýšením aktivity střev a žaludeční sekrece, převládá ve spánku a při zotavování) a bývá také nazývána anabolickým nervovým systémem. Sympatická (noradrenergní) větev je uváděna v činnost v krizových situacích (při svalové práci, vystavení chladu, při stresu nebo nemoci) a její podráždění se projevuje zvýšením srdeční a dechové frekvence, krevního tlaku, vazokonstrikcí kožních cév a přeladěním z anabolismu do katabolismu. Aktivace sympatiku také snižuje prahové hodnoty v retikulární formaci (stav pohotovosti) a zvyšuje hodnotu glykémie a volných mastných kyselin pro zajištění dostatku energie (Čihák, 2004; Ganong, 2005; Trojan et al., 2003).

### 2.2.2 *Centrální části ANS*

Trojan et al. (2003) a Rokyta et al. (2000) se shodují, že činnost sympatiku a parasympatiku je koordinována centrální částí ANS, která zahrnuje míchu, retikulární formaci mozkového kmene, mezimozek a mozkovou kůru.

Mícha zajišťuje vegetativní reflexy a interakci mezi vegetativní a somatickou aferencí a eferencí. V retikulární formaci mozkového kmene je řízeno dýchání, činnost srdce a cév



(vitální centra) a je zde koordinována souhra motility a sekrece trávicího systému a termoregulace. Hypotalamus je rozhodujícím článkem homeostázy a podílí se na řízení termoregulace, příjmu potravy a vody, pohlavní aktivity a složitých forem chování. Přijímá podněty ze specifických aferentních drah a z retikulární formace i z limbického systému (alokortexu) i z neokortexu, což umožňuje vysoký stupeň integrace somatických a vegetativních funkcí i komplexní změny vegetativních funkcí při různých emocích. Vliv mozkové kůry se uskutečňuje vrozenými a získanými formami asociačních funkcí. Alokortex představuje nejmladší integrační oblast autonomních a somatických funkcí a neokortex hierarchicky nejvyšší řídicí oblast autonomních výkonných funkcí CNS (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 2003).

Předkládaná práce se zabývá ANS na základě změn srdeční frekvence (variability) a proto se budeme dále věnovat pouze vlivu ANS na činnost srdce.

## **2.3 Srdeční frekvence**

### *2.3.1 Srdeční automacie*

Srdce je vybaveno schopností vlastní automacie ve formě spontánní rytmické tvorby vzruchů (Trojan et al., 2003). Za ni je fyziologicky odpovědný sinoatriální (SA) uzel, v němž je za normálních podmínek spontánní diastolická depolarizace buněk P (pacemakerové buňky) nejrychlejší a nejrychleji se z něj rozšíří na ostatní oblasti. SA uzel je přirozený udavatel rytmu, tzv. přirozený srdeční pacemaker a frekvence jeho vzruchů určuje frekvenci srdečních stahů, za tělesného klidu asi 70krát za min (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000). Za určitých okolností může být srdeční vzruch iniciován i atrioventrikulárním (AV) uzlem nebo jinými, latentními pacemakery. Jejich spontánní diastolická depolarizace je ale pomalejší než v SA uzlu a proto je pomalejší i frekvence tvorby vzruchů. Srdeční rytmus, který vychází ze sinoatriálního uzlu, se nazývá sinusový, rytmus generovaný z AV uzlu se nazývá nodální a převezme-li funkci pacemakeru některá oblast komor, mluvíme o idioventrikulárním rytmu (Ganong, 2005; Trojan et al., 2003).

### *2.3.2 Regulační mechanismy srdeční činnosti*

Regulační mechanismy řízení srdeční činnosti ovládané zevnitř srdce nazývá Trojan et al. (2003) intrakardiální regulací, zevní regulaci potom extrakardiální. Rozhodující roli při regulaci srdeční frekvence má autonomní nervový systém, ale na regulaci srdeční činnosti se

podílí také humorální a celulární mechanismy (Hainsworth, 1998; Trojan et al., 2003) Jednotlivé regulační mechanismy ovlivňují četnost tvorby podnětů v SA uzlu – srdeční frekvenci (chronotropie), sílu srdeční kontrakce (inotropie), rychlost šíření vzruchu v převodním systému srdce (dromotropie) a vzrušivost myokardu (bathmotropie) (Ganong, 2005; Trojan et al., 2003).

### *Nervová regulace srdce*

ANS reguluje činnost srdce prostřednictvím aktivity sympatiku a vagu. SA uzel, který je za normálních podmínek za srdeční frekvenci odpovědný, je pod stálým tonickým vlivem vegetativního nervového systému (Trojan et al., 2003).

Parasympatické nervy přicházejí k srdci v případě pravostranného vagu do pravé síně a koncentrují se v SA uzlu s účinky převážně negativně chronotropními (zpomalení srdeční frekvence), v případě levostranného vagu vedou hlavně k AV uzlu s účinkem negativně dromotropním (zpomalení síňokomorového převodu). Zakončení sympatických nervů jsou rozložena rovnoměrně mezi síně a komory, přičemž pravý sympatikus inervuje především síně s převážně pozitivně chronotropním efektem (zrychlení srdeční frekvence), levý sympatikus inervuje hlavně komory s pozitivně inotropním účinkem (zvýšení síly srdeční kontrakce). Znamená to, že síně jsou pod vlivem parasympatiku i sympatiku, zatímco komory jsou pouze pod vlivem sympatiku (Ganong, 2005; Trojan et al., 2003). Parasympatická inervace působí obecně na jednotlivé kvality srdeční činnosti negativně, sympatická naopak pozitivně.

Za klidových podmínek mají na chronotropních změnách vyšší podíl změny v aktivitě vagu, který ovlivňuje rychlé výchyly srdeční frekvence v rozsahu 20-30 tepů.min<sup>-1</sup> (Rokyta et al., 2000). Hamár a Lipková (2001) uvádějí, že při regulaci srdeční frekvence se zpočátku uplatňuje především ústup vlivu vagové aktivity a přibližně od hodnoty 130 tepů.min<sup>-1</sup> se SF zvyšuje téměř výlučně v důsledku stimulace sympatické větve. Latence vagové stimulace se podle Levy, Martin a Iano (in Hainsworth, 1995) pohybuje kolem 400 ms a na poklesu SF se tak vagová stimulace projeví již během prvních dvou srdečních stahů. Odeznění účinku vagu je pomalejší, na zvýšení SF se projeví do pěti sekund. Latence sympatické stimulace je až pět sekund, kdy dochází k prudkému nárůstu SF s jejím relativním ustálením po 20 až 30 sekundách (Hainsworth, 1995). Ganong (2005) uvádí, že při blokaci vagových nervů se zvýší SF z normální klidové hodnoty 70 tepů.min<sup>-1</sup> na 150-180 tepů.min<sup>-1</sup>, protože sympatický tonus není blokován. V případě blokace obou větví ANS je SF asi 100 tepů.min<sup>-1</sup>, tedy vyšší než by byla při plné funkci vegetativního nervstva (Trojan et al., 2003).

## *Reflexní řízení srdeční frekvence a vliv respirace*

Hodnota SF může být ovlivněna také reflexní aktivitou receptorů, zejména baroreceptorů, chemoreceptorů a mechanoreceptorů (Ganong, 2005; Rokyta et al, 2000; Trojan et al., 2003).

Baroreceptory jsou receptory ve stěnách srdce a cév, které reagují na změny v napětí. Jsou umístěny v karotickém sinu, v aortálním oblouku, ve stěnách síní a levé komory a v plicní cirkulaci. Baroreceptory na arteriální straně cirkulace, jejich aferentní vlákna k vazomotorické a kardioinhibiční oblasti a eferentní odpovědi vytvářejí mechanismus zajišťující stabilizaci krevního tlaku a srdeční frekvence. Pokles systémového arteriálního tlaku vede k poklesu inhibiční vzruchové aktivity, což se projeví kompenzačním vzestupem krevního tlaku a srdečního výdeje. Naopak při vzestupu arteriálního tlaku dochází ke stimulaci vagové inervace srdce vyvolávající vazodilataci, venodilataci, bradykardii a pokles srdečního výdeje (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000).

Srdeční buňky také obsahují specifické muskarinové a  $\beta$ -adrenergní receptory, které reagují přímo s katecholaminy (adrenalinem a noradrenalinem) a acetylcholinem. Stimulace katecholaminy vyvolává stejnou odpověď jako aktivita sympatiku, stimulace muskarinových receptorů acetylcholinem vyvolává v myokardu reakci analogickou té, ke které dochází při ovlivnění aktivitou vagu. Pozitivně inotropní i chronotropní účinek má také glukagon, pozitivně inotropně dále působí prostaglandin  $E_2$  a inzulin. Naopak progesteron působí negativně inotropně i chronotropně (Ganong, 2005; Trojan et al., 2003).

Srdce má také autoregulační řídicí mechanismus založený na celulární úrovni, který je dán vztahem mezi délkou srdečního svalu a vyvinutou tenzí. Tato závislost velikosti tepového objemu komory na její diastolické náplni se nazývá Frankův-Starlingův zákon a spočívá ve schopnosti kompenzovat zvýšené plnění komory v diastole zvýšením vypuzeného objemu v systole (Ganong, 2005; Rokyta et al., 2000; Trojan et al., 2003).

Klidová srdeční frekvence pravidelně kolísá také v závislosti na fázi dechového cyklu. Zrychlení SF během nádechu a její zpomalení během výdechu se nazývá respirační sinusová arytmie a je podle Rokyty et al. (2000) projevem autonomní rytmické modulace respiračního centra. Podle Trojana et al. (2003) je za ni odpovědné kromě stimulace inflačních mechanoreceptorů v plicích během inspiria také Bainbridgeův reflex (vyvolán napnutím pravé síně), vyvolaný poklesem nitrohruďního tlaku během inspiria.

## 2.4 Variabilita srdeční frekvence

Srdeční frekvence není zcela konstantní ani za klidových podmínek. Délka po sobě následujících srdečních cyklů (intervalů R-R nebo také N-N – normal-to-normal) kolísá v časových periodách a tuto oscilaci vyjadřuje variabilita srdeční frekvence (Heart Rate Variability – HRV) (Lagos, Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, Bates, & Pandina, 2008; Stejskal & Salinger, 1996). HRV je výsledkem interakce sympatiku a parasympatiku, které moduluji aktivitu sinoatriálního uzlu (Malliani, Pagani, Lombardi, & Cerutti, 1991; Stejskal & Salinger, 1996; Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004).

O významu HRV se v literatuře poprvé objevuje zmínka už v sedmdesátých letech předminulého století v práci autorů Hon a Lee, kteří zjistili, že určitému nebezpečí poškození plodu předcházely změny v HRV dříve, než tomu bylo u SF (Stejskal & Salinger, 1996; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology [Task Force], 1996). Posuzování HRV se využívá převážně v medicínských oborech (kardiologie, diabetologie), i když své uplatnění začíná nacházet také ve sportu (Aubert, Seps, & Becker, 2003; Borresen & Lambert, 2008; De Meersman, 1993; Pichon, De Rouland, Denjean, & Papelier, 2004; Puig et al., 1993; Stejskal, 2002; Vilikus et al., 2004).

Pro hodnocení a interpretaci HRV se používá velké množství metod. Analýza R-R intervalů ukazuje, že nepodléhají jen jednoduchému sinusovému kolísání, ale uplatňuje se současně kolísání s různou frekvencí (délka periody) a s různou amplitudou (rychlost kolísání) (Vilikus et al., 2004). K posouzení HRV se využívá počítačového zpracování digitalizovaného elektrokardiografického (EKG) signálu, který umožňuje velmi přesnou časovou kvantifikaci R–R intervalů (Salinger et al., 1998). Na EKG záznamu rozlišujeme vlnu P, způsobenou depolarizací předsíní, následuje komplex QRS, který je projevem počátku depolarizace komor a vlna T, která odpovídá repolarizaci komor a postupnému návratu ke klidovému polarizovanému stavu membrán svalových buněk (Rokyta et al, 2000). Kautzner a Malik (1998) rozeznávají tři základní skupiny hodnocení HRV: jednoduché postupy (např. Valsalvův manévr) a metody časové („time domain“) a frekvenční („frequency domain“) analýzy. Task Force (1996) k tomu ještě přidává metodu geometrického zpracování HRV, existuje také metoda fraktální analýzy HRV. Záznamy EKG, ze kterých se HRV analyzuje a následně zpracovává, bývají v délce od několika minut do 24 hodin v případě Holterova záznamu (Aubert et al., 2003).

#### 2.4.1 *Metody časové analýzy*

Metody časové analýzy HRV jsou založeny na monitorování změn délek R-R intervalů [ms] v kontinuálním EKG záznamu v přesně vymezeném časovém úseku (Aubert et al., 2003; Kleiger, Stein, Bosner, & Rottman, 1995).

Tyto metody využívají pro hodnocení HRV dvou skupin parametrů vznikajících odlišným algoritmem zpracování R-R intervalů (Kleiger, Stein, Bosner, & Rottman, 1995; Task Force, 1996). První skupina parametrů vychází z komparace délek R-R intervalů z měřeného úseku a patří sem průměrná SF daného úseku, směrodatná odchylka R-R intervalu (SDRR) celého měřeného úseku a další. Parametry z druhé skupiny mají základ ve vyhodnocení rozdílů mezi sousedními intervaly a patří sem například parametry rMSSD [ms] vyjadřující druhou mocninu rozdílu sousedních R-R intervalů nebo NN50 [%], který vyjadřuje procento sousedních R-R intervalů lišících se od sebe o více než 50 ms z celého záznamu (Aubert et al., 2003; Task Force, 1996).

Hlavním limitem metod časové analýzy je nedostatečná schopnost rozlišení aktivit jednotlivých autonomních větví (sympatiku a parasympatiku) (Aubert et al., 2003). Podle Cowena (1995) časová analýza postihuje pouze míru balance aktivity obou větví ANS, Eckberg (2000) ale dodává, že většina fluktuací R-R intervalů je řízena aktivitou vagové větve ANS.

#### 2.4.2 *Geometrické metody HRV*

Další možností posouzení R-R intervalů je použití geometrických metod zaměřených na korekci chyb v R-R intervalech u dlouhodobých záznamů (Malik & Camm, 1995). Metody vycházejí z histogramu četnosti R-R intervalů a patří sem například Lorenzovy nebo Poincaréovy mapy, které mapují délku trvání každého R-R intervalu ve vztahu k délce intervalu bezprostředně předcházejícímu. Praktické využití geometrických metod je ale výrazně limitované a v literatuře ne příliš často používané (Aubert et al., 2003).

#### 2.4.3 *Frekvenční (spektrální) analýza HRV*

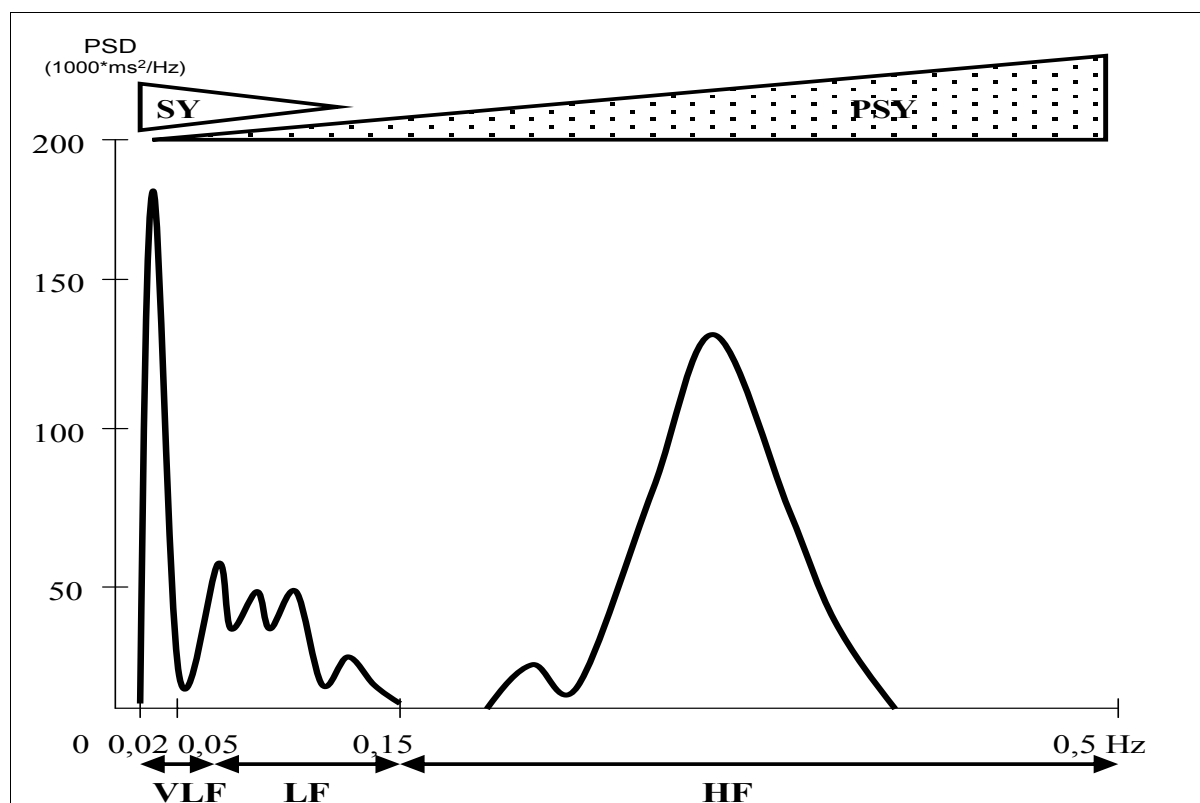
Spektrální analýza (SA) HRV je neinvazivní metoda hodnocení HRV umožňující kvantifikovat aktivitu ANS (Stejskal & Salinger, 1996). Salinger a Gwozdziwicz (2008) uvádějí, že SA HRV umožňuje na rozdíl od metod časové analýzy získat více informací o funkcích ANS a jeho subsystémech sympatiku a parasympatiku. Neumožňuje sice přímé posouzení aktivity sympatiku, přesto je ji možné nepřímo určit z vybraných poměrů mezi jednotlivými

spektrálními komponentami, které představují sympatovagovou bilanci (Yin, Levanon, & Chen, 2004).

Každý variabilní fenomén, jako například krevní tlak nebo tepová frekvence, může být popisován jako suma elementárních zpětnovazebních oscilačních komponent, definovaných frekvencí (frekvence oscilací) a amplitudou (intenzita oscilací). Transformací časových údajů o rozdílech mezi po sobě jdoucími intervaly R-R do frekvenčních hodnot získáme výkonové spektrum obsahující frekvenčně specifické oscilace, které jsou registrované jako fyziologický rytmus neurokardiálního řízení (Stejskal & Salinger, 1996). Poloha specifických oscilací, které udávají periodicitu HRV, společně s amplitudou frekvenčního spektra HRV umožňují charakterizovat amplitudovou úroveň komponent, reprezentujících projevy sympatiku a parasympatiku, i jejich vzájemně se měnící poměr závisující na aktuálních podmínkách (Salinger et al., 1998).

Srdeční stahy sinusového podnětu (vzniklé depolarizací SA uzlu) jsou jedinými akceptovatelnými vstupními daty pro vyhodnocení HRV. Všechny artefakty a ventrikulární a supraventrikulární extrasystoly musí být ze záznamu odstraněny, protože čím více artefaktů nebo ektoskopických stahů záznam obsahuje, tím je analýza méně spolehlivou (Stejskal & Salinger, 1996). Využití SA HRV je dále limitováno nemožností registrovat neharmonické (fraktální) složky spektra, které se na HRV také podílejí (Salinger et al., 1998).

Výpočet polohy a denzity spektra se provádí nejčastěji pomocí dvou metod, parametrické autoregresivní (AR) modelace a neparametrické rychlé Fourierovy transformace (Fast Fourier Transformation – FFT), přičemž obě metody poskytují srovnatelné výsledky (Aubert et al., 2003; Salinger et al., 1998; Task Force, 1996). Parametrická AR modelace funguje na principu porovnání aktuální hodnoty vstupní časové řady s hodnotami téže časové řady periodicky zpožděné. Modifikovaná FFT rozkládá vstupní časovou řadu na součet sinusových funkcí o různé frekvenci a amplitudě. Převodem intervalů R-R (ms) získáme výkonové spektrum v rozsahu 0,02-0,5 Hz. Analýza krátkodobého záznamu (minimálně 5 minut a alespoň 300 tepů) umožní identifikovat tři hlavní spektrální komponenty (Obrázek 1), charakterizované hodnotou hustoty spektrálního výkonu (PSD - power spectral density) nebo spektrálním výkonem (P-Power) a frekvenčním pásmem na frekvenční ose (Salinger et al., 1998): VLF (very low frequency) – velmi nízká frekvence v rozsahu 0,02-0,05 Hz; LF (low frequency) – nízká frekvence v rozsahu 0,05-0,15 Hz a HF (high frequency) – vysoká frekvence v rozsahu 0,15-0,5 Hz.



*Vysvětlivky:* SY – sympatikus, PSY – parasympatikus, VLF – velmi nízká frekvence, LF – nízká frekvence, HF – vysoká frekvence

Obrázek 1. Distribuce spektrálních výkonů HRV krátkodobého záznamu SA HRV

Při analýze dlouhodobého záznamu (24 hodin) lze hodnotit i komponentu ULF (ultra low frequency) – ultra nízká frekvence v rozsahu 0,003-0,02 Hz (Task Force, 1996).

Z literatury zabývající se hodnocením SA HRV je zřejmé, že i přes snahy o sjednocení a ustanovení mezinárodně platných standardů rozsahu frekvenčních pásem jednotlivých spektrálních komponent (Task Force, 1996) nadále panuje u různých autorů nejednotnost v jejich používání.

#### *Interpretace komponent SA HRV*

Základním vypočítaným parametrem SA HRV je hodnota denzity spektrálního výkonu (Salinger et al., 1998), z něhož jsou následně odvozovány další parametry. Hodnoty výkonů (integrální plocha pod křivkou) jednotlivých spektrálních komponent ( $P_{VLF}$ ,  $P_{LF}$ ,  $P_{HF}$ ) jsou udávány v absolutních jednotkách ( $ms^2$ ), stejně tak i jejich součet – celkový spektrální výkon ( $P_T$ ). Vyšší výpovědní hodnotu mají ale ve vztahu k ANS relativní ukazatele (Rimoldi et al., 1992), ať už se jedná o procentuální vyjádření z celkového výkonu (%VLF, %LF, %HF) nebo o poměry výkonů mezi jednotlivými komponentami (VLF/LF, VLF/HF a LF/HF). Hayano et

al. (1991) navrhli pro korekci negativního vlivu zvýšené hodnoty srdeční frekvence na HRV použití koeficientu variace (CCV) příslušné komponenty ( $CCV_{VLF}$ ,  $CCV_{LF}$ ,  $CCV_{HF}$ ).

Komponenty VLF, LF a HF jsou považovány za hlavní spektrální komponenty SA HRV. Většina autorů spojuje výkon komponent HF s eferentní parasympatickou aktivitou, tj. s respiračně vázanými oscilacemi HRV (Aubert et al., 2003; Chen et al., 2011; Hayano et al., 1991; Malik & Camm, 1995; Stejskal & Salinger, 1996; Sztajzel, Jung, Sievert, & De Luna, 2008), proto bývá komponenta HF nazývaná „respirační vlnou“ (Stejskal & Salinger, 1996). Přestože je komponenta HF ovlivněna výhradně aktivitou vagu, Tzeng, Larsen a Galletly (2007) uvádějí, že tato komponenta není potlačena ani vagotomií, což ukazuje na komplexní vztah s muskarinovými receptory. Kromě dechové frekvence má vliv na tuto komponentu také dechový objem (Brown, Beightol, Koh, & Eckberg, 1993). Zvýšená frekvence dýchání redukuje výkon této komponenty, naopak její zpomalení a zvýšený dechový objem zapříčiní nárůst velikosti HF. Při poklesu dechové frekvence pod devět dechů.min<sup>-1</sup> klesá frekvence HF pod 0,15 Hz a posouvá se do pásma LF (Žujová, Stejskal, Jakubec, Gaul-Aláčová, & Salinger, 2004) a proto by podle Opavského (2002) měla být dechová frekvence během vyšetření 12-15 dech. min<sup>-1</sup>.

Názory na ovlivnění výkonu komponenty LF jsou značně nejednotné. Zatímco někteří autoři považují tuto komponentu za ukazatele aktivity sympatiku (Kamath & Fallen, 1993; Pagani et al., 1984), další autoři se domnívají, že je tato oblast pod vlivem obou větví ANS (Aubert et al., 2003; Pichot, Roche, Gaspoz, Enjolraz, Antoniadis, Minini et al., 2000; Stejskal et al., 2001) spolu s dalšími regulačními mechanismy, jako je baroreflexní sympatická aktivita (Casadei, Cochrane, Johnston, Conway, & Sleight, 1995; Eckberg, 1997; Goldstein, Benthó, Park, & Sharabi, 2011). Berger et al. (in Stejskal & Salinger, 1996) uvádí, že zatímco aktivita vagu moduluje sinoatriální rytmus v rozsahu 0-1 Hz, aktivita sympatiku pouze v oblasti 0-0,15 Hz. V literatuře nacházíme také rozdílný efekt  $\beta$ -androgenních antagonistů na výkon LF. Jokkel, Bonyhay a Kollai (1995) popisují téměř zdvojnásobení hodnoty LF jako reakci na úplnou blokádu  $\beta$ -adrenergických receptorů propanololem, zatímco Chiladakis, Georgiopoulou a Alexopoulos (2004) zaznamenali pouze mírný vzestup a Taylor, Carr, Myers a Eckberg (1998) žádný rozdíl oproti výchozímu stavu v hodnotách LF po léčbě atenololem.

Práci zabývající se analýzou komponenty VLF najdeme v literatuře velmi málo. Důvodem této absence je nejasný původ modulátorů a problematické fyziologické interpretace pásma VLF (Bilgin, Colak, Polat, & Koklukaya, 2010; Botek, Krejčí, Neuls, & Novotný, 2013). Komponenta VLF je pravděpodobně tvořena hlavně z neharmonických složek signálu,



kteří nejsou koherentní a jsou ovlivněny algoritmem metody (Aubert et al., 2003; Task Force, 1996).

#### 2.4.4 Faktory ovlivňující HRV

HRV je velmi senzitivním ukazatelem změn v aktivitě ANS a řada studií poukazuje na množství podnětů, které HRV ovlivňují (Berkoff, Cairns, Sanchez, & Moorman, 2007; Tulppo, Makikallio, Seppanen, Laukkanen, & Huikuri, 1998; Zhong et al., 2005). Vzhledem k rozsáhlosti této problematiky se budeme v této kapitole zabývat pouze těmi faktory, které mají bližší souvislost s tématem předkládané práce.

Úzký vztah existuje mezi HRV a srdeční frekvencí, kdy při zvýšení SF klesá HRV. Fyziologické důvody poklesu HRV při zvýšení SF jsou zapříčiněny poklesem vagové aktivity a případným zvýšením sympatické aktivity (Kautzner & Malik, 1998). Přestože respirace výrazně ovlivňuje HRV, absence standardizovaných modelů frekvence dýchání ztěžuje z tohoto pohledu interpretaci dat HRV. V různých studiích autoři akceptují rozpětí dechové frekvence 6 – 15 dechů.min<sup>-1</sup> (Strano et al., 1998; Suetake, Morita, Suzuki, Lee, & Kobayashi, 2010; Van Ravenswaaij-Arts, Kolee, Hopman, Stoeliga, & Van Geijn, 1993).

Na změnách v aktivitě ANS se dále významně podílí věk a pohlaví. Vztahem věku a pohlaví a HRV se zabývá mnoho autorů (Berkoff, Cairns, Sanchez, & Moorman, 2007; Jong-Bae, 2006; Kuo, et al., 1999; Reardon & Malik, 1996; Singh Yadav & Saini, 2012; Šlachta et al., 2002; Tulppo, Makikallio, Seppanen, Laukkanen, & Huikuri, 1998; Vallejo, Márquez, Borja-Aburto, Cárdenas, & Hermosilo, 2004) a obecným závěrem těchto studií je, že se zvyšujícím se věkem dochází k redukci HRV, přičemž s přibývajícím věkem se redukuje převážně výkon v oblasti dominantně ovlivňované vagou. Zmíněné studie také potvrzují, že muži vykazují vyšší hodnoty u většiny sledovaných parametrů HRV (kromě P<sub>HF</sub>) ve srovnání s ženami, což Aubert, Seps a Beckers (2003) zdůvodňují jako možný ochranný vliv proti kardiovaskulárním onemocněním.

Ve vztahu k pohlavním odlišnostem je třeba zmínit také vliv fází menstruačního cyklu na autonomní regulaci srdce. Většina autorů (Saeki, Atogami, Takahashi, et al., 1997; Sato, Miyake, Akatsu, et al., 1995) se shoduje, že menstruační cyklus modifikuje HRV.

Během dne se aktivita HRV mění také vlivem cirkadiálního rytmu (Bilan et al., 2005; Carrington, Walsh, Stambas, Kleiman, & Trinder, 2003). Tyto změny se projevují zvýšením celkového spektrálního výkonu a zejména komponenty HF (Fallen & Kamath, 1995). Ko-

lísání HRV u mužů během roční periody, s nejnižšími hodnotami v zimě a nejvyššími v létě, popisují Kristal-Boneh et al. (2000).

Dalším faktorem, který modifikuje HRV je kvalita spánku a spánkový deficit. Vliv spánkové deprivace vyvolává zvýšení aktivity sympatiku a redukcí komponenty HF (Takasea, Akimaa, & Satomurab, 2004; Zhong et al., 2005). Mikulski et al. (2013) zjistili, že spánkový deficit spolu s tělesným zatížením během 30hodinového adventure závodu měli signifikantní vliv na zvýšení SF a redukcí parametrů časové domény HRV.

Teplota vzduchu je dalším faktorem, který ovlivňuje HRV. Po tréninkovém zatížení v absolvovaném v horku dochází také k redukcí aktivity vagu a ke zvýšení aktivity sympatiku, přičemž kombinace tréninkového zatížení a vysokých teplot vzduchu má za následek ještě výraznější snížení vagové aktivity (Brenner, Thomas, & Shephard, 1998; Flouris et al., 2014; Leicht et al., 2009).

HRV je také významně modifikována alkoholem. Požití alkoholu způsobuje snížení HRV (Ryan & Howes, 2002), výrazné snížení aktivity vagu (Reed, Porges, & Newlin, 1999) a zvýšení spektrálního výkonu v oblasti od 0,02 do 0,06 Hz (Gonzalez, L. Mendez, N. Mendez, & Cordero, 1992).

Změny v aktivitě ANS mohou být také způsobeny mentálním stresem, který je spojován s poklesem aktivity parasympatiku a posunem sympatovagové balance směrem k sympatiku (Lacko et al., 2003; Tealman et al., 2008). Bernston a Cacioppo (2003) zjistili, že během stresové situace dochází se stoupající aktivitou sympatiku k nárůstu komponenty LF, poklesu komponenty HF a zvýšení poměru LF/HF. D'Ascenzi et al. (2014) zkoumali na 12 hráčcích volejbalu, zda ovlivňuje předzápasový stres HRV. Nejistli signifikantní rozdíly v hodnotách  $P_T$ , ale rostlo procentuálně zastoupení VLF směrem k důležitým utkáním. U komponenty HF zaznamenali pokles den před utkáním a v den utkání v porovnání se vstupními hodnotami. Komponenta LF/HF se během měření výrazně neměnila. K podobným výsledkům dospěli i McDuff, Gontarek a Picrad (2014), kteří tvrdí, že vlivem mentálního stresu klesá komponenta HF.

#### 2.4.5 Vliv zatížení na HRV

Během zatížení dochází ke zvýšení aktivity kardiovaskulárního systému jako odpovědi organismu na zajištění energetických nároků pracujících svalů. Tato zvýšená aktivita se projevuje zvýšením SF nebo redistribucí krve a stěžejní úlohu při zabezpečení optimální činnosti

kardiovaskulárního systému v průběhu zatížení má ANS (Brooks et al., 2000; Eckberg & Fritsh, 1991).

Zvýšení srdeční frekvence, systolického objemu a kontraktility myokardu vyvolané tělesnou zátěží je způsobeno sníženou aktivitou vagu, s následným postupným zvýšením sympatické aktivity při vyšší intenzitě zatížení (Kamath & Fallen, 1993; Shepard, 1987; Stejskal et al., 2001). Velikost těchto změn aktivity ANS je zásadně ovlivněna především intenzitou zatížení (Perini et al., 1990). Zvýšená SF však není vyvolána pouze změnami v autonomní aktivitě, ale podílí se na ní i zvýšení hladiny cirkulujících katecholaminů (Kamath & Fallen, 1993) a baroreflexní regulace (La Rovere, Mortara, Pinna, & Bernardi, 1995).

Na začátku zatížení se zvyšuje SF díky redukcí vagové aktivity, ta je následně doplněna zvýšením aktivity sympatiku Perini, Fisher, Veicestainas, & Pendergast, 2002). Jistá názorová nejednotnost ale panuje v otázce hraniční intenzity zatížení, kdy se na růstu SF začíná podílet narůstající sympatická aktivita. Perini et al. (1989) uvádějí, že ke zvýšení sympatické aktivity během zatížení dochází od intenzity 30 %  $\text{VO}_2$  max z důvodu korelace rostoucí SF s hladinou noradrenalinu, Achten a Jeukendrup (2003) považují za tuto hranici intenzitu zatížení 50 – 60 %  $\text{VO}_2$ max. Rowell (1993) zjistil, že ke zvýšení aktivity sympatiku dochází od SF 100  $\text{te} \cdot \text{p} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Změny v autonomní aktivitě způsobené dynamickou prací se projevují signifikantním snížením HRV. Zatížení redukuje celkový spektrální výkon (Arai et al., 1989) a podílí se i na změnách výkonu jednotlivých komponent (Stejskal et al., 2001). Pokles  $P_T$  je z největší části zapříčiněn redukcí výkonu v oblasti HF, způsobený útlumem vagové aktivity (Cottin, Pape-lier, & Escourrou, 1999). Stejskal et al (2001) dále popisují, že v závislosti na intenzitě zatížení hodnoty některých ukazatelů HRV klesají ( $P_T$ ,  $P_{VLF}$ ,  $P_{LF}$ ,  $P_{HF}$  a %HF), hodnoty jiných ukazatelů naopak stoupají (%VLF, VLF/LF, VLF/HF) a tyto změny spektrálního výkonu jednotlivých komponent jsou tím větší, čím vyšší je intenzita zatížení. Při vysoké intenzitě zatížení může dokonce dojít k poklesu  $P_T$  až k nulovým hodnotám (Stejskal et al., 2001).

Stejskal et al. (2001) se ve shodě s Eckbergem (1997) a Polanczykem et al. (1998) také domnívají, že dvojici parametrů  $P_{LF}$  a %LF není možné použít jako komplexního indexu aktivity sympatiku za klidových podmínek ani během zatížení a také poměr LF/HF není některými autory považovaný za ukazatel sympatické aktivity během zatížení (Arai et al., 1989; Jakubec, 2005; Stejskal et al., 2001).

#### 2.4.6 Vliv ortostázy na HRV

Pasivní nebo aktivní postavení vyvolá zvýšené nároky především na kardiovaskulární systém v důsledku zhoršení podmínek žilního návratu pro plnění srdce v diastole. Odpověď organismu na aktuální podmínky je uskutečněna prostřednictvím společného zvýšení aktivity baroreceptorů a sympatiku (Hayashi, Nakanuta, & Maraoka, 1992) a paralelním snížením eferentní vagové stimulace (Kamath & Fallen, 1993), které společně přispívá k normalizaci venózního návratu. Zmíněná kooperace mezi aktivitou baroreceptorů a ANS se logicky projeví ve změnách jak relativních, tak i absolutních výkonů jednotlivých spektrálních komponent ( $P_{VLF}$ ,  $P_{LF}$  a  $P_{HF}$ ).

Furlan et al. (2000) uvádějí, že během posturálního manévru dochází vlivem zvýšené aktivity sympatiku k nárůstu výkonu v oblasti komponenty LF a snížení výkonu v oblasti HF jako výrazu snížené aktivity vagu. Za zvýšením relativního výkonu komponenty LF stojí podle Stejskala a Salinger (1996) zvýšená aktivita baroreceptorů. Podle Simpson a Wicks (1988) v průběhu stáří dochází k poklesu aktivity baroreceptorů, což se během ortostázy projevuje nižší HRV v oblasti modulované právě baroreceptory. Během stoje dále dochází k poklesu  $P_T$ , snížení relativního výkonu v oblasti HF a tím zvýšení poměru LF/HF (Pagani et al., 1986). Jakubec (2005) popisuje další alternativní způsoby, které mohou vést ke zvýšení LF/HF. Mimo již zmiňovaný způsob je možno dosáhnout zvýšení LF/HF při ortostáze také cestou výrazného poklesu HF při zachování výkonu LF nebo konstantním výkonem HF a nárůstem v oblasti LF. Autor se domnívá, že poslední zmiňovaný způsob je pravděpodobný za situace, kdy je výrazně redukován výkon HF již v lehu, například u starších lidí, kdy při postavení již nemůže dojít k jeho dalšímu poklesu.

