

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**Vliv rychlého přechodu přes časová pásma na
aktivitu autonomního nervového systému
v kontextu sportovního výkonu**

Bakalářská práce

Autor: Zuzana Svozilová

Rekreologie

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

Olomouc 2012

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Zuzana Svozilová
Název bakalářské práce:	Vliv rychlého přechodu přes časová pásma na aktivitu autonomního nervového systému v kontextu sportovního výkonu
Pracoviště:	Katedra přírodních věd v kinantropologii
Vedoucí bakalářské práce:	PhDr. Michal Botek, Ph.D.
Rok obhajoby bakalářské práce:	2012

Abstrakt:

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

V předložené práci byl zjišťován vliv rychlého přechodu přes časová pásma na aktivitu ANS hodnocenou metodou SA HRV. Byla provedena měření ve standardních podmínkách a poté v podmínkách ovlivněných přechodem přes časová pásma. Testována byla probandka při přechodu na východ na Taiwan do města Kaohsiung, s rozdílem šesti časových pásem. Vyšetření ANS metodou SA HRV bylo provedeno pomocí ortoklinostatistického manévru, který zahrnuje lež (300s), stoj (300s), lež (300s).

Měření probíhalo dvanáct dní v období předzávodní přípravy a po přeletu v rozsahu šesti dnů. Aklimatizace proběhla v rozsahu tří dnů před závodem.

V závěru byla potvrzena možnost využití metody SA HRV v optimalizaci předzávodní přípravy i při změně podmínek vlivem přeletu časových pásem v období aklimatizace před soutěží v místě závodu.

Klíčová slova: Spektrální analýza variability srdeční frekvence, parasympatikus, sympatikus, optimalizace sportovní přípravy, aklimatizace, časová pásma.

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Zuzana Svozilová
Title of bachelor thesis: Jet lag influences of the activity of autonomic nervous system
Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology
Supervisor: PhDr. Michal Botek, Ph.D.
Year of the presentation: 2012

Abstract:

Spectral analysis of heart rate variability (SA HRV) is one of the modern, non invasive methods used to diagnose the activity of autonomic nervous system (ANS). This bachelor thesis is speaking about the jet lag influences of the activity of autonomic nervous system. There was performed results of the autonomic nervous system in the standard conditions and then in the condition influenced by the travel across the time zones. The tested athlete was a 20 years old girl, who has gone to the Taiwan, into the city Kaohsiung with the 6 time zones differences. Results of the ANS were tested with ortoclinostatic maneuver, which include three interval: supine (300s), standing (300s), supine (300s).

The measuring was taken twelve days in the standard conditions during the tapering period and then six days after the rapid travel across in Taiwan.

Finally there were confirmed the method SA HRV like a possibility of optimize the training process during and after the rapid changes of the time zones.

Keywords: Spectral analysis of heart rate variability, parasympatikus, sympatikus, optimise of the performance, acclimatization, time zones

I agree this paper being lent within the library service.

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

V Olomouci dne 25. 7. 2012

Děkuji PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. za jeho vedení a odborný dohled.

Obsah

1 ÚVOD	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1 Současné poznatky rychlého přesunu přes časová pásma	10
2.1.1 Aklimatizace sportovců při přeletu časových pásem	10
2.1.2 Faktory ovlivňující optimální aklimatizaci při přechodu časových pásem	12
2.1.3 Možnosti ovlivnění adaptace před přeletem	13
2.1.4 Techniky urychlující aklimatizaci	15
2.2 Autonomní nervový systém	15
2.2.1 Centrální a periferní část ANS	17
2.2.2 Parasympatikus, sympatikus	18
2.2.3 Řízení srdeční frekvence a činnosti srdce	19
2.3 Variabilita srdeční frekvence	20
2.3.1 Hlavní parametry SA HRV	21
2.3.2 Proces měření HRV	22
2.3.3 Ovlivnění HRV	22
2.3.4 Spektrální analýza variability srdeční frekvence	24
2.3.5 Uplatnění SA HRV při optimalizaci sportovního tréninku	25
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	27
4 METODIKA	28
4.1 Charakteristika souboru	28
4.2 Metodika sběru dat	28
5 VÝSLEDKY a DISKUSE	31
5.1 Dynamika sledovaných parametrů SA HRV	31
6 ZÁVĚRY	38
7 SOUHRN	40
8 SUMMARY	41
9 REFERENČNÍ SEZNAM	42

Seznam vybraných zkratek

ANS	autonomní nervový systém
CNS	centrální nervová soustava
CS	celkové skóre
HF	vysoké frekvence (high frequency)
HRV	variabilita srdeční frekvence (heart rate variability)
LF	nízká frekvence (low frequency)
P _T	celkový spektrální výkon
R-R	průměrná hodnota všech R-R intervalů v měřeném časovém úseku
SA (HRV)	spektrální analýza
SF	srdeční frekvence
SVB	sympatovagová balance
TJ	tréninková jednotka
VA	vagová aktivita
VSF	variabilita srdeční frekvence
VLF	velmi nízká frekvence (very low frequency)
VO ₂ max	maximální spotřeba kyslíku

1 ÚVOD

Významné sportovní soutěže se konají po celém světě. Sportovci při své sportovní činnosti se setkávají s aklimatizačními problémy při přechodu časových pásem. Nedostatečně provedená aklimatizace může mít za následek pokles výkonnosti v místě závodu.

Cílem všech sportovců a jejich trenérů je co nejvíce potlačit potíže spojené s přechodem časových pásem. Předložená práce je zaměřena na optimalizaci sportovní přípravy při přechodu časových pásem.