Při ortostáze dochází společně se změnou spektrálních výkonů také k frekvenčnímu posunu jejich maximálních amplitud ( $f$ ). Brychta et al. (1997) popisují při ortostáze pokles frekvence komponenty LF ( $f_{LF}$ ) a HF ( $f_{HF}$ ). Podobně uvádí i Jakubec (2005) pokles frekvence komponenty LF ( $f_{LF}$ ) a HF ( $f_{HF}$ ).

#### 2.4.7 Vliv tréninkového zatížení na HRV

Tréninkové podněty vyvolávají změny v HRV, přičemž Collier et al., 2009 uvádějí, že změny v aktivitě sympatiku a parasympatiku úzce souvisí s typem prováděné pohybové aktivity. Z přehledu literatury je zřejmé, že mnoho studií se zaměřuje především na reakci ANS na vytrvalostní zatížení (Atlaoui, Pichot, Lacoste, Barale, Lacour, & Chatard, 2007; Aubert,

Seps, & Beckers, 2003; Bouchard, & Rankinan, 2001; Buchheit et al., 2010; Hautala, Kiviniemi, & Tulppo, 2009; Hedelin, Wiklund, Bjerle, & Henriksson-Larsén, 2000; Kiviniemi, Hautala, Kinnunen, & Tulppo, 2007). Podle autorů je aktivita ANS, respektive aktivita vagu, pozitivně ovlivňována vytrvalostním tréninkem (De Meersman, 1993; Tulppo et al., 2003; Kiviniemi et al., 2006) a zvýšená aktivita vagu vlivem vytrvalostního tréninku zase souvisí se zvýšenou aerobní kapacitou. U elitních běžců na dlouhé tratě byl nalezen pozitivní vztah mezi hodnotou  $VO_2\text{max}$  a HRV (Kouidi, Haritonidis, Koutlianos, & Deligiannis, 2002). Yamamoto et al. (2001) uvádí, že šestitýdenní vytrvalostní trénink již v prvním týdnu vyvolal během zotavení zvýšení hodnoty ukazatele vagu, která se již následným tréninkem neměnila.

U vytrvalostně trénovaných jedinců jsou dále doloženy vyšší hodnoty HRV ve srovnání s jedinci netrénovanými nebo se sedavým způsobem života (Aubert et al., 2003; Macor, Fagard, & Amery, 1996; Shin, Minamitami, & Onishi, 1997) a dochází u nich také ke klidové bradykardii, snížení SF při submaximální zátěži a zvýšení objemu krve (Achten & Jeukendrup, 2003; Åstrand et al., 2003; Hamar & Lipková, 2001). Interindividuální rozdíly v odpovědi na stejné vytrvalostní zátěži pravděpodobně souvisí se základní úrovní aktivity ANS, zejména s úrovní vagové aktivity (Hautala, Kiviniemi, & Tulppo, 2009; Hedelin, Wiklund, Bjerle, & Henriksson-Larsén, 2000).

Vliv silového a anaerobního zátěže na změny v HRV je méně zřejmý. Chen et al. (2011) prokázali, že aktivita vagu korespondovala se změnou výkonnosti vzpěračů. Změny v aktivitě ANS jako výsledek tréninkového mikrocyklu se zvýšeným silovým zátěží zase zkoumali u 11 hráčů volejbalu Lehnert, Janura, Jakubec, Stejskal a Stelzer (2006) a zjištěné redukováné hodnoty SA HRV interpretovali tak, že zvýšené silové zátěže zvyšuje požadavky na regeneraci hráčů. Banzer, Burklein a Rhodius (2003) posuzovali funkční stav vrcholových tenistů během čtyřtýdenního předzávodního soustředění a jejich výsledky potvrzují vztah mezi neadekvátně vysokou intenzitou zátěže a sníženou HRV a naopak sníženou intenzitou zátěže do organismem tolerovaných hodnot a zvýšením HRV, které korespondovalo s lepší zdatností sportovců. Naopak Mazon et al. (2013) zkoumali u 32 hráčů volejbalu autonomní modulaci HRV před a po 12týdenním soutěžním období a nezjistili statisticky významnou změnu u žádného parametru spektrální analýzy HRV. Domnívají se, že je to z důvodu převažujícího anaerobního tréninkového zátěže vysoké intenzity. Tyto závěry korespondují s dalšími studiemi, jejichž výsledky neukázaly žádné změny v aktivitě ANS u sportovců s intenzivním anaerobním tréninkovým zátěží (Berkoff, Cairns, Sanchez, & Moorman, 2007; Vinet, Beck, Nottin, & Obert, 2005).

#### 2.4.8 Změny v HRV během zotavení

Délka zotavení jednotlivých parametrů HRV umožňuje podle některých autorů (Buchheit et al., 2007; Kaikkonen, Rusko, & Martinmäki, 2008) objektivní hodnocení tréninkového zatížení. Proto je v literatuře monitorována v rozmezí minut až několika desítek hodin od ukončení zatížení.

Po ukončení zatížení nízké a střední intenzity dochází k náhlému poklesu SF především z důvodu poklesu sympatického řízení srdce a narůstající aktivity vagu (Borresen & Lambert, 2008). Je také známo, že návrat hodnot SF na klidovou úroveň trvá asi jednu hodinu po zatížení lehké až střední intenzity (Terziotti, Schena, Gulli, & Cevese, 2001), čtyři hodiny po dlouhotrvajícím zatížení a až 24 hodin po zatížení maximální intenzity (Hautala A, Tulppo MP, Makikallio, 2001). Takový pozátěžový pokles SF může být odrazem nerovnováhy autonomní aktivity vyplývající z redukce vagu a výrazné aktivace sympatiku, přičemž u sportovců s vyšší vagovou aktivitou byl prokázán také rychlejší pokles SF (Du, Bai, & Oguri, 2005). Javorka et al. (2008) považují rychlost pozátěžového poklesu SF za ukazatel kardiální vagové reaktivity.

Mourot et al. (2004) zjistili, že jednorázovým zatížením rezultovalo ve zvýšenou hodnotu sympatiku do jedné hodiny od konce zatížení a do 24 hodin se hodnoty parametrů HRV vrátily na výchozí úroveň. K návratu těchto hodnot do výchozího stavu po zatížení vysoké intenzity přitom docházelo mnohem rychleji u dobře trénovaných osob. Hayashi, Nakamura a Muraoka (1992), kteří porovnávali rychlost návratu parametrů SA HRV na výchozí úroveň při různých intenzitách zatížení, zjistili, že po dynamické práci došlo během 10minutového zotavení k návratu hodnoty  $P_{HF}$  na předzátěžovou hladinu pouze v případě práce s nižší intenzitou zatížení.

Jakubec (2005) sledoval změny aktivity ANS jak běžnými ukazateli SA HRV, tak pomocí komplexních indexů (Stejskal et al., 2002) v průběhu 48hodinového zotavení po 60minutovém dynamickém zatížení na úrovni 75 % MTR. Autor zjistil odlišné doby návratu hodnot posuzovaných indexů, kdy komplexní index sympatovagové balance (SVB) se navracel na vstupní úroveň do 6. hodiny po ukončení zatížení, zatímco komplexní index vagové aktivity (VA) se navracel mezi 9. a 23. hodinou zotavení. Jakubec (2005) dále uvádí, že k návratu celkového spektrálního výkonu nad předzátěžovou úroveň došlo po 23 hodinách od ukončení zatížení, což připomíná proces superkompenzace.

### **3 CÍLE PRÁCE**

#### **Hlavní cíl**

Hlavním cílem práce je získat poznatky o změnách v aktivitě ANS umožňující individualizaci tréninkového zatížení hráček ve volejbalu využitím metody spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV).

#### **Dílčí cíle**

1. Vyhodnotit objem tréninkového zatížení hráček volejbalu v průběhu obou tréninkových mikrocyklů.
2. Posoudit změny v aktivitě ANS hráček volejbalu v průběhu tréninkových mikrocyklů bez zásahů do připraveného programu a s aktivním přizpůsobením tréninkového zatížení na základě aktivity ANS.
3. Zjistit vztahy mezi psychometrickými parametry a aktivitou ANS u hráček volejbalu.
4. Posoudit vliv tréninkového zatížení na změnu klidové SF monitorovanou ve stoji a v lehu.

Poznámky k dílčím cílům:

Psychometrické parametry jsou reprezentovány subjektivním vnímáním ranní únavy a Borgovou škálou.

#### **Výzkumné otázky**

1. K jakým změnám v aktivitě vagu dochází vlivem tréninkového zatížení hráček během tréninkového mikrocyklu I a tréninkového mikrocyklu II?
2. K jakým změnám ve vzájemném poměru sympatiku a vagu dochází vlivem tréninkového zatížení hráček během tréninkového mikrocyklu I a tréninkového mikrocyklu II?
3. K jakým změnám klidové SF hráček dochází během tréninkových mikrocyklů I a II při monitorování v pozicích v lehu a ve stoji?
4. Existuje u hráček volejbalu souvislost mezi psychometrickými parametry a aktivitou ANS během tréninkových mikrocyklů I a II?

Poznámky k výzkumným otázkám:

Aktivita ANS je reprezentována komplexními indexy CS, VA a SVB.

Mikrocyklus I představuje tréninkový mikrocyklus bez zásahů do připraveného programu a mikrocyklus II představuje tréninkový mikrocyklus s aktivním přizpůsobením tréninkového zatížení.

Psychometrické parametry jsou reprezentovány subjektivním vnímáním ranní únavy a Borgovou škálou.



## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika souboru

V rámci dvou úvodních mikrocyklů (tréninková soustředění na začátku přípravného období) bylo testováno 8 hráček družstva volejbalu žen SK UP Olomouc (průměrný věk  $21,3 \pm 1,3$  let, tělesná výška  $180,4 \pm 7,6$  cm, tělesná hmotnost  $74,1 \pm 11,1$  kg; specializace sledovaných hráček: tři smečářky, dvě blokařky, dvě nahrávačky a jedno libero) hrající nejvyšší celostátní soutěž. Průměrná délka sportovní kariéry hráček byla  $10,3 \pm 1,4$  let. Všechny probandky se výzkumu zúčastnily dobrovolně. Tabulka 1 shrnuje vybrané morfologické charakteristiky a Tabulka 2 fyziologické charakteristiky souboru.

Tabulka 1. Základní morfologické parametry hráček v letech 2008 a 2009

Hráčský post	Věk	Výška	Hmotnost	BMI	% tuku
	[roky] 2008	[cm] 2008	[kg] 2008 / 09	[kg.m <sup>-2</sup> ] 2008 / 09	2008 / 09
Smečářka 1	23,5	173	69,0 / 70,5	23,0 / 23,6	16,7 / 18,9
Smečářka 2	21,6	182	71,7 / 70,8	21,7 / 21,4	20,1 / 20,5
Smečářka 3	19,9	194	86,5 / 90,1	23,0 / 23,9	30,7 / 31,7
Blokařka 1	24,4	188	90,2 / 91,0	25,3 / 25,8	27,9 / 24,9
Blokařka 2	22,6	186	85,2 / 84,8	24,6 / 24,5	21,6 / 21,2
Nahrávačka 1	22,8	178	63,3 / 61,5	20,1 / 19,5	14,3 / 11,1
Nahrávačka 2	21,3	175	68,7 / 72,8	22,4 / 23,8	25,3 / 27,0
Libero	21,7	169	57,9 / 58,9	20,3 / 20,6	15,7 / 15,2
M	22,2	180,6	74,1 / 75,1	22,6 / 22,9	21,5 / 21,3
SD	1,3	7,9	11,1 / 11,5	1,8 / 2,1	5,6 / 6,1

*Vysvětlivky:* M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka; BMI – Body Mass Index

Tabulka 2. Základní fyziologické parametry hráček v letech 2008 a 2009

Hráčský post	VO <sub>2max</sub>	SF <sub>klid</sub>	SF <sub>max</sub>	W <sub>max</sub>	W <sub>max</sub> /kg	ANP
	[ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ] 2008 / 09	[SF.min <sup>-1</sup> ] 2008 / 09	[SF.min <sup>-1</sup> ] 2008 / 09	[W] 2008 / 09	[W.kg <sup>-1</sup> ] 2008 / 09	[SF.min <sup>-1</sup> ] 2008 / 09
Smečářka 1	44,9 / 41,8	62,4 / 61,1	194 / 192	378 / 349	5,4 / 5,0	180 / 180
Smečářka 2	40,3 / 41,2	72,3 / 73,1	193 / 192	291 / 343	3,8 / 5,0	185 / 180
Smečářka 3	37,1 / 31,9	67,6 / 68,5	190 / 194	339 / 321	4,2 / 3,6	172 / 175
Blokařka 1	34,2 / 34,0	64,4 / 60,6	192 / 189	378 / 439	4,0 / 4,8	175 / 171
Blokařka 2	42,6 / 42,2	53,9 / 54,5	197 / 194	462 / 462	5,4 / 5,4	185 / 183
Nahrávačka 1	46,7 / 43,7	68,8 / 60,1	200 / 198	377 / 372	6,0 / 6,1	185 / 185
Nahrávačka 2	38,9 / 40,5	66,0 / 67,8	202 / 197	287 / 349	4,2 / 4,8	190 / 187
Libero	44,7 / 43,9	57,9 / 53,4	189 / 192	279 / 316	4,7 / 5,4	180 / 179
M	41,2 / 39,9	64,2 / 62,4	194,6 / 192,9	348,9 / 368,9	4,7 / 5,1	181,5 / 180,0
SD	4,1 / 4,2	5,5 / 6,5	4,4 / 4,9	58,6 / 50,2	0,8 / 0,7	5,6 / 4,9

*Vysvětlivky:* M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka; VO<sub>2max</sub> – maximální spotřeba kyslíku; SF<sub>klid</sub> – klidová srdeční frekvence; SF<sub>max</sub> – maximální srdeční frekvence; W<sub>max</sub> – maximální výkon; ANP – anaerobní práh

## 4.2 Design studie

Posouzení efektivity individualizace tréninkového procesu hráček volejbalu v průběhu úvodního mikrocyklu přípravného období založené na hodnocení stavu ANS proběhlo na základě porovnání dvou tréninkových mikrocyklů, a to v odstupu jednoho roku. Pouze ve druhém tréninkovém mikrocyklu byla zařazena takto definovaná individualizace. K hodnocení stavu ANS byla využita metoda SA HRV. Pro lepší interpretaci dat SA HRV bylo sledováno subjektivní vnímání tréninkového zatížení (hodnoceno Borgovou škálou) a subjektivní vnímání ranní únavy (hodnoceno dle metodiky Botek (2007)).

## 4.3 Popis tréninkového zatížení

### 4.3.1 Popis tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu I

Hráčky absolvovaly v průběhu 6 tréninkových dní 26 tréninkových jednotek (TJ) s celkovým objemem zatížení 2020 min. Z celkového počtu 26 TJ bylo 11 TJ zaměřeno na volejbal (980 min), 12 TJ bylo kondičně zaměřených (885 min) a 3 TJ byly regeneračně zaměřené (155 min).

TJ se zaměřením na volejbal sestávaly ze dvou částí. Jednu část představovala průpravná hra 6x6 – celkem 6 TJ s celkovým objemem zatížení 630 min. Druhá část volejbalově orientovaných TJ sestávala z průpravných a herních cvičení – 350 min. Průpravná a herní cvičení byla zaměřena na správnou techniku provádění herních činností a použitá cvičení představovala střední intenzitu zatížení, tj. 60-79 % maximální srdeční frekvence (SFmax), (Háp & Lehnert, 1999).

Z kondičně orientovaných TJ bylo 5 TJ zaměřeno na rozvoj síly – izometrické posilování svalů trupu o objemu 225 min (2 pravidelně se střídající programy kruhového tréninku; 12-14 stanovišť; interval zatížení (IZ) stanoven na 30 s; interval odpočinku (IO) stanoven na 30 s). Posilování břišních svalů bylo součástí 3 TJ o celkovém objemu 45 min (vždy 3 cviky prioritně zacílené na přímý břišní sval; šikmé břišní svaly; spodní část přímého břišního svalu; 2-3 série; počet opakování (PO) zvoleno 8; 6 TJ kanoistiky (330 min); 3 TJ na rozvoj aerobní vytrvalosti – běh (210 min, z toho 2x intervaly 3x8 min na úrovni ANP), a do 3 TJ byla zařazena síla a rychlostní vytrvalost ve formě běhu do kopce (75 min, IZ 12 s, IO 3 min, PO 6, PS 3, intenzita maximální).

Během celého tréninkového mikrocyklu bylo slunečné, teplé počasí s denními teplotami v rozmezí 25 až 32 °C.

#### 4.3.2 *Popis tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu II*

Hráčky absolvovaly v průběhu 6 tréninkových dní mikrocyklu II 27 tréninkových jednotek s celkovým objemem zatížení 1875 min. Z celkového počtu 27 TJ bylo 11 TJ zaměřeno na volejbal (960min), 13 TJ bylo kondičně zaměřených (790 min) a 3 TJ byly regeneračně zaměřené (125 min).

Volejbalově orientované TJ byly rozděleny do dvou částí. Jednu část představovala průpravná hra 6x6 (nebo 4x4) – celkem 6 TJ s celkovým objemem zatížení 580 min. Druhá část volejbalově orientovaných TJ představovalo 5 TJ obsahujících průpravná a herní cvičení – 380 min. Stejně jako v případě předchozího analyzovaného mikrocyklu byla průpravná a herní cvičení zaměřena na správnou techniku provádění herních činností a představovala střední intenzitu zatížení (60-79 % SFmax), (Háp & Lehnert, 1999).

Kondičně orientované tréninkové jednotky byly zaměřené na rozvoj síly – izometrické posilování svalů trupu o objemu 190 min (2 pravidelně se střídající programy kruhového provozu, 12-14 stanovišť, IZ 30 s, IO 30 s), posilování břišních svalů bylo součástí 3 TJ o celkovém objemu 65 min (vždy 3 cviky prioritně zacílené na přímý břišní sval, šikmé břišní svaly, spodní část přímého břišního svalu, 2-3 série, PO 8), 6 TJ kanoistiky (245 min), 3 TJ na rozvoj aerobní vytrvalosti – běh (195 min; z toho 2x intervalová metoda 4x8 min na úrovni ANP), a síla a rychlostní vytrvalost ve formě běhu do kopce byly součástí 3 TJ (95 min; IZ 12 s, IO 3 min, PO 8, PS 3, intenzita střídavě maximální a submaximální).

Celý tréninkový mikrocyklus opět probíhal v teplém letním počasí s denními teplotami v rozmezí 26 až 31 °C.

#### 4.3.3 *Popis úpravy tréninkového zatížení během tréninkového mikrocyklu II*

Úprava tréninkového zatížení v průběhu TMII spočívala ve snížení intenzity běhu na 60 % MTR, což uvádí Neumann, Pfützer, a Hottenrott (2005) jako intenzitu zatížení odpovídající regeneračnímu tréninku. Dále byla snížena intenzita zatížení během volejbalově orientovaných tréninků omezením počtu výskoků (během průpravné hry 6x6 hrály pouze jako hráčky zadní řady). Před zahájením TMII bylo stanoveno, že případné úpravy tréninkového zatížení budou provedeny nejdříve po třech absolvovaných tréninkových dnech. Tento počet byl zvolen s přihlédnutím ke studii Brink, Visscher, Coutts a Lemmink (2010), kteří navrhuji provádět zásahy do tréninkového programu nejdříve po třech po sobě následujících měřeních. Toto omezení bylo důležité také z důvodu kompaktnosti tréninkového programu celého mikro-

cyklu. Za kritérium pro úpravu tréninkového zatížení byl zvolen věcně významný pokles hodnoty komplexního indexu CS.

#### 4.4 Metodika sběru dat

Všechny hráčky podstoupily den před zahájením jednotlivých částí výzkumu standardní lékařské vyšetření, antropometrické měření, vstupní vyšetření aktivity ANS metodou SA HRV a test do vita maxima. U žádné hráčky nebyly zjištěny zdravotní komplikace, které by bránily účasti ve výzkumu. Zátěžové testování bylo provedeno za účelem získání hodnot SFmax a hodnot VO<sub>2</sub>max. Hodnoty z těchto vyšetření jsou uvedeny v Tabulkách 1 a 2. Hráčky byly verbálně instruovány, aby se den před vstupními vyšetřeními vyhnuly jakékoliv náročnější fyzické i psychické aktivitě, konzumaci alkoholu a na vyšetření se dostavily nalačno. Při vstupní prohlídce byl všem hráčkám podrobně popsán design celého výzkumu a s účastí na výzkumu v plném rozsahu souhlasily. Poté následovaly série měření pro tuto práci. Hráčky byly poučeny o negativních vlivech (konzumace alkoholu, zvýšená psychická zátěž, káva) na výsledky měření. V případě aplikace jakýchkoliv léků je měly hráčky za povinnost ohlásit a zapsat do poznámek. Některé hráčky během výzkumu užívaly pravidelně hormonální antikoncepci. Vyšetření probíhala za relativně standardních podmínek (ranní měření ihned po probuzení, nalačno) a hráčky byly z technických důvodů rozděleny do dvou skupin.

##### *Test do vita maxima*

Pro získání SFmax a VO<sub>2</sub>max bylo použito běžeckého ergometru Runrace HC 1200 (Technogym, Itálie). Protokol maximálního zátěžového testu na běžeckém ergometru měl následující charakter: rozcvičení trvalo osm minut, první čtyři minuty rozcvičení běžely hráčky rychlostí 7 km.hod<sup>-1</sup>, v následujících čtyřech minutách se rychlost zvýšila na 9 km.h<sup>-1</sup>. Vlastní test kontinuálně navazoval na rozcvičení a byl zahájen při rychlosti 10 km.hod<sup>-1</sup>. Od druhé minuty vlastního testu docházelo k pravidelnému zvyšování sklonu na konci každé další minuty o 2,5 % až do odmítnutí. Během maximálního zátěžového testu byla hráčkám prováděna také analýza dechových plynů pomocí přístroje Oxycon Delta (Jäger, Německo).

##### *4.4.1 Časové a prostorové vymezení*

Do výzkumu byla zahrnuta data získaná z vyšetření v obdobích 1.8.-7. 8. 2008 a 31. 7.-6. 8. 2009. Vstupní vyšetření byla provedena v laboratořích FTK UP, další vyšetření probíha-

la v prostorách výcvikového střediska FTK UP Pastviny. Součástí každého vyšetření byl dotazník zahrnující otázky na míru náročnosti poslední tréninkové fáze (Borgova škála subjektivního vnímání úsilí) a subjektivního vnímání pocitu únavy (stupnice 0 až 3), která byla vytvořena pro účely našeho výzkumu. Hodnocení Borgovou škálou bylo hráčkami prováděno vždy po ukončení tréninkového dne, hodnocení pocitu únavy vždy ráno po vyšetření HRV. Během obou mikrocyklů se metody a použité techniky neměnily, vše probíhalo za standardních podmínek.

#### *4.4.2 Spektrální analýza variability srdeční frekvence*

Snímání a analýza HRV byly prováděny metodou SA z krátkodobého EKG záznamu v délce 300 tepů (minimálně 5 minut) pomocí diagnostického systému VarCor PF7 a software Var CorSport Multi (DIMEA Group, ČR), který snímá a vyhodnocuje SA HRV u 4 hráček současně.

#### *Diagnostický systém VarCorPF7*

Diagnostický systém VarCor PF7 (Příloha 1) umožňuje neinvazivní hodnocení aktivity ANS. Systém se skládá ze snímací jednotky, telemetrického vysílače a přijímacího modulu. Pro vyhodnocení aktivity ANS jsou využívány krátkodobé záznamy EKG, které jsou převedeny přes sériový port COM2 do přenosného počítače, který disponuje náležitým softwarem pro okamžité vyhodnocení. EKG signál je snímán pomocí elektrod uvnitř hrudního pásu, který je dále zpracován na rozhraní obsahující zesilovač, aktivní filtr a mikroprocesor pro digitalizaci odběru signálu (1 kHz). Poté je signál převeden do notebooku, který vyhodnocuje vyšetření, počítá R–R intervaly s přesností na 1 ms, filtruje artefakty a vytváří on-line grafický obraz parametrů výkonové spektrální denzity, EKG signálu a R–R intervalů (Salinger et al., 2004). Tato vyšetřovací metoda klade na probandy minimální požadavky a umožňuje vyšetření za různých podmínek (ortoklinostáza, během zátěže, atd.).

### *Proces měření a zpracování HRV*

HRV byla monitorována během standardizovaného ortoklinostatického manévru v polohách leh – stoj – leh, přičemž každá poloha vyžaduje načtení 300 R–R intervalů a 300 sekund. První leh slouží pouze ke standardizaci vstupních podmínek měření. Stoj reprezentuje ortostatickou stimulaci sympatiku, následující leh vyvolává klinostatickou stimulaci vagu. V každé poloze je načítán jeden krátkodobý úsek R–R intervalů a interpretována jsou data ze stoje a z druhého lehu.

Hodnocení variací R–R intervalů metodou SA HRV je často zkresleno výskytem artefaktů, mezi které je možné počítat také srdeční arytmie. Software diagnostického systému VarCor PF7 obsahuje procedury automatické i manuální filtrace artefaktů nebo srdečních arytmií a výpočet parametrů SA HRV. Standartní matematický logaritmus je použit pro interpolaci kubickým splinem, který je vzorkován vzorkovací frekvencí 4 Hz. Před závěrečnou spektrální analýzou R–R intervalů je provedeno odstranění trendu časové řady. Data jsou zpracována pomocí algoritmu krátkodobého záznamu trvajícího 5 min (300 tepů), za předpokladu, že srdeční frekvence probanda je 60 tepů.min<sup>-1</sup>. Při nižší SF nebo častějším výskytu artefaktů v záznamu se časový interval měření postupně zvyšuje (Salinger et al., 1998).

### *Algoritmus výpočtu základních parametrů SA HRV*

K orientačním výpočtům a zobrazení výsledků spektrální analýzy dochází již v průběhu vlastního měření. K detailnějším výpočtům společně s prostorovým zobrazením dynamiky aktivity ANS v průběhu měření (Příloha 2) dochází po skončení měření. Výpočet parametrů SA HRV je prováděn metodou rychlé Fourierovy transformace s částečně upraveným algoritmem CGSA (Course Graining Spectral Analysis) (Yamamoto & Hughson, 1991), který zajišťuje optimální potlačení neharmonických a šumových složek analyzovaného signálu HRV pomocí nízkofrekvenčního filtrování (Salinger et al., 1998). V předkládané práci byl sledován frekvenční rozsah od 20 do 500 mHz, který byl rozdělen do tří hlavních spektrálních komponent:

- 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 v rozsahu od 150 do 500 mHz.

Základním vypočítaným parametrem SA HRV pomocí FFT s částečně upraveným algoritmem CGSA (Course Graining Spectral Analysis) (Yamamoto & Hughson, 1991) je výkonová spektrální hustota – PSD (Power Spectral Density) jednotlivých spektrálních komponent  $PSD_{VLF}$ ,  $PSD_{LF}$  a  $PSD_{HF}$  [ $ms^2 \cdot Hz^{-1}$ ] (Salinger et al., 1998).

Výpočet výsledné PSD dle algoritmu CGSA spočívá ve výpočtu rozdílu výkonové spektrální hustoty  $S_{xx}$  datového souboru  $x(t)$  a absolutní hodnoty vzájemné výkonové spektrální denzity  $S_{xy}$  souborů  $x(t)$  a  $y(t)$  (Salinger et al., 1994), jak je uvedeno v rovnici:

$$PSD = S_{xx} - S_{xy} = F[x(t)] \cdot F^*[x(t)] - F[x(t)] \cdot F^*[y(t)].$$

$x(t)$  - soubor hodnot R–R intervalů analyzovaného úseku

$y(t)$  - pomocný soubor vytvořený zdvojením souboru  $x(t)$  pro výpočet dle algoritmu CGSA

$F[x(t)]$  - Fourierova transformace funkce  $x(t)$

$F^*[x(t)]$  - komplexně sdružená Fourierova transformace funkce  $x(t)$

$F^*[y(t)]$  - komplexně sdružená Fourierova transformace funkce  $y(t)$

Parametr PSD je výchozí pro výpočet dalších odvozených parametrů SA HRV. Ukazatele HRV mohou být rozdělené na běžně užívané, které jsou vypočteny z jednotlivých krátkodobých záznamů HRV, a na komplexní věkově standardizované indexy, jejichž výpočet se provádí ze záznamů HRV získaných ze stoje a druhého lehu zkoušky L-S-L (Salinger et al., 1998; Stejskal et al., 2002). V předkládané práci byly posuzovány pouze komplexní věkově standardizované indexy SA HRV a věkově závislý ukazatel  $P_T$ . Vzhledem k zachování přehlednosti a celistvosti použité metodiky v předkládané práci je uveden i přehled běžně užívaných parametrů SA HRV.

### *Běžně užívané parametry HRV*

HRV je hodnoceno prostřednictvím parametrů metod frekvenční domény, časové domény a komplexních věkově standardizovaných ukazatelů HRV.

Parametry užívané při hodnocení HRV metodou frekvenční domény:

- Spektrální výkon jednotlivých frekvenčních komponent ( $P_{VLF}$ ,  $P_{LF}$  a  $P_{HF}$ ),
- Celkový spektrální výkon  $P_T$ ,
- Poměry spektrálních výkonů jednotlivých frekvenčních pásem (VLF/HF, LF/HF a VLF/LF),
- Frekvence ( $f_{VLF}$ ,  $f_{LF}$  a  $f_{HF}$ ),

- Koeficienty variace  $CCV_{VLF}$ ,  $CCV_{LF}$  a  $CCV_{HF}$ ,
- Relativní spektrální výkon VLF, LF a HF.

Parametry užívané při hodnocení HRV metodou časové domény:

- R-R interval,
- MSSD (mean squared successive differencies).

Komplexní věkově standardizované ukazatele HRV:

- Komplexní index aktivity vagu VA,
- Komplexní index sympatovagové balance SVB,
- Komplexní index celkové skóre CS,
- Věkově standardizovaný celkový spektrální výkon  $P_T$ .

Popis parametrů užívaných při hodnocení HRV metodou frekvenční domény:

1. Spektrální výkon jednotlivých frekvenčních komponent ( $P_{VLF}$ ,  $P_{LF}$  a  $P_{HF}$ ) [ $ms^2$ ]
- parametr udává hodnotu spektrálního výkonu (integrální plocha pod křivkou) hlavních

$$P_{VLF} = \int_{0,01}^{0,05} PSD df$$

spektrálních komponent.

$$P_{LF} = \int_{0,05}^{0,15} PSD df$$

$$P_{HF} = \int_{0,15}^{0,5} PSD df$$

2. Celkový spektrální výkon  $P_T$  [ $ms^2$ ]

- parametr vyjadřuje sumu spektrálních výkonů všech tří frekvenčních komponent.

$$P_T = P_{VLF} + P_{LF} + P_{HF}$$

3. Poměry spektrálních výkonů jednotlivých frekvenčních pásem (VLF/HF, LF/HF a VLF/LF)

$$VLF/HF = \frac{P_{VLF}}{P_{HF}}$$

$$LF/HF = \frac{P_{LF}}{P_{HF}}$$



$$\text{VLF/LF} = \frac{P_{\text{VLF}}}{P_{\text{LF}}}$$

4. Frekvence ( $f_{\text{VLF}}$ ,  $f_{\text{LF}}$  a  $f_{\text{HF}}$ ) [mHz]

- představuje průměrnou hodnotu nejvyšších amplitud dané komponenty na frekvenční ose.

5. Koeficienty variace  $\text{CCV}_{\text{VLF}}$ ,  $\text{CCV}_{\text{LF}}$  a  $\text{CCV}_{\text{HF}}$  [%]

- udávají poměr spektrálních výkonů jednotlivých frekvenčních pásem k průměrné hodnotě R-R intervalů. Koeficienty variace (CCV) odstraňují negativní dopad zvýšení srdeční frekvence na HRV. Při stejném spektrálním výkonu vzestup srdeční frekvence hodnotu CCV zvyšuje, naopak její pokles ji snižuje (Hayano et al., 1991).

$$\text{CcvVLF} = \frac{\sqrt{P_{\text{VLF}}}}{R - R} \cdot 100$$

$$\text{CcvLF} = \frac{\sqrt{P_{\text{LF}}}}{R - R} \cdot 100$$

$$\text{CcvHF} = \frac{\sqrt{P_{\text{HF}}}}{R - R} \cdot 100$$

6. Relativní spektrální výkon VLF, LF a HF [%]

- vyjadřuje procentuální zastoupení dané komponenty na celkovém spektrálním výkonu.

$$\% \text{VLF} = \frac{P_{\text{VLF}}}{P_{\text{T}}} \cdot 100$$

$$\% \text{LF} = \frac{P_{\text{LF}}}{P_{\text{T}}} \cdot 100$$

$$\% \text{HF} = \frac{P_{\text{F}}}{P_{\text{T}}} \cdot 100$$

Popis parametrů užívaných při hodnocení HRV metodou časové domény:

1. R-R interval [s]

- vyjadřuje průměrnou hodnotu všech R-R intervalů (RRi) v měřeném úseku.

$$R - R = \frac{1}{n} \sum \text{RRi}$$

2. MSSD (mean squared successive differences) [ $\text{ms}^2$ ]

- vyjadřuje průměrnou hodnotu druhé mocniny rozdílu po sobě jdoucích R-R intervallů. Je považován za hlavní ukazatel variability srdeční frekvence.

$$\text{MSSD} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{RR}_i - \text{RR}_{i-1})^2$$

### *Popis komplexních věkově standardizovaných ukazatelů HRV*

Tvorba komplexních ukazatelů vychází ze snahy autorů (Stejskal et al., 2002; Šlachta, 1999) zjednodušit interpretaci výsledků HRV a současně přispět ke zvýšení senzitivity na malé změny v aktivitě ANS. Metoda je založená na sdružování věkově závislých ukazatelů SA HRV získaných během ortoklinostatického manévru do dvou komplexních ukazatelů - komplexního indexu vagové aktivity (VA) a komplexního indexu sympatovagové balance (SVB). Sloučením komplexních indexů VA a SVB je získán index celkového skóre (CS) SA HRV. Podle Stejskala (2002) můžeme hodnotu CS, která je vztažena ke kalendářnímu věku, nazvat také funkčním věkem ANS (FV). Výpočet FV vychází ze souhrnného hodnocení věkově závislých parametrů vyjádřeného hodnotou CS, z věkového rozložení referenčního souboru a z kalendářního věku probanda (Stejskal et al., 2002).

Věkově závislé ukazatele získané z druhého lehu a stoje ortoklonostatického manévru byly po přepočtu na referenční hodnoty sdruženy pomocí faktorové analýzy do pěti faktorů (F1–F5). Pro každý faktor byl zvolen na základě velikosti korelačního koeficientu daného ukazatele a kalendářního věku „reprezentant faktoru“ (Tabulka 3) – ukazatel s nejvyšší komunalitou (Stejskal et al., 2002).

Mimo tyto faktory stojí ukazatele %HF v lehu, R–R ve stoji a LF/HF ve stoji, které jsou na základě vývoje svého vztahu k věku považovány za nezávislé na věku.

Tabulka 3. Ukazatele se stejným průběhem závislosti na věku sdružené do faktorů

<b>Faktor</b>	<b>Reprezentant faktoru</b>	<b>Další zahrnuté parametry</b>
F1	L_CC <sub>V<sub>HF</sub></sub>	L_P <sub>T</sub> , L_P <sub>HF</sub> , L_MSSD
F2	S_CC <sub>V<sub>LF</sub></sub>	S_P <sub>T</sub> , S_P <sub>LF</sub>
F3	S_CC <sub>V<sub>HF</sub></sub>	S_P <sub>HF</sub> , S_%HF, S_MSSD
F4	L_LF/HF	L_%LF
F5	L_VLF/HF	L_%VLF, L_VLF/LF

*Vysvětlivky:* L – ukazatel získaný z druhého lehu zkoušky L-S-L; S – ukazatel získaný ve stoji zkoušky L-S-L (upraveno podle Stejskala et al., 2002 a Šlachty, 1999).