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

SA HRV má široké využití ve zdravotnictví např. v kardiologii (při onemocnění srdce a srdečních větví bloudivého nervu), diabetologii, onkologii, neurologii, neonatologii tak psychologii (Novotný, 2008).

Aplikace zmíněné metody ve sportovní přípravě vrcholových sportovců umožňuje objektivní posouzení reakce ANS na předchozí zatížení a regeneraci. Olšák (2003) vidí využití SA v prevenci některých onemocnění a tím i usměrňování sportovní přípravy ve fázi zahájení tréninku po nemoci, stejně jako nástroj pro efektivní vyladění formy ve sportovní přípravě před soutěžemi.

Hlavním cílem této práce je přispět k ověření využití metody SA HRV při řízení aklimatizace sportovců po rychlém přeletu časových pásem a zajistit tak optimální přípravu na soutěž.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Současné poznatky rychlého přesunu přes časová pásma

Rychlý přesun přes několik časových pásem během několika hodin není zcela přirozený a tělo se to snaží dát dostatečně najevo (Svobodová, 2012). Pásmová nemoc nebo anglicky „*jet lag*“ je onemocnění vzniklé v důsledku rychlého přesunu přes časová pásma nejčastěji leteckým způsobem. Důsledkem může být porucha spánku, ztráta koncentrace, podrážděnost či přecitlivělost, deprese, celková vyčerpanost, ztráta chuti, ale i zažívací problémy (Reilly et al., 2007).

Potíže jsou spojeny s desynchronizací cirkadiálních rytmů a dopady závisí na délce a směru letu, letovém řádu a individuálních rozdílech. Setkávají se s ním jak rekreační turisté, tak závodníci s trenéry, pro které je adaptace důležitá (Reilly et al., 2007).

Zdatnost a trénovanost pozitivně ovlivňuje rychlost aklimatizace, a to jak v ohledu vyšší odolnosti vůči rušivým vnějším vlivům, tak i z hlediska nabytých ekonomičtějších fyziologických regulací. Obecně platí, že by sportovec měl dorazit do místa soutěže minimálně 7-10dní před vlastní soutěží. Již před odletem lze uplatnit režim spánku a bdění eventuálně i denních jídel jako v místě soutěží, u některých sportovců však tyto režimové změny mohou vést ke snížení sportovní výkonnosti. Před nástupem do letadla by si měli sportovci upravit čas na hodinkách tak, aby odpovídal cílovému místu (Novák & Zelený, 1989).

2.1.1 Aklimatizace sportovců při přeletu časových pásem

Podle Svobodové (2012) při rychlém přesunu směrem západním trvá aklimatizace obvykle kratší dobu, zhruba dva až šest dní, než rychlý přesun směrem východním, kde přizpůsobení může trvat dokonce až 18 dní.

Podle dalších zdrojů Kleina a Wegmanna (1974) jsou potřeba 3 dny k resynchronizaci po přeletu západním směrem, východním však dní 8.

Podobně Manfredini et al.(1998) uvádějí, že jeden den aklimatizace připadá na přesun o 92 min západním směrem a asi 57 min východním směrem.

Při přesunu východním směrem jde o situaci, kdy se čas relativně zkracuje a pro přizpůsobení se novým podmínkám se musí biorytmy postupně stěsnat do kratšího časového úseku, což je obtížnější než při letech směrem západním, kdy je relativní prodloužení dne lépe tolerováno (Bunc et al., 1990).

Asi 30% populace se však problémy aklimatizace vůbec netýkají, 40% se postupně aklimatizuje a 30% osob se v případě krátkodobých pobytů neaklimatizuje vůbec (Manfredini et al., 1998).

Nerespektování rizik transportu, může způsobit určité problémy a těžkosti. Dlouhá cesta v letadle je nepohodlná a v malém prostoru bez možnosti protažení a prokrvení končetin mohou trpět křečemi. Samotné cestování se může protáhnout zpožděním letu, neplánovaných zastávek, dále dehydratace, nemožnost osobní hygieny či hypoxie jako přechodný problém spojený s cestou (Reilly et al., 2007).

Podle Svobodové (2012) vzniká až třikrát vyšší riziko vzniku sraženin lidem, kteří absolvují let delší než osm hodin a toto riziko přetrvává 1-2 týdny poté, co z letadla vystoupíme.

Čím více časových pásem je podstoupeno, tím delší bude také aklimatizace i přes to, že tento vztah není lineární. Záleží na mnoha individuálních faktorech, a to např.: směru letu, rytmické stabilitě, typu osobnosti, rysy chování a spánkové deprivaci (Reilly et al., 2007).

„Večerní“ typy lidí jsou méně citliví na přesun než typy „ranní“. Také lidé s nižšími výkyvy teploty těla jsou méně odolní než ti s vyšší cirkadiální amplitudou, starší jedinci také reagují na změny časových pásem většinou hůře nežli mladší. V létě je aklimatizace také rychlejší než v zimě, zřejmě díky delším dnům (Manfredini et al., 1998).

Pokles výkonnosti při přesunu přes více časových pásem nepostihuje všechna sportovní odvětví stejným způsobem, výrazněji se týká sportovních výkonů, v nichž se uplatňuje dynamická svalová síla, vytrvalost a pozornost. Přesun méně ovlivňuje výkony, které vyžadují izometrickou sílu, jednoduchý reakční čas a jednoduché psychomotorické funkce (Winget et al., 1985).