Podle průběhu závislosti ukazatele na věku byly věkově závislé parametry rozděleny do čtyř skupin (S1 – S4):

- S1 – v lehu, descendentní průběh (F1+%HF v lehu),
- S2 – po ortostatické stimulaci, descendentní průběh (F2+F3),
- S3 - v lehu, ascendentní průběh (F4+F5),
- S4 - po ortostatické stimulaci, ascendentní průběh (intervaly R–R ve stoji a LF/HF ve stoji) (Stejskal et al., 2002).

Sloučením ukazatelů S1 a S2 vznikl komplexní index vagové aktivity (VA), který v sobě sdružuje faktory a ukazatele, jejichž hodnota má klesající tendenci s rostoucím věkem a se zvyšující se intenzitou zatížení (F1, F2, F3 a %HF v lehu). Sloučením ukazatelů S3 a S4 vznikl komplexní index sympatovagové balance (SVB), který sdružuje faktory a ukazatele, jejichž hodnota se v závislosti na věku a na intenzitě zatížení zvyšuje (F4, F5, R–R ve stoji a LF/HF ve stoji) (Stejskal et al., 2002).

Těsnotnost statisticky významné závislosti jednotlivých faktorů nebo samostatných ukazatelů na věku se výrazně lišila. Z tohoto důvodu byla každému faktoru nebo samostatnému ukazateli na základě jeho korelace s věkem přiřazena váha od 0,05 do 1,00. Z Tabulky 4 je zřejmé, že největší váhu pro výpočet komplexního indexu VA má  $CCV_{HF}$  v lehu, pro výpočet komplexního indexu SVB je to  $VLF/HF$  v lehu (Stejskal et al., 2002).

Tabulka 4. Váha jednotlivých věkově závislých ukazatelů při jejich sdružování do komplexních indexů (VA a SVB)

<b>Ukazatel</b>	<b>Váha</b>
L_ $CCV_{HF}$	1,00
L_ $VLF/HF$	0,99
S_ $CCV_{HF}$	0,88
L_ %HF	0,77
S_ $CCV_{LF}$	0,76
L_ $LF/HF$	0,68
S_ R–R	0,60
S_ $LF/HF$	0,05

*Vysvětlivky:* L – ukazatel získaný ve druhém lehu zkoušky L-S-L; S – ukazatel získaný ve stoji zkoušky L-S-L (upraveno podle Stejskala et al., 2002 a Šlachty, 1999).

Podle Stejskala (2002) reprezentuje hodnota komplexního indexu VA průměrnou hodnotu ukazatelů S1 a S2 vynásobených jejich váhou. Vysoká hodnota komplexního indexu VA znamená vysokou vagovou aktivitu, což je hodnoceno pozitivně.

$$VA = \frac{L\_CCV_{HF} \cdot 1 + L\_ \%HF \cdot 0,77 + S\_CCV_{LF} \cdot 0,76 + S\_CCV_{HF} \cdot 0,88}{4}$$

Komplexní index SVB reprezentuje podle Stejskala (2002) průměrnou hodnotu ukazatelů S3 a S4 vynásobených jejich váhou. U výsledné hodnoty tohoto komplexního indexu je nutné změnit znaménko. Vysoká hodnota komplexního indexu SVB je hodnocena pozitivně, neboť představuje nízkou sympatovagovou rovnováhu – posun aktivity ANS směrem k vagové aktivitě (obrácená interpretace!).

$$SVB = \frac{L\_LF/HF \cdot 0,68 + L\_VLF/HF \cdot 0,99 + S\_RR \cdot 0,6 + S\_LF/HF \cdot 0,5}{4}$$

Komplexní index celkové skóre (CS), který představuje průměrnou hodnotu ukazatelů S1, S2, S3 a S4 vynásobených jejich váhou, vznikl sloučením komplexních indexů VA a SVB a sdružuje tak všechny věkově závislé ukazatele. Vysoká hodnota komplexního indexu CS znamená vysokou celkovou výkonnost ANS.

$$CS = \frac{L\_CCV_{HF} \cdot 1 + L\_ \%HF \cdot 0,77 + S\_CCV_{LF} \cdot 0,76 + S\_CCV_{HF} \cdot 0,88 + L\_LF/HF \cdot 0,68 + L\_VLF/HF \cdot 0,99 + S\_R - R \cdot 0,6 + S\_LF/HF \cdot 0,5}{8}$$

Vztažením hodnoty komplexního indexu CS ke kalendářnímu věku probanda vznikne tzv. funkční věk (FV) ANS (Stejskal et al., 2002), který představuje referenční hodnotu aktuálního stavu ANS a vyjadřuje se způsobem kalendářního věku.

Ukazatel  $P_T$  (Total power) je věkově standardizovaný celkový spektrální výkon.

Veškeré komplexní indexy jsou převedeny na body v rozsahu od -5 do +5. Pásmo fyziologických (normálních) hodnot komplexního indexu CS je od -1,5 do +1,5 bodu, pro komplexní indexy VA a SVB bylo stanoveno rozmezí od -2 do +2 a pro věkově závislý ukazatel  $P_T$  jsou fyziologické hodnoty v pásmu od -2,5 do +2,5 bodu (Stejskal et al., 2004).

Na základě empirie však bylo zjištěno, že hodnocení HRV pomocí komplexních indexů SA HRV má určité omezení. V případě, že hodnota věkově závislého ukazatele  $P_T$  bude  $\leq -4$  body, není možno aktivitu ANS podle komplexních indexů VA a SVB hodnotit. Tato výjimka

vyplývá z algoritmu vytváření komplexních indexů SA HRV. Za situace residuálního spektrálního výkonu v oblasti komponenty HF a téměř nulového výkonu v oblasti komponenty VLF nebude hodnota komplexního indexu SVB a VA a tedy i CS reflektovat reálnou situaci, ale naopak bude stav ANS nadhodnocovat (zlepšovat), přestože výkonnost ANS je velmi nízká. Při dané situaci proto není hodnota indexu CS vypočítána z výše zmiňovaných indexů SVB a VA, ale přebírá hodnotu věkově závislého ukazatele  $P_T$ , čímž se eliminuje zkreslení stavu ANS (Botek, 2007).

#### *Reliabilita měření HRV*

Jak je uvedeno v kapitole 2, ANS je v průběhu dne pod vlivem velkého počtu různě intenzivně působících podnětů, které není možné plně standardizovat. Navzdory známému vlivu cirkadiální rytmicity na HRV (Fallen & Kamath, 1995; Hayano et al., 1990) je koeficient denní variace poměrně nízký ( $4,2 \% \pm 2,9 \%$ ) (Huikuri et al., 1990).

Kalina, Stejskal a Jakubec (2001) zjistili dobrou intraindividuální stabilitu komplexních indexů SA HRV, získaných ve čtyřech měřeních provedených bezprostředně za sebou. Nejvyšší stabilita (vyjádřená koeficientem reliability) byla prokázána u hodnoty komplexního indexu CS ( $r=0,93$ ), nižší u komplexního indexu SVB ( $r=0,83$ ) s mírnou tendencí k poklesu a VA ( $r=0,89$ ), který se mírně zvyšoval. HRV považuje za vysoce reliabilní ( $r>0,90$ ) i Melanson (2000), Sinnreich, Kark, Friedlander, Sapoznikov a Luria (1998) zase zjistili nejnižší reliabilitu při spontánním dýchání u parametru VLF ( $r=0,65$ ), u ostatních posuzovaných parametrů HRV se koeficient reliability pohyboval v rozmezí od 0,68 do 0,77. Freed, Stein, Gordon, Urban a Kligfield (1994) našli vysokou reliabilitu krátkodobého měření HRV parametrů  $P_T$  (6%) a LF (15%).

#### *4.4.3 Organizace sběru dat*

Před začátkem experimentu byly hráčky verbálně instruovány, aby do formuláře zaznamenávaly pocit ranní únavy, zdravotní stav a délku spánku (Příloha 3), které se podílely na zpřesnění interpretace výsledků ranního vyšetření ANS. Jednotlivé položky byly hráčkami vyplňovány vždy před vlastním vyšetřením. Měření absolvovaly hráčky ihned po probuzení (7:00) ve dvou skupinách po čtyřech. Po každém vyšetření ANS byly výsledky vyhodnoceny diagnostickým systémem VarCor PF7 a během tréninkového mikrocyklu II byla v případě potřeby provedena úprava tréninkového zatížení následujícího tréninkového dne. Po absolvo-

vání ranního vyšetření hráčky absolvovaly připravený denní program tréninkového mikrocyklu.

V průběhu tréninku aerobní vytrvalosti hráčky používaly monitory SF umožňující ukládání dat. Uložená data byla zpracována a vyhodnocována pomocí softwaru Polar Precision Performance SW (Polar, Finsko). Tento diagnostický software umožňuje zpětnovazebné vyhodnocení intenzity tréninkového zatížení například z dynamiky fyziologické křivky.

Vyšetření ANS se řídila podle následujícího protokolu. Hráčkám byl na hrudník umístěn snímací a zároveň vysílací modul systému VarCor PF7 a z důvodu smyslové izolace od rušivých podnětů z okolí měly hráčky po celou dobu měření zavřené oči a poslouchaly relaxační hudbu. Vstupní měření byla realizována v laboratořích FTK UP a před ortoklinostatickým manévrem byly hráčky připoutány z důvodu bezpečnosti v oblasti pasu k trakčnímu lehátku. Potom byly pomocí trakčního lehátka pasivně transportovány do lehu. Po uběhnutí 30 sekund bylo spuštěno snímání EKG záznamu. Po uplynutí minimálně 5 minut (300 R–R intervalů) v dané poloze byly hráčky pomalu pasivně vertikalizovány a po 30sekundovém intervalu ve stoji byl pořízen další záznam, po kterém následovalo opětovné pomalé přemístění do horizontální polohy. Přemístění z lehu do stoje trvalo zhruba 10 sekund. Tak jako u předěšlých dvou poloh bylo před načtením posledního záznamu vyčkáno 30 sekund. Po načtení i posledního statistického intervalu setrvaly hráčky dalších 30 sekund v klidu ležet a následně bylo měření ukončeno. Hráčky byly o závěru vyšetření informovány poklepem na rameno a bylo jim odejmuto vysílací zařízení.

V zátěžových laboratořích FTK se vstupní vyšetření ANS uskutečnilo podle standardního protokolu, tzn., že změna polohy z lehu do stoje a následně zpět do lehu byla pasivní. V prostorách výcvikového střediska FTK UP Pastviny se standardizovaný ortostatický manévr prováděl aktivně, tzn., že změna polohy byla realizována bez polohovacího lehátka z lehu aktivním postavením a následným položením (Příloha 6). Při poloze stoj se probandky opíraly o stěnu. Z důvodu odlišné odpovědi kardiiovaskulárního systému na pasivní a aktivní ortoklinostatický manévr (Rickards & Newman, 2003), byly mezi snímáním EKG záznamu v příslušné poloze zařazeny 60 sekundové intervaly.

#### 4.4.4 Borgova RPE škála subjektivního hodnocení tělesné zátěže

Každá pohybová aktivita v lidském těle vyvolává různé subjektivní somatické symptomy, které zaznamenáváme jako pocity. Toto subjektivní vnímání zátěže může být pomocným diagnostickým prostředkem v lékařství, rehabilitaci i ve sportovním tréninku (Borg, 1998). Pro subjektivní hodnocení tělesné zátěže na základě vypětí, únavy ve svalech a dalších negativních pocitů (dušnost, bolest na hrudi) bylo vytvořeno mnoho škál, jednou z neznámějších a nejpoužívanějších je Borgova Rating of Perceived Exertion (RPE) škála, kategorická-hodnotící („category-rating“) škála od 6 do 20 bodů (Mocková, Radvanský & Matouš, 2000). Jedinec hodnotí své pocity v průběhu zatížení a ty jsou registrovány do záznamového protokolu. Základním předpokladem této škály je, že pro zdravého muže středního věku by při mírné až těžké zátěži měla hodnota SF být asi desetinásobkem hodnoty RPE (Borg, 1998). Jako výhody RPE škály uvádějí Máčková a Máček (1992) neinvazivnost, jednoduchost a snadnou použitelnost a možnost regulace zátěže podle aktuálního stavu organismu v situacích, kdy ji není možné přesně určit. Tuto škálu je možné využít v hodnotícím protokolu, kdy jsou jedinci vystaveni určitému stimulu a poté požádáni, aby se pokusili odhadnout jeho intenzitu, a také v produktivním protokolu, kdy vyšetřovaní s intenzitou zatížení manipulují tak, aby odpovídala určité subjektivní intenzitě (Mocková et al., 2010). Watt a Grove (1993) uvádějí, že RPE vysoce koreluje s objektivními indikátory intenzity zatížení, např. SF, spotřebou kyslíku, hladinou krevního laktátu a minutovou ventilací.

Pro účely předkládané práce byla použita verze RPE škály publikovaná Borgem (1998), přeložená do češtiny (Mocková et al., 2000), tj. číselná škála s rozsahem od 6 do 20, s verbálními ekvivalenty u každého lichého čísla a některých sudých (počáteční a maximální hodnota) (Tabulka 5).

Tabulka 5. Borgova škála subjektivního hodnocení intenzity tělesné zátěže (Borg, 1998).

<b>Číselná hodnota</b>	<b>Slovní hodnota</b>
6	Žádná
7	Velmi velmi lehká
8	
9	Velmi lehká
10	
11	Lehká
12	

13	Poněkud namáhavá
14	
15	Namáhavá
16	
17	Velmi namáhavá
18	
19	Velmi velmi namáhavá
20	Maximální

#### 4.5 Hodnocení a interpretace dat

Sledované parametry byly pro celý tým popsány souhrnně pomocí základních popisných statistik medián a interkvartilové rozpětí.

K zodpovězení výzkumných otázek byly sledovány intraindividuální změny vybraných parametrů v průběhu dvou 6denních mikrocyklů u jednotlivých hráčků. Při hodnocení zjištěných změn byla na základě dosavadních výsledků výzkumu a expertního posouzení (pět specialistů v oborech fyziologie zátěže a sportovní trénink) respektována věcná (praktická) významnost stanovená samostatně pro dílčí parametry. Hladina věcné významnosti pro jednotlivé parametry byla stanovena takto:

1. Parametr komplexní indexy VA, SVB a CS = 5 % (0,5 bodu) | S ohledem na skutečnost, že metodika komplexních indexů je v odborné literatuře málo používaná a žádný z autorů ji nehodnotil pomocí věcné významnosti, byla na 10bodové škále za věcně významnou stanovena hodnota 0,5 bodu (5 %). Stanovení této hranice věcné významnosti vychází ze studií Iellamo et al. (2002), Plews et al. (2012) a Le Meur et al. (2013), ve kterých se autoři shodují, že nárůst hodnot vagem ovlivněných komponent HRV o 4–9 % po vylad'ovacím cyklu může být předpokladem pro následující optimální sportovní výkon.
2. Parametr věkově standardizovaný  $P_T = 5 \%$  | Ani parametr věkově standardizovaný  $P_T$  není v odborné literatuře často používán a stejně jako u předchozích parametrů jej autoři nehodnotili pomocí věcné významnosti. Vzhledem k tomu, že je tento parametr hodnocen na stejné škále jako komplexní indexy, byla za věcně významnou stanovena také hodnota 0,5 bodu (5 %).
3. Parametr klidová SF měřená v lehu = 4 tepy.min<sup>-1</sup> | Stanovení věcné významnosti klidové SF měřená v lehu bylo na základě výsledků studie Pichot et al. (2000), kteří zjistili, že průměrná ranní klidová SF, jeden z nejčastěji používaných indexů únavy, se během 3týdenního intenzivního tréninkového zatížení lišila pouze o 3,74 tepů.min<sup>-1</sup>,



což přestože bylo statisticky signifikantní, považovali autoři za hodnotu na hranici věcné významnosti.

4. Parametr klidová SF měřená ve stoji = 8 tepů.min<sup>-1</sup> | Stanovení věcné významnosti klidové SF měřené ve stoji bylo na základě výsledků studie Botek, Krejčí a Weisser (2014), kteří zjistili, že 8 tepů.min<sup>-1</sup> byl statisticky významný rozdíl klidové SF měřené ve stoji po absolvování 8týdenního intenzivního tréninkového zatížení hráčů fotbalu.
5. Parametr subjektivně vnímaná únava = 1 bod | Vzhledem k rozsahu škály a na základě předchozích výzkumů, které používaly tutéž škálu pro hodnocení subjektivně vnímané ranní únavy (Botek, 2007) byla stanovena změna o 1 bod jako věcně významná.
6. Parametr Borgova škála subjektivního hodnocení tělesné zátěže = změna o jednu úroveň vyjádřenou verbálním popisem | Borgova škála je rozdělena do 9 úrovní, které verbálně charakterizují intenzitu tělesného zatížení odpovídajícího bodového hodnocení. S ohledem na skutečnost, že někteří lidé nejsou schopni rozpoznat a regulovat zátěž podle svých subjektivních pocitů (Smutok, Skrinar, & Pandolf, 1980; Whaley, Brubaker, Kaminsky, & Miller, 1997), byla stanovena změna o jednu úroveň verbálního hodnocení jako věcně významná.

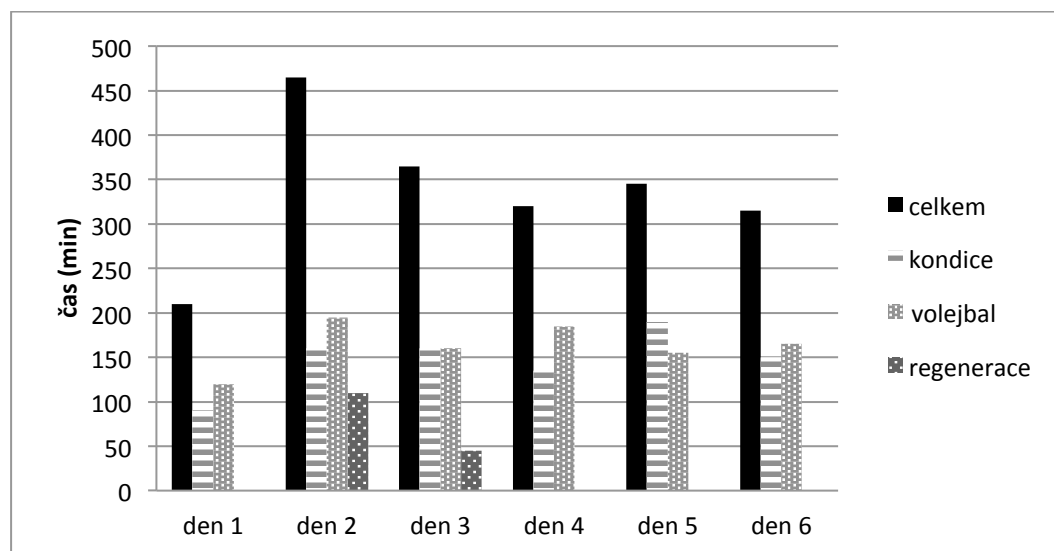
## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklů I a II

#### 5.1.1 Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklu I

V průběhu tréninkového mikrocyklu I (TMI) absolvovaly hráčky celkem 26 tréninkových jednotek (TJ) s celkovým objemem zatížení 2020 min. Z celkového počtu 26 TJ bylo 11 TJ zaměřeno na volejbal (980 min), 12 TJ bylo kondičně zaměřených (885 min) a 3 TJ byly regeneračně zaměřené (155 min).

Nejvyšší hodnota celkového objemu tréninkového zatížení byla zaznamenána druhý den TMI, přičemž tato hodnota zahrnuje i regeneračně orientované tréninkové jednotky (Obrázek 2). Naopak nejnižší celkový objem zatížení, ale také nejnižší denní objem volejbalově a kondičně orientovaných tréninkových jednotek hráčky absolvovaly první den. Nejvyšší objem volejbalově zaměřených tréninkových jednotek hráčky podstoupily druhý den soustředění, u kondičně orientovaných tréninkových jednotek to byl pátý den mikrocyklu. Během tohoto tréninkového mikrocyklu byly zaznamenány pouze 3 TJ s regeneračním zaměřením ve druhém a třetím dnu, ve zbylých tréninkových dnech hráčky neabsolvovaly žádnou specificky regenerační TJ.

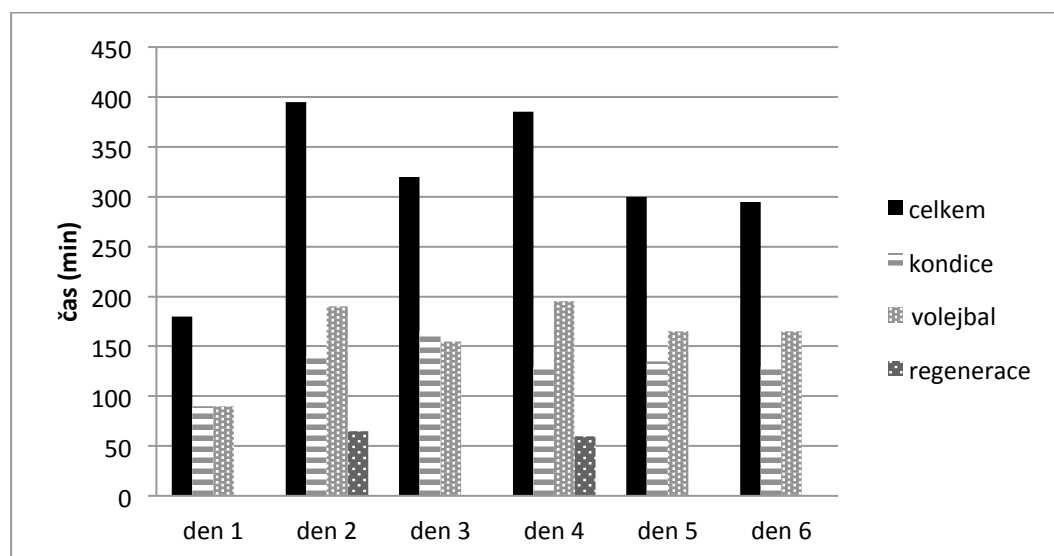


Obrázek 2. Objem tréninkového zatížení v jednotlivých dnech mikrocyklu I

### 5.1.2 Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklu II

Během tréninkového mikrocyklu II (TMII) absolvovaly hráčky celkem 27 tréninkových jednotek (TJ) s celkovým objemem zatížení 1875 min, což znamená o 7 % nižší celkový objem tréninkového zatížení ve srovnání s tréninkovým mikrocyklem I. Ve srovnání s předchozím soustředěním byl zaznamenán také o 2 % nižší objem tréninkového zatížení v 11 volejbalově zaměřených TJ (960 min), o 11 % nižší objem 13 kondičně zaměřených TJ (790 min) a o 20 % nižší objem 3 regeneračně orientovaných TJ (125 min).

Struktura objemu tréninkového zatížení zaznamenaná během TMII je v mnoha parametrech podobná prvními monitorovanému tréninkovému období. Nejvyšší hodnota celkového objemu tréninkového zatížení byla také zde zaznamenána druhý den tréninkového mikrocyklu (Obrázek 3), těsně následována dnem 4. Tyto hodnoty jsou ale v obou případech navýšeny o regeneračně zaměřené tréninkové jednotky. Nejnižší celkový objem tréninkového zatížení, stejně jako nejnižší denní objem volejbalově a kondičně zaměřených tréninkových jednotek, hráčky absolvovaly první den soustředění. Na rozdíl od TMI podstoupily hráčky nejvyšší objem volejbalově orientovaných TJ čtvrtý den mikrocyklu, u kondičně orientovaných tréninkových jednotek to byl den třetí. Také v průběhu tohoto tréninkového mikrocyklu byly zaznamenány pouze 3 specificky regenerační TJ ve druhém a čtvrtém dni.



Obrázek 3. Objem tréninkového zatížení v jednotlivých dnech mikrocyklu II

## 5.2 Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu mikrocyklů I a II

### 5.2.1 Hodnocení změn komplexního indexu CS v průběhu mikrocyklů I a II

Z dynamiky komplexního indexu CS v průběhu TMI je patrný mírně vzestupný trend středních hodnot během prvních čtyř měření (Tabulka 6) s věcně významným rozdílem středních mezi dny jedna a dva a dny tři a čtyři. Tento nárůst byl následován stagnací mezi čtvrtým a šestým dnem. V porovnání se vstupní hodnotou byly hodnoty všech následujících měření věcně významné. Nejnižší střední hodnota byla u komplexního indexu CS zaznamenána při vstupním měření, naopak nejvyšší střední hodnota poslední den TMI. Po všechny dny se tyto hodnoty nacházely v oblasti normálních fyziologických hodnot.

Také během TMII se střední hodnoty komplexního indexu CS, kromě hodnot naměřených pátý den mikrocyklu, pohybují v pásmu normálních fyziologických hodnot (Tabulka 6). Od prvního do pátého měření vykazují hodnoty posuzovaného parametru vzestupný trend s věcně signifikantním nárůstem mezi prvním a druhým dnem, stejně jako je věcně významný pokles komplexního indexu CS mezi dny pět a šest. Nejnižší hodnota byla opět naměřena při vstupním měření, nejvyšší hodnota pátý den soustředění.

Tabulka 6. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn parametrů komplexního indexu CS v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Komplexní index CS (body)</b>				
Den 1	-1,02	-1,22; -0,57	-0,62	-1,79; 1,29
Den 2	-0,20 <sup>a, b</sup>	-1,17; 0,98	0,96 <sup>a, b</sup>	-1,91; 1,93
Den 3	-0,32 <sup>a</sup>	-0,68; 0,65	1,21 <sup>a</sup>	-0,08; 2,07
Den 4	0,80 <sup>a, b</sup>	-0,58; 2,36	1,42 <sup>a</sup>	-1,32; 1,94
Den 5	0,75 <sup>a</sup>	-1,26; 1,71	1,87 <sup>a</sup>	-2,05; 2,52
Den 6	0,81 <sup>a</sup>	-0,63; 1,56	-0,16 <sup>b</sup>	-2,72; 2,10

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; CS – komplexní index celkového skóre; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

### 5.2.2 Hodnocení změn komplexního indexu VA v průběhu mikrocyklů I a II

Také u komplexního indexu VA je patrná mírně vzestupná tendence během TMI (Tabulka 7). Vzestupný trend je narušen pouze poklesem středních hodnot při měřeních třetí a poslední den soustředění. V porovnání se vstupní hodnotou byly v následujících dnech, s výjimkou třetího dne, zjištěny věcně významné rozdíly středních hodnot. Při srovnání změn tohoto parametru mezi jednotlivými, po sobě jdoucími měřeními, jsou věcně významné nárůsty středních hodnot mezi dny jedna a dva a dny tři a čtyři. Všechny naměřené střední hodnoty jsou v pásmu fyziologických hodnot, nejnižší hodnota byla zjištěna první den mikrocyklu a nejvyšší hodnota pátý den, kdy střední hodnoty vykazují také největší variabilitu. Nejnižší variabilita hodnot byla naopak zjištěna třetí den mikrocyklu.

Průběh změn středních hodnot komplexního indexu VA během TMII kopíruje změny tohoto parametru v předchozím roce (Tabulka 7). Po třetím dni, kdy byla provedena korekce tréninkového zatížení u tří hráček, vzrůstá střední hodnota komplexního indexu VA k nejvyšší naměřené hodnotě pátý den mikrocyklu, která je jako jediná nad hranicí fyziologických hodnot. Podobně jako během TMI, docházelo i zde k věcně signifikantním změnám u všech měření porovnávaných se vstupní hodnotou. Věcně významné jsou také všechny posuny tohoto parametru mezi jednotlivými dny, kromě poklesu hodnot mezi druhým a třetím dnem. Nejnižší střední hodnota komplexního indexu VA byla zjištěna při vstupním měření první den. Všechna měření provedená během tohoto mikrocyklu vykazují relativně vysokou variabilitu hodnot, přičemž nejvyšší byla naměřena poslední den tréninkového mikrocyklu.

Tabulka 7. Skupinové (n = 8) charakteristiky změn parametrů komplexního indexu VA v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Komplexní index VA (body)</b>				
Den 1	-0,76	-1,87; 0,17	-0,66	-1,86; 1,43
Den 2	0,54 <sup>a, b</sup>	-1,10; 1,48	0,92 <sup>a, b</sup>	-0,61; 2,16
Den 3	0,19 <sup>a</sup>	-0,56; 0,98	0,45 <sup>a</sup>	-1,45; 2,21
Den 4	1,36 <sup>a, b</sup>	-0,51; 2,22	0,97 <sup>a, b</sup>	-1,20; 2,42
Den 5	1,65 <sup>a</sup>	-0,87; 2,47	2,02 <sup>a, b</sup>	-0,93; 2,71
Den 6	1,31 <sup>a</sup>	-0,69; 2,34	-0,11 <sup>a, b</sup>	-1,16; 2,94

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil;; VA – komplexní index aktivity vazu; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

### 5.2.3 Hodnocení změn komplexního indexu SVB v průběhu mikrocyklů I a II

Z dynamiky komplexního indexu SVB v průběhu TMI je patrný vzestupný trend středních hodnot během prvních čtyř dnů (Tabulka 8), přičemž rozdíly mezi vstupní hodnotou a středními hodnotami dnů dva, tři a čtyři jsou i věcně významné. Od čtvrtého dne došlo v dalších dvou měřeních k výraznému, mezi jednotlivými dny věcně signifikantnímu, poklesu středních hodnot posuzovaného parametru. Nejnižší střední hodnota komplexního indexu SVB byla, podobně jako u komplexního indexu VA, zjištěna při vstupním měření úvodní den soustředění.

Také v prvních třech dnech, a následně pátý den TMII došlo k nárůstu komplexního indexu SVB (Tabulka 8), přičemž všechny tyto změny (druhý, třetí a pátý den) jsou věcně významné ve srovnání se vstupním měřením. Čtvrtý a šestý den tento parametr zaznamenal věcně signifikantní snížení vůči předchozím středním hodnotám.

Tabulka 8. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn parametrů komplexního indexu SVB v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Komplexní index SVB (body)</b>				
Den 1	-1,44	-2,06; -0,68	0,59	-1,39; 1,80
Den 2	-0,84 <sup>a, b</sup>	-1,40; 1,56	1,30 <sup>a, b</sup>	0,03; 2,16
Den 3	0,45 <sup>a, b</sup>	-1,46; 1,46	1,52 <sup>a</sup>	1,28; 2,51
Den 4	0,79 <sup>a</sup>	-0,25; 2,15	0,89 <sup>b</sup>	0,57; 2,15
Den 5	-0,96 <sup>b</sup>	-1,39; 0,87	1,83 <sup>a, b</sup>	0,24; 2,47
Den 6	-0,14 <sup>a, b</sup>	-0,92; 0,85	0,30 <sup>b</sup>	0,02; 1,35

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; SVB – komplexní index sympatovagové balance; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

#### 5.2.4 Hodnocení změn věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu $P_T$ v průběhu mikrocyklů I a II

Během prvního tréninkového mikrocyklu rostly střední hodnoty celkového spektrálního výkonu od prvního do posledního měření (Tabulka 9). Tento trend je narušen pouze poklesem střední hodnoty tohoto parametru při měření čtvrtý den soustředění, přičemž všechny tyto změny jsou věcně signifikantní v porovnání se vstupním měřením. Nejvyšší hodnota  $P_T$  byla naměřena poslední den tréninkového mikrocyklu a jako jediná se nachází nad hranicí fyziologických hodnot. Všechny ostatní zjištěné střední hodnoty jsou v pásmu fyziologických hodnot a nejnižší hodnota byla zjištěna první den mikrocyklu. Největší variabilita středních hodnot byla u hráček zjištěna třetí den tréninkového mikrocyklu, naopak nejnižší byla zjištěna při čtvrtém měření.

Průběh změn středních hodnot věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu  $P_T$  během TMII je značně odlišný od změn tohoto parametru v předchozím roce (Tabulka 9). Během tohoto mikrocyklu došlo u hráček k markantnímu, věcně významnému, poklesu středních hodnot mezi dny dva a tři a dny pět a šest. Nejvyšší hodnota  $P_T$  byla zjištěna pátý den mikrocyklu a nejnižší hodnota třetí den, přičemž všechny střední hodnoty se nacházejí v pásmu fyziologických hodnot. Všechna měření provedená během tohoto mikrocyklu vykazují relativně vysokou variabilitu hodnot, přičemž největší zjištěné variability středních hodnot mikrocyklu korespondují se zmíněnými dvěma poklesy středních hodnot celkového spektrálního výkonu  $P_T$ .

Tabulka 9. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn parametrů celkového spektrálního výkonu  $P_T$  v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí ( $Q1$ ; $Q3$ )	Medián	Interkvartilové rozpětí ( $Q1$ ; $Q3$ )
<b>Celkový spektrální výkon <math>P_T</math> (body)</b>				
Den 1	-1,54	-2,63; -1,04	-0,89	-3,49; 1,64
Den 2	-0,04 <sup>a, b</sup>	-1,82; 3,83	1,49 <sup>a, b</sup>	-1,60; 2,44
Den 3	1,61 <sup>a, b</sup>	-1,86; 4,59	-1,56 <sup>a, b</sup>	-3,12; 2,70
Den 4	0,64 <sup>a, b</sup>	-0,21; 3,04	0,66 <sup>a, b</sup>	-2,73; 2,81
Den 5	2,41 <sup>a, b</sup>	-0,50; 3,79	1,74 <sup>a, b</sup>	-1,78; 3,36
Den 6	2,57 <sup>a</sup>	0,18; 3,62	-1,23 <sup>b</sup>	-3,86; 4,07

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil;  $P_T$  – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

### 5.3 Hodnocení změn klidové srdeční frekvence v průběhu mikrocyklů I a II

#### 5.3.1 Hodnocení změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu mikrocyklů I a II

Střední hodnoty klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu TMI od prvního měření vykazují mírně klesající trend, s drobnými vzestupy třetí a pátý den soustředění (Tabulka 10). Nejnížší hodnoty byly zjištěny při měřeních čtvrtý a šestý den, zatímco nejvyšší střední hodnota klidové srdeční frekvence měřené v lehu byla zaznamenána při vstupním měření úvodní den mikrocyklu. V porovnání s touto vstupní hodnotou však není žádná z následujících změn věcně významná.

Velmi podobný trend jako v průběhu TMI vykazovaly střední hodnoty tohoto parametru také během TMII (Tabulka 10). Nejnížší střední hodnota klidové srdeční frekvence měřené v lehu byla tentokrát zjištěna při měření poslední, šestý den mikrocyklu, nejvyšší byla naměřena druhý den soustředění. Na rozdíl od prvního soustředění jsou ale změny hodnot měření od třetího do šestého dne věcně významné ve srovnání s prvním dnem.

Tabulka 10. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn parametrů klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Klidová srdeční frekvence měřená v lehu (<math>min^{-1}</math>)</b>				
Den 1	66,3	64,0; 75,4	66,4	64,9; 72,6
Den 2	64,8	59,5; 67,8	66,9	56,7; 70,2
Den 3	66,0	58,2; 66,9	61,6 <sup>a, b</sup>	57,6; 70,6
Den 4	62,4	57,7; 66,3	58,4 <sup>a</sup>	51,4; 67,4
Den 5	62,8	59,1; 67,8	61,0 <sup>a</sup>	53,6; 68,7
Den 6	62,4	58,8; 68,5	57,9 <sup>a</sup>	53,0; 66,6

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření



### 5.3.2 Hodnocení změn klidové srdeční frekvence měřené ve stoji v průběhu mikrocyklů I a II

Střední hodnoty klidové srdeční frekvence měřené ve stoji během TMI mají od prvního do čtvrtého dne klesající trend a ustálily se v posledních třech dnech soustředění (Tabulka 11). Nejnižší střední hodnota klidové srdeční frekvence měřené ve stoji byla naměřena čtvrtý den mikrocyklu, naopak nejvyšší střední hodnota byla zjištěna při vstupním měření úvodní den mikrocyklu. Změny vůči této hodnotě jsou věcně významné u všech následujících měření.

Téměř totožný průběh vykázaly střední hodnoty klidové srdeční frekvence měřené ve stoji i během TMII, kdy také došlo během prvních čtyř dní k výraznému pohlesu hodnot sledovaného parametru s následnou stagnací v posledních třech dnech (Tabulka 11). Nejnižší střední hodnota klidové srdeční frekvence měřené ve stoji byla zjištěna pátý den mikrocyklu, nejvyšší střední hodnota opět první den. Také v tomto případě jsou věcně významné všechny rozdíly mezi vstupním měřením a následujícími dny.