Podle Bunce et al. (1999) mohou mít negativní vliv na sportovní výkonnost i další faktory, jako klimatické vlivy jako je teplota a vlhkost, hluk, výběr stravy a předstartovní horečka.

Zátěž z cesty se u sportovců projevuje zpravidla jako kumulovaná únava s příznaky: ospalosti, apatie a duševní skleslosti. U extrovertovaných osobnostních typů bývají tyto stavy po příjezdu často překryty příjezdovou euforií s příznaky: dychtivosti, enormního zájmu o nové prostředí, „průzkumné“ aktivity, nedočkavosti (Bunc et al., 1999).

Srdeční frekvence patří společně s tělesnou teplotou mezi hlavní fyziologické znaky adaptivnosti. Jsou lehce změřitelné a dostatečně přesvědčivé. Neadaptovaný jedinec má na novém místě vyšší a kolísavou SF a zvýšenou tělesnou teplotu, než jakou měl doma před odletem. Za adaptovaného ho považujeme tehdy, když jsou hodnoty SF a tělesné teploty stejné jako v domácích podmínkách. Teplota a SF se doporučuje měřit vždy ve stejnou dobu, nejlépe hned ráno po probuzení, kdy je teplota a SF nejstabilnější a nejspolehlivější, tkz. bazální SF (Štulrajter, 2005).

2.1.2 Faktory ovlivňující optimální aklimatizaci při přechodu časových pásem

Pro přesun časových pásem doporučuje Bunc et al. (1990) využívat následující postupy:

- změna režimu spánku a bdění a úprava času a denního rytmu před odletem
- speciální dietní příprava
- aplikace melatoninu.

Reakce na přesun přes více časových pásem jsou velmi individuální a jsou závislé, jak již bylo řečeno podle Bunce et al. (1999, 9-10) na:

- a) věku (starší jedinci jsou citlivější na přesun než mladší)
- b) trénovanosti (trénovanější vnímají časový posun méně než jedinci s nižší trénovaností)
- c) směru (přesun směrem na východ má podstatně větší dopad na jedince než směrem opačným)
- d) ročním obdobím (v letním období, kdy den a tudíž světlo je delší než v zimním období, je aklimatizace rychlejší a snazší než v zimě)
- e) rychlosti a „velikosti“ přesunu (čím více pásem a čím rychleji je přesun realizován, tím větší je reakce jedince na přesun a tím větší pozornost je třeba věnovat aklimatizaci)
- f) předchozí zkušenosti s přesunem (jedinci, kteří již absolvovali přesun, se většinou s jeho následky vypořádávají rychleji než nováčci)

g) typu jedince (ranní nebo večerní typ – večerní typy se s důsledky aklimatizace vypořádávají snadněji než typy ranní, mají vrchol spontánních aktivit v odpoledních nebo večerních hodinách, a je méně citlivý na přesun než ranní typ).

2.1.3 Možnosti ovlivnění adaptace před přeletem

2.1.3.1 Cirkadiální rytmicita

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

Melatonin byl vždycky užíván, jako jedna z možností rychlejší synchronizace cirkadiálních rytmů při přeletu více časových pásem (Lagarde et al., 2000).

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

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

Zkušenosti z přípravy sportovců ukazují, že postupnou adaptaci na časový posun vystihuje nejlépe hladina kortizolu.. Nejvyšší hodnoty byly zjišťovány v ranních hodinách. Bezprostředně po přesunu došlo k poklesu hladiny kortizolu. Přizpůsobení biologické denní rytmicity, má výrazně individuální charakter. Většinu ostatních parametrů charakterizujících biorytmicitu (srdeční frekvenci, tělesnou teplotu, hladiny močoviny, vápníku a železa v krvi) bylo možno jen obtížně interpretovat, protože byly zároveň ovlivněny i programem předsoutěžních tréninků (Bunc, et al., 1990, 8-9).

Lemmer et al.(2002) zjistil při sledování špičkových sportovců, že při překonání šesti časových pásem směrem na západ symptomy jet-lag přetrvávaly 5-6 dní, při překonání 8

časových pásem na východ 7 dní. Redukce tréninkové výkonnosti však byla zjištěna jen v prvních 4 dnech.

Jednou z možností jak redukovat negativní dopady jet lag je změnou režimu spánku v normálních (tuzemských) podmínkách, několik dní před odjezdem. Změna doby spánku, by měla korespondovat se směrem cesty (na východ, či na západ). Protože je cirkadiánní biorytmicita dána celým komplexem faktorů (včetně sociálních faktorů, či denního světla, apod.), bývají obvykle tyto „experimentální preadaptace“ neúčinné. Každá preadaptační změna obvykle provázena poklesem výkonnosti (Reilly & Maskell, 1989).

Další možností jsou změny ve složení a doba podávání denních jídel. Potrava s vysokým obsahem sacharidů a zároveň nízkým obsahem bílkovin usnadňuje přechod tryptofanu do mozku a jeho přeměnu na serotonin, což navozuje útlum a spánek. Naopak jídla s vysokým obsahem proteinů a nízkým zastoupením sacharidů zvyšují hladinu tyrozinu, který se přeměňuje na adrenalin a podporuje stav bdělosti (Wurtman, 1982).

Mezi další možnosti preadaptace při časových přesunech řadíme fototerapii, tj. užití jasného světla o intenzitě cca 1200luxů. Řízená fototerapie podporuje nerušený spánek a normalizaci biorytmů, ale vzhledem k řadě specifických faktorů a omezení nelze metodu přijmout jako obecně využitelnou (Manfredini et al., 1998).

Protože regulační systém využívá centrální a sympatické cesty, jakékoliv abnormality modifikují sekreci melatoninu. Je prokázáno, že podáním melatoninu při časovém posunu dopředu (před odletem, v průběhu letu i po příletu) má za následek rychlejší navození nového rytmu (Petrovický, 2002).

Omezení tréninku a pobytu na slunci snižuje při přesunu přes časová pásma u sportovců některé symptomy jet lag, zejména poruchy spánku (Bunc et al., 1999)

Většina prací, které se zabývají problematikou aklimatizace, se shodují v tom, že simulace aklimatizace v domácích podmínkách má jen velmi nízké výsledky a jejich pozitivní přínos lze jen velmi omezeně prokázat a tudíž doporučit (Manfredini et al., 1998).

Nejdůležitější zásadou, která by se měla dodržet v domácích podmínkách v období před odletem je vyvarovat se spánkovému deficitu. Trénovanost musí být na maximální možné úrovni, protože po přesunu se jen těžko dá upravit její nedostatek (Manfredini et al., 1998).

2.1.4 Techniky urychlující aklimatizaci

Štulrajter et. al. (2005) v prvních dnech po přesunu doporučuje trénink omezit, ale měl by být natolik individualizován, aby nedošlo k poklesu výkonnosti. Tréninkové zásady střednědobé a dlouhodobé aklimatizace lze podle Štulrajtra (1988) shrnout následovně:

1. - 4. den po příletu se doporučuje zařadit pouze velmi lehký trénink.

5. - 7. den po příletu dochází již u většiny sportovců k postupné synchronizaci biorytmů, a lze tudíž doporučit lehký trénink – spíše všeobecného zaměření, ale nikoli závodního typu.

8. - 10. den po příletu lze již předpokládat značnou synchronizaci a lze absolvovat přípravné soutěže, nejvyšší výkonost v případě překonání 8 časových pásem je možno předpokládat 10. - 14. den.

11. - 14. den po příletu – toto období se ukazuje jako nejvhodnější termín pro absolvování vrcholných soutěží.

14 dní a více po příletu může dojít k resynchronizaci, která se projeví zvýšenou únavou a zhoršením sportovních výsledků.

2.2 Autonomní nervový systém

Autonomní nervový systém je především motorickým systémem hladkého svalstva orgánů, cév, kůže a srdeční svaloviny. Funkce, které ovlivňují tento systém, nejsou zpravidla ovlivnitelné vůlí (Přidalová & Riegerová, 2009), což je dáno tím, že vedle neuronů v CNS a posléze až neurony ve stěnách orgánů, které fungují i bez přímého vlivu nervových vláken z vyšších etáží systému. „Protože činnost systému ovlivňuje základní biologické funkce spojené s přijímáním potravy, látkovou výměnou, cirkulací a s dalšími funkcemi spojenými s udržením života a s rozmnožováním, bývá také, zejména ve starší literatuře, označován jako vegetativní nervový systém“ (Čihák, 2004, 546-547).

Podle Přidalové a Riegerové (2009) dělíme autonomní nervový systém na dva oddíly, sympatický (pars sympathica, sympatikus) a parasympatický (pars parasymphatica, parasymphatikus). Oba oddíly mají motorické neurony zapojené do řetězců po dvou. Motorické neurony obou oddílů inervují převážně stejné vnitřní orgány, ale působí na ně

vzájemně protichůdně, když jeden oddíl stimuluje hladkou svalovinu některého orgánu ke stahu nebo některou žlázu k sekreci, druhý oddíl tyto činnosti potlačuje“ (Marieb & Mallat, 2005, 445).

Funkce obou složek mají fylogeneticky dávné kořeny: zvýšená akce sympatiku a následné vyplavení adrenergních mediátorů připravuje organismus k obraně, k útoku nebo k ústupu – tj. zrychlí se srdeční činnost, zvýší se krevní tlak, rozšíří se koronární tepny a bronchy a sníží se činnost trávicího systému; naopak – zvýšená akce parasympatiku udržuje organismus v klidu při odpočinku a trávení, proto vyvolává zpomalení srdeční činnosti, snížení krevního tlaku, zúžení koronárních tepen a zvýšení činnosti trávicího systému (Čihák, 2004, 548).

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

Takovéto antagonické působení obou systémů nejde ovšem do důsledků; převažuje koordinované působení obou systémů, představující funkční jednotu organismu a udržující optimální stav. Kromě sympatiku a parasympatiku existuje ještě další, třetí složka autonomního nervstva, označovaná jako enterický (intramurální) systém (Marieb & Mallat, 2005, 445).

„Sympatikus i parasympatikus jsou visceromotorické systémy, které začínají v CNS; typické je, že (na rozdíl od somatomotorických nervů) k orgánům a tkáním svého určení nejdou z CNS přímo, ale jsou cestou zavedeny pojmy pregangliové a postgangliové neurony“ (Čihák, 2004, 547).

„Pregangliové neurony ANS se vyvíjejí z neurální trubice stejně jako somatické motoneurony Postgangliové neurony se podobně jako viscerální senzitivní neurony vyvíjejí z neurální lišty“ (Marieb & Mallat, 2005, 445).