Tabulka 11. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn parametrů klidové srdeční frekvence měřené ve stoji v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Klidová srdeční frekvence měřená ve stoji (<math>min^{-1}</math>)</b>				
Den 1	105,3	96,8; 122,7	103,5	97,2; 115,8
Den 2	91,3 <sup>a, b</sup>	85,1; 106,0	92,4 <sup>a, b</sup>	81,7; 108,0
Den 3	85,2 <sup>a</sup>	78,5; 98,1	86,4 <sup>a</sup>	73,7; 97,8
Den 4	81,4 <sup>a</sup>	76,2; 90,3	81,7 <sup>a</sup>	72,4; 88,3
Den 5	81,9 <sup>a</sup>	75,4; 89,3	81,2 <sup>a</sup>	71,5; 91,1
Den 6	81,9 <sup>a</sup>	73,8; 88,4	81,3 <sup>a</sup>	69,7; 90,3

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

#### 5.4 Hodnocení změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu mikrocyklů I a II

Během TMI docházelo k výraznému vzestupu subjektivního pocitu ranní únavy (Tabulka 12). Při vstupním měření hodnotily všechny hráčky tento parametr nejnížší možnou známkou, střední hodnoty poté s rostoucím objemem tréninkového zatížení vystoupaly pátý den na nejvyšší možnou hodnotu a setrvaly tam i při posledním hodnocení subjektivně vnímané ranní únavy.

Velmi podobný průběh vykazují změny subjektivního pocitu ranní únavy i během druhého tréninkového mikrocyklu, kdy výsledky ukazují kulminaci únavy ve dnech 3, 4, 5 a 6, ale střední hodnoty tohoto parametru nedosáhly maximální možné úrovně. Ve srovnání s předchozím mikrocyklem hodnotily hráčky subjektivně vnímanou ranní únavu v posledních dvou dnech výrazně nižší známkou.

Tabulka 12. Skupinové (n = 8) charakteristiky změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Subjektivní pocit ranní únavy (<i>body</i>)</b>				
Den 1	0	0,0; 0,0	0	0,0; 0,5
Den 2	1,0 <sup>a, b</sup>	1,0; 1,5	1,0 <sup>a, b</sup>	1,0; 2,0
Den 3	2,0 <sup>a, b</sup>	1,5; 2,0	2,0 <sup>a, b</sup>	2,0; 2,0
Den 4	2,0 <sup>a</sup>	2,0; 2,5	2,5 <sup>a</sup>	2,0; 3,0
Den 5	3,0 <sup>a, b</sup>	2,5; 3,0	2,5 <sup>a</sup>	2,0; 3,0
Den 6	3,0 <sup>a</sup>	2,0; 3,0	2,0 <sup>a</sup>	2,0; 2,5

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

## 5.5 Hodnocení změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu mikrocyklů I a II

V průběhu TMI hodnotily hráčky subjektivně vnímané tréninkové zatížení vzestupně od prvního do třetího dne, kdy dosáhla střední hodnota vrcholu (Tabulka 13). Nejnižší střední hodnotou bylo klasifikováno zatížení pátého dne.

Úplně stejný průběh vykazují změny středních hodnot subjektivně vnímaného tréninkového zatížení Borgovou škálou i během TMII (Tabulka 13). Kromě prvního dne jsou ale všechny střední hodnoty tohoto parametru hráčkami klasifikovány o 0,5 bodu níž, než v předchozím roce.

Tabulka 13. Skupinové ( $n = 8$ ) charakteristiky změn subjektivního pocitu hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu šesti tréninkových dní tréninkových mikrocyklů I a II

	Mikrocyklus I		Mikrocyklus II	
	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)	Medián	Interkvartilové rozpětí (Q1; Q3)
<b>Subjektivní hodnocení tělesné zátěže (<i>body</i>)</b>				
Den 1	14,5	14,0; 16,0	14,5	13,5; 16,0
Den 2	16,5 <sup>a, b</sup>	16,0; 17,0	16,0	15,5; 17,0
Den 3	17,0 <sup>a</sup>	16,0; 17,0	16,5 <sup>a</sup>	15,5; 17,0
Den 4	16,0	14,0; 17,0	15,5	15,0; 17,0
Den 5	14,0 <sup>b</sup>	13,0; 15,0	13,5 <sup>b</sup>	13,0; 14,5
Den 6	16,5 <sup>a, b</sup>	15,5; 17,0	16,0 <sup>b</sup>	15,5; 16,5

*Vysvětlivky:* Q1 – dolní kvartil; Q3 – horní kvartil; *a* – hodnota je věcně významná od hodnoty v prvním dni měření; *b* – hodnota je věcně významná od hodnoty v předchozím dni měření

## 5.6 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexních indexů CS, VA, SVB a věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu $P_T$ v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

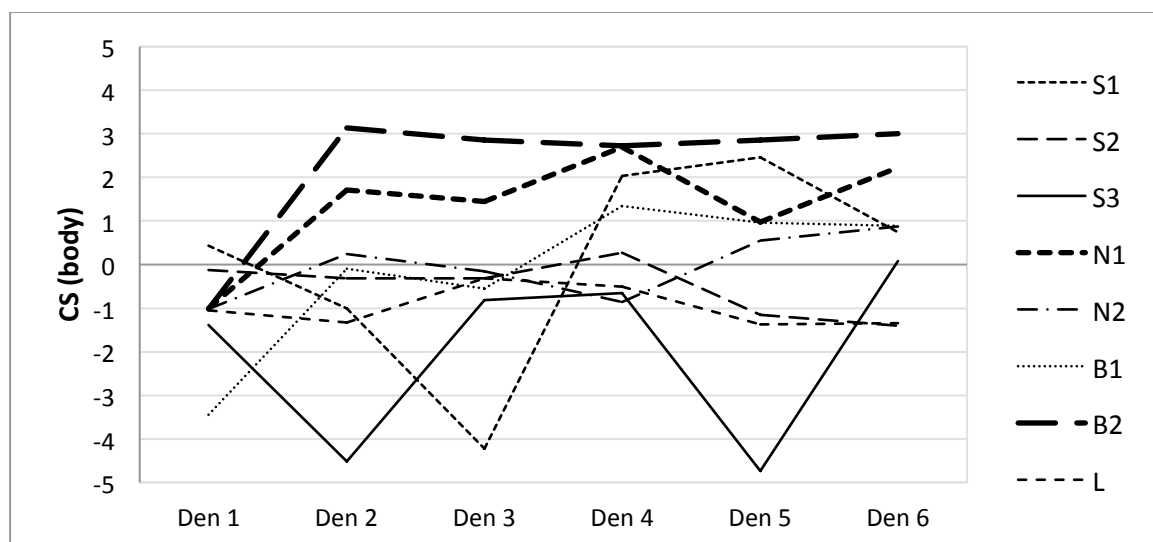
Dynamiku autonomní kardiální regulace posuzujeme podle komplexních indexů CS, VA a SVB a věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu  $P_T$ . Porovnání hodnot komplexních indexů CS, VA a SVB a celkového spektrálního výkonu  $P_T$  (Obrázky 4 –

11) během obou tréninkových mikrocyklů ukazuje, že u jednotlivých hráček docházelo především vlivem tréninkového zatížení ke změnám v aktivitě ANS.

### 5.6.1 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu CS v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

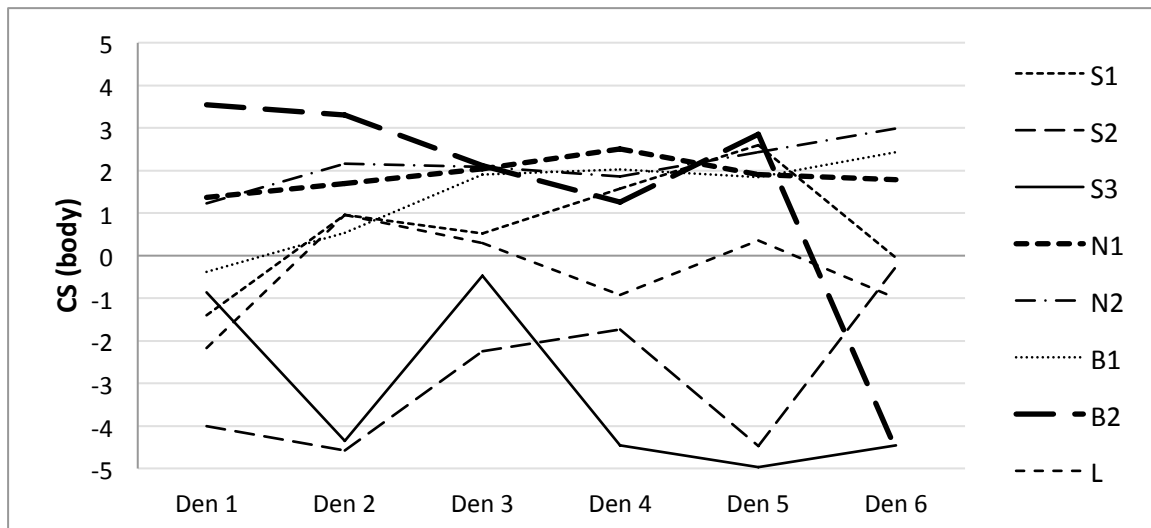
Hodnoty komplexního indexu CS jednotlivých hráček (Obrázek 4) vykazují v průběhu TMI značné interindividuální rozdíly. Při vstupním vyšetření byly naměřeny nejnižší hodnoty z celého tréninkového mikrocyklu u hráček B1, B2 a N1, přičemž u hráčky B1 se její hodnota nacházela pod hranicí pásma normálních hodnot. U všech těchto hráček došlo hned při následujícím měření k věcně významnému vzestupu této hodnoty a na vysoké úrovni se udržely až do konce soustředění, u hráčky B2 stále nad hranicí fyziologických hodnot. Naopak u hráčky S3 se hodnoty dostaly ve dvou případech hluboko pod hranici fyziologických hodnot, přičemž čtyři změny komplexního indexu CS této hráčky jsou věcně významné.

Rovněž hodnoty komplexního indexu CS během TMII vykazují velmi vysokou interindividuální variabilitu (Obrázek 5). Zatímco u některých hráček se hodnoty tohoto indexu pohybovaly stále kladných hodnotách a často nad pásmem fyziologických hodnot (N1, N2, B1), všechny hodnoty hráček S2 a S3 byly naopak záporné. Za povšimnutí stojí velmi výrazný pokles mezi pátým a šestým měřením u hráčky B2, kdy rozdíl těchto dvou hodnot činil 9,26 bodu.



Vysvětlivky: CS – komplexní index celkového skóre

Obrázek 4. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu CS během TMI



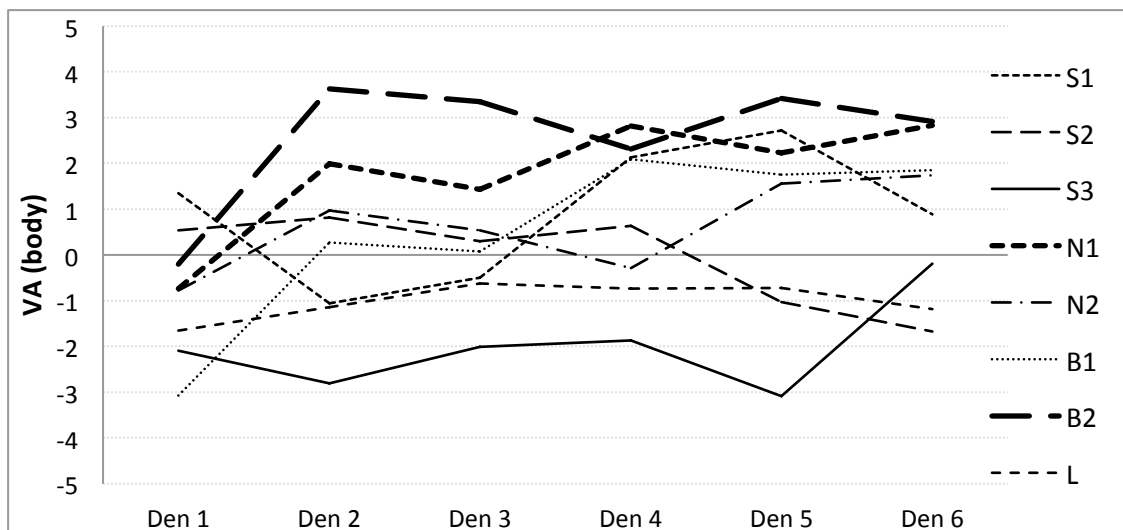
Vysvětlivky: CS – komplexní index celkového skóre

Obrázek 5. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu CS během TMII

### 5.6.2 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu VA v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

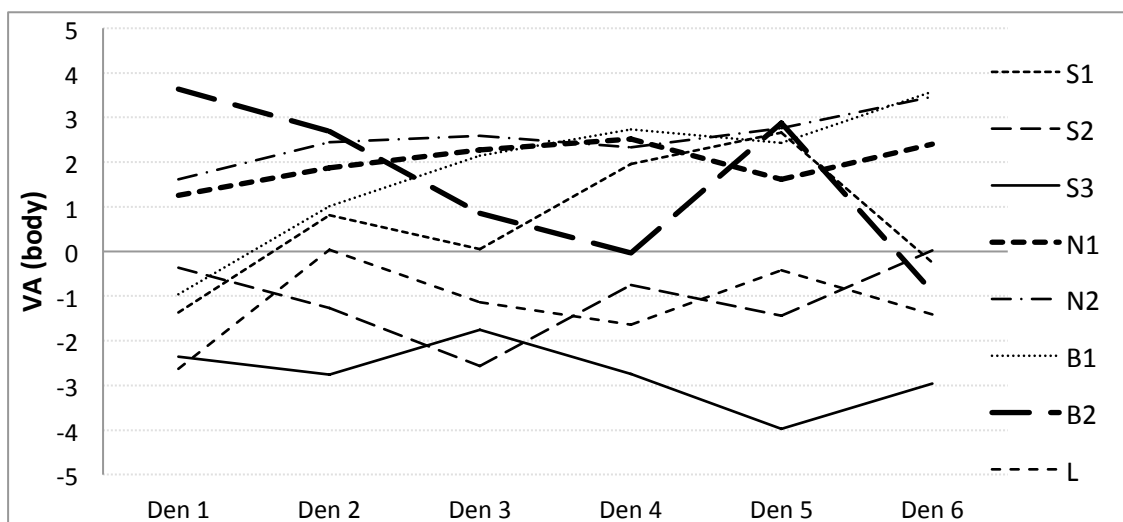
Hodnoty komplexního indexu VA byly při vstupním měření TMI na nejnižší úrovni během celého sledovaného TMI u pěti hráček (N1, N2, B1, B2, L) a u dvou hráček (B1, S3) se nacházely pod hranicí pásma fyziologických hodnot (Obrázek 6). Nad tuto hranici se v dalším průběhu mikrocyklu dostaly hodnoty komplexního indexu VA u hráčky S3 pouze při dvou měřeních, zatímco u žádné další hráčky již hodnoty sledovaného parametru pod hranicí fyziologických hodnot nebyly zaznamenány. Nad hranicí fyziologických hodnot se naopak nacházely, kromě vstupního měření, všechny hodnoty komplexního indexu VA hráčky B2 s nejvyšší zaznamenanou hodnotou z celého souboru pátý den mikrocyklu (3,42).

Rovněž hodnoty komplexního indexu VA při vstupním měření TMII zaznamenaly nejnižší hodnotu tohoto parametru během sledovaného období u pěti hráček (S1, N1, N2, B1, L) a u dvou (L, S3) byly pod hranicí fyziologických hodnot (Obrázek 7). Pod touto hranicí se, podobně jako v předchozím mikrocyklu, nacházely hodnoty komplexního indexu VA hráčky S3 i při čtyřech následujících měřeních s výjimkou třetího dne. Hodnota tohoto parametru hráčky S3 z pátého dne mikrocyklu (-3,97) je také nejnižší zjištěnou hodnotou z celého souboru. Nad hranicí fyziologických hodnot byly během tréninkového mikrocyklu II zaznamenány hodnoty komplexního indexu VA u pěti hráček (S1, N1, N2, B1, B2) a nejvyšší hodnota byla naměřena u hráčky B2 při vstupním měření (3,64).



Vysvětlivky: VA – komplexní index vagové aktivity

Obrázek 6. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu VA během TMI



Vysvětlivky: VA – komplexní index vagové aktivity

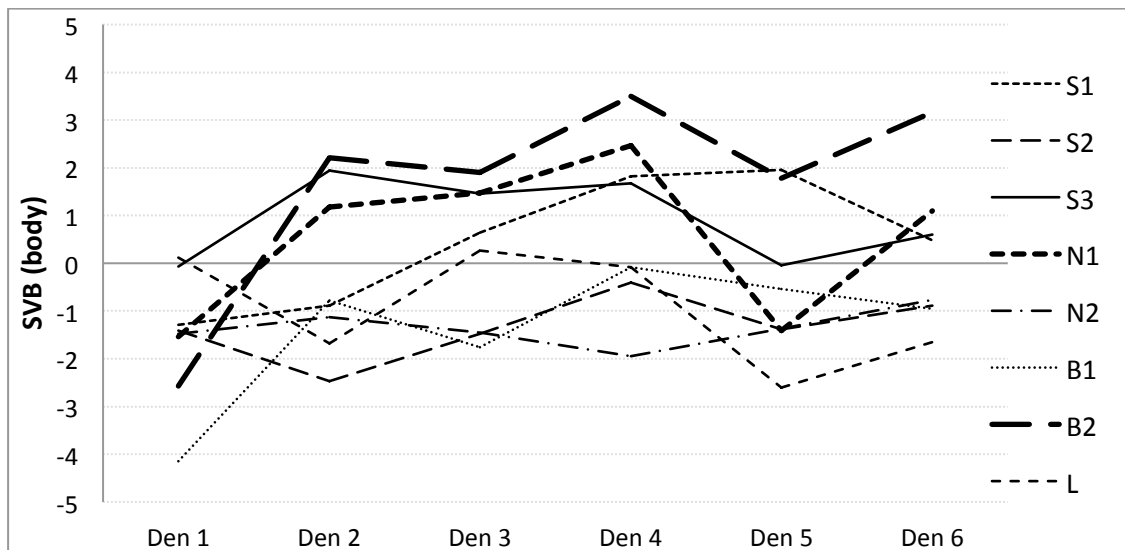
Obrázek 7. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu VA během TMII

### 5.6.3 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn komplexního indexu SVB v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Také v případě komplexního indexu SVB byly při vstupním měření TMI zjištěny nejnižší hodnoty tohoto parametru během celého sledovaného tréninkového mikrocyklu u pěti hráčků (S1, S3, N1, B1, B2) (Obrázek 8). U všech těchto hráček potom hodnoty komplexního indexu SVB rostly až do čtvrtého dne s následným výrazným poklesem tohoto parametru u šesti hrá-

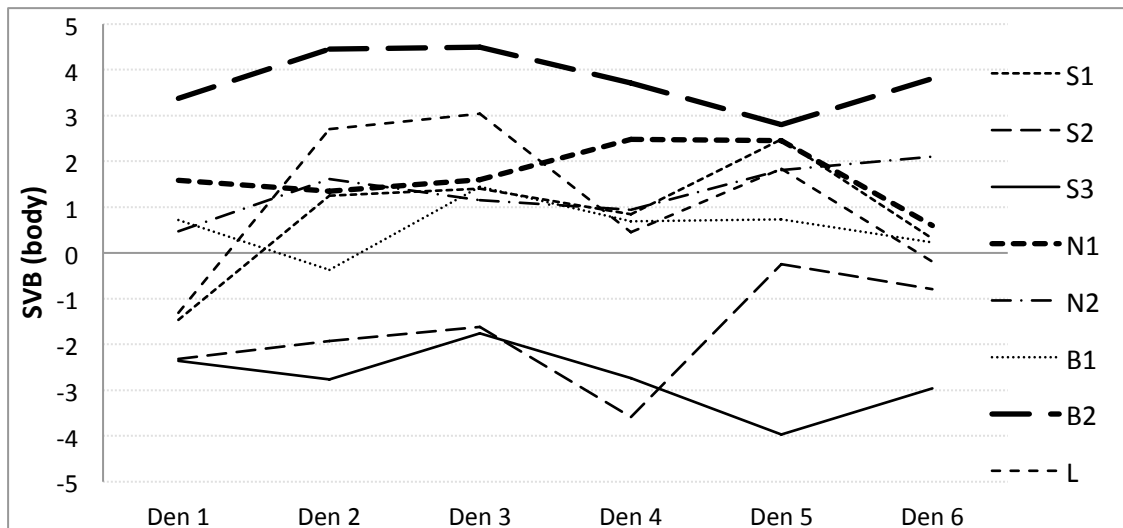
ček (S2, S3, N1, B1, B2, L) pátý den mikrocyklu. Hodnoty posuzovaného parametru hráček B1 a B2 byly při vstupním měření pod hranici pásma fyziologických hodnot, v dalším průběhu mikrocyklu I se pod tuto hranici dostaly při jednom měření i hodnoty komplexního indexu SVB hráček S2 a L.

Během TMII se hodnoty komplexního indexu SVB u hráček B2 a S3 téměř při všech měřeních pohybovaly mimo pásmo fyziologických hodnot (Obrázek 9). Nad hranicí tohoto pásma se nacházejí všechny hodnoty hráčky B2, naopak pod hranicí pásma fyziologických hodnot jsou, kromě třetího dne, hodnoty všech měření hráčky S3. Záporné hodnoty při všech měřeních byly také zjištěny u hráčky S2.



*Vysvětlivky:* SVB – komplexní index sympatovagové balance

Obrázek 8. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu SVB během TMI



Vysvětlivky: SVB – komplexní index sympatogové balance

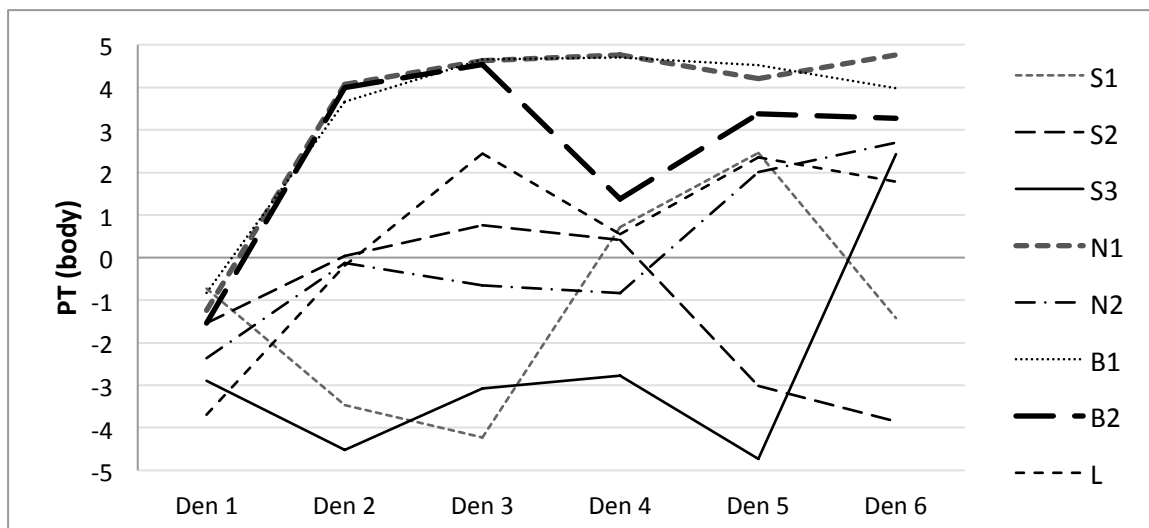
Obrázek 9. Grafické znázornění průběhu individuálních změn komplexního indexu SVB během TMII

#### 5.6.4 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu $P_T$ v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Výsledky měření věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu během TMI opět potvrzují velké rozdíly v reakci jednotlivých hráčků na tréninkové zatížení (Obrázek 10). Zjištěné hodnoty tohoto parametru při vstupním měření jsou sice u všech hráček výrazně redukovány, další dny ale ukazují velké interindividuální diference. Naměřené hodnoty hráčky S3 se během prvních pěti dní pohybují pod hranicí fyziologických hodnot a při posledním měření vystoupala hodnota  $P_T$  až nad toto pásmo. Naopak, výsledky všech měření hráček N1 a B1, s výjimkou již uvedeného prvního dne, se nacházejí nad pásmem fyziologických hodnot.

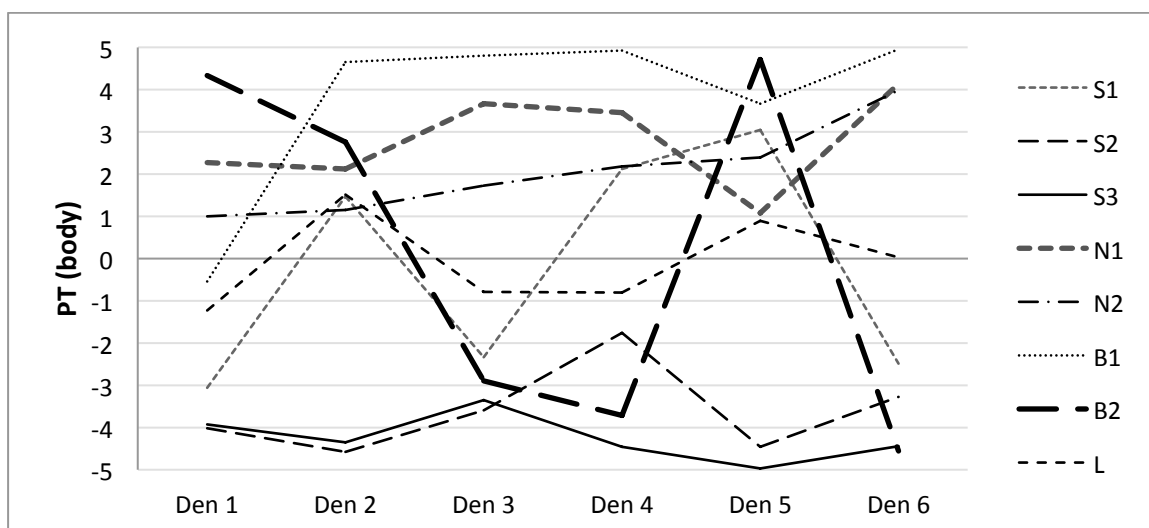
Také hodnoty celkového spektrálního výkonu hráček volejbalu zjištěné v průběhu TMII (Obrázek 11) potvrzují vysokou úroveň tohoto parametru u hráček N1 a B1 a na druhé straně značně redukováný celkový spektrální výkon u hráčky S3. Za povšimnutí také stojí křivky hodnot hráčky B2 během obou tréninkových mikrocyklů. V průběhu TMI byly u ní zaznamenány tři věcně významné změny, během druhého soustředění se všechny výsledky této hráčky nacházejí mimo pásmo fyziologických hodnot, z toho tři hodnoty jsou nad a tři hodnoty pod tímto pásmem a všechny zaznamenané změny jsou věcně významné.





*Vysvětlivky:* PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 10. Grafické znázornění průběhu individuálních změn celkového spektrálního výkonu  $P_T$  během TMI



*Vysvětlivky:* PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

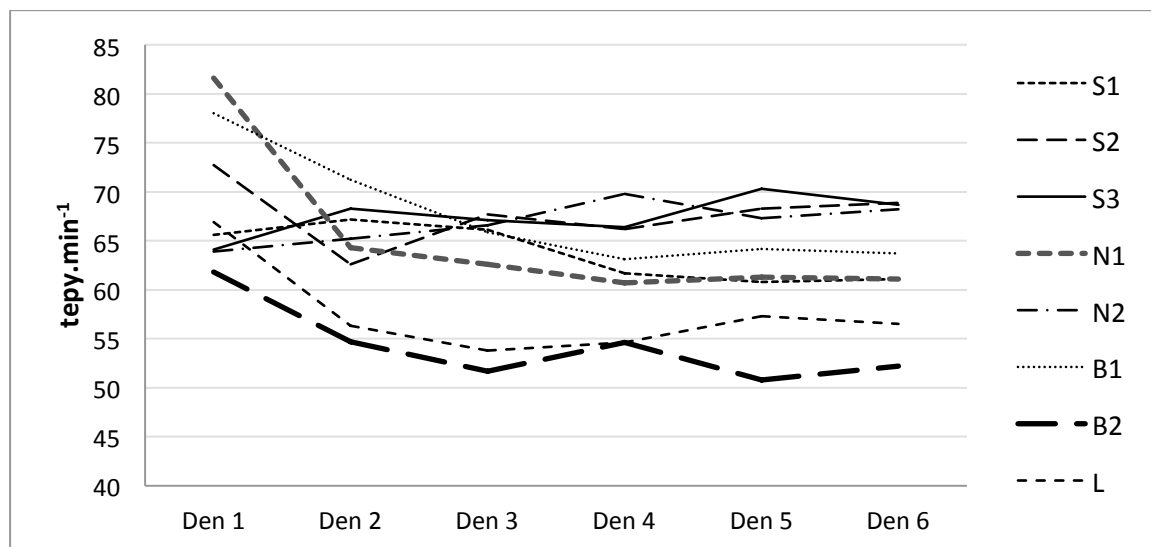
Obrázek 11. Grafické znázornění průběhu individuálních změn celkového spektrálního výkonu  $P_T$  během TMII

## 5.7 Odezva klidové srdeční frekvence na tréninkové zatížení v rámci tréninkových mikrocyklů I a II

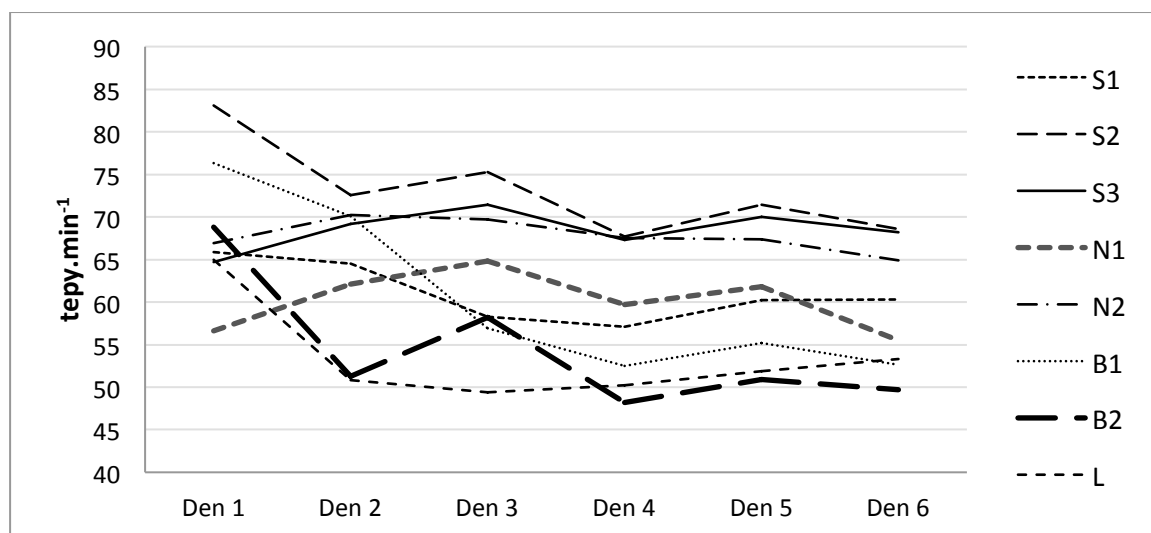
### 5.7.1 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Stejně jako u mnoha předchozích sledovaných parametrů, také v případě klidové srdeční frekvence měřené v lehu jsou u většiny hráčů vstupní hodnoty nejvyšší z celého monito-

rovaného období během obou tréninkových mikrocyklů. Během TMI se jednalo o hráčky S2, N1, B1, B2 a L (Obrázek 12), během TMII o hráčky S1, S2, B1, B2 a L (Obrázek 13). Od druhého dne potom došlo v obou případech ke stabilizaci SF s hodnotami v pásmu 50-75 tepů.min<sup>-1</sup> v průběhu prvního mikrocyklu a 45-80 tepů.min<sup>-1</sup> v průběhu druhého mikrocyklu.



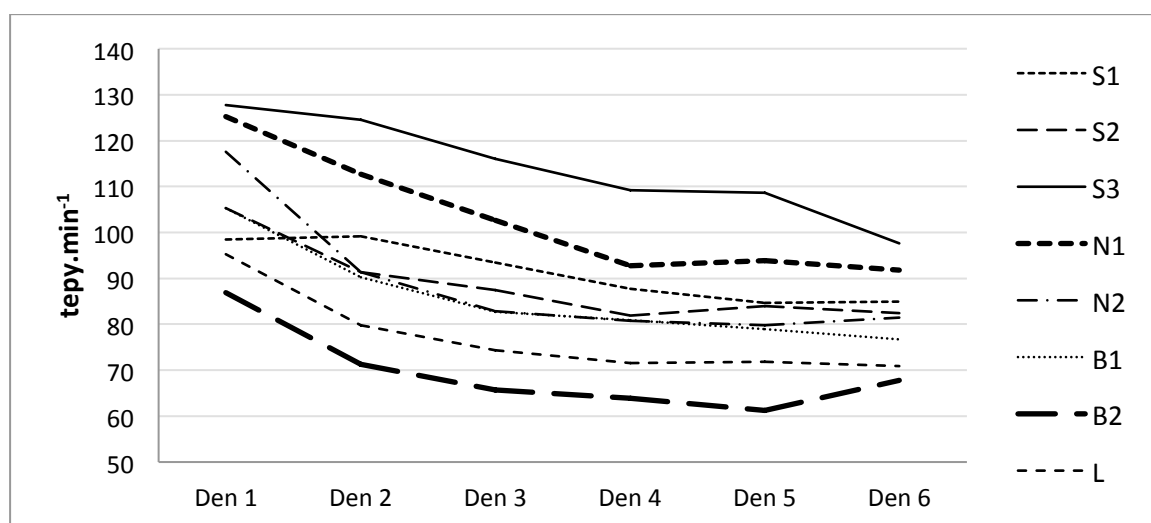
Obrázek 12. Grafické znázornění průběhu individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu během TMI



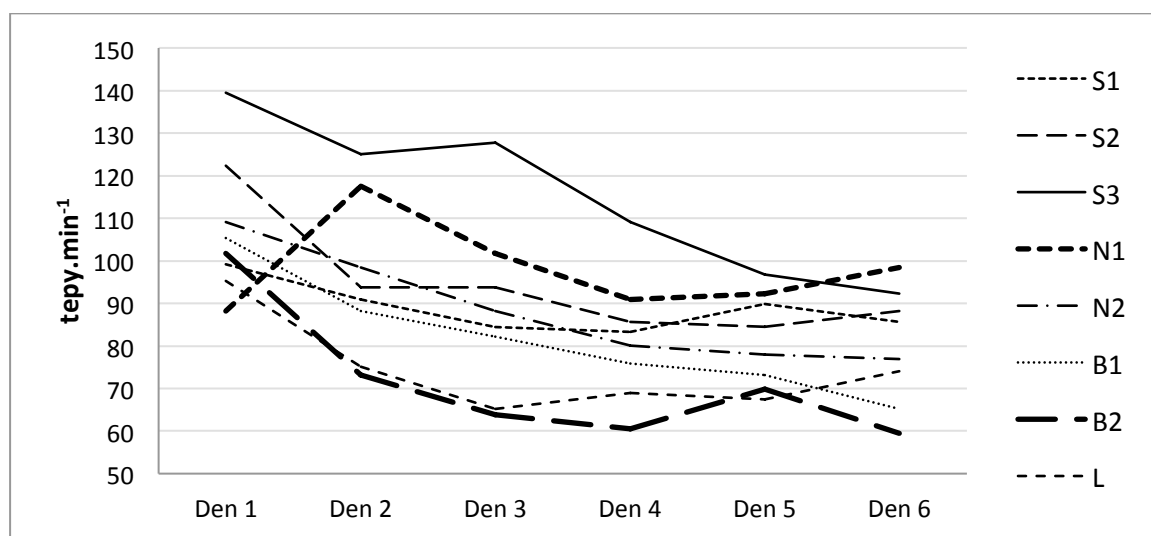
Obrázek 13. Grafické znázornění průběhu individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu během TMII

### 5.7.2 Vliv tréninkového zatížení na průběh individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené ve stoji v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Klesající průběh křivek hodnot klidové srdeční frekvence měřené ve stoji během TMI je u všech hráček podobný (Obrázek 14), s nejvyššími hodnotami při všech měřeních u hráčky S3 a nejnižšími hodnotami u hráčky B2. Obdobný trend vykazují i hodnoty tohoto parametru z druhého monitorovaného období (Obrázek 15), kdy byl sestupný trend křivek narušen pouze výrazným nárůstem hodnoty při druhém měření hráčky N1.