Pregangliové neurony ANS jsou cholinergní. Jejich axony jsou myelinizované. Dělení ANS vychází z rozdílného mediátoru, který se uvolňuje na synapsích obou typů postgangliových vláken (sympatikus – noradrenalin, parasympatikus – acetylcholin). Proto také označujeme sympatikus a parasympatikus jako systém adrenergní a cholinergní. Postgangliové neurony obou systémů mají nemyelinizované axony a v blízkosti cílových struktur se bohatě větví. Pregangliové a postgangliové neurony kromě klasických mediátorů produkují i řadu peptidů a některé mají schopnost vytvářet plynný mediátor – oxid dusnatý (Čihák, 2004, 549)

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

2.2.1 Centrální a periferní část ANS

Centrální sympatikové struktury zúčastňující se na srdeční činnosti se u člověka nacházejí v nucleus intermediolateralis laterálních rohů míchy od C₈ až po L₃.

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

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

2.2.2 Parasympatikus, sympatikus

Parasympatikus a sympatikus jsou eferentním (viscemotorickým) systémem drah (Petrovický, 2002).

Pregangliová vlákna (které vedou signály do ganglií a jsou uložena v mozkovém kmeni a v míše). Neurony uložené v gangliích se označují jako postgangliové neurony (Petrovický, 2002).

Podle Čiháka (1997) se postgangliové neurony sympatiku a parasympatiku liší svým mediátorem. Postgangliová sympatická vlákna uvolňují noradrenalin, postgangliová parasympatická však acetylcholin (Petrovický, 2002). Pregangliové neurony sympatiku i parasympatiku jsou cholinergní, vychází z CNS a mají jako mediátor acetylcholin. Pregangliová vlákna jsou myelinisovaná.

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

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

Parasympatické vlákna inervující srdce mají svoje kardioinhibiční centrum v prodloužené míše v nucleus dorsalis, nervus vagus a v nucleus ambiguus nevznikají za pokojových podmínek žádné spontánní fáziké depolarizace (Čihák, 1997). Nervus Vagus je naprosto nezbytný pro správnou funkci mnoha orgánů (Marieb & Mallat, 2005).

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

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

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

2.2.3 Řízení srdeční frekvence a činnosti srdce

Srdeční frekvence je řízena nervově a humorálně. Nervovou regulaci uskutečňuje sympatikus a parasympatikus. Parasympatikus snižuje a sympatikus zvyšuje tepovou frekvenci. V klidovém stavu je na chronotropních změnách vyšší podíl parasympatiku, který ovlivňuje rychlé výchylky tepové frekvence v rozsahu až 20 – 30 tepů/min. Mediátorem parasympatiku je acetylcholin a jeho vylučování ze zakončení X. hlavového nervu (n. vagus) v blízkosti sinoatriálního uzlu přímo ovlivňuje srdeční automacii. Kromě snížení tepové frekvence se stimulace parasympatiku projeví i v prodloužení převodu vzruchu v atrioventrikulárním uzlu (negativní dromotropní efekt). Parasympatické vlivy na srdeční rytmus jsou řízeny zejména z jader v prodloužené míše, nc. dorsalis nervi vagi a nc. ambiguus. Sympatikus má ve srovnání s parasympatikem protichůdné účinky na srdeční činnost. Sympatické vlivy jsou zprostředkovány nn. cardiaci a mediátorem sympatiku je adrenalin. Dráždění sympatiku zvyšuje tepovou frekvenci (pozitivní chronotropní efekt) a stažlivost (pozitivní inotropní efekt). Sympatické vlivy pocházejí z poměrně rozsáhlé oblasti prodloužené míchy, kde je síť neuronů se vztahem k srdečnímu rytmu i vazomotorickému tonu (Rokyta et al., 2000).

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

Baroreceptory jsou umístěny na stěnách srdce a cév a reagují na změny v jejich napětí. Informace o změnách jsou vedeny aferentními drahami do vazomotorických a kardioinhibičních center uložených v prodloužené míše (Trojan et al., 1999), kde dochází k jejich zpracování a následné eferentní odpovědi. Baroreceptory jsou umístěny v adventicii některých cév, ve stěně předsíní a v levé komoře srdeční. Při zvýšení arteriálního tlaku dochází ke kompenzační odpovědi v podobě zvýšené aktivity vagu, paralelní inhibici sympatické vazokonstriční aktivity, vazodilataci, venodilataci, poklesu SF, minutového oběhu, což společně vede k jeho normalizaci. Naopak při poklesu arteriálního tlaku dochází ke zvýšení sympatické vazokonstriční aktivity a inhibici vagu, což se následně projeví zvýšením krevního tlaku, SF, a tepového objemu (Rokyta et al., 2000).

2.3 Variabilita srdeční frekvence

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

Srdeční rytmus se projevuje rytmickým kolísáním, které je výsledkem vzájemně propojeného působení sympatiku a parasympatiku na SA uzel. Ten je během každého srdečního cyklu modulován centrálními a periferními oscilátory. Analýza těchto oscilací srdeční periody umožňuje posuzovat stav a funkci vegetativní eferentní aktivity (Stejskal & Salinger, 1996). Neboli srdce je znamenitě přizpůsobeno k tomu, aby měnilo srdeční výdej tak, jak to tělo, ale především CNS potřebuje s cílem udržení homeostázy. Tyto náhlé změny v tepové frekvenci jsou běžná reakce na fyzický nebo mentální stres a zátěž. Pro tento jev se ujal název variabilita srdeční frekvence.

Analýza HRV je založená na časové a frekvenční doméně. Většina časových parametrů odráží celkovou autonomní modulaci srdeční frekvence, ale neposkytuje informace o jednotlivém vlivu sympatiku a parasympatiku, kdežto spektrální analýza HRV dokáže částečně rozlišit vlivy sympatiku od parasympatiku (Malik & Camm, 1995).