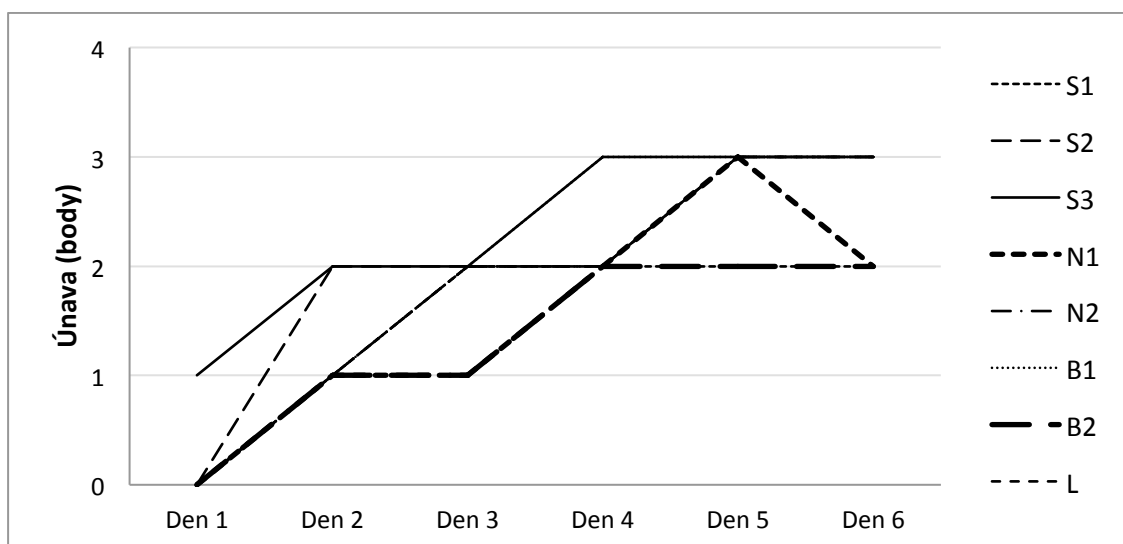
Obrázek 14. Grafické znázornění průběhu individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu během TMI



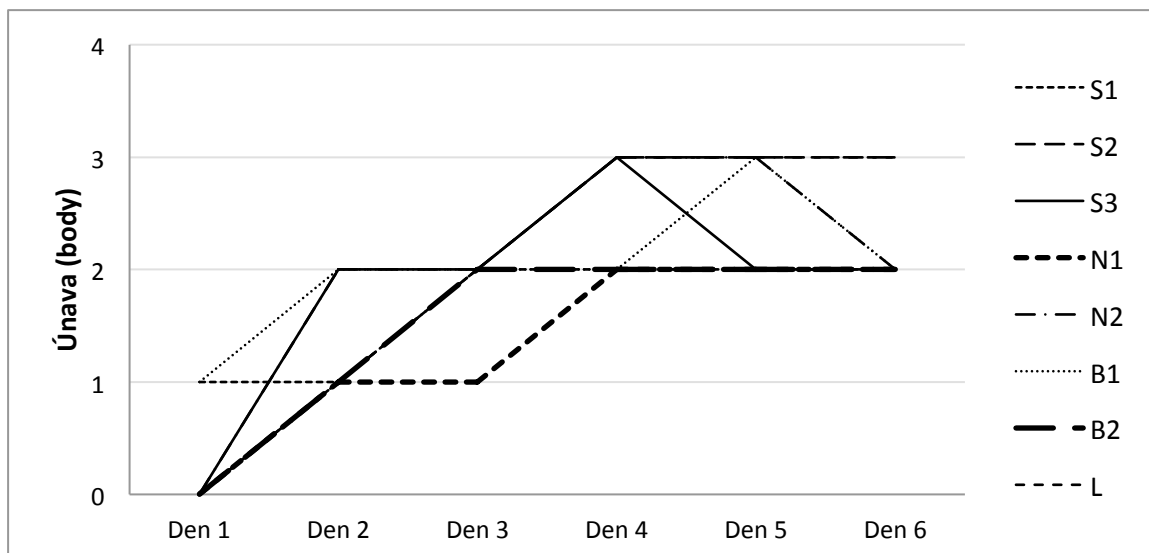
Obrázek 15. Grafické znázornění průběhu individuálních změn klidové srdeční frekvence měřené v lehu během TMII

## 5.8 Dynamika individuálních změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Během obou tréninkových mikrocyklů docházelo k výraznému vzestupu subjektivního pocitu ranní únavy u všech hráček (Obrázek 16 a 17). Při obou vstupních měřeních hodnotila většina hráček tento parametr nejnižší možnou známkou, s rostoucím objemem tréninkového zatížení hráčky subjektivně vnímanou ranní únavu hodnotily vyššími známkami. Během prvního tréninkového mikrocyklu hodnoty v posledních dvou dnech dosáhly u pěti hráček (S2, S3, N2, B1, L) nejvyšší možné hodnoty, v průběhu druhého mikrocyklu únava také kulminovala během posledních tří dní, ale pouze tři hráčky (S2, N2, L) ji hodnotily maximální možnou známkou.



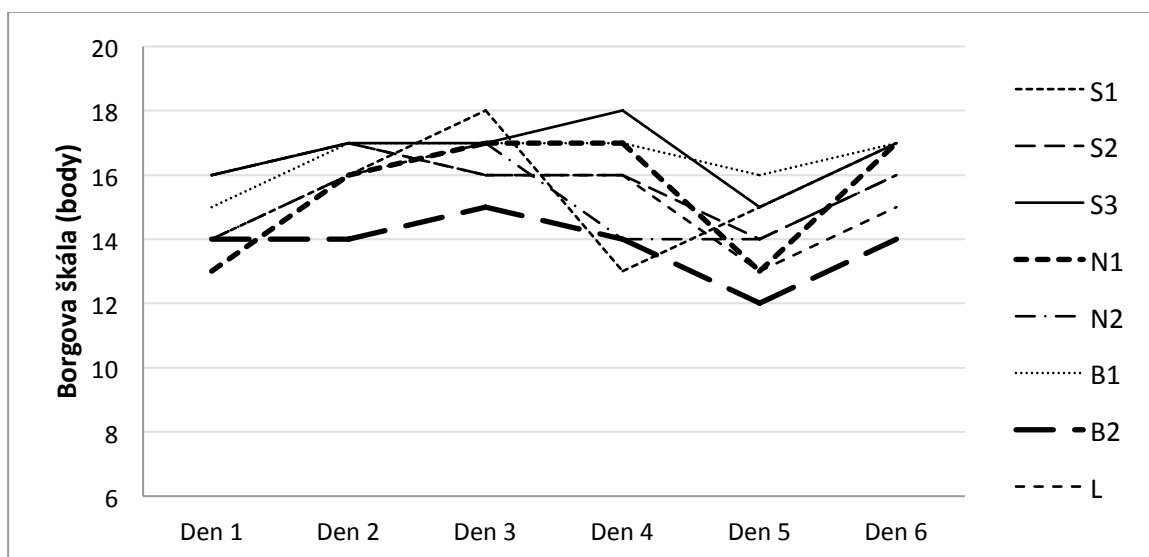
Obrázek 16. Grafické znázornění průběhu individuálních změn subjektivního pocitu ranní únavy během TMI



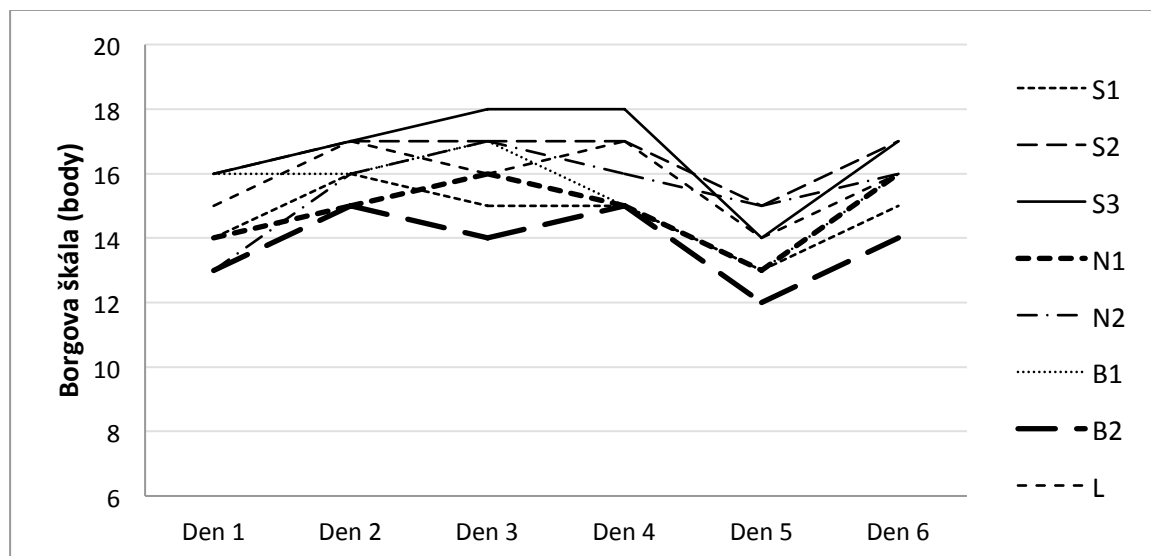
Obrázek 17. Grafické znázornění průběhu individuálních změn subjektivního pocitu ranní únavy během TMII

### 5.9 Dynamika individuálních změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

Borgovou škálou hráčky hodnotily jejich subjektivní vnímání tělesné zátěže jednotlivých tréninkových dní. Během obou monitorovaných tréninkových mikrocyklů se hodnoty shodně pohybují v rozmezí 12 až 18 bodů (Obrázek 18 a 19). Také průběh křivek je v případě obou mikrocyklů podobný, s nárůstem subjektivně vnímané tělesné zátěže od druhého do čtvrtého dne a následným poklesem pátý den soustředění. Nejnižšími hodnotami škalovala tréninkové zatížení v obou tréninkových mikrocyklech hráčka B2.



Obrázek 18. Grafické znázornění průběhu individuálních změn subjektivního pocitu hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou během TMI



Obrázek 19. Grafické znázornění průběhu individuálních změn subjektivního pocitu hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou během TMII

## 6 DISKUSE

### 6.1 Hodnocení objemu tréninkového zatížení v průběhu mikrocyklů I a II

Přípravné období je charakterizováno vysokým tréninkovým objemem (Hoffman, 2002), což platí zejména pro nesespecifickou fázi přípravného období (Gamble, 2013). Tomu odpovídá celkový objem tréninkového zatížení během obou 6denních monitorovaných tréninkových mikrocyklů, které proběhly formou úvodního soustředění ve výcvikovém středisku FTK UP Olomouc na Pastvinách. V průběhu TMI hráčky absolvovaly celkem 2020 minut tréninku, během TMII to bylo 1875 minut, což výrazně přesahuje jejich průměrný týdenní objem zatížení během soutěžního období, který činí cca 1000 min.

Podle Carter (2001) je primárním cílem tohoto období ročního tréninkového cyklu zvýšit úroveň síly a specifické volejbalové vytrvalosti, připravit organismus na nadcházející intenzivnější tréninkové zatížení, a současně udržet kvalitu provádění herních činností jednotlivce. Podobně charakterizuje začátek přípravného období i Vavák (2011), podle něhož by mělo mít v tomto období kondiční zatížení prioritu před zatížením herním. Struktura tréninkového programu obou tréninkových mikrocyklů sice ukazuje, že dominantní složkou obou soustředění byly volejbalově zaměřené tréninkové jednotky (48 % v TMI, 51 % v TMII) a podíl kondičně orientovaných tréninkových jednotek byl jen 44 % v TMI a 42 % v TMII, ale podrobnější analýza ukazuje, že to není v rozporu s předchozími tvrzeními. Tréninkové jednotky se zaměřením na volejbal se totiž v této fázi přípravného období značně liší od stejně orientovaných TJ v předsoutěžním nebo soutěžním období a dají se spíš považovat za specifický kondiční trénink. Jsou charakteristické vysokým objemem tréninkového zatížení s menším důrazem na kvalitu a rychlost prováděných herních činností, velkým skokanským zatížením i nesespecifickými herními činnostmi pro jednotlivé specializace, což jsou faktory, které zvyšují kondiční náročnost volejbalových TJ. K té také značně přispělo venkovní prostředí, ve kterém byly oba tréninkové mikrocykly realizovány. To samo o sobě činí tréninkový proces ve volejbalu náročným, zejména pohyb po antukovém povrchu hřiště, teplé letní počasí a nutnost reagovat na nepravidelný pohyb míčů ve větru.

Tréninkové jednotky se zaměřením na volejbal byly tvořeny ze dvou částí - jednu část představovala průpravná hra 6x6 (64 % volejbalových TJ v TMI, 60 % v TMII), druhou částí byly průpravná a herní cvičení (36 % volejbalových TJ v TMI, 40 % v TMII). Průpravná hra 6x6 probíhala každý tréninkový den v odpoledních či večerních hodinách, jako čtvrtá nebo pátá TJ dne, což značně snižovalo její kvalitu. V této fázi ročního tréninkového cyklu je ale herní příprava odlišná (Carter, 2001) a na rozdíl od předsoutěžního nebo soutěžního období

není tréninkovou prioritou. Probíhá paralelně s intenzivní kondiční přípravou, ve stavu zvyšující se fyzické únavy, bez nutnosti striktního dodržování specializace hráček, či s různými modifikacemi pravidel. Volejbalové TJ s průpravnými a herními cvičeními následovaly vždy ve druhé části dopolední tréninkové fáze, po bloku kondiční přípravy, čímž byla značně ovlivněna jejich kvalita.

Kvalita volejbalových TJ ale mohla být také ovlivněna vysokou teplotou a přímým sluncem, tady faktory vyvolávajícími značný teplotní diskomfort, se kterým se hráčky během ročního tréninkového cyklu téměř nesetkají. V souvislosti s tělesným zatížením v horkém klimatu dochází v organismu hráček k výraznému pocení se ztrátou sodíku a chloridů, ke zvýšení SF, ke snížení plazmatického objemu, či ke snížení množství krve pro pracující svaly s důsledkem omezení jejich vytrvalostní kapacity (Kučera, Dylevský, et al., 1999; Máček, & Radvanský, 2011). Při adaptaci na takové tréninkové podmínky ale dochází ke zvyšování objemu extracelulární tekutiny, díky čemuž klesá SF a může mít pozitivní vliv na HRV. Tuto souvislost vlivu tréninkového zatížení v horkém klimatu na HRV popisuje Buchheit et al. (2013), kdy v průběhu 24 hodin došlo k nárůstu vagem modulovaných komponent HRV navzdory akutnímu zhoršení subjektivně vnímané únavy. Podobně reagovali běžci v několikadenním pouštním závodě v extrémně horkém klimatu, kdy po očekávané redukci vagem ovlivněných parametrů v úvodních třech dnech došlo k nárůstu parasympatické aktivity, která naprosto neodpovídala nárůstu pocitu únavy a poklesu běžecké výkonnosti (Brenner, Thomas, & Shephard, 1998). Takové inverzní spojení mezi vagem modulovanými parametry HRV a aktuálním pocitem únavy ukazuje, že při hodnocení tréninkového zatížení je nutné vzít v úvahu a správně interpretovat odpověď ANS nejen ve vztahu k samotnému zatížení, ale i s ohledem na zevní prostředí. To se přímo vztahuje ke skutečnosti, že zvýšený objem krevní plazmy, výsledek adaptace na intenzivní aerobní trénink i na vysoké teploty prostředí (Green et al., 1984), má tendenci zvýšit HRV, bez ohledu na změny kondice nebo vnímání únavy (Buchheit et al., 2009).

Hlavní cíl této části volejbalových TJ, zdokonalení techniky herních činností jednotlivce, je v částečném rozporu s podmínkami, za kterých by tento typ tréninku měl probíhat – ideální tréninkové prostředí, odpočínuté a motivované hráčky, schopné koncentrovat se na detaily (Dobrý, 1988). I ve ztížených podmínkách má ale zařazení tohoto typu tréninku opodstatnění, neboť jeho sekundárním cílem je tzv. taktický dovednostně orientovaný herní kondiční trénink (Lehnert et al., 2014).

Také program kondiční přípravy, která byla v případě obou tréninkových mikrocyklů prioritou, vycházel z možností, které výcvikového středisko nabízelo. Přírodní prostředí stře-



diska poskytovalo dobré možnosti pro rozvoj aerobní vytrvalosti formou různých typů běhu, ale absence posilovny limitovala možnosti rozvoje síly. Bylo přitom prokázáno (Forthomme, Croisier, Ciccarone, Crielaard, & Cloes, 2005; Marques, Tillaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo, 2008; Noyes, Barber-Westin, Smith, & Campbell, 2011), že rozvoj síly je jedním ze základních kondičních předpokladů herního výkonu ve volejbalu. Během ročního tréninkového cyklu je u hráček volejbalu rozvoj síly periodizován v závislosti na aktuální fázi cyklu a s tím spojenými požadavky. Vavák (2011) považuje za rozhodující pro herní výkon hráček volejbalu odpovídající úroveň izometrické síly, nezbytné pro optimální postavení hráček tak, aby byly schopné zasáhnout do hry v jakékoliv situaci, a dynamické síly pro přípravu a realizaci útoku a obrany na síti.

V případě obou soustředění se jednalo o úvodní tréninkové mikrocykly přípravného období po měsíčním volnu s výrazně redukováným obsahem specifického tréninkového zatížení (32 dní bez organizované tréninkové zátěže v případě TMI a 33 dní v TMII), a mohly se u hráček projevit známky detréningu, jako je zvýšení SF v souvislosti s kardiovaskulárním systémem (Máček & Radvanský, 2011), nebo redukce aktivity vagu a zvýšení aktivity sympatiku v souvislosti s HRV (Hughson & Shoemaker, 2014). V úvodním tréninkovém mikrocyklu měl trénink síly přípravný charakter s cílem rozvoje základní síly, především pro „jádro“ těla a sestával ze čtyř částí: funkčního tréninku s využitím metody kruhového tréninku a zapojením balančních pomůcek a doplňkové zátěže ve formě medicinbalů a terabandů, z posilování břišních svalů, z kanoistiky a také z běhu do prudkého kopce.

Cílem tréninku aerobní vytrvalosti pro potřeby hráček volejbalu je zvýšení schopnosti uvolňovat oxidativně energii pro svalovou práci, zpomalit proces postupného poklesu efektivity uvolňování energie pro svalovou práci a zkvalitnit zotavovací procesy (Lehnert et al., 2006). Těžiště tréninku aerobní vytrvalosti spadá z hlediska ročního tréninkového cyklu právě do přípravného období (Vavák, 2011) a v průběhu soutěžního období je nezbytné úroveň aerobní vytrvalosti udržovat. Efektivní aerobní trénink musí být realizován dostatečnou intenzitou a převážně formou, která odpovídá pohybové struktuře herních činností (Lehnert et al., 2014). V praxi to znamená trénovat tak, aby se nesnižoval rychlostně – silový potenciál hráček v důsledku nežádoucího zapojování a fyziologických změn svalových vláken a respektovat skutečnost, že periferní adaptace na vytrvalostní trénink jsou do značné míry lokalizované do svalových skupin, které jsou trénovány a jsou specifické vzhledem k vykonávaným pohybům (Nesser & Demchak, 2007; Shepherd & Astrand, 1992). Během obou tréninkových soustředění byl rozvoj aerobní vytrvalosti realizován formou běhu a specifického kondičního tréninku v podobě volejbalových herních cvičení. Při běhu bylo využito souvislé metody ne-

přerušovaného zatížení a intervalové metody přerušovaného zatížení (intervaly 3x8 min na úrovni ANP). V průběhu TMII byly TJ zaměřené na trénink aerobní vytrvalosti také důležitou součástí úpravy tréninkového programu, protože bylo u tří hráček přistoupeno ke změně zatížení na 60 % MTR, což uvádí Neumann, Pfützer a Hottenrott (2005) jako intenzitu zatížení odpovídající regeneračnímu tréninku.

Jak vyplývá z výsledků této práce, během obou tréninkových mikrocyklů činila aktivní regenerace hráček pouze 8 % u TMI a 7 % u TMII z celkového objemu zatížení. Aktivní regeneraci představovalo v průběhu obou soustředění saunování, řízené protahovací cvičení, sportovní masáž a plavání. Poslední dvě jmenované aktivity ale nebyly zahrnuty do hodnocení objemu tréninkového zatížení. Plavání nebylo samostatnou součástí tréninkových jednotek, ale bylo velmi krátce zařazeno buď na závěr dopoledního bloku, nebo ihned po kanoistice. Sportovní masáž také nebyla zařazena do celkového objemu, protože ji hráčky využívaly zcela individuálně nejen jako součást zotavení, ale také při přípravě na tréninkové jednotky či jako součást ošetření.

Přípravné a předsoutěžní období ve sportovních hrách je přitom mnoha autory (Coutts, Reaburn, Piva, & Rowsell, 2007; Freitas, Nakamura, Miloski, Samulski, & Bara-Filho, 2014) charakterizováno jako období s vysokým objemem a intenzitou tréninkového zatížení s cílem připravit hráče na nároky dlouhého soutěžního období. Taková strategie vyžaduje nejen důsledné monitorování tréninkového zatížení, ale především odpovídající regeneraci a zotavení. Aplikace nadměrného zatížení a nedostatečného zotavení totiž může vyvolat nikoliv pozitivní adaptační odezvu, nýbrž maladaptaci. Jak uvádí Borresen a Lambert (2009), při dlouhodobé aplikaci takového typu tréninku může dojít k přetížení nebo až k přetrénování. Udržení rovnováhy mezi tréninkovým zatížením a zotavením je naopak rozhodující pro získání pozitivních tréninkových adaptací (Kellmann, 2010).

Do celkového objemu zotavení a regenerace je však nutné počítat také pasivní regeneraci, jak se označuje činnost organismu během zátěže a po zátěži, kdy se vychýlená rovnováha fyziologických funkcí vrací nejen na výchozí úroveň, ale případně je superkompenzačním mechanismem posunována žadaným směrem (Jirka, 1990). Nejběžnější a nejvýznamnější formou pasivního odpočinku je spánek. Hráčky měly během obou tréninkových mikrocyklů prostor k pasivnímu odpočinku vždy 60 minut po obědě a v době mezi večerkou (23:00 hodin) a budíčkem (7:00 hodin).

## 6.2 Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkových mikrocyklů I a II

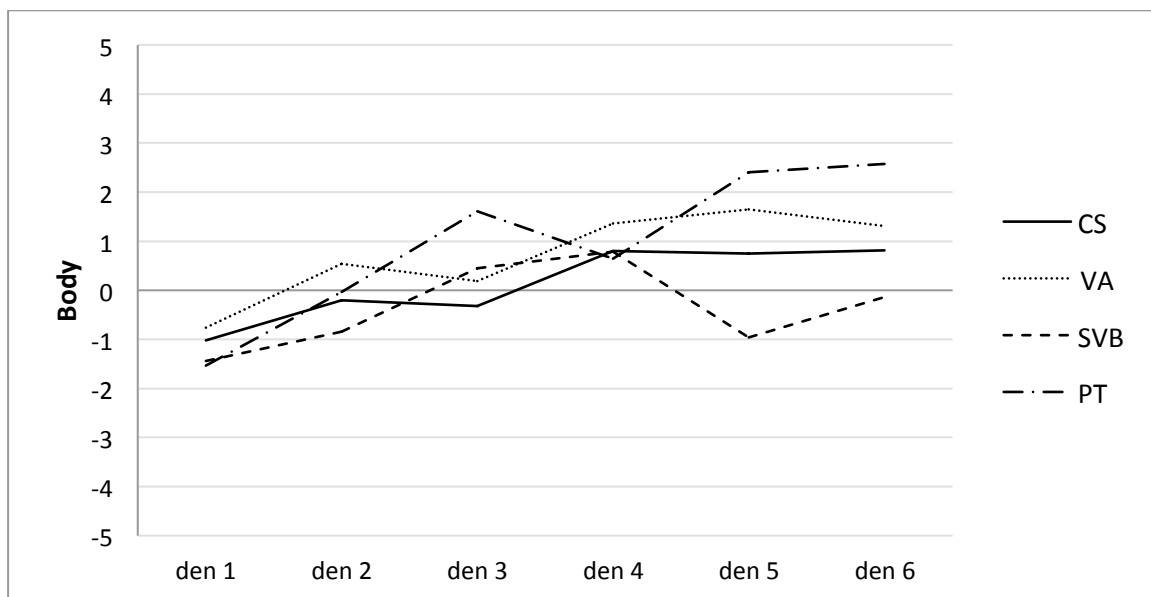
### 6.2.1 Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkového mikrocyklu I

Pro hodnocení změn v aktivitě ANS, zejména aktivitu parasympatiku, se využívá například metoda SA HRV (Task Force, 1996; Akselrod et al., 1981). V souvislosti se změnami v aktivitě ANS bylo prokázáno, že pravidelná pohybová aktivita zvyšuje klidovou HRV, zejména díky zvýšenému vlivu parasympatiku na srdeční činnost (Atlaoui, et al., 2007; Sztajzel, Jung, Sievert, & De Luna, 2008; Collier et al., 2009). Jeden z přístupů interpretace výsledků SA HRV je použití komplexních indexů SA HRV, které sdružují individuální spektrální parametry získané ve stoji a v lehu (Stejskal, 2002). Komplexní index VA ukazuje na aktivitu vagu, která je hodnocena pomocí věkově standardizovaných ukazatelů, komplexní index SVB sdružuje individuální spektrální parametry, které s věkem a při zátěži rostou, přičemž záporná hodnota komplexního indexu SVB znamená přesun aktivity ANS směrem k sympatiku a kladná hodnota přesun směrem k parasympatiku, komplexní index CS je globální ukazatel aktivity ANS (Stejskal, 2002).

Z vývoje komplexních indexů SA HRV v průběhu TMI (Obrázek 20), který probíhal bez zásahů do připraveného programu, je zřejmý vzestupný trend středních hodnot komplexních indexů CS, VA a SVB i věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu  $P_T$ . Střední hodnoty parametrů VA a SVB se při vstupním měření shodně nacházely v záporných hodnotách, což znamená, že hráčky vstupovaly do tréninkového mikrocyklu s výrazně redukovanou aktivitou vagu a relativní převahou aktivity sympatiku. Tomu odpovídají také zvýšené střední hodnoty klidové SF hráček na začátku mikrocyklu,  $66,3 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  v lehu a  $105,3 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  ve stoji. Klidová SF nespportující populace se přitom pohybuje v rozmezí od 60 do  $80 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  (Ganong, 2005), u hráček volejbalu uvádějí D'Ascenzi et al. (2014) hodnoty  $55 - 58 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  během soutěžního období. Takto redukováná aktivita vagu a relativně zvýšená aktivita sympatiku, doprovázená zvýšenými hodnotami klidové SF, odpovídá snížené adaptační kapacitě v rámci týmu na tréninkové zatížení, což není obecně považováno za vhodný výchozí stav zejména pro rozvoj aerobní kapacity. Vysoká bazální aktivita parasympatiku je přitom považována za klíčovou pro zvyšování aerobní vytrvalosti (Hedelin et al., 2001; Kiviniemi et al., 2007).

Takový výchozí stav aktivity ANS byl v rozporu s předpokladem, že by měly být hráčky po měsíčním tréninkovém volnu odpočínuté a připravené na tréninkové zatížení. Výrazně redukováná aktivita ANS s převahou sympatiku může být výsledkem periody s výrazně redukováným obsahem specifických pohybových aktivit, což se mohlo u hráček projevit známkami

mi detráninku, mezi něž patří také redukce aktivity vagu a zvýšení aktivity sympatiku (Hughson & Shoemaker, 2014). Z osmi hráček zařazených do experimentu byla redukováná aktivita parasympatiku nalezena u šesti hráček (S3, N1, N2, B1, B2 a L), přičemž u hráček B1 a S3 se hodnoty komplexního indexu VA nacházely pod hranicí fyziologických hodnot, u hráčky B1 to byla i hodnota komplexního indexu SVB. Za negativní faktory, které mohly vyvolat pokles vagové aktivity při vstupním vyšetření, lze považovat mimotréninkové vlivy z předchozího dne. Přestože byly hráčky před výzkumem instruovány, aby se den před vstupním vyšetřením vyhnuly jakékoliv náročnější fyzické i psychické aktivitě, konzumaci alkoholu a na vyšetření se dostavily nalačno, nebylo reálné, na rozdíl od dalších vyšetření v rámci tréninkového soustředění, kontrolovat dodržení těchto pokynů. Je přitom prokázáno, že mezi faktory, které vyvolávají snížení aktivity vagu a zvýšení aktivity sympatiku patří kvalita spánku a spánková deprivace (Takasea, Akimaa, & Satomurab, 2004; Zhong et al., 2005), konzumace alkoholu (Ryan & Howes, 2002) nebo mentální stres (Taelman, Vandeput, Vlemincx, Spaepen, & Van Huffel, 2011).



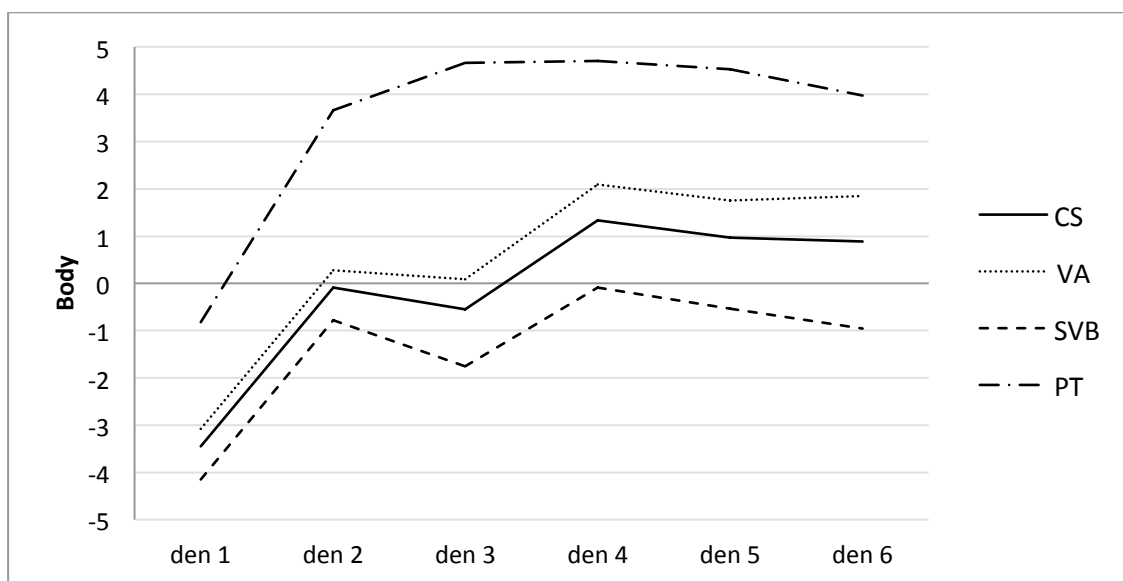
*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 20. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot v aktivitě ANS během TMI

Další vyšetření probíhaly již v prostředí výcvikového střediska, ve kterém se uskutečnila obě soustředění. V dalším průběhu TMI byla zřejmá vzestupná tendence středních hodnot komplexního indexu VA, u komplexních indexů CS a SVB byl tento trend zřetelný

od prvního do čtvrtého dne TMI s následnou stagnací středních hodnot u komplexního indexu CS a věcně významným poklesem středních hodnot u komplexního indexu SVB. Průběh změn středních hodnot věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu  $P_T$  korespondoval s dynamikou změn komplexního indexu VA což je logická paralela, neboť hodnota věkově závislého ukazatele  $P_T$  reflektuje zejména aktivitu vagu (Stejskal, 2002).

Podobný průběh změn aktivity ANS jako u středních hodnot celého souboru lze vypořádat také u hráčky B1 (Obrázek 21), u které hodnoty komplexních indexů VA a SVB ukazují při prvním měření velmi nízkou aktivitu vagu a převažující relativní aktivitu sympatiku. Oba hodnocené komplexní indexy jsou při vstupním měření pod hranicí fyziologických hodnot, což je stav, který by odpovídal hráčce ve fázi přetrénování, se sníženou adaptabilitou. Pravděpodobně se na něm ale také podílely spíše mimotréninkové vlivy, kdy snížení aktivity vagu a relativní zvýšení aktivity sympatiku mohlo být vyvoláno spánkovou deprivací, konzumací alkoholu nebo mentálním stresem.



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 21. Grafické znázornění dynamiky změn v aktivitě ANS hráčky B1 v průběhu TMI

Diametrálně odlišné jsou hodnoty sledovaných parametrů v dalším průběhu TMI, kdy postupně roste vagová aktivita hráčky B1 a vysoká je i aktivita sympatiku. Hodnota komplexního indexu VA dosáhla u této hráčky maxima čtvrtý den, kdy se dostala nad hranici fyziolo-

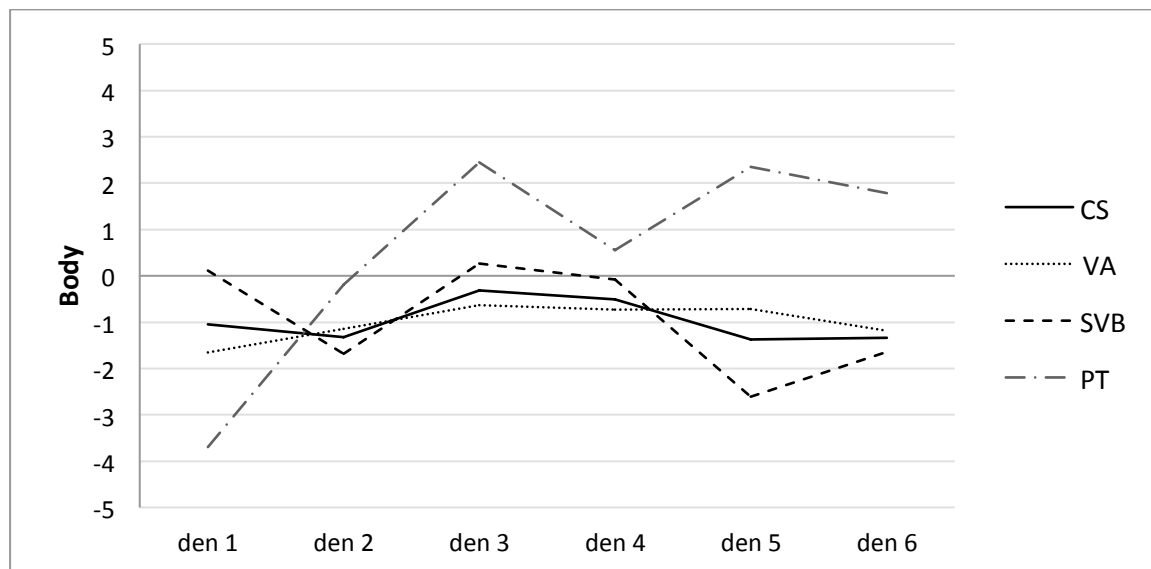
gických hodnot a těsně pod touto hranicí se udržela i při následujících dvou měřeních. Hodnoty komplexního indexu SVB se od druhého měření taky pohybovaly v pásmu fyziologických hodnot. Jedná se o obraz dobře trénované hráčky při intenzivním tréninku, na který adekvátně reaguje. Pouze mírné zvyšování aktivity sympatiku od čtvrtého měření signalizuje narůstající únavu.

Zjištěný věcně významný vzestup aktivity vagu během TMI u celého souboru i hráčky B1 lze tedy interpretovat jako zlepšení stavu ANS a zvýšení adaptačního tréninkového potenciálu, který se na základě ranní aktivity ANS využívá pro optimalizaci tréninkového zatížení (Botek et al., 2014). Situace, kdy aktivita ANS roste nebo setrvává na stejné úrovni a organismus je schopen akceptovat další tréninkové podněty navzdory subjektivně vnímané únavě, nazývají Plews et al. (2012) funkčním přetížením (functional overreaching), zatímco při nefunkčním přetížení (non-functional overreaching) dochází k systémové únavě a tréninkové zatížení by mělo být sníženo či zcela přerušeno. Pichot et al. (2002) se domnívají, že sportovci s vyšší aktivitou ANS disponují zlepšenou regulací homeostázy, což se může pozitivně odrazit na jejich sportovní výkonnosti.

Dlouhodobá optimalizace tréninkového zatížení na základě změn v ANS se jeví být organizačně jednodušší u individuálních sportů než ve sportovních hrách. U tréninkového programu, jak byl aplikován i během monitorovaných tréninkových mikrocyklů, byla pozorována široká heterogenita reakce ANS na tréninkové zatížení, přičemž mezi známé faktory, které ovlivňují individuální reakce hráček, patří věk, pohlaví, úroveň fyzické kondice nebo genetické faktory (Bouchard & Rankinen, 2001; Hautala et al., 2009). Protože hráčky většinou v rámci sportovního tréninku provádí tutéž tréninkovou aktivitu a intenzita tréninku může být pro některou z nich příliš vysoká a pro jiné příliš nízká, může to mít za důsledek, že některé hráčky mohou být trénovány neadekvátně (Cyprian & Stejskal, 2010). Také z předkládaných výsledků vyplývá, že u sledovaných hráček došlo vlivem tréninkových i mimotréninkových podnětů k rozdílným reakcím jejich organismu na společné tréninkové zatížení. U hráčky B1 docházelo v průběhu TMI ke kontinuálnímu zvyšování aktivity vagu (Obrázek 21), což lze považovat za optimální situaci z pohledu adaptačního potenciálu sportovce (Hautala et al., 2009).