Spektrum HRV je rozděleno do tří frekvenčních komponent – HF (vysoká frekvence), která je ovlivněna výhradně vagovou aktivitou; LF (nízká frekvence) vypovídá o baroreflexní aktivitě, která je ovlivněna jak sympatickou tak vagovou stimulací; komponenta VLF (velmi nízká frekvence) reflektuje vliv cirkulujících katecholaminů, termoregulační aktivitu cév a oscilace renin-angiotenzinového systému (Malik & Camm, 1995; Opavský, 2002; Stejskal & Salinger, 1996).

Bylo prokázáno, že přímou stimulací nervus vagus dochází ke snížení výkonu komponenty LF, ke zvýšení HF a zmenšení poměrů LF/HF. Kromě některých léků, může být HRV ovlivňována širokou škálou dalších vlivů, mezi které patří například věk, průměrná HRV, fyzická aktivita, emoční stres, srdeční funkce, ischemie myokardu a autonomní neuropatie. Měření HRV patří mezi neinvazivní metody vyšetření funkce ANS a poskytuje informace o nervové kontrole sinoatriálního uzlu (Stejskal & Salinger, 1996).

2.3.1 Hlavní parametry SA HRV

Za obecně uznávané hlavní spektrální komponenty SA HRV jsou považovány komponenty VLF v rozsahu 0,02 -0,05 Hz, LF v rozsahu 0,05-0,15 Hz a HF v rozsahu 0,15-0,5 Hz (Stejskal & Salinger, 1996).

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

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

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

V práci byly hodnoceny komplexní indexy vagové aktivity (VA), komplexní index sympatovagové balance (SVB), komplexní ukazatele celkového skóre (CS) SA HRV, který je sloučením komplexních indexů VA a SVB.

Podle Stejskala a Salinger (1996) můžeme hodnotu CS, která je vztažena ke kalendářnímu věku, nazvat také funkčním věkem (FV) ANS. Výpočet funkčního věku je jedním z dalších možných ukazatelů a vychází z věkové normy jednotlivých věkově závislých ukazatelů a je vztažený ke kalendářnímu věku vyšetřované osoby. Hodnota parametru FV neodpovídá biologickému či jinak hodnocenému věku, ale je to název komplexního ukazatele SA HRV, odvozeného z celkového skóre. Parametr funkční věk je udáván v rozmezí 11 až 99 roků a vyjadřuje CS vztažené k věku sportovce.

2.3.2 Proces měření HRV

Podle Salinger et al. (1998) je HRV monitorována pomocí standardizovaného ortostatickým manévrem v pozicích leh – stoj – leh. První fáze lehu slouží k zjištění výchozích podmínek měření. Stoj představuje ortostatickou stimulaci sympatiku a po ní následující leh vyvolává klinostatickou stimulaci vagu. Hodnocení časové řady tvořené R-R intervaly metodou SA HRV je často zkresleno výskytem artefaktů. V tomto výzkumu jsme použili diagnostický systém VarCor PF7, který umožňuje záznam dechové frekvence pomocí softwaru. Mezi další systémy používané na vyšetření krátkodobé HRV patří např. systém VariaPulse PF3, VarCor PF6 a VariaCardio TF4. Data jsou zpracovávána pomocí algoritmu krátkodobého záznamu, který běžně trvá zhruba 5 minut (při předpokladu průměrné klidové SF 60 tepů.min⁻¹. Při nižší srdeční frekvenci nebo častějším výskytu artefaktů se časový interval měření zvyšuje (Salinger et al., 1998).

2.3.3 Ovlivnění HRV

HRV je vysoce senzitivní ukazatel změn aktivitě ANS, který je neustále ovlivňován velkými množstvími různorodých podnětů. Mezi vnitřní faktory, které ovlivňují HRV patří např. sympatikus, parasympatikus, respirace, baroreflexní senzitivita, chemorecepce a termoregulace (Novotný & Novotná, 2008). Dalším faktorem, který se podílí na změnách v aktivitě ANS je věk. S rostoucím věkem dochází k poklesu HRV.

2.3.3.1 Vliv věku na HRV

Prvním zmíněným faktorem, který se významně podílí na změnách v aktivitě ANS, respektive na HRV, je věk. Od narození zhruba do deseti let až puberty dochází k přirozené maturaci ANS (zvyšuje se aktivita vagu) (Longin et al., 2005).

Podle Novotného (2008) mají dívky ve věku od čtyř do šesti let vyšší HRV než chlapci stejného věku. S přibývajícím věkem se redukuje převážně výkon v oblasti dominantně ovlivňované vagou, což v konečném důsledku způsobuje přesun sympatovagové balance aktivity (HF) v porovnání s muži ve všech věkových kategoriích (Antelmi et al., 2004).

2.3.3.2 Vliv zatížení na HRV

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

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

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

2.3.3.3 Vliv zotavení na HRV

V prvních vteřinách nezávisle na velikosti intenzity zatížení po jeho ukončení dochází k poklesu SF. Zhruba ve druhé minutě dochází k poklesu noradrenalinu. Poté je pokles SF a plazmatického noradrenalinu pomalejší kde je patrný podíl reaktivace vagu. Po páté minutě dochází postupně k reaktivaci parasympatiku a poklesu SF na klidové hodnoty. Sledování poklesu SF mezi 5. a 10. minutou může sloužit jako „index kardiální vagové reaktivace“. Vzestup aktivity vagu po zatížení není závislý vagové aktivitě před zatížením (Stejskal, 2008). Jakubec (2005) charakterizuje sympatovagovou rovnováhu a její návrat ukazatelů HRV na původní úroveň do šesti hodin zotavení a ukazatele sdružené do komplexního indexu aktivity vagu do devíti hodin zotavení. Zaznamenal také vzestup centrálního spektrálního výkonu po 23hod. od ukončení zatížení nad předzátěžovou úroveň. To značí výsledek dokonalé regenerace a připomíná proces superkompenzace.