Zcela odlišnou reakci na tréninkové zatížení než u hráčky B1 lze vyzorovat u hráčky L (Obrázek 22). Také u ní byla při vstupním měření zjištěna výrazně redukováná vagová aktivita a zůstala po celou dobu TMI redukováná. Výsledky vstupního měření ukázaly i na relativně nízkou aktivitu sympatiku, která se vlivem zátěže v průběhu soustředění, s výjimkou třetího měření, relativně zvyšovala. Změny v aktivitě sympatiku, které byly identifikovány

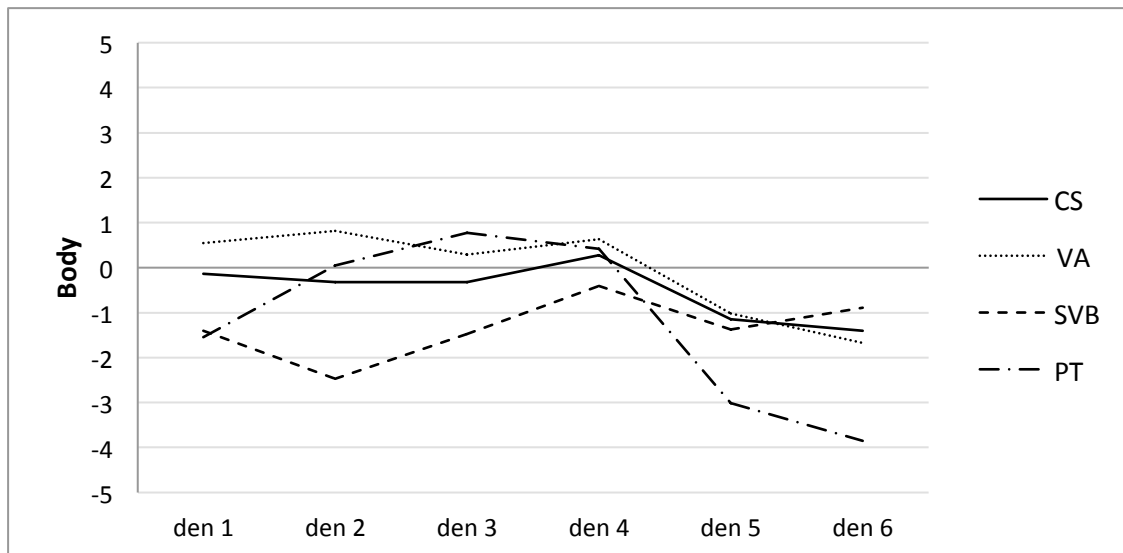
pátý a šestý den ukazují, že při pokračování aplikovaného tréninkového zatížení by mohlo dojít k nefunkčnímu přetížení či k sympatikonické formě přetrénování. Mazon et al. (2013) posuzoval ANS hráčů volejbalu a zjistil, že nízké hodnoty aktivity vagu spolu s vysokými hodnotami aktivity sympatiku, pokud přetrvávají delší dobu, mohou znamenat porušenou rovnováhu mezi zatížením a zotavením, což může vést až k přetrénování.



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 22. Grafické znázornění dynamiky změn v aktivitě ANS hráčky L v průběhu TMI

Třetí trend v odezvě aktivity ANS v rámci hodnoceného tréninkového mikrocyklu reprezentuje hráčka S2 (Obrázek 23), u níž byl při vstupním měření zjištěn stav relativní převahy aktivity sympatiku nad aktivitou vagu. Tato převaha se do čtvrtého dne postupně redukovala. Pátý a šestý den dochází k prudkému, věcně významnému snížení aktivity parasympatiku, doprovázenému snížením aktivity sympatiku. Stav ANS, při kterém dochází k přeladění autonomní aktivity na stranu sympatiku, spojují Pichot et al. (2002) s možným následným přetížením. Zdá se, že absolvované tréninkové zatížení bylo nad adaptační kapacitou hráčky, která má pravděpodobně sníženou adaptabilitu. Za předpokladu, že by došlo k úpravě tréninkového zatížení již v průběhu TMI, byla by u hráčky S2 doporučena redukce tréninkových podnětů.



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

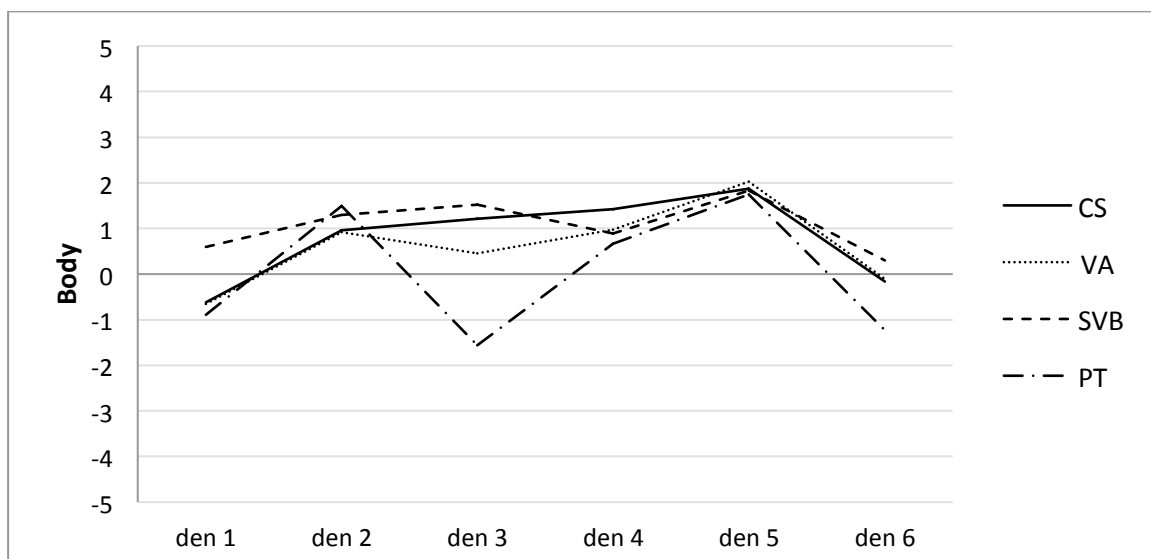
Obrázek 23. Grafické znázornění dynamiky změn v aktivitě ANS hráčky S2 v průběhu TMI

### 6.2.2 Hodnocení změn v aktivitě ANS v průběhu tréninkového mikrocyklu II

Z vývoje komplexních indexů SA HRV v průběhu TMII (Obrázek 24), který probíhal s aktivním přizpůsobením tréninkového zatížení na základě ranních měření aktivity ANS, je zřejmé, že při vstupním měření byla zjištěna podobně redukováná aktivita ANS, jako před rokem během TMI. Redukovaná aktivita parasympatiku byla detekována u hráček S1, S2, S3, B1 a L, u hráček B1 a S3 byla naměřena i výrazně redukováná aktivita sympatiku. Střední hodnoty komplexních indexů VA a SVB ukazují, že tým vstupoval do tréninkového mikrocyklu s redukovanou aktivitou parasympatiku i sympatiku, což spolu se zvýšenými středními hodnotami klidové SF ( $66,4 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  v lehu a  $103,5 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$  ve stoji) opět naznačuje sníženou adaptabilitu týmu na tréninkové zatížení. I tentokrát se lze, stejně jako u TMI, domnívat, že redukováná aktivita parasympatiku byla výsledkem mimotréninkových vlivů, jako jsou porušení životosprávy (konzumace alkoholu, spánková deprivace atd.) nebo silný psychosociální stres související například s řešením školních povinností (všechny hráčky byly studentkami UP v Olomouci) nebo začátkem přípravného období. Především vlivem tréninkových podnětů následně stoupají střední hodnoty komplexních indexů VA i SVB až do pátého dne soustředění. Mezi ranním měřením pátý den TMII a následujícím měřením šestý den došlo k věcně významnému poklesu všech sledovaných ukazatelů, což ukazuje na stav vysoké únavy (Schmitt, 2013). Důvod takto výrazné redukce aktivity ANS



není zřejmý, neboť mu bezprostředně předcházela úprava intenzity tréninkového zatížení u dvou hráček (S2, S3) během celého pátého dne. U hráčky B2 byla redukce intenzity tréninkového zatížení provedena poslední, šestý den TMII. Tato redukce spočívala ve snížení intenzity běhu na 60 % MTR, což uvádí Neumann, Pfützer a Hottenrott (2005) jako intenzitu zatížení odpovídající regeneračnímu tréninku. Dále u nich byla snížena intenzita zatížení během volejbalově orientovaných tréninků omezením počtu výskoků (během průpravné hry 6x6 hrály pouze jako hráčky zadní řady). To by se mělo podle Stanley, Peake a Buchheit (2013) projevit nárůstem vagem ovlivněných komponent HRV již během 24 hodin. Akutní pokles parametru  $P_T$  je naopak spojován s vysokou intenzitou tréninku (Müller, Stejskal, Jakubec & Kalina, 2004). Podle závěru studie Jakubce et al. (2004) je ale rychlost zotavení funkčního stavu ANS značně variabilní a je ovlivněna řadou faktorů, mezi něž patří výkonnost kardiovaskulárního systému, kdy vyšší hodnoty  $VO_{2max}$  znamenají zrychlení vagové regenerace (Hautala et al., 2009, klidové hodnoty CS, VA,  $P_T$  a další. Brink et al. (2010) v souvislosti s tím navrhuje provádět zásahy do tréninkového programu nejdříve po třech po sobě následujících měřeních. Hodnota subjektivně vnímaného tělesného zatížení charakterizující pátý den mikrocyklu byla dokonce nejnižší z celého soustředění. Současně ale tři hráčky (S1, B1 a N2) vykazaly při ranním měření šestý den TMII drobné zdravotní potíže (škrábání v krku, mírná bolest kolene), což mohlo hrát roli, stejně jako teplé letní počasí během celého mikrocyklu, nebo jiné mimo-tréninkové podněty ovlivňující HRV (Leicht et al., 2009; Zhong et al., 2005).



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

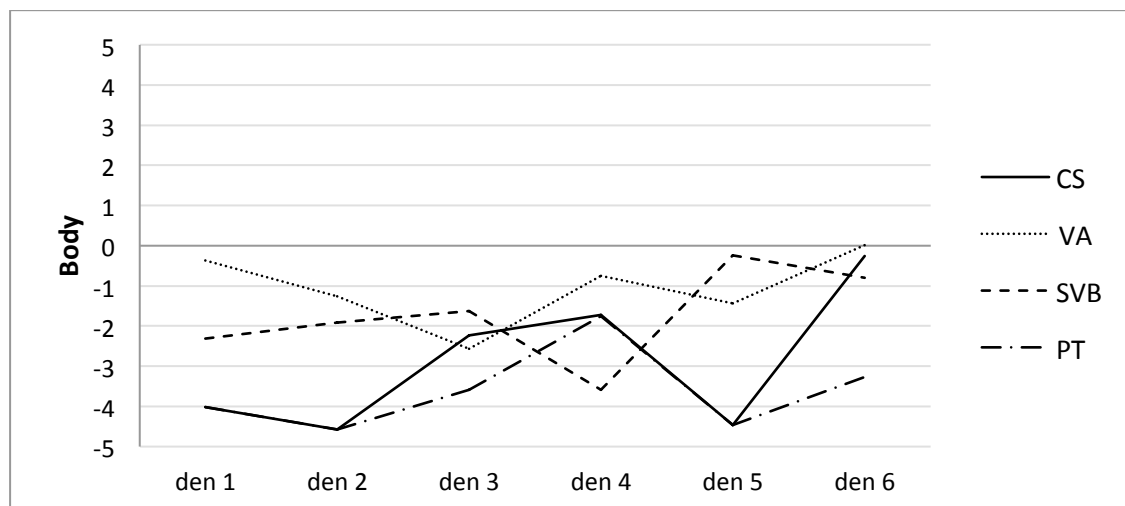
## Obrázek 24. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot v aktivitě ANS během TMII

Podobně jako u TMI se i u TMII ukázalo, že u hráček docházelo k individuálním reakcím ANS na tréninkové zatížení, což podporuje úvahy o individualizaci tréninkového procesu také ve sportovních hrách. Kiviniemi et al. (2007) prokázal, že individualizovaný tréninkový program na základě aktivity ANS je vhodnější pro zvýšení sportovní výkonnosti než standardní tréninkový program a je současně praktickým nástrojem, jak předejít nepříznivé reakci organismu na tréninkové zatížení a ztěžování. Důsledné řízení sportovního tréninku ve volejbalu není možné provádět pouze na základě posuzování středních hodnot celého týmu, které neumožňují vyhodnotit individuální reakce jednotlivých hráček na tréninkové i mimotréninkové vlivy. Ke stejnému závěru došli také Buchheit a Rabbani (2014), podle kterých může být ve sportovních hrách porovnávání průměrných změn celého týmu u proměnných HRV značně zavádějící.

Svědčí o tom i aktivita ANS hráček S2 a S3 v průběhu TMII (Obrázek 25 a 26). Ta byla, na rozdíl od středních hodnot komplexních indexů celého souboru, značně redukována po celou dobu soustředění. Jak uvádí Botek (2007), hodnota  $P_T$  je za určitých podmínek limitující pro posuzování aktivity ANS komplexními indexy SA HRV. U obou hráček byla u většiny ranních vyšetření natolik snižena aktivita ANS, respektive aktivita vagu, že se hodnota  $P_T$  nacházela pod úrovní -4 bodů. Za těchto podmínek je hodnota komplexního indexu CS totožná s hodnotou  $P_T$  a komplexní indexy VA a SVB jsou z hodnocení aktivity ANS vyřazeny. Vyhnout se delšímu období s velmi nízkou aktivitou parasympatiku je přitom v procesu sportovního tréninku zásadní, protože to může limitovat výsledky tréninku (Kiviniemi et al., 2007). Konstantně nízké hodnoty  $P_T$  potom považují Mourot et al. (2004) a Pichot et al. (2000) za indikátor možné chronické únavy hráček. U obou hráček byla po ranním měření pátý den mikrocyklu upravena intenzita tréninkového zatížení, na což organismus hráček S2 i S3 reagoval věcně významným nárůstem aktivity vagu. Z toho lze usuzovat, že předcházející tréninkové zatížení přesahovalo adaptační kapacitu hráček a zůstává otázkou, jaký by byl další vývoj v případě pokračování měření.

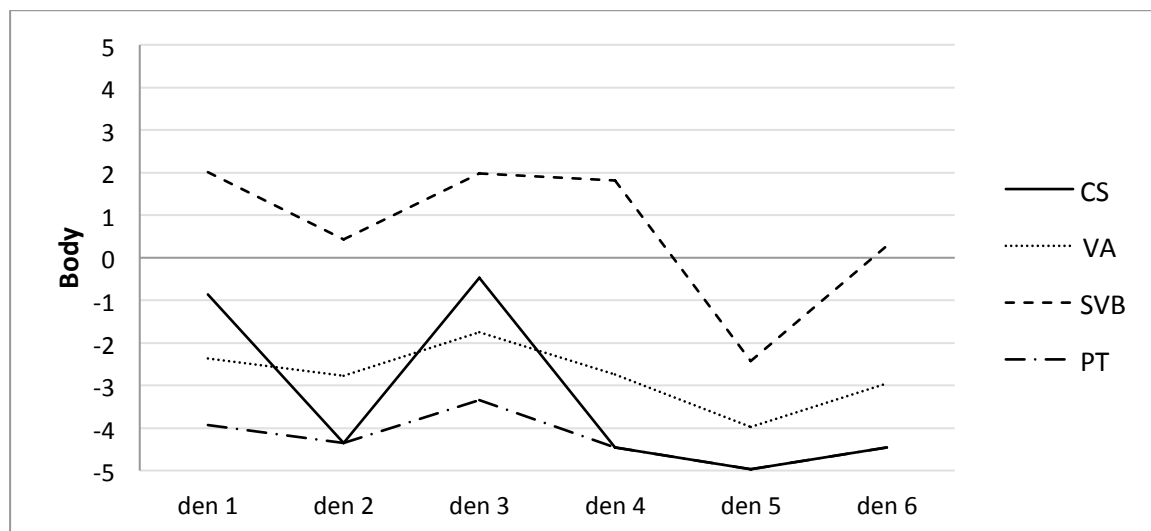
Redukovaná aktivita vagu u hráčky S3 zase nemusí odrážet pouze absolvované tréninkové zatížení. Vzhledem k podobnému průběhu změn komplexních indexů už během TMI a s ohledem na vysoké hodnoty její klidové SF v průběhu obou mikrocyklů (64 – 71 tepů.min<sup>-1</sup> v lehu a 92 – 139 tepů.min<sup>-1</sup> ve stoji) by měly být brány v úvahu i možné negativní zdravotní nebo geneticky podmíněné faktory. V souvislosti se zdravotními vlivy popisují Falcone et al. (2014) změny v kardiovaskulární homeostáze, klidovou tachykardií a redukcí parametrů HRV

jako příznaky hypertyreózy - poruchy funkce štítné žlázy. Dalším možným vysvětlením redukované autonomie aktivity této hráčky může být částečně genetická podmíněnost aktivita vagu, protože Hedelin et al. (2001) považuje komponentu HF za geneticky podmíněnou složku, která následně ovlivňuje další rozvoj kondice.



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 25. Grafické znázornění dynamiky změn v aktivitě ANS hráčky S2 v průběhu TMII



*Vysvětlivky:* CS – komplexní index celkového skóre; VA – komplexní index vagové aktivity; SVB – komplexní index sympatovagové balance; PT – věkově standardizovaný celkový spektrální výkon

Obrázek 26. Grafické znázornění dynamiky změn v aktivitě ANS hráčky S3 v průběhu TMII

Collier et al. (2009) uvádějí, že změny v aktivitě sympatiku a parasympatiku úzce souvisí s typem prováděné pohybové aktivity. Podle De Meersman (1993) souvisí zvýšená aktivita vagu vlivem vytrvalostního tréninku se zvýšenou aerobní kapacitou. Přestože je tedy aktivita ANS, respektive aktivita parasympatiku, pozitivně ovlivňována vytrvalostním tréninkem (Tulppo et al., 2003; Kiviniemi et al., 2006), není pravděpodobné, že to je dostatečné vysvětlení pro identifikované zvýšení střední hodnoty komplexního indexu VA a věkově standardizovaného celkového spektrálního výkonu  $P_T$ . Hodnoty  $VO_{2max}$  zjištěné při vstupních měřeních se sice u všech hráček, kromě hráčky B1 (v případě obou tréninkových mikrocyklů) a hráčky S3 (u TMII), pohybují nad průměrnou hodnotou netrénované populace, tzn. pro ženy nad  $36 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (Åstrand et al., 2003), ale zdaleka nedosahují hodnot vytrvalostních sportovců. Ani popsané tréninkové zatížení během obou tréninkových mikrocyklů (Kapitola 6.1) nelze označit jako vytrvalostně orientované.

Naopak, i přes zvýšený podíl aerobní vytrvalosti ve srovnání s předsoutěžním a soutěžním obdobím, stále převažuje volejbalově a silově zaměřené tréninkové zatížení. Mazon et al. (2013) zkoumali u 32 hráčů volejbalu autonomní modulaci HRV před a po 12týdenním soutěžním období a nezjistili statisticky významnou změnu u žádného parametru spektrální analýzy HRV. Domnívají se, že je to z důvodu převažujícího anaerobního tréninkového zatížení vysoké intenzity. Tyto závěry korespondují s dalšími studiemi, jejichž výsledky neukázaly žádné změny v aktivitě ANS u sportovců s intenzivním anaerobním tréninkovým zatížením (Berkoff, Cairns, Sanchez, & Moorman, 2007; Vinet, Beck, Nottin, & Obert, 2005). K jiným výsledkům došli Chen et al. (2011), kteří prokázali, že aktivita parasympatiku korespondovala se změnou výkonnosti vzpěračů. Změny v aktivitě ANS jako výsledek tréninkového mikrocyklu se zvýšeným silovým zatížením zase zkoumali u 11 hráčů volejbalu Lehnert, Janura, Jakubec, Stejskal a Stelzer (2006) a zjištěné redukované hodnoty SA HRV interpretovali tak, že zvýšené silové zatížení zvyšuje požadavky na regeneraci hráčů.

### **6.3 Hodnocení změn klidové srdeční frekvence v průběhu mikrocyklů I a II**

Klidová SF je považována za jeden z ukazatelů funkčního stavu organismu, přičemž její nárůst je spojován se zvýšeným tělesným zatížením a pokles se zotavením (Jeukendrup, Haselink, Snyder, Kuipers, & Keizer, 1992; Kuipers & Keizer, 1998). Problém klidové SF leží, kromě její závislosti na dalších faktorech ovlivňujících měření, jako je mentální stres a okolní podmínky, v jejím relativně malém rozsahu. Ve studii Pichot et al. (2000) se průměrná ranní

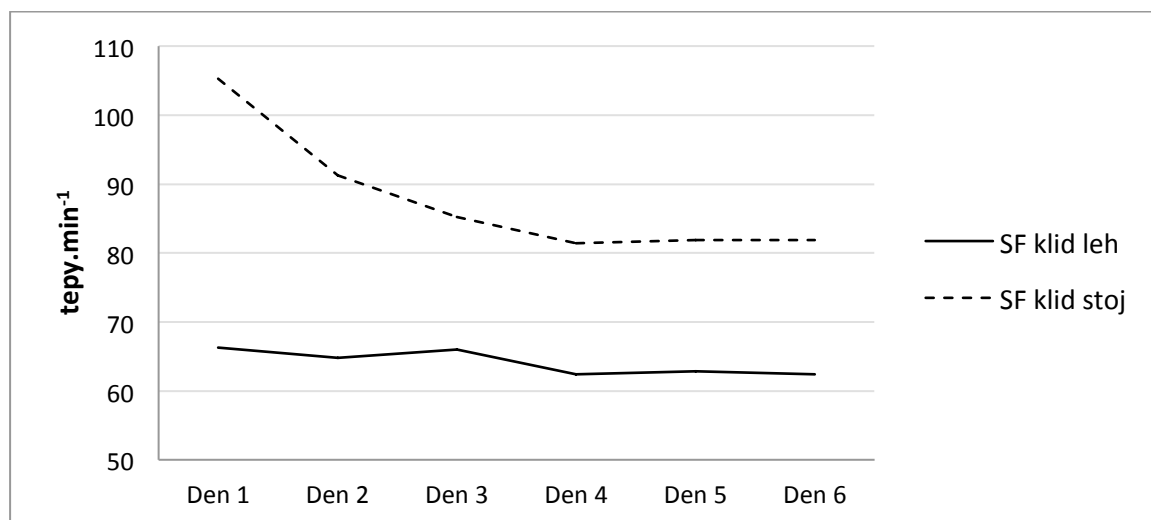
klidová SF, jeden z nejčastěji používaných indexů únavy, během 3týdenního intenzivního tréninku, lišila pouze o 3,74 tepů.min<sup>-1</sup>, což, přestože bylo statisticky signifikantní, považovali autoři za hodnotu na hranici věcné významnosti. K podobným výsledkům, dokonce bez statistické významnosti, dospěli i Verde, Thomas a Shephard (1992).

Řada studií dokazuje, že klidová SF je u sportovců nižší ve srovnání s pohybově neaktivními jedinci (Shin, Minamitani, Onishi, Yamazaki, & Lee, 1997; Goldsmidt, Bigger, Steinman, & Fleiss, 1992), u nichž se pohybuje v rozmezí od 60 do 80 tepů.min<sup>-1</sup> (Trojan et al., 2003), z obrázků 27 a 28 je patrné, že střední hodnoty klidové SF hráček volejbalu byly v průběhu obou monitorovaných tréninkových mikrocyclů relativně vysoké, v rozsahu od 57,9 do 66,9 tepů.min<sup>-1</sup>. Podobné výsledky prezentovali i Podstavski, Boraczyński, Nowosielska-Swadźba a Zwolińska (2014), když zjistili u 8 hráčů volejbalu průměrnou klidovou SF 60,2 tepů.min<sup>-1</sup> v přípravném období a 64,9 tepů.min<sup>-1</sup> v soutěžním období a Mazon et al. (2013), kteří u 32 hráčů volejbalu zjistili průměrné hodnoty klidové SF 58,6 tepů.min<sup>-1</sup> před soutěžním obdobím a 58,9 tepů.min<sup>-1</sup> po něm. Zjištěné výsledky jsou naopak v mírném rozporu s Vavákem (2011), který uvádí klidové hodnoty SF u hráčů volejbalu v rozmezí 65-75 tepů.min<sup>-1</sup> a hodnoty přesahující 80 tepů.min<sup>-1</sup> považuje u trénovaného jedince za projev přetrénování.

Dynamika změn středních hodnot klidové SF měřené v lehu během TMI a TMII vykazuje sestupný trend s nejvyššími zjištěnými středními hodnotami v pozicích v lehu i ve stoji při vstupním měření, tedy v obou případech po období měsíční periody s výrazně redukováným obsahem specifických pohybových aktivit. To se, podobně jako v případě hodnocení ANS, mohlo u hráček projevit známkami detréningu. V souvislosti s klidovou SF a detréningem popisují Máček a Radvanský (2011) úbytek krevního objemu u trénovaných osob o 5 – 12 % v případě krátkodobého detréningu a až o 20 % v při delším trvání inaktivity, což má za důsledek zvýšení srdeční frekvence o 5 – 10 %. Nejvyšší zjištěné střední hodnoty klidové SF při vstupním měření mohly být ale také negativně ovlivněny mimotréninkovými vlivy. V dalším průběhu TMI i TMII se střední hodnoty klidové SF měřené v lehu i ve stoji snižují, navzdory rostoucí subjektivně pocíťované únavě, ale ve shodě s rostoucími středními hodnotami komplexního indexu VA. Tato redukce středních hodnot byla při porovnání vstupních a posledních vyšetření ve všech případech věcně významná. Tyto výsledky jsou v souladu se studií Botka, Stejskala a Větvičky (2012), kteří pokles SF měřené v lehu i v ortostáze přisuzují rozvoji nových adaptací po 2měsíčním detréningu, který je spojován s částečnou nebo úplnou ztrátou tréninkem vyvolaných anatomických, fyziologických a výkonnostních adaptací (Mujika & Padilla, 2001). Z dynamiky SF měřené v obou polohách došli Botek et al. (2012)

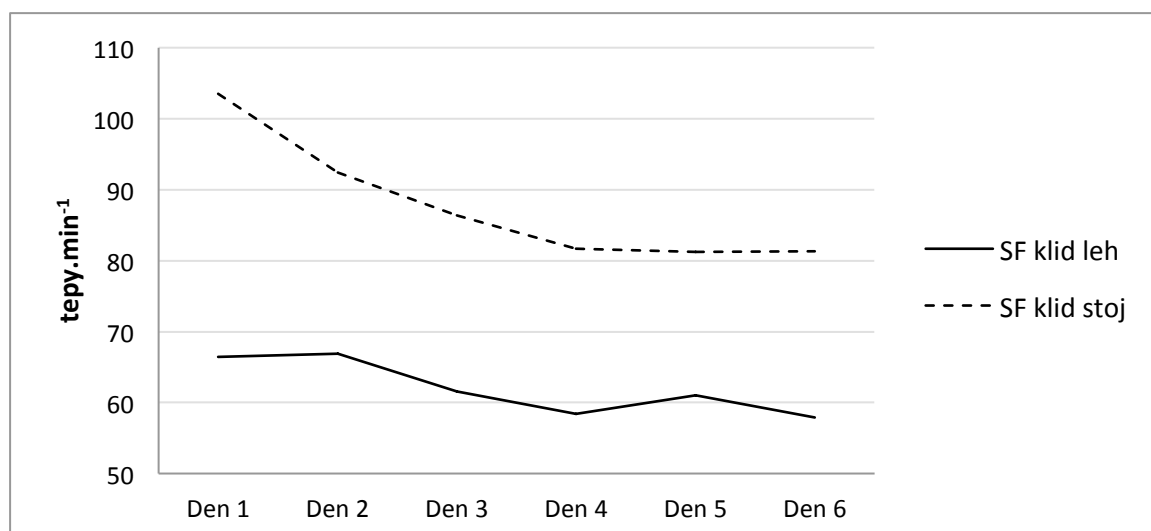
k závěru, že kardiovaskulární adaptace může být sledována jak v lehu tak i během ortostázy. Klidová SF měřená ve stoji je také podle Botka, Krejčího a Weissera (2014) senzitivnější identifikátor únavy než klidová SF měřená v lehu.

Jak bylo již uvedeno v kapitole 6.2.2, při posledním měření během TMII byly zjištěny výrazně redukováné střední hodnoty komplexního indexu VA i věkově standardizovaného  $P_T$ . Střední hodnoty klidové SF měřené v pozicích leh i stoj byly ale nejnižší, resp. druhá nejnižší střední hodnota z celého TMII. Tyto výsledky podporují závěry Plews et al. (2012), kteří zjistili u vagem modulovaných komponent HRV silnější trend směrem k přetížení než u klidové SF. L. Uusitalo, J. Usitalo, a Rusko (1998) detekovali vzestup komponenty LF u vytrvalostních sportovců na konci 6týdenního tréninkového období. Jejich výsledky ukázaly nárůst sympatiku v okamžiku, kdy sportovci dosáhli úrovně přetrénovanosti, přestože jejich klidová SF měřená v lehu se nezměnila. Podle toho označili sníženou úroveň HRV jako indikátor nastupující únavy. Proto Pichot et al. (2000) doporučují měření HRV aplikované v tréninkovém procesu, které může lépe než hodnoty klidové SF odhalit prahové hodnoty, jež by sportovci neměli překročit, pokud se chtějí vyhnout stavu přetrénování.



*Vysvětlivky:* SF klid leh – klidová SF měřená v lehu; SF klid stoj - klidová SF měřená ve stoji

Obrázek 27. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot klidové SF během TMI



*Vysvětlivky:* SF klid leh – klidová SF měřená v lehu; SF klid stoj - klidová SF měřená ve stoji

Obrázek 28. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot klidové SF během TMII

#### 6.4 Hodnocení změn subjektivního pocitu ranní únavy v průběhu mikrocyklů I a II

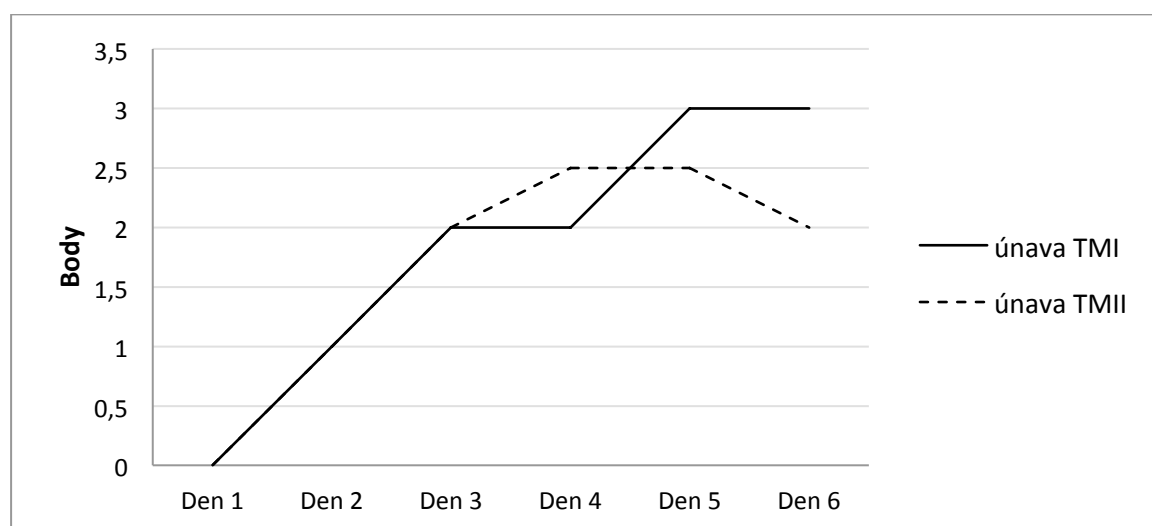
Ve sportovním tréninku je záměrné střídání tréninkového zatížení a fáze odpočinku zařazováno za účelem narušení tělesné homeostázy a následného dosažení vyšší výkonnostní úrovně (Fiskerstrand & Seiler, 2004). Při řízení tohoto procesu je snahou trenérů vyhnout se akumulaci únavy, která by mohla narušit výkonnost sportovců. Meeusen et al. (2013) popisují vznik únavy jako souvislý process sahající od záměrné, kontrolované únavy, nezbytné pro zvyšování výkonnosti a vyžadující zotavení v řádu hodin či dnů, tzv. funkčního přetížení (Plews et al., 2012) až po chronickou únavu, jejíž zotavení může trvat týdny i měsíce (Matos, Winsley, & Williams, 2011). V rozvinutém stadiu přetrénování může trvat návrat do normálního stavu až jeden rok (Hedelin et al., 2000).

Rozlišit mezi funkčním přetížením organismu a chronickou únavou je pro trenéra obtížné, ale zcela nezbytné (Fry, Lawrence, Morton, Schreiner, & Polglaze, 1993). Pro každodenní hodnocení hladiny únavy se používá několik nástrojů, žádný z nich ale nemůže stav únavy či přetrénování spolehlivě identifikovat (Hartman & Mester, 2000). Mezi tyto nástroje patří i analýza HRV, protože mnozí autoři se domnívají, že stav přetížení nebo přetrénování koresponduje s aktivitou ANS (Hedelin et al., 2000; Kiviniemi et al., 2007; Lee, Wood, & Welsch, 2003; Plews et al., 2013; Stejskal, 2002).

V předložené práci bylo sledováno tréninkové zatížení hráček volejbalu v rozsahu dvou úvodních tréninkových mikrocyklů. Oba tréninkové mikrocykly proběhly formou soustředění

ve výcvikovém středisku, čímž bylo částečně eliminováno působení mimotréninkových stresorů, které by mohly zvyšovat únavu a redukovat aktivitu ANS. Hackney et al. (2000) k mimotréninkovému stresu řadí stres psychosociálního původu, špatné stravovací návyky, zdravotní stav, negativní vlivy prostředí a stres pocházející z cestování.

U hráček se během obou tréninkových mikrocyklů projevovaly zřetelné známky ranní únavy (Obrázek 29). Střední hodnoty subjektivního pocitu ranní únavy rostly od vstupního měření, při kterém hráčky v obou případech zaznamenaly nejnižší možnou hodnotu. Od třetího dne hráčky během obou tréninkových mikrocyklů škálovaly ranní únavu vysokými středními hodnotami (dva až tři body) a na této úrovni zůstaly střední hodnoty až do konce soustředění. To ale příliš nekorresponduje s aktivitou ANS, která ve většině parametrů vykazovala rostoucí trend během obou mikrocyklů. Stejskal (2002) v tomto kontextu uvádí, že ženy disponují menší adaptační kapacitou než muži, ale jsou senzitivnější na její překračování. Vysoké škálovaný subjektivní pocit ranní únavy by mohl v tomto případě fungovat jako jejich obranný mechanismus. Pouze pátý a šestý den TMI, které hráčky hodnotily nejvyšším stupněm únavy, byl zaznamenán také věcně významný pokles komplexního indexu SVB do záporných hodnot, naznačující zvýšenou aktivitu sympatiku nad vagem. Tento stav je charakteristický pro sportovce, kteří opakovaně podstupovali intenzivní tréninkové zatížení. Změnu k sympatické dominanci přitom jako jeden z indikátorů přetížení u vytrvalostních sportů označují Buchheit, Simon, Piquard, Ehrhart a Brandenberger (2004) a Mourot et al. (2004).



*Vysvětlivky:* únavu TMI – subjektivní pocit ranní únavy během tréninkového mikrocyklu I; únavu TMII – subjektivní pocit ranní únavy během tréninkového mikrocyklu II

Obrázek 29. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot subjektivního pocitu ranní únavy během TMI a TMII



Opačná situace nastala během TMII, kdy se střední hodnota subjektivního pocitu ranní únavy při posledním měření snížila ve srovnání s předchozím dnem, k čemuž pravděpodobně přispěla i úprava tréninkového zatížení pátý den mikrocyklu. Všechny sledované parametry aktivity ANS přitom zaznamenaly výrazný pokles.