2.3.3.4 Vliv únavy na HRV

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

2.3.3.5 Vliv syndromu Jet lag na HRV

Podle Stejskala, Jakubce, Příkryla a Salinger (2003) HRV výrazně ovlivňuje rychlý přesun přes časová pásma. Onemocnění vzniklé v důsledku rychlého přesunu přes časová pásma nejčastěji leteckým způsobem se nazývá pásmová nemoc, neboli anglicky syndrom jet lag. Potíže jsou spojeny s desynchronizací cirkadiálních rytmů a důsledkem může být porucha spánku, ztráta koncentrace, podrážděnost či přecitlivělost, deprese, celková vyčerpanost, ztráta chuti, ale i zažívací problémy (Reilly et al., 2007).

2.3.4 Spektrální analýza variability srdeční frekvence

Spektrální analýza variability srdeční frekvence je moderní neinvazivní metoda, která kvantifikuje aktivitu autonomního nervového systému. Základem metodiky je monitorování časových rozdílů mezi po sobě následujícími srdečními stahy R-R intervaly na EKG křivce, pro které se obecně vžil název variabilita srdeční frekvence (Stejskal & Salinger, 1996).

Metoda SA HRV nám umožňuje kvantifikaci pouze aktivity vagu, a aktivitu sympatiku můžeme soudit jen nepřímo z vybraných poměrů mezi jednotlivými spektrálními komponentami.

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

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

Podle Novotného (2008) je variabilita srdeční frekvence detailní analýza délek R-R intervalů a jako jedna z možností jak odhalit poruchy neurovegetativní regulace činnosti srdce. Jedná se o neinvazivní diagnostickou metodu, která se používá jak v tělovýchovném lékařství, kardiologii (při onemocnění srdce a srdečních větví bloudivého nervu),

diabetologii, onkologii, neurologii, neonatologii tak psychologii. Analýza HRV se často využívá i v diagnostice toxické kardiomyopatie u pacientů léčených např. antracyklickými antibiotiky pro zhoubné tumory, nejen u dospělých, ale i u dětí. Ukazatelé HRV jsou dále používány v monitorování změn autonomních nervových regulací v průběhu různé zátěže. V péči o sportovce se začíná uplatňovat ve více oblastech, např. v regulaci sportovního tréninku, hodnocení stavu únavy a diagnostice přetrénování, v hodnocení adaptace na časový posun a řízení tréninkového procesu

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

2.3.5 Uplatnění SA HRV při optimalizaci sportovního tréninku

Monitorování a využití variability srdeční frekvence je v poslední době považováno za nadějnou metodu sledování funkcí autonomního vegetativního systému. V několika posledních letech je možno zaznamenat nárůst počtu publikací zabývajících se sledováním HRV v průběhu zatížení, následného zotavení a další odpovědi vegetativního systému na předcházející zátěž.

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

Šlachta, Stejskal a Elfmark (2003) se domnívají, že použití výsledků longitudinálního sledování SA HRV u sportovců by mohlo být prakticky využitelná.

2.3.5.1 Stupňování sportovní výkonnosti „Tapering strategy“

Podle Stejskala (2004) při stupňování sportovní výkonnosti není nejdůležitější zlepšování pozitivních účinků tréninku, ale redukce negativních fyziologických a psychologických vlivů předcházejícího tréninku. V tomto období se mění zásadním

způsobem složky zatížení. Kvantitativní složka se výrazně redukuje, převládají krátké, ale intenzivnější tréninkové motivy.

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

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Hlavní cíl práce

Ověřit využití metody SA HRV při řízení aklimatizace sportovce po rychlém přeletu časových pásem.

Dílčí cíle:

1. Analýza a interpretace vývoje ukazatelů SA HRV získaných v předletové fázi sportovní přípravy.
2. Analýza a interpretace vývoje ukazatelů SA HRV po rychlém přesunu přes časová pásma východním směrem.
3. Monitoring a analýza dynamiky srdeční frekvence ve stoji a lehu v průběhu standardního tréninku a během aklimatizace při přeletu časových pásem východním směrem.

Výzkumné otázky:

1. Jak se projevuje v aktivitě ANS rychlý přesun přes časová pásma východním směrem?
2. Existují rozdíly mezi subjektivním hodnocením stavu organismu sportovce a výsledky získanými metodou SA HRV?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika souboru

Měřená osoba byla dlouholetá úspěšná reprezentantka ČR plavání s ploutvemi ve věku 20 let, která se zúčastnila světových her na Taiwanu ve městě Kaohsiung. Celková délka pobytu byla 7 dní. Pro probandku, představovala soutěž vrchol sezony. Data byla naměřená v období přípravy v domácím prostředí a následně po přeletu a v místě a průběhu závodu.

Aktivita ANS byla hodnocena v průběhu 11dní v přípravě před odletem a 7 dní v místě konání soutěže, tedy v aklimatizaci ve směru východním s rozdílem časových pásem plus šest hodin. Celkově bylo provedeno 11 měření v přípravě před odletem a 8 měření po přiletu (Tabulka 1, Tabulka 3).