Z uvedených výsledků můžeme usuzovat, že neexistuje vztah mezi aktuálním stavem ANS jako objektivním ukazatelem změn v organismu a subjektivním hodnocením ranní únavy, což jsou závěry, ke kterým došli také Botek, Stejskal a Neuls (2007). Tvrzení, že regulace tréninkového zatížení na základě subjektivního vnímání je nedostačující a za některých situací i nebezpečná vyplynulo i ze závěru studie Müllera, Stejskala, Jakubce & Kaliny (2004). Pokud by se trenér řídil při plánování velikosti zatížení pouze subjektivními pocity sportovce, mohlo by dojít k nedotrénování v případě, kdy by hráčka subjektivně pociťovala únavu, přestože by její ANS byl v optimálním stavu a mohla by absolvovat vysoce kvalitní trénink. V horším případě by mohlo dojít k překročení adaptační kapacity hráčky, pokud by se cítila dobře, přestože by její organismus ještě nebyl zregenerován po předchozím zatížení, případně by stav jejího ANS neumožňoval plné zatížení z jiných příčin (psychický stres, nemoc apod.). V chronické podobě by toto neustálé překračování adaptační kapacity mohlo vést ke vzniku syndromu přetrénování.

Dávkování tréninkového zatížení podle doporučení získaných na základě výsledků SA HRV více odpovídá stavu ANS. Trénink upravený podle tohoto doporučení tak může být daleko efektivnější ve smyslu zvyšování výkonnosti a trénovatelnosti. Přesto ale Buchheit a Rabbani (2014) doporučují kombinovat více metod, protože považují SA HRV bez podpory údajů o intenzitě a objemu tréninkového zatížení a bez psychometrických parametrů za nedokonalý nástroj.

## **6.5 Hodnocení změn subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou v průběhu mikrocyklů I a II**

Roční tréninkový cyklus je ve volejbalu, stejně jako u ostatních sportovních her, charakteristický relativně krátkým přípravným obdobím a dlouhým předsoutěžním a soutěžním obdobím. Proto je během přípravného období zcela běžnou praxí vysoký objem tréninkového zatížení i relativně vysoká intenzita tréninku s cílem připravit hráčky, aby byly schopny čelit herním a kondičním požadavkům dlouhého soutěžního období (Coutts & Reaburn, 2008). Takový přístup vyžaduje důslednou kontrolu tréninkového zatížení, protože nepřiměřené tréninkové zatížení by mohlo vést k přetížení nebo k přetrénování (Boressen & Lambert, 2009;

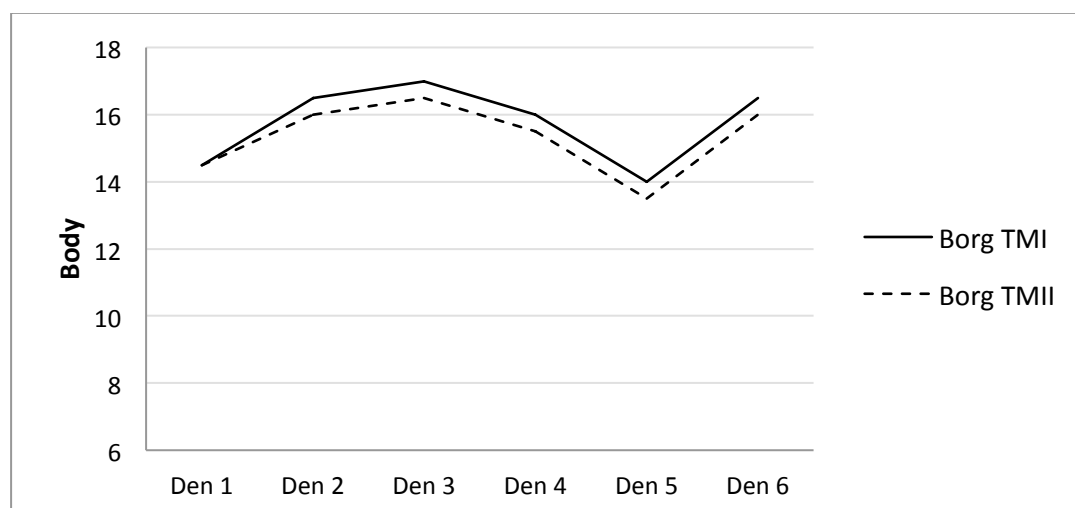
Foster et al., 2001). Podstatou takové kontroly tréninkového zatížení je kvantifikace a pravidelné monitorování výkonu a psychofyziologických změn vyplývajících z rovnováhy mezi zatížením a zotavením (Coutts, Wallace, & Slattery, 2007).

V tomto smyslu se jeví možností využití hodnocení subjektivně vnímaného úsilí jako jednoduchá, snadno použitelná metoda kvantifikace vnitřního zatížení v mnoha sportech (Coutts & Reaburn, 2008; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Rodriguez-Marroyo, & Antoñan, 2015), ale pouze omezeně ve sportovních hrách, včetně volejbalu (Bara Filho, Andrade, Nogueira, & Nakamura, 2013; Freitas, Nakamura, Miloski, Samulski, & Bara Filho, 2014). Výhodami RPE škál jsou jejich snadná použitelnost, neinvazivnost a využití pro monitorování efektu tréninkového zatížení (Kentta & Hassmen, 1998). Mezi nimi je Borgova RPE škála schopná monitorovat účinnost tréninkového zatížení ve sportovních hrách i v období zvýšeného objemu nebo intenzity zatížení (Nederhof, Zwerver, Brink, Meeusen, & Lemmink, 2008). Mahon, Plank a Hipp (2003) ale upozorňují, že vnímání je ovlivněno věkem, testovým protokolem a druhem zátěže. Při hodnocení setrvalého stavu (např. u vytrvalců) dokáží být výsledky Borgovy škály poměrně přesné. V tréninku sportovních her, který je charakteristický intermitentním typem zatížení, je použití RPE vhodné pouze pro určení tréninkového zatížení. V tréninku házené jej doporučují jako vhodný a spolehlivý prostředek pro hodnocení intenzity Fernández-Castanys, L. J. Chiroso Ríos a I. Chiroso Ríos (2002). Naopak Buchheit (2015) prezentoval u hráčů házené sklon nadhodnocovat tréninkové zatížení při využití Borgovy škály.

Z předložených výsledků středních hodnot subjektivního hodnocení tělesné zátěže stanovených vždy po ukončení tréninkového dne (Obrázek 30) vyplývá, že během obou tréninkových mikrocyklů hodnotily hráčky zatížení stupni „namáhavé“ (14 – 15 bodů) a „velmi namáhavá“ (16 – 17 bodů), pouze pátý den TMII byl pocitově klasifikován jako „poněkud namáhavý“. Taková klasifikace koresponduje s vysokým objemem, který hráčky během obou tréninkových mikrocyklů absolvovaly, i s úpravou intenzity tréninkového zatížení, která byla provedena u dvou hráček (S2, S3) právě pátý den TMII. Naopak střední hodnoty Borgovy škály hráček během obou soustředění neodpovídají dynamice aktivity ANS. Bylo by přitom logické očekávat, že u hráček, které podstoupí vysoký objem tréninkového zatížení a jako namáhavé či velmi namáhavé ho také na Borgově škále hodnotí a následující den ráno ohodnotí svoji subjektivně vnímanou únavu vysokou známkou, se to projeví ve snížené aktivitě ANS. Garcin, Fleury, Mille-Hamard a Billat (2005) se zabývali pohlavními diferencemi ve vnímání zatížení pomocí Borgovy škály a zjistili, že ženy v porovnání s muži hodnotily stejnou intenzitu zatížení vyjádřenou v absolutních jednotkách ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) vyšším

stupněm RPE.

Ve spojitosti se subjektivním hodnocením zatížení uvádějí Mocková et al. (2000), že vnímání zatížení je komplexním psychofyziologickým procesem, který může být ovlivněn mnoha fyziologickými, psychologickými a dalšími faktory, což může v konečném důsledku zkreslovat výsledné hodnocení. Watt a Grove (1993) dokonce spekulují, že až třetina hodnocení může být dána těmito faktory. Všechny hráčky byly před oběma tréninkovými mikrocykly verbálně instruovány, že hodnocení subjektivně vnímaného zatížení probíhá po ukončení poslední tréninkové fáze dne. Je tedy možné, že přípravná hra 6x6, která probíhala každý den v odpoledních nebo večerních hodinách, mohla ovlivnit celodenní vnímání zatížení a tím i hodnotu Borgovy škály. Pro některé hráčky mohla být tato tréninková fáze příjemným zpestřením dne, naopak pro některé mohlo být obtížné hru ve venkovním, kondičně náročnějším, prostředí vnímat jinak než jako další zátěžový podnět.



*Vysvětlivky:* Borg TMI – subjektivní hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou během tréninkového mikrocyklu I; Borg TMII – subjektivní hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou během tréninkového mikrocyklu II

Obrázek 30. Grafické znázornění dynamiky změn středních hodnot subjektivního hodnocení tělesné zátěže Borgovou škálou během TMI a TMII

Zjištěné výsledky naznačují, že hráčky volejbalu pravděpodobně nejsou schopné na základě svého pocitu posoudit dostatečně přesně absolvované tréninkové zatížení na Borgově škále. Proto je možné konstatovat, že pro monitorovanou skupinu hráček volejbalu není subjektivní hodnocení tělesné zátěže pomocí Borgovy škály vhodný způsob monitorování a následné korekce velikosti tréninkového zatížení.

## 6.6 Limity studie

Za limity předkládané práce považujeme nemožnost plné kontroly průběhu výzkumu, zejména časového úseku bezprostředně předcházejícímu vstupnímu měření. V části tréninkových mikrocyklů probíhajících v prostoru výcvikového střediska bylo možné značně omezit působení mimotréninkových vlivů na hráčky, i když všechny nebylo reálně postihnout. Dodržení stanovených pokynů pro vstupní měření muselo být, pro zachování přirozených tréninkových podmínek, zcela ponecháno na zodpovědnosti hráček. Případné nedodržení pokynů před vstupním vyšetřením mohlo výrazně ovlivnit stav ANS (který je velmi citlivý na vnější i vnitřní vlivy) jednotlivých hráček i trend celé skupiny. Z toho důvodu je také interpretace skupinových i individuálních dat získaných při vstupních vyšetřeních značně limitována.

Dále nebyla hodnocena intenzita tělesného zatížení měřením SF v průběhu všech tréninkových jednotek, což neumožnilo kalkulaci intenzity tréninkových podnětů (TRIMPS) podle Banister (1991). V průběhu výzkumu nebyla k dispozici technologie, která by umožňovala snímat SF hráček během celého tréninkového dne bez jejich výraznějšího omezení, což platí zejména pro volejbalově zaměřené tréninkové jednotky. Intenzita tréninkového zatížení se přitom výrazně projevuje ve změnách vagové aktivity.

Dalším faktorem, který mohl mít vliv na interpretaci výsledků během obou tréninkových mikrocyklů, bylo menší množství informací, které hráčky zaznamenávaly každé ráno před vyšetřením ANS. U hráček nebyla zjišťována hormonální antikoncepce, menstruace ani kvalita spánku, což jsou faktory, které mohou ovlivňovat aktivitu ANS.

Limitem předkládané práce je také absence kontrolní skupiny, která by ověřila vliv tréninkového zatížení v daném prostředí na aktivitu ANS. Při použití kontrolní skupiny by bylo, vzhledem k zaměření práce na využití SA HRV pro účely individualizace tréninkového procesu ve volejbalu i s ohledem na specifika celého souboru, nereálné navození relativně analogických tréninkových i mimotréninkových podmínek, kterým byly hráčky po dobu experimentu vystaveny. Z tohoto důvodu se domnívám, že tento typ práce použití kontrolní skupiny prakticky vylučuje.

Výsledky předkládané práce mohlo ovlivnit i složení výzkumného souboru. Délka sportovní kariéry, herní post, pozice v týmu nebo znalost prostředí, ve kterém tréninkové mikrocykly proběhly, jsou faktory, které také mohly mít vliv na zjištěné výsledky.

## 7 ZÁVĚRY

Pro efektivní řízení tréninkového procesu ve sportovních hrách je nezbytné hledat vhodné metody monitorování tréninkového zatížení. Je přitom zřejmé, že z hlediska optimalizace adaptačních změn je nutné sledovat především individuální reakce organismu na tréninkové zatížení a zatěžování. Také mezi sledovanými hráčkami volejbalu byly zjištěny relativně velké interindividuální rozdíly v úrovni autonomní aktivity, které byly výsledkem působení tréninkových a mimotréninkových stresových podnětů. Během obou kondičně zaměřených tréninkových mikrocyklů, které představovaly úvodní mikrocykly přípravného období, docházelo u hráček k individuálním reakcím ANS na absolvované tréninkové zatížení. To podporuje nejen myšlenku individualizace tréninkového procesu ve volejbalu, ale ukazuje také, že tréninkový program řízený na základě aktivity ANS je praktickým nástrojem, jak předejít negativním reakcím organismu na tréninkové zatížení a zatěžování. Potvrdilo se, že řízení sportovního tréninku ve volejbalu není možné pouze na základě posuzování středních hodnot celého týmu, které neumožňuje vyhodnotit individuální reakce jednotlivých hráček na tréninkové i mimotréninkové vlivy.

V průběhu obou tréninkových mikrocyklů docházelo u všech hráček vlivem tréninkových i mimotréninkových podnětů k výrazným změnám v aktivitě ANS (věcně významné rozdíly v hodnotách posuzovaných parametrů). Hodnoty vstupního vyšetření byly pravděpodobně ovlivněny předcházejícím obdobím s redukovanou specifickou pohybovou aktivitou a mimotréninkovými vlivy, zatímco následující změny autonomní aktivity byly spíše důsledkem absolvovaného tréninkového zatížení. Proto je nutné vzít v úvahu, že hráčky nejsou vystaveny pouze stresu tréninkového charakteru, ale také mimotréninkového, který se za určitých okolností může podílet na kumulaci únavy a dalších negativních vlivů, snižujících jejich trénovatelnosti.

U hráček volejbalu aktuální stav ANS v průběhu obou tréninkových mikrocyklů nekorespondoval se subjektivním pocitem ranní únavy, což naznačuje, že není vhodné provádět úpravy velikosti tréninkového zatížení na základě subjektivního vnímání únavy. Mohlo by totiž dojít k nedotrénování nebo naopak k překročení adaptační kapacity hráčky, což by mohlo vést k jejímu přetížení nebo přetrénování.

Pro monitorovanou skupinu hráček volejbalu se subjektivní hodnocení tělesné zátěže pomocí Borgovy škály nejeví jako vhodný způsob monitorování velikosti tréninkového zatížení. Hráčky pravděpodobně nejsou schopné dostatečně přesně posoudit absolvované tréninkové zatížení.

## *Závěry pro praxi*

SA HRV je metodou, kterou lze využít pro řízení tréninkového procesu a která umožňuje individualizovat tréninkové zatížení ve volejbalu, zejména v oblasti kondiční přípravy. Z hlediska časového a organizačního je její uplatnění ve sportovních hrách, resp. ve volejbalu mnohem náročnější než měření jednotlivců v individuálních sportech a monitorovat každodenní změny v aktivitě ANS u celého družstva je během ročního tréninkového cyklu téměř nemožné.

Uplatnění se nabízí především v přípravném období, kdy je objem tréninkového zatížení nejvyšší z celého ročního tréninkového cyklu a vysoký je i podíl kondičního tréninku. V tomto období je rovněž ve volejbalu aktuální nebezpečí přetížení, případně přetrénování hráček. Pro adekvátní interpretaci dat by bylo vhodné sledovat hráčky delší časový úsek a monitorování doplnit větším množstvím údajů o aktuálním zdravotním i mentálním stavu hráček, což by umožnilo přesnější analýzu získaných dat.

Ukazuje se, že metoda SA HRV použitá v tréninkovém procesu je, ve srovnání s klidovou SF, senzitivnějším nástrojem pro zjištění mezních hodnot tréninkového zatížení. Ty by u hráček neměly být překročeny, pokud se chce trenér vyhnout zvýšenému riziku vzniku nefunkčního přetížení nebo přetrénování.

## 8 SOUHRN

Monitorování aktivity autonomního nervového systému (ANS) metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV) umožňuje posuzovat změny v organismu, které byly vyvolány tréninkovými i mimotréninkovými podněty.

Hlavním cílem disertační práce bylo získat poznatky o změnách v aktivitě ANS, umožňující individualizaci tréninkového zatížení hráček ve volejbalu využitím metody SA HRV. Dílčími cíli bylo vyhodnotit objem tréninkového zatížení hráček volejbalu v průběhu úvodního tréninkového mikrocyklu bez zásahů do připraveného programu a během úvodního tréninkového mikrocyklu s přizpůsobením tréninkového zatížení na základě aktivity ANS, posoudit změny v aktivitě ANS hráček volejbalu v průběhu obou tréninkových mikrocyklů, zjistit vztahy mezi psychometrickými parametry a aktivitou ANS u hráček volejbalu a posoudit vliv tréninkového zatížení na změnu klidové SF monitorované ve stoji a v lehu. Byly formulovány čtyři výzkumné otázky: k jakým změnám v aktivitě vagu dochází vlivem tréninkového zatížení hráček během tréninkového mikrocyklu I a tréninkového mikrocyklu II, k jakým změnám ve vzájemném poměru sympatiku a vagu dochází vlivem tréninkového zatížení hráček během tréninkového mikrocyklu I a tréninkového mikrocyklu II, k jakým změnám klidové SF hráček dochází během tréninkových mikrocyklů I a II při monitorování v pozicích v lehu a ve stoji a zda existuje u hráček volejbalu souvislost mezi psychometrickými parametry a aktivitou ANS během tréninkových mikrocyklů I a II?

Výzkumný soubor tvořilo 8 hráček (tři smečařky, dvě blokařky, dvě nahrávačky a jedno libero) družstva volejbalu žen SK UP Olomouc ve věku  $21,3 \pm 1,3$  let, s tělesnou výškou  $180,4 \pm 7,6$  cm a tělesnou hmotností  $74,1 \pm 11,1$  kg. Všechny hráčky podstoupily na začátku obou tréninkových mikrocyklů vstupní vyšetření, které se skládalo z maximálního zátěžového testu a vyšetření ANS metodou SA HRV. Během výzkumu absolvovaly hráčky každý den ranní vyšetření ANS. Na základě výsledků tohoto měření byly případně u hráček v průběhu druhého tréninkového mikrocyklu provedeny změny intenzity tréninkového zatížení. Navíc před každým ranním vyšetřením hráčky vyplňovaly dotazník zaměřený na hodnocení subjektivně vnímané ranní únavy a po ukončení každého tréninkového dne hráčky hodnotily pomocí Borgovy (RPE) škály subjektivní vnímání velikosti tréninkového zatížení.

Tréninkové jednotky se zaměřením na volejbal byly tvořeny ze dvou částí, z průpravné hry 6x6 a průpravných a herních cvičení, s cílem zdokonalení techniky herních činností jednotlivce a taktického dovednostně orientovaného herního kondičního tréninku. Program kon-

diční přípravy byl tvořen tréninkem síly, který měl přípravný charakter s cílem rozvoje základní síly a tréninkem aerobní vytrvalosti formou běhu a specifického kondičního tréninku v podobě volejbalových herních cvičení. Aktivní regenerace tvořila během obou tréninkových mikrocyklů 8 a 7 % celkového objemu zatížení. Pro interpretaci výsledků SA HRV byly použity komplexní indexy CS, VA, SVB a věkově standardizovaný celkový spektrální výkon  $P_T$ .

Celkový objem tréninkového zatížení během dvou 6denních tréninkových mikrocyklů 2020 minut v rámci prvního mikrocyklu a 1875 minut během druhého mikrocyklu. Struktura tréninkového programu obou tréninkových mikrocyklů ukazuje, že dominantní složkou obou soustředění byly volejbalově zaměřené tréninkové jednotky (48 % a 51 %), podíl kondičně orientovaných tréninkových jednotek představoval 44 % během prvního tréninkového mikrocyklu a 42 % ve druhém mikrocyklu

Ranní měření aktivity ANS ukázalo, že vlivem tréninkových i mimotréninkových podnětů byly u sledovaných hráček velké interindividuální rozdíly v úrovni jejich autonomní aktivity, což potvrzuje nezbytnost individuálního posuzování reakce na tréninkové zatížení a zatěžování také ve sportovních hrách. Působením stresových podnětů docházelo během obou tréninkových mikrocyklů také k intraindividuálním změnám v aktivitě ANS u jednotlivých hráček. Nejhorší hodnoty byly u většiny sledovaných parametrů v případě obou tréninkových mikrocyklů zaznamenané při vstupním měření. V dalším průběhu obou mikrocyklů docházelo k výrazným změnám v aktivitě ANS. Tyto změny autonomní aktivity souvisely, s výjimkou vstupního měření, pravděpodobně zejména s reakcí na tréninkové zatížení, neboť mimotréninkové podněty byly do jisté míry eliminovány prostředím tréninkového kempu. Korekce v podobě redukce intenzity tréninkového zatížení během druhého tréninkového mikrocyklu byla provedena u tří hráček, na což reagoval organismus dvou hráček věcně významným nárůstem aktivity vagu.

Střední hodnoty klidové SF hráček volejbalu byly během obou tréninkových mikrocyklů relativně vysoké, v rozsahu od 57,9 do 66,9 tepů.min<sup>-1</sup>. Dynamika změn středních hodnot klidové SF měřené v lehu i ve stoji vykazuje sestupný trend. Nejvyšší zjištěné hodnoty obou mikrocyklů při vstupních měřeních byly pravděpodobně negativně ovlivněny mimotréninkovými vlivy. V dalším průběhu obou mikrocyklů se střední hodnoty klidové SF ve shodě s trendem komplexního indexu VA snižovaly.

Mezi subjektivním pocitem ranní únavy a ranní aktivitou ANS nebyl u monitorovaných hráček volejbalu zjištěn žádný vztah. Z toho vyplývá, že vnímání únavy mohlo být ovlivněno i jinými faktory, kterými není aktivita ANS ovlivněna. Rovněž subjektivní vnímání tréninkového zatížení pomocí Borgovy škály nekorespondovalo s aktivitou ANS, což naznačuje, že by



trenéři při řízení tréninkového zatížení neměli výhradně spoléhat na subjektivní pocity hráček, které mohou do jisté míry zkreslovat reálný stav organismu.

Z výsledků práce vyplývá, že SA HRV je metodou, která umožňuje individualizovat tréninkové zatížení ve volejbalu, zejména v oblasti kondiční přípravy.

## 9 SUMMARY

Spectral analysis of heart rate variability (SA HRV) is a non-invasive method of monitoring the autonomic nervous system (ANS) activity. SA HRV enables feedback evaluation of the amount of internal changes induced particularly by the training load.

The main aim of this thesis was to confirm the possibility of monitoring the ANS activity by SA HRV for optimization of the training load level in female volleyball players. Secondary aims include assessing the volume of training load during two introductory training microcycles, the first of them without any interventions into a prepared program, the second one with some adaptations based on the ANS activity, then analyzing and interpreting the changes in the ANS activity which were caused by training and non-training stimuli, and furthermore to compare the level of ANS activity with the level of the Borg's (Rate of Perceived Exertion) scale and the feeling of morning fatigue.

The experimental group consisted of 8 players (3 attackers, 2 middle blockers, 2 setters and a libero) of SKUP Olomouc women volleyball team. Their mean age was  $21.3 \pm 1.3$  years, body height  $180.4 \pm 7.6$  cm and body weight  $74.1 \pm 11.1$  kg. All the players underwent an initial examination, which included a maximum exertion test and an examination of their ANS activity by SA HRV. All the players underwent a morning examination of ANS activity every day throughout the whole experiment. The players also filled out a questionnaire as a part of the morning routine, before each examination of ANS activity. When each training session finished, the players immediately underwent an evaluation of the perceived exertion by Borg's (RPE) scale. The results of SA HRV were interpreted by means of complex indices CS, VA, SVB and age standardized total power spectrum  $P_T$ .

The players took part in two 6 days training microcycles with the total training load volume of 2,020 min during the first microcycle and 1,875 min during the second one. Structure of both training microcycles shows that the main part of both training camps were volleyball oriented sessions (48 and 51 %). They consisted of 6 v 6 preparatory games without any rules modifications and from preparatory and game-like drills focused on correct technique of volleyball skills and volleyball specific conditioning. The percentage of conditioning part was 44 and 42 % and it was focused on strengthening of trunk muscles, and general aerobic endurance. The part of active recovery was 8 and 7 % of the total training load.

The morning measurement of ANS activity revealed markedly interindividual differences in autonomic activity level of the players induced by both training and non-

training stresses. This confirms the necessity of individualized data assessment in team sports as well. Training and non-training stimuli induced also marked changes in autonomic activity of the players with the lowest middle values on the initial days of both training microcycles. These changes of autonomic activity, except for the initial measurement, were probably connected mainly with the training load as the non-training stresses were mostly eliminated due to the location of the training camp. Corrections of the load in a form of training load intensity reduction were made in three players during the second microcycle.

Values of resting HR of the players were quite high during both training microcycles, ranging from 57.9 to 66.9 beats per minute. Dynamics of resting HR changes monitored both in supine and standing positions shows an increasing tendency. Highest values in both microcycles were measured on the initial day, probably due to non-training stresses, followed by decreasing values of both resting HR and VA complex index.

No relationship was found between feeling of morning fatigue and ANS activity in the players. It was concluded that perception of morning fatigue was probably influenced by other factors without any relation to the autonomic activity level. The data of the Borg's (RPE) scale did not correspond with the ANS activity either which indicates that coaches should not depend on players' subjective feelings exclusively to control the training load as it can misrepresent a real state of a body.

Results of the thesis show that SA HRV is a suitable method for individualization of training load in volleyball, particularly during conditioning part of preparatory period.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44, 1031-1051.
- Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213(4504), 220-222.
- Alberda, J. (1995). Load in volleyball. In F. Dannenmann (Ed.), *Load in volleyball* (pp. 11-33). Frankfurt/M.: DVV.
- Allen, D. G. & Westerblad, H. (2001). Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 536, 657-665.
- Åstrand, P-O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercises* (4th ed.). Windsor, Canada: McGraw-Hill.
- Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour, J. R., & Chatard, J. C. (2007). Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 394-400.
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33, 889-919.
- Augustsson, S. R., Augustsson, J., Thomeé, R., Karlsson, J., Eriksson, B. I., & Svantesson, U. (2011). Performance enhancement following a strength and injury prevention program: A 26-week individualized and supervised intervention in adolescent female volleyball players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 6(3), 399-417.
- Bam, J., Noakes, T. D., Juritz, J., & Dennis, S. C. (1997). Could woman outrun men in ultramarathon races? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 244-247.
- Bangsbo, J., Madsen, K., Kiens, B., & Richter, E. A. (1996). Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *Journal of Physiology*, 495(2), 587-596.
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger, H. J. Green (Eds.). *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. (2nd ed.) (pp. 403-425), Champaign, IL: Human Kinetics.

- Banzer, W., Bürklein, M., & Rhodius, U. (2002). Heart rate variability as an diagnostic tool in high-class profesional tennis preseason training. *Tennis science & technology*, 2. International Tennis federation: London.
- Bara Filho, M. G., Andrade, F. C. D., Nogueira, R. A. & Nakamura, F. Y. (2013). Comparison of different methods of internal load control in volleyball players. *Brazilian Journal of Sports Medicine*, 19, 143-146.
- Bayios, I. A., Bergeles, N. K., Apostolidis, N. G., Noutsos, K. S., & Koskolou, M. D. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handbal players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(2), 271-280.
- Beneke, R., Leithauser, R. M., & Doppelmayer, M. (2005). Women will do it in the long run. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 410.
- Berkoff, D. J., Cairns, C. B., Sanchez, L. D., & Moorman, C. T. (2007). Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 227-231.
- Bilan, A., Witczak, A., Palusinski, R., Myslinski, W., & Hanzlik, J. (2005). Circadian rhythm of spectral indices of heart rate variability in healthy subjects. *Journal of Electrocardiology*, 38(3), 239-243.
- Bilgin, S., Colak, O. H., Polat, O., & Koklukaya. (2010). Determination of a new VLF band in HRV for ventricular tachyarrhythmia patients. *Journal of Medical Systems*, 34, 155-160.
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015-1024.
- Blahuš, P. (1996). *K systémovému pojetí statistických metod v metodologii empirického výzkumu chování*. Praha: Karolinum.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bon, M. (2009). Differentiation and individualization – a must in the training of talented sportsman. *Gymnasium*, X(1), 17 – 25.
- Bonaduce, D., Petretta, M., Cavallaro, V., Apicella, C., Ianniciello, A., Romano, M., Breglio, R., & Marciano, F. (1998). Intensive training in high level athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 691-696.
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scale*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Medicine*, 38(8), 633-646.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39, 779-795.
- Bosquet, L., Papelier, Y., Léger, L., & Legros, P. (2003). Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(4), 506-512.
- Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., & Mujika, I. (2013). Effect of training cessation on muscular performance: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23, e140-e149.
- Botcazou, M. et al. (2006). Effect of training and detraining on catecholamine responses to sprint exercise in adolescent girls. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 68-75.
- 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). Effect of modified method of autonomic nervous system activity assessment on results of heart rate variability analysis. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 48(2), 39-46.
- Botek, M., Krejčí, J., & Weisser, R. (2014). Autonomic cardiac regulation and morphophysiological responses to eight week training preparation in junior soccer players. *Acta Gymnica*, 44(3), 155–163.
- Botek, M., McKune, A. J., Krejci, J., Stejskal, P., & Gaba, A. (2014). Change in Performance in Response to Training Load Adjustment Based on Autonomic Activity. *International Journal of Sports Medicine*, 35: 482-488.
- Botek, M., Stejskal, P., & Neuls, F. (2007). Monitoring of autonomic nervous system activity during recovery period after marathon run by spectral analysis of heart rate variability: a case study. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 37(2), 28.
- Botek, M., Stejskal, P., & Větvička, J. (2012). Return to play after health complications associated with infectious mononucleosis guided on autonomic nervous system activity in elite athlete: A case study. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 42(2), 7-14.
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 446-453.

- Brenner, I. K., Thomas, S., & Shephard, R. J. (1998). Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure. Inferences from heart rate variability. *Sports Medicine*, 26(2), 85–99 .
- Bril, M. S. (2001). Individualization in sport games: Difficulties, experience, prospects. *Teori-ja-i-praktika-fiziceskoj-kul'tury*, 5, 32-33.
- Brink, M. S., Visscher, C., Coutts, A. J., & Lemmink, K. A. (2010). Changes in perceived stress and recovery in overreached young elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 22, 285-292.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M. (2000). *Exercise physiology* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Brown, T. E., Beightol, L. A., Koh, J., & Eckberg, D. L. (1993). Important influence of respiration on human R-R interval power spectral is largely ignored. *Journal of Applied Physiology*, 75(5), 2310-2317.
- Buchheit, M. (2015). Sensitivity of monthly heart rate and psychometric measures for monitoring physical performance in highly trained young handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(5), 351-356.
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 1153-1167.
- Buchheit, M., Laursen, P. B., Al Haddad, H., & Ahmaidi, S. (2009). Exercise-induced plasma volume expansion and post-exercise parasympathetic reactivation. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 471–481.
- Buchheit, M., Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 40(2), 362-371.
- Buchheit, M., & Rabbani, A. (2014). 30-15 Intermittent fitness test vs. Yo-Yo intermittent recovery test level 1: Relationship and sensitivity to training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 522-524.
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., et al. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 550–555.
- Buchheit, M., Simon, C., Piquard, F., Ehrhart, J., & Brandenberger, G. (2004). Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep ap-

- proach. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 287(6), 2813-2818.
- Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 711-723.
- Buchtel, J., Ejem, M., & Vorálek, R. (2001). *Trénink volejbalu*. Praha: Karolinum.
- Bukač, L. (2005). *Intelekt, učení, dovednosti & koučování v ledním hokeji*. Praha: Olympia.
- Buzek, M. (2007). Základní teoretická východiska. In M. Buzek (Ed.), *Trenér fotbalu „A“ UEFA licence* (pp. 26-27). Praha: Olympia.
- Cahill, S., & Jones, M. T. (2010). Measurement of body composition and athletic performance during NCAA-division I women's volleyball and softball seasons. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 1370-1377.
- Carrington, M., Walsh, M., Stambas, T., Kleiman, J., & Trinder, J. (2003). The influence of sleep onset on the diurnal variation in cardiac activity and cardiac control. *Journal of Sleep Research*, 12(3), 213-221.
- Carter, C. (2001). Volleyball. In B. Foran (Ed.), *High-performance Sports Conditioning*. (pp. 322-325), Champaign, IL: Human Kinetics.
- Carter, J. B., Banister, E. W., & Blaber, A. P. (2003). The effect of age on heart rate variability after endurance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 35(8), 1333-1340.
- Casadei, B., Cochrane, S., Johnston, J., Conway, J., & Sleight, P. (1995). Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate during exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 153(2), 125-131.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Bordon, C., & Manzi, V. (2011). Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 66–71.
- Cipryan, L., & Stejskal, P. (2010). Individual training in team sports based on autonomic nervous system activity assessments. *Medicina Sportiva*, 14(2), 56-62 .
- Coast, J. R., Blevins, J. S., & Wilson, B. A. (2004). Do gender differences in running performance disappear with distance? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(2), 139-145.
- Collier, S. R., Kanaley, J. A., Carhart, R., Frechette, V., Tobin, M. M., Bennett, N., Luckenbaugh, A. N., & Fernhall, B. (2009). Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with prehypertension. *Acta Physiologica*, 195(3), 339-348.



- Cooke, W. H., & Carter, J. R. (2005) Strength training does not affect vagalcardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 719–725.
- Cooke, W. H., Reynolds, B. V., Yandl, M. G., Carter, J. R., Tahvanainen, K. U., & Kuusela, T. A. (2002). Effects of exercise training on cardiovagal and sympathetic responses to Valsalva's maneuver. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 928-935.
- Cottrell, G. T., Coast, J. R., & Herb, R. A. (2002). Effect of recovery interval on multiple-boat sprint cycling performance after acute creatine supplementation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 109-116.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79-84.
- Coutts, A. J., & Reaburn, P. (2008). Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Perceptual & Motor Skills*, 106, 904-916.
- Coutts, A. J., Reaburn, P., Piva, T. J., & Rowsell, G. J. (2007). Monitoring for overreaching in rugby league players. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 313-324.
- Coutts, A. J., Wallace, L. K. & Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 125-134.
- Cowen, M. J. (1995). Measurement of heart rate variability. *Western Journal of Nursing Research*, 17(1), 32-48.
- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
- DeMeersman, R. E. (1993). Heart rate variability and aerobic fitness. *American Heart Journal*, 125, 726-731.
- Dobří, L. (1988). *Didaktika sportovních her*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Dobří, L., & Semiginovský, B. (1988). *Sportovní hry: Výkon a trénink*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Du, N., Bai, S., & Oguri K. (2005). Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 9-17.
- Dunbar, C. C., Glickman-Weiss, E. L., Bursztyn, D. A., Kurtich, M., Quiroz, A., & Conley, P. (1998). A submaximal treadmill test for developing target ratings of perceived exertion for outpatient cardiac rehabilitation. *Perceptual and Motor skills*, 87, 755-759.

- Eckberg, D. L. (1997). Sympathovagal balance: a critical appraisal. *Circulation*, 96(9), 3224-3232.
- Eckberg, D. L. (2000). Physiological basis for human autonomic rhythms. *Annals of Medicine*, 32(5), 341-349.
- Ebben, W. P., Feldmann, C. R., VanderZanden, T. L., Fauth, M. L., & Petrushek, E. J. (2010). Periodized plyometric training is effective for women, and performance is not influenced by the length of post-training recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 1-7.
- Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Lemming, K. A., & Mulder, T. (2004). Relation between multidimensional performance characteristics and level of performance in talented youth field hockey players. *Journal of Sports Sciences*, 22(11/12), 1053-1063.
- Ellis, G., & Cross, N. (2008). *Performance coaching: The individualization of training programmes*. Retrieved from <http://www.lifesaving.org/download/Performance%20Coaching%20the%20individualization%20of%20training%20programmes.pdf>.
- Enoka, R. & Duchateau, J. (2008). Muscle function: What, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, 586, 11-23.
- Falcone, C., Matrone, B., Bozzini, S., Guasti, L., Falcone, R., Benzi, A., Colonna, A., Savulescu, I., Vailati, A., & Pelissero, G. (2014). Time-domain heart rate variability in coronary artery disease patients affected by thyroid dysfunction. *International Heart Journal*, 55(1), 33-38.
- Fallen, E., & Kamath, V. (1995). Circadian rhythms of heart rate variability. In M. Malik & J. Camm (Eds.), *Heart Rate Variability* (pp. 293-309). New York, NY: Futura.
- Fernández-Castanys, B. F., Chiroso Ríos, L. J., & Chiroso Ríos, I. (2002). Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en balonmano. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(91), 377-383.
- Fiskerstrand, A., & Seiler, K. S. (2004) Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970–2001. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14, 303–310.
- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74, 49-94.
- Fleck, S. J., Case, S., Puhl, J., & Van Handle, P. (1985). Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. *Canadian Journal of Applied Sciences*, 10, 122-126.

- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programmes*. (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Flouris, A. D., Bravi, A., Wright-Beatty, H. E., Green, G., Seely, A. J., & Kenny, G. P. (2014). Heart rate variability during exertional heat stress: effects of heat production and treatment. *European Journal of Applied Physiology*, *114*, 785-792.
- Forte, R., De Vito, G., & Figura, F. (2003). Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. *European Journal of Applied Physiology*, *89*, 85-89.
- Forthomme, B., Croisier, J. L., Ciccarone, G., Crielaard, J., & Cloes, M. (2005). Factors correlated with volleyball spike velocity. *American Journal of Sports Medicine*, *33*, 1513–1519.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *15*, 109-115.
- Freed, L. A., Stein, K. M., Gordon, M., Urban, M., & Kligfield, P. (1994). Reproducibility of power spectral measures of heart rate variability obtained from short-term sampling periods. *American Journal of Cardiology*, *74*(9), 972-973,
- Freitas, V. H., Nakamura, F. Y., Miloski, B., Samulski, D., & Bara-Filho, M. G. (2014). Sensitivity of physiological markers to training load intensification in volleyball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*, 571-579.
- Fry, R., Lawrence, S., Morton, A., Schreiner, A., & Polglazc, T. (1993) Monitoring training stress in endurance sports using biological parameters. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *3*, 6–13.
- Fujii, H., Fukuda, S., Narumi, D., Ihara, T., & Watanabe, Y. (2015). Fatigue and sleep under large summer temperature differences. *Environmental Research*, *138*, 17-21.
- Fulco, C. S., Rock, P. B., Muza, S. R., Lammi, E., Cymerman, A., Butterfield, G., Moore, L. G., Braun, B., & Lewis, S. F. (1999). Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. *Acta Physiologica Scandinavica*, *167*, 233-239.
- Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(3), 902-908.

- Gabbett, T., Georgieff, B., & Domrow, N. (2007). The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of Sports Sciences, 25*(12), 1337-1344.
- Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength and Conditioning Journal, 28*(5), 56-66.
- Gamble, P. (2013). *Strength and conditioning for team sports: Sport-specific physical preparation for high performance*. (2nd ed.). London: Routledge.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.
- Garatachea, N., Garcia-Lopez, D., Jose Cuevas, M., Almar, M., Molinero, O., Marquez, S., & Gonzales-Gallego, J. (2011). Biological and psychological monitoring of training status during entire season in top kayakers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 51*(2), 339-346.
- Garcin, M., Fleury, A., Mille-Hamard, L., & Billat, V. (2005). Sex-related differences in ratings of perceived exertion and estimated time limit. *International Journal of Sports Medicine, 26*(8), 675-681.
- Garet, M., Tournaire, N., Roche, F., Laurent, R., Lacour, J. R., Barthelemy, J. C., & Pichot, V. (2004). Individual interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*(12), 2112-2118.
- Goldstein, D. S., Benthó, O., Park, M. Y., & Sharabi, Y. (2011). Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Experimental Physiology, 96*, 1255-1261.
- Goldsmith, R. L., Bigger, T., Steinman, R. C., & Fleiss, J. L. (1992). Comparison of 24-hours parasympathetic activity in endurance and untrained young men. *Journal of American College of Cardiology, 20*, 552-558.
- Goldsmith, R. L., Bloomfeld, D. M., & Rosenwinkel, E. T. (2000). Exercise and autonomic function. *Coronary Artery Disease, 11*(2), 129-135.
- Gomez, A. L., Radzwich, R. J., Denegar, C. R., Volek, J. S., Rubin, M. R., Bush, J. A., Doan, B. K., Wickham, R. B., Mazzetti, S. A., Newton, R. U., French, D. N., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., & Kraemer, W. J. (2002). The effects of a 10-kilometer run on muscle strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16*, 184-191.
- González-Ravé, J. M., Arija, A., & Clemente-Suarez, V. (2011). Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25*(6), 1492-1501.

- Gonzalez, G. J., Mendez, L. A., Mendez, N. A., & Cordero J. J. (1992). Effect of acute alcohol ingestion on short-term heart rate fluctuations. *Journal of Studies on Alcohol*, 53(1), 86-90.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Green, H. J., Thomson, J. A., Ball, M. E., Hughson, R. L., Houston, M. E., & Sharratt, M. T. (1984). Alterations in blood volume following short-term supramaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 56, 145–149.
- Hackney, A. C., Dobridge, J., & Wilson L. S. (2000). The overtraining syndrom in athletes: Hypothesis as to denvelopment and steps to treatment. *Medicina Sportiva*, 4 (EE1), E15-27.
- Hainsworth, R. (1995). The control and physiological importance of heart rate. In M. Malik & J. Camm (Eds.), *Heart Rate Variability* (pp. 3-19). Armonk, NY: Futura.
- Hainsworth, R. (1998). Physiology of the cardiac autonomic system. In M. Malik (Eds.), *Clinical guide to cardiac autonomic tests* (pp. 3-28). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Haník, Z., Vlach, J. et al. (2008). *Volejbal II. (Učebni texty pro školení trenérů)*. Praha: Olympia.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), S139-S147.
- Háp, P., & Lehnert, M. (1999). Kondiční příprava hráčů ve volejbalu – rozvoj aerobní vytrvalosti. In L. Čepička (Ed.), *Hry v programech tělovýchovných procesů* (pp. 93-96). Plzeň: Západočeská univerzita.
- Harre, D. (1973). *Nauka o sportovním tréninku*. Praha: Olympia.
- Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 209-215.
- Hartshorn, J. E. O., & Lamb, K. L. (2004). The reproducibility of perceptually regulated exercise responses during short-term cycle ergometry. *International Journal of Sports Medicine*, 25(5), 362-367.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 107-115.
- Hautala, A. J., Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Laukkanen, R., Nissila, S., & Huikuri, H. V. (2001). Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 21(2), 238-245.
- Hayano, J. et al. (1990). Diurnal variations in vagal and sympathetic cardiac control. *American Journal of Physiology*, 258(27), H642-H646.

- Hayano, J. et al. (1991). Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *The American Journal of Cardiology*, 67(2), 199-204.
- Hedelin, R., Bjerle, P., & Henriksson-Larsén, K. (2001). Heart rate variability in athletes: Relationship with central and peripheral performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1394-1398.
- Hedelin, R., Wiklund, U., Bjerle, P., & Henriksson-Larsén, K. (2000). Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32, 1531-1533.
- Heffernan, K. S., Fahs, C. A., Shinsako, K. K., Jae, S. Y., & Fernhall, B. (2007). Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 293, H3180–H3186.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part I, mechanisms and risk factors. *American Journal of Sports Medicine*, 34(2), 299-311.
- Hicks, A. L., Kent-Braun, J., & Ditor, D. S. (2001). Sex differences in human skeletal muscle fatigue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29, 109-112.
- Hoffman, J. (2002). *Physiological aspects of sport training and performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Holmberg, H. C. (2004). Technology and basketball training. *FIBA Assist Magazine*, 6(1), 57-59.
- Hottenrott, K., Hoos, O., & Esperer, H. D. (2006). Heart rate variability and physical exercise. Current status. *Herz*, 31(6), 544-552.
- Hughson, R. L., & Shoemaker, J. K. (2014). Autonomic responses to exercise: Deconditioning/inactivity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 188, 32-35.
- Huikuri, V., Kessler, M., Terracall, E., Castellanos, A., Linnaluoto, M. K., & Meyerburg, R. J. (1990). Reproducibility and circadian rhythm of heart rate variability in healthy subjects. *The American Journal of Cardiology*, 65(5), 391-393.
- Hunter, S. K., Critchlow, A., Shin, I. S., & Enoka, R. M. (2004). Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. *Journal of Applied Physiology*, 96, 195-202.
- Hunter, S. K., Schletty, J. M., Schlachter, K. M., Griffith, E. E., Polichnowski, A. J., & Ng, A. V. (2006). Active hyperaemia and vascular conductance differ between men and women for an isometric fatiguing contraction. *Journal of Applied Physiology*, 101, 140-150.

- Chen, J. L., Yeh, D. P., Lee, J. P., Chen, Ch. L., Huang, CH. Y., Lee, S. D., Chen, Ch. Ch., Kuo, T. B. J., Kao, Ch. L., & Kuo, Ch. H. (2011). Parasympathetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1546-1552.
- Chiladakis, J. A., Georgiopoulou, E., & Alexopoulos, D. (2004). Autonomic effects of nebivolol versus atenolol in healthy subjects. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 18, 469-473.
- Iellamo, F., Legramante, J. M., Pigozzi, F., Spataro, A., Norbiato, G., Lucini, D., & Pagani, M. (2002). Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*, 105, 2719–2724.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1042-1047.
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189–206.
- Jakubec, A., Stejskal, P., Ťujová, E., Botek, M., Bezdíčková, M., & Gaul-Aláčková, P. (2004). Odpověď vybraných ukazatelů SA HRV na dynamickou zátěž v průběhu 46ti hodinového zotavení [Abstrakt]. In Salinger (Ed.), *IV. Odborný seminář s mezinárodní účastí Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi – Sborník článků a abstrakt* (p. 150). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Javorka, K., et al. (2008). *Variabilita frekvencie srdca. Mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie*. Martin: Ostveta.
- Jeukendrup, A. E., Hasselink, M. C. K., Snyder, A. C., Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1992). A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 534-541.
- Jirka, Z. (1990). *Regenerace a sport*. Praha: Olympia.
- Jong-Bae, S. (2006). Age and ethnicity differences in short-term heart-rate variability. *Psychosomatic Medicine*, 68, 421-426.
- Juhas, I. (2011). Specificity of sports training with women. *Physical Culture*, 65(1), 42-50.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., & Nummela, A. (2012). Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 829-838.
- Kaikkonen, P., Rusko, H., & Martinmäki, K. (2008). Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18, 511-519.

- Kalina, M., Stejskal, P., Jakubec, A., & Gaul-Aláčová, P. (2002). Vliv ortoklinostatického manévru na rychlost zotavení autonomního nervového systému po tělesném zatížení. In Thurzo (Ed.), *Sborník referátů z interdisciplinární konference Optimální působení tělesné zátěže a výživy* [CD-ROM]. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové.
- Kamath, M. V., & Fallen, E. L. (1993). Power spectral analysis of heart rate variability: A noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 21(3), 245-311.
- Kautzner, J., & Malik, M. (1998). Variabilita srdečního rytmu a její klinická použitelnost - I. část. *Cor et Vasa*, 40, 182-187.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(2), 95-102.
- Kelly, V. G., & Coutts, A. J. (2007). Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength and Conditioning Journal*, 29(4), 32-37.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of Sport and Exercise* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine*, 26, 1-16.
- Kiely, J. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. Block periodization: New horizons or a false dawn? *Sports Medicine*, 40(9), 803-807.
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 2719-2724.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., Bosber, M. S., & Rottman, J. N. (1995). Time-domain measurements of heart rate variability. In M. Malik & J. Camm (Eds.), *Heart Rate Variability* (pp. 33-45). Armonk, NY: Futura.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307-328.
- Koprivica, V. (2012). Block periodization – a breakthrough or a misconception. *SportLogia*, 8(2), 163-175.
- Kristal-Boneh, E., Froom, P., Harari, G., Malik, M., & Ribak, J. (2000). Summer-winter differences in 24 h variability of heart rate. *Journal of Cardiovascular Risk*, 7(2), 141-146.
- Kreher, J. B., & Schwartz, J. B. (2012). Overtraining syndrome: A practical guide. *Sports Health*, 4(2), 128-138.



- Kučera, M., Dylevský, I., et al. (1999). *Sportovní medicína*. Praha: Grada.
- Kuipers, H. (1996). How much is too much? Performance aspects of overtraining. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(3), 65-69.
- Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1998). Overtraining in elite athletes: review and directions for the future. *Sports Medicine*, 6, 79-92.
- Kuo, T. B., Lin, T., Yang, C. C., Li, C. L., Chen, C. F., & Chou, P. (1999). Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. *The American Journal of Physiology*, 277(6), 2233-2239.
- Lacko, A., Hruboň, A., Straka, J., & Bestvina, D. (2003). Objektivizácia vývoja stresovém situácie vo vyučovacím procese, vyšetrením autonómneho systému (ANS) spektrálnou analýzou [Abstrakt]. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (p. 160). Olomouc: Universita Palackého.
- La Rovere, M. T., Mortara, A., Pinna, G. D., & Bernardi, L. (1995). Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the assessment of the autonomic status. In M. Malik & J. Camm (Eds.), *Heart Rate Variability* (pp. 189-205). Armonk, NY: Futura.
- Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina, R. (2008). Heart rate variability biofeedback for dealing with competitive anxiety: A case study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(3), 109-115.
- Lee, C. M., & Mendoza, A. (2012). Dissociation of heart rate variability and heart rate recovery in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 2757-2766.
- Lee, C. M., Wood, R. H., & Welsch, M. A. (2003). Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 961-969.
- Lehmann, M. J., Foster, C., Dickhuth H. H., & Gastmann, U. (1998). Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1140-1145.
- Lehmann, M. J., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J. M., Netzer, N., Foster, C., & Gastmann, U. (1997). Training and overtraining: An overview and experimental results in endurance sports. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37(1), 7-17.
- Lehnert, M. (2007). *Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku*. Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp, P., Bělka, P., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc: Univerzita Palackého. Retrieved from <https://publi.cz/books/149/Cover.html>.
- Lehnert, M., Janura, M., Jakubec, A., Stejskal, P., & Stelzer, J. (2006). Reaction of volleyball players to the training microcycle with an increased strength training volume. *International Journal of Volleyball Research*, 9(1), 11-17.
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku*. Olomouc: Hanex.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lehnert, M., Psotta, R., Janura, M., Zemková, E., Malý, T. et al. (2012). *Anaerobic Performance. Assessment and Training*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Leicht, S. A., Allen, D. G., & Hoey, J. A. (2003). Influence of intensive training on heart rate variability during rest and exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(6), 898-909.
- Leicht, S. A., Sinclair, W. H., Patterson, M. J., Rudzki, S., Tulppo, M. P., Fogarty, A. L., & Winter, S. (2009). Influence of postexercise cooling techniques on heart rate variability in men. *Experimental Physiology*, 94(6), 695–703.
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., & Gueneron, J. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 2061–2071.
- Leporace, G., Praxedes, J., Pereira, G. R., Pinto, S. M., Chagas, D., Metsavaht, L., Chame, F., & Batista, L. A. (2013). Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. *Physical Therapy in Sport*, 14, 35-43.
- Lewis, M. J., Kingsley, M., Short, A. L., & Simpson, K. (2007). Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17, 696-702.
- Lidor, R., & Ziv, G. (2010). Physical characteristics and physiological attributes of adolescent volleyball players – a review. *Pediatric Exercise Sciences*, 22, 114-134.
- Lindstrom, B., Lexell, J., Gerdle, B., & Downham, D. (1997). Skeletal muscle fatigue and endurance in young and old men and women. *Journal of Gerontology A: Biological Science and Medical Science*, 52, B59-66.

- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
- Lyle, J. (2002). *Sports coaching concepts: A framework for coaches' behaviour*. London: Routledge.
- MacKinnon, L. T. (2000). Special feature for the Olympics: Effects of exercise on the immune system: Overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunology and Cell Biology*, 78(5), 502-509.
- Macor, F., Fagard, R. & Amery, A. (1996). Power spectral analysis of RR interval and blood pressure short-term variability at rest and during dynamic exercise: comparison between cyclists and controls. *International Journal of Sports Medicine*, 17(3), 175-181.
- Máček, M., Macková, J., & Radvanský, J. (2002). Detrénink. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 11(4), 271-279.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Máčková, J., & Máček, M. (1992). Využití Borgovy škály vnímání úsilí v diagnostice adaptace na tělesnou zátěž. *Klinické problémy v tělovýchovnom lékařstve*. Bratislava: Asklepios.
- Magill, R. A. (1998). *Motor learning: Concepts and applications* (5th ed.). Boston, MA: McGraw – Hill.
- Mahon, A. D., Plank, D. M., & Hipp, M. J. (2003). The influence of exercise test protocol on perceived exertion at submaximal exercise intensities in children. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(1), 53-63.
- Makivič, B., Djordjevič Nikič, M., & Willis, M. N. (2013). Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 103-131.
- Malik, M., & Camm, A. (1995). *Heart rate variability*. Armonk, NY: Futura.
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of Weekly Training Load in Elite Male Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1399-1406.
- Malliani, L., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84(2), 482-492.
- Marques, M. C., Tillaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2008). Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players du-

- ring the in-season: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1147–1155.
- Marques, M., C., Tillaar, R., Gabbett, T. J., Reis, V. M., & Gonzáles-Badillo, J. J. (2009). Physical fitness qualities of professional volleyball players: Determination of positional differences. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1106-1111.
- Martens, R. (2013). *Training principles to improve athlete performance*. Retrieved from <http://www.humankinetics.com/excerpts/excerpts/training-principles-to-improve-athlete-performance>.
- Matos, N. F., Winsley, R. J., & Williams, C. A. (2011) Prevalence of nonfunctional overreaching/overtraining in young English athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43, 1287–1294.
- Matvejev, L. P. (1981). *Fundamental of sport training*. Moskva: Progress Publishers.
- Mazon, J., Gastaldi, A., Di Sacco, T., Cozza, I., Dutra, S., & Souza, H. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23, 114-120.
- Měkota, K. & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Melanson, E. L. (2000). Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(11), 1894-1901.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013) Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 186–205.
- Mikulski, T., Krzeminski, K., Dabrowski, J., Kozacz, A., Laskowska, D., Zwolińska, M., Bogdan, A., & Ziemia, A. (2013). Heart rate variability in men subjected to 30 hours of exercise and sleep deprivation. *Medicina Sportiva*, 17(4), 171-175.
- Misic, M., & Kelley, G. A. (2002). The impact of creatine supplementation on anaerobic performance: A meta-analysis. *American Journal of Medicine and Sports*, 4, 116-124.
- Mocková, K., Radvanský, J., & Matouš, M. (2000). Vztah odhadnuté intenzity zátěže (RPE – Rating of Perceived Exertion) k tepové frekvenci, spotřebě kyslíku a zátěži u pacientů léčených beta-blokátory sympatiku. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 9(2), 58-67.
- Moravec, R., Kampmiller, T., Vanderka, M., & Laco, E. (2007). *Teória a didaktika výkonnostného a vrcholového športu*. Bratislava: FTVŠ UK.

- Morse, D. T. (1999). Minsize 2: A computer program for determining Effect size and minimum sample size for statistical significance for univariate, multivariate and nonparametric tests. *Educational and Psychological Measurement*, 59(3), 518-531.
- Mourot, L., Bouhaddi, M., Percy, S., Cappelle, S., Henriot, M. T., Wolf, J. P., Rouillon, J. D., & Regnard, J. (2004). Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincare plot analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 24, 10–18.
- Mujika, I. & Padilla, S. (2000). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *Sports Medicine*, 30(2), 79-87.
- Mujika, I. & Padilla, S. (2000). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II. *Sports Medicine*, 30(3), 145-154.
- Mujika, I. & Padilla, S. (2001). Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(3), 413-421.
- Müller, T., Jakubec, A., Stejskal, P., & Kalina, M. (2004). Spektrální analýza variability srdeční frekvence ve sportovním tréninku sjezdu na divoké vodě [Abstrakt]. In J. Salinger (Ed.), *IV. Odborný seminář s mezinárodní účastí Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi – Sborník článků a abstrakt* (p. 161). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Muresan, A., & Buldus, C. F. (2013). Training individualization for sports performance and prevention in volleyball. *Gymnasium*, 14(2), 227 – 234.
- Nederhof, E., Zwerver, J., Brink, M., Meeusen, R. & Lemmink, K. (2008). Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 590-597.
- Nesser, T. W., & Demchak, T. J. (2007). Variations of preseason conditioning on volleyball performance. *Journal of Exercise Physiology*, 10(5), 35-42.
- Neumann, G., Pfützer, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou*. Praha: Grada.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(2), 323-330.
- Noble, B. J., & Robertson, R. (1996). *Perceived exertion* (1st ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Novosad, J., Frömel, K., & Lehnert, M. (1998). *Základy sportovního tréninku* [Učební texty]. Olomouc: Univerzita Palackého.

- Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Smith, S. T., & Campbell, T. (2011). A training program to improve neuromuscular indices in female high school volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 2151–2160.
- Nykodým, J. et al. (2006). *Teorie a didaktika sportovních her*. Brno: Masarykova univerzita.
- Opavský, J. (2002). *Autonomní nervový systém a diabetická autonomní neuropatie: Klinické aspekty a diagnostika*. Praha: Galén.
- Opavský, J. (2004). Metody vyšetřování autonomního nervového systému a spektrální analýza variability srdeční frekvence v klinické praxi. *IV. odborný seminář s mezinárodní účastí Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi – Sborník článků a abstrakt* (p. 146). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Perini, R., Orizio, C., Baselli, G., Cerutti, S., & Veicsteinas, A. (1990). The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology*, 61(1-2), 143-148.
- Perreault, L., Lavelly, J. M., Kittelson, J. M., & Horton, T. J. (2004). Gender differences in lipoprotein lipase activity after acute exercise. *Obesity*, 12, 241-249.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 867-873.
- Petrofsky, J. S., Burse, R. I., & Lind, A. R. (1975). Comparison of physiological responses of women and men to isometric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 38, 863-868.
- Pichot, V., Busso, T., Roche, F., Garet, M., Costes, F., Duverney, D., Lacour, J. R., & Barthelemy, J. C. (2002). Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1660–1666.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J. R., & Barthelemy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1729-1736.
- Piucco, T., & Dos Santos, S., G. (2009). Association between body fat, vertical jump performance and impact in the inferior limbs in volleyball athletes. *Fitness and Performance Journal*, 8(1), 9-15.
- Placheta, Z. et al. (2001). *Zátěžové vyšetření a pohybová léčba*. Brno: Masarykova univerzita.

- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, *112*, 3729-3741.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, *43*(9), 773-781.
- Plisk, S., & Stone, M. (2003). Periodization strategies. *Strength and Conditioning Journal*, *25*, 19-37.
- Podstavski, R., Boraczyński, M., Nowosielska-Swadźba, D., & Zwolińska, D. (2014). Heart rate variability during pre-competition and competition periods in volleyball players. *Biomedical Human Kinetics*, *6*, 19-26.
- Polglaze, T., & Dawson, B. (1992). The physiological requirements of the positions in state league volleyball. *Sports Coach*, *15*, 32-37.
- Reardon, M., & Malik, M. (1996). Changes in heart rate variability with age and gender. *Pacing Clinical Electrophysiology*, *19*(11), 1863-1866.
- Reeberg Stanganelli, L. C., Dourago, A. C., Oncken, P., Mancan, S., & Da Costa, S. C. (2008). Adaptations on jump capacity in Brazilian volleyball players prior to the under-19 world championship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(3), 741-749.
- Reed, S. F., Porges, S. W., & Newlin, D. B. (1999). Effect of alcohol on vagal regulation of cardiovascular function: Contributions of the polyvagal theory to the psychophysiology of alcohol. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *7*(4), 484-492.
- Rickards, C. A., & Newman, D. G. (2003). A comparative assessment of two techniques for investigating initial cardiovascular reflexes under acute orthostatic stress. *European Journal of Applied Physiology*, *90*(5-6), 449-457.
- Robson, P. (2003). Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes: The interleukin-6 hypothesis. *Sports Medicine*, *33*(10), 771-781.
- Rodriguez-Marroyo, J. A., & Antoňan, C. (2015). Validity of the session rating of perceived exertion for monitoring exercise demands in youth soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(3), 404-407.
- Rokyta, R. et al. (2000). *Fyziologie, pro bakalářské studia v medicíně, přírodovědeckých a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Roose, J., de Vries, W. R., Schmikli, S. L., Backx, F. J. G., & van Doormen, L. J. P. (2009). Evaluation and opportunities in overtraining approaches. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *80*(4), 756-764.

- Rushall, B. S. (1990). The principle of individuality. In F. S. Pyke & B. S. Rushall (Eds.) *Training for sports and fitness*. Melbourne (Australia): MacMillan. Retrieved from <http://coachsci.sdsu.edu/index.htm>.
- Ryan, J. M., & Howes, L. G. (2002). Relations between alcohol consumption, heart rate, and heart rate variability in men. *British Heart Journal*, *88*(6), 641-642.
- Salinger, J., & Gwozdziwicz, M. (2008). Systémy používané pro vyšetření krátkodobé variability srdeční frekvence. In K. Javorka et al. (Eds.), *Variabilita frekvencie srdca: Mechanismy, hodnotenie, klinické využitie* (pp. 57-60). Martin: OSVETA
- 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 system. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, *28*, 13-23.
- Salinger, J., Stejskal, P., Opavský, J., Gwozdziwicz, M., Gwozdziwiczová, S., Novotný, J., Elfmark, M., & Bula, J. (2004). System type VarCor PF7 for non-invasive diagnostics of the heart rate variability and of the respiratory rate. In J. Salinger (Ed.), *IV. odborný seminář s mezinárodní účastí Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi – Sborník článků a abstrakt* (p. 146). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Santos, E. J. A. M., & Janeira, M. A. A. S. (2009). Effects of reduced training and detraining on upper and lower body explosive strength in adolescent male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(6), 1737-1744.
- Seiler, S., & Hetlelid, K. J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*, 1601-1607.
- Shephard, R. J. (1987). *Exercise physiology*. Philadelphia, PA: BC Decker.
- Shepherd, K. J. & Åstrand, P. O. (1992). *Endurance in Sport*. London: Blackwell Scientific Publications .
- Sheppard, J. M., & Borgeaud, R. (2008). Influence of stature on movement speed and repeated efforts in elite volleyball players. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, *16*, 12-14.
- Sheppard, J. M., Gabbett, T., & Borgeaud, R. (2008). Training repeated effort ability in national team male volleyball players. *International Journal of Sports and Physical Performance* *3*, 397-400.
- Sheppard, J. M., Gabbett, T. J., & Reeberg Stanganelli, L. C. (2009). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: Consideration for competition demands and physiologic characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(6), 1858-1866.



- Sheppard, J. M., Gabbett, T., Taylor, K. L., Dorman, J., Lebedew, A. J., & Borgeaud, R. (2007). Development of a repeated-effort test for elite men's volleyball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, 292-304.
- Shin, K., Minamitani, H., & Onishi, S. (1997). Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(11), 1482-90.
- Schmidt, R. A. (2005). *Motor control and performance: From principles to practice* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmitt, L., Regnard, J., Desmarests, M., Mauny, F., Mourrot, L., Fouillot, J. P., Coulmy, N., & Millet, G. (2013). Fatigue shifts and scatters heart rate variability in elite endurance athletes. *PLoS ONE*, 8(8), e71588.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Singh Yadav, K. P., & Saini, B. S. (2012). Study of the aging effects on HRV measures in healthy subjects. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 4(3), 346-349.
- Sinnreich, R., Kark, J. D., Friedlander, Y., Sapoznikov, D., & Luria, M. H. (1998). Five minute recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *Heart*, 80(2), 156-162.
- Smith, D. J. (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine*, 33(15), 1103-1126.
- Smutok, M. A., Skrinar, G. S., & Pandolf, K. B. (1980). Exercise intensity: Subjective regulation by perceived exertion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 61, 569-574.
- Speechly, D. P., Taylor, S. R., & Roger, G. G. (1996). Differences in ultra-endurance exercise in performance-matched male and female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 359-365.
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Medicine*, 43, 1259-1277.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. L., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E. et al. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 76, 1247-1255.
- 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* (pp. 333-359). Olomouc: Univerzita Palackého.

- Stejskal, P. (2008). Využití hodnocení variability srdeční frekvence ve sportovní medicíně. In K. Javorka et al. (Eds.), *Variabilita frekvencie srdca: Mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie* (pp. 168-195). 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*, 2, 33-42.
- Stejskal, P., Šlachta, R., Elfmark, M., Salinger, J., & Gaul-Alačová, P. (2002). Spectral analysis of heart rate variability: New evaluation method. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 32(2), 13-18.
- Stejskal et al. (2001). Power spectrum of heart rate variability in exercising humans: The effect of exercise intensity. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 10(1), 39-57.
- Stone, M. H., O'Bryant, H. S., McCoy, L., Coglianesi, R., Lehmkühl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 140-147.
- Strano, S., Lino, S., Calcagrini, G., Di Virgilio, V., Ciardo, R., Cerutti, S., Calcagnini, G., & Caselli, G. (1998). Respiratory sinus arrhythmia and cardiovascular neural regulation in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2), 215-219.
- Suetake, N., Morita, Y., Suzuki, D., Lee, K., & Kobayashi, H. (2010). Evaluation of autonomic nervous system by heart rate variability and differential count of leukocytes in athletes. *Health*, 2, 1191-1198.
- Sztajzel, J., Jung, M., Sievert, K., & De Luna, A. B. (2008). Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 495-501.
- Šlachta, R., Stejskal, P., & Elfmark, M. (2002). Age and heart rate variability. *Acta Gymnica Universitatis Palackianae Olomoucensis*, 32(1), 59-67.
- Táborský, F. et al. (2007). *Základy teorie sportovních her*. Praha: Univerzita Karlova.
- Taelman, J., Vandepuut, S., Vlemincx, E., Spaepen, A., & Van Huffel, S. (2011). Instantaneous changes in heart rate regulation due to mental load in simulated office work. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 1497-1505.
- Takasea, B., Akimaa, T., & Satomurab, K. (2004). Effects of chronic sleep deprivation on autonomic activity by examining heart rate variability, plasma catecholamine, and intracellular magnesium levels. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 58, 35-39.

- Task Force of the 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.
- Taylor, J. A., Carr, D. L., Myers, C. W., & Eckberg, D. L. (1998). Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans. *Circulation*, 98, 547-555.
- Terziotti, P., Schena, F., Gulli, G., & Cevese, A. (2001). Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 187-94.
- Trojan, S. et al. (2003). *Lékařská fyziologie* (4th ed.). Praha: Grada.
- Tulppo, M. P., Hautala, A. J., Makikallio, T. H., Laukkanen, R. T., Nissilä, S., Hughson, R. L., & Huikuri, H. V. (2003). Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. *Journal of Applied Physiology*, 95(1), 364-372.
- Tunstall Pedoe, D. S. (1997). Beta adrenergic blocking drugs and the Borg rating scale of perceived exertion. *British Journal of Sports Medicine*, 31(2), 93.
- Turner, A. (2011). The Science and Practice of Periodization: A Brief Review. *Strength and Conditioning Journal*, 33(1), 34-46.
- Tzeng, Y. C., Larsen, P. D., & Galletly, D. C. (2007). Mechanism of cardioventilatory coupling insights from cardiac pacing, vagotomy, and sinoaortic denervation in the anesthetized rat. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 292, H1967-H1977.
- Uusitalo, A. L., Uusitalo, A. J., & Rusko, H. K. (1998). Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 532-540.
- Vallejo, M., Marquez, M. F., Borja-Aburto, V. H., Cardenas, M., & Hermosillo, A. G. (2004). Age, body mass index, and menstrual cycle influence young women's heart rate variability – a multivariable analysis. *Clinical Autonomic Research*, 15(4), 292-298.
- Van Ravenswaaij-Arts, C. M., Kollee, L. A., Hopman, J. C., Stoeltinga, G. B., & van Geijn, H. P. (1993). Heart rate variability. *Annals of International Medicine*, 118(6), 436-447.
- Vavák, M. (2011). *Volejbal – kondiční příprava*. Praha: Grada.
- Verde, T., Thomas, S., & Shephard, R. J. (1992).. Potential markers of heavy training in highly trained distance runners. *British Journal of Sports Medicine*, 26, 167-175.
- Vescovi, J. T. (2002). Effects of rally scoring on timing characteristics for NCAA Division I female volleyball games. *International Journal of Volleyball Research*, 5(1), 2-5.

- Viitasalo, J. T., Rusko, H., Pajala, O., Rahkla, P., Ahila, M., & Montonen, H. (1987). Endurance requirements in volleyball. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, *12*, 194 – 201.
- Vilikus, Z., Brandejský, P., & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Univerzita Karlova.
- Vinet, A., Beck, L., Nottin, S., & Obert, P. (2005). Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. *European Journal of Clinical Investigation*, *35*(10), 610-614.
- Viru, A. (1995). *Adaptation in sports training*. Boca Raton: CRC Press.
- Voigt, H., & Vetter, K. (2003). The value of strength-diagnostic for the structure of jump training in volleyball. *European Journal of Sport Sciences*, *3*, 1-10.
- Watt, B., & Grove, R. (1993). Perceived exertion. Antecedents and Application. *Sports Medicine*, *15*, 225-241.
- Wessely, S. (2001). Chronic fatigue: symptom and syndrome. *Annals of International Medicine*, *134*, 838-843.
- Whaley, M. H., Brubaker, P. H., Kaminsky, L. A., & Miller, C. R. (1997). Validity of rating of received exertion during graded exercise testing in apparently healthy adults and cardiac patients. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, *17*(4), 261-267.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2008). *Physiology of Sports and Exercise*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Winsley, R. J., & Matos, N. F. (2011). Overtraining and elite young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *56*, 97-105.
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., & Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(9), 1496-1502.
- Yin, J., Levanon, D., & Chen, J. D. (2004). Inhibitory effects of stress on postprandial gastric myoelectrical activity and vagal tone in healthy subjects. *Neurogastroenterology and Motility*, *16*(6), 737-744.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). Training in strength training. In: *Science and Practise of Strength Training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.

Žujová, E., Stejskal, P., Jakubec, A., Gaul-Aláčová, P., & Salinger, J. (2004). Respiration frequency and spectral analysis of heart rate variability. *Acta Gymnica Universitatis Palackianae Olomouensis*, 34(1), 43-47.

## **11 SEZNAM PŘÍLOH**

1. Diagnostický systém VarCor PF7.
2. 3D graf výkonového spektra HRV.
3. Dotazník.

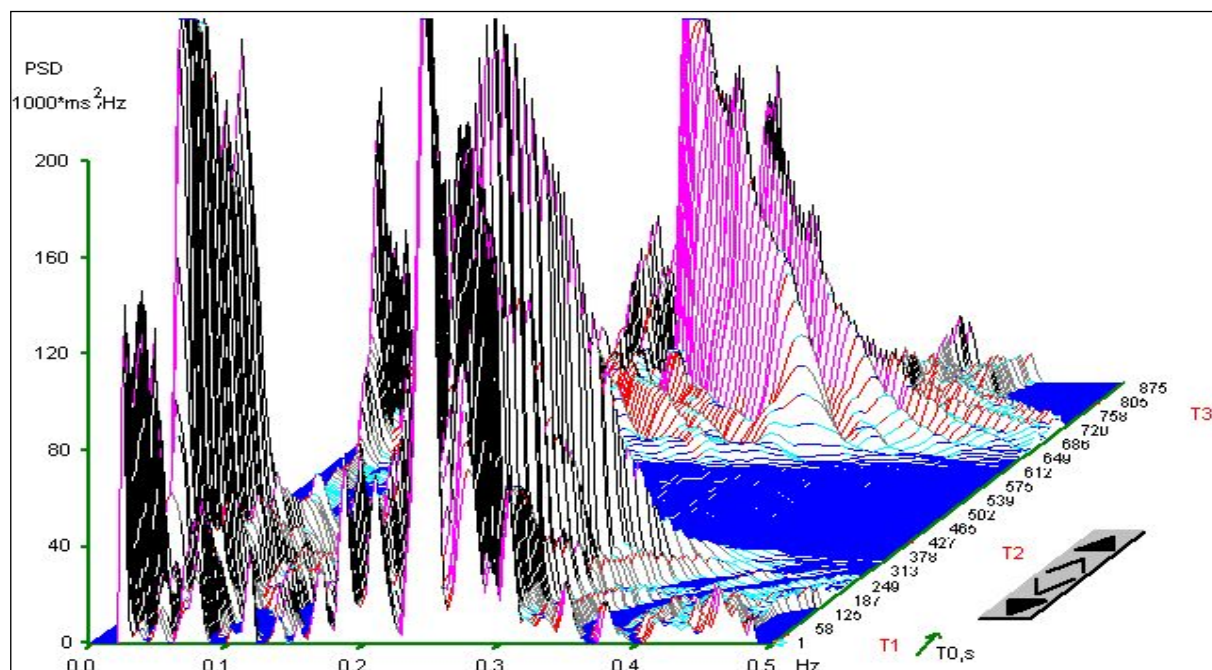
## Příloha 1

Diagnostický systém VarCor PF7.



## Příloha 2

3D graf výkonového spektra HRV.



Vysvětlivky: T1 – leh; T2 – stoj; T3 – leh.