4.2 Metodika sběru dat

Snímání a hodnocení HRV bylo prováděno metodou spektrální analýzy ze záznamu EKG v délce 300 tepů (kde se předpokládá průměrná klidová srdeční frekvence 60 tepů za minutu tedy alespoň 5minut) pomocí originálního diagnostického systému VarCor7 PF7 (Stejskal, 2008).

Diagnostický systém VarCor PF7 vygeneroval tréninková doporučení pro optimalizaci tréninkových jednotek na základě současné úrovně aktivity ANS, která shrnovala tréninkovou kapacitu (Stejskal, 2008). Písemnou interpretaci výsledků vyšetření popsal Šlachta, Stejskal a Elfmark (2003) do čtyř úrovní:

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



Obrázek 1. Mikropočítačový systém VarCor PF7 s příslušenstvím

Probandka na základě dohody s trenérem měla přístup k výsledkům a doporučením i během samotného závodu.

Tréninkové jednoty jak v době před odletem, tak na místě pobytu, byly ovlivňovány a regulovány doporučením systému VarCor PF7. Doporučení bylo respektováno ve smyslu tréninkového zatížení, a to jak ve složce intenzity tak objemu tréninkového zatížení.

Probandka se snažila dodržet přibližně stejnou denní dobu měření dat jak v domovských podmínkách, tak podmínkách soutěže. Většina vyšetření ANS byla naměřena v rozmezí 7:00-9:00 (Tabulka 2, Tabulka 4).

Aktivitu ANS byla měřena po detailním vysvětlení samotnou sportovkyní, a monitorování proběhlo standardně ortostatickým reflexem v tomto případě aktivním postavením se (leh – stoj – leh) diagnostickým systémem VarCor PF7.

Aktivita ANS byla vyjádřena následujícími ukazateli SA HRV podle Stejskala et al. (2002):

- aktivity vagu (VA),
- celkové skóre (CS),
- komplexní index sympatovagové rovnováhy (SVB),
- celkový spektrální výkon (PT),
- funkční věk (FV).

Hodnoty ukazatelů SA HRV se pohybují v rozmezí od 5,0 do + 5,0 bodů. Referenční hodnoty byly stanoveny pro VA a SVB v rozmezí od -2,0 do +2,0, CS od -1,5 do +1,5 a PT od -2,5 do +2,5 (Stejskal, Jakubec, Prikryl & Salinger, 2004).

5 VÝSLEDKY a DISKUSE

5.1 Dynamika sledovaných parametrů SA HRV

Tabulka 1. Komplexní indexy SA HRV v přípravě v domácích standardních podmínkách

Datum	CS	VA	SVB	P _T	Doporučení
7.7	1,06	1,08	1,02	1,62	ND
8.7	1,43	2,42	-0,44	2,03	ND
9.7	1,50	1,93	0,68	2,17	ND
10.7.	1,53	2,59	-0,48	2,80	dobrá – beze změny
11.7.	1,04	1,76	-0,32	2,07	dobrá – beze změny
12.7.	1,29	1,38	1,12	0,30	dobrá – beze změny
14.7.	0,07	0,41	-0,59	0,65	dobrá – s mírným zhoršením výkonnosti ANS
15.7.	0,21	0,26	0,13	0,54	dobrá – beze změny
16.7.	1,39	1,39	1,38	0,77	výkonnost ANS je lepší než posledně
17.7.	1,55	1,33	1,97	1,08	Dobrá – beze změny
M	1,107	1,455	0,447	1,403	
SD	0,79	0,80	1,37	0,81	

Vysvětlivky:

- CS – celkové skóre
- VA – aktivita vagu
- SVB – sympatovagová balance
- P_T – celkový spektrální výkon
- M – průměrné hodnoty
- SD – směrodatná odchylka
- ND – nedefinováno

Tabulka 2. Doporučení systému VarCorPF7 a subjektivní komentáře probandky před přeletem na východ (Taiwan)

Datum	Čas	Doporučení VarCorPF7	Reakce na doporučení, subjektivní pocity
7.7.	7:56	polovina soustředění	R.T bez intenzity, ale delší motiv O.T dvě intenzivní série, subjektivní pocit popsán jako bezproblémový
8.7.	8:05	ND	R.T nepřiliš náročný po stránce intenzity O.T delší s jednou intenzivní sérií
9.7.	7:51	ND	R.T objem, spinning O.T delší - střední intenzita – trénink zaměřen vytrvalecky
10.7.	8:06	výkonnost ANS je dobrá - beze změny (FV 14)	R.T kratší, nic těžkého O.T kratší, ale intenzivní série
11.7.	7:39	výkonnost ANS je dobrá - beze změny (FV 16)	volno
12.7.	7:52	výkonnost ANS je dobrá - beze změny (FV 15)	volno
13.7.		ND	O.T – zahřívací, subjektivní pocit bezproblémový
14.7.	8:00	výkonnost ANS je dobrá - oproti poslednímu však mírně zhoršené (FV 20)	R.T. krátká intenzivní série O.T kratší intenzivnější série, probandka popsala mírnou únavu
15.7.	8:15	výkonnost ANS je dobrá - beze změny (FV 19)	R.T. – volno na základě doporučení a subjektivního pocitu ze dne 14.7 O. T – volný trénink, spíše regenerace
16.7.	8:12	výkonnost ANS je dobrá - zlepšení od posledního měření (FV 15)	R. T - volno O. T - ladění, krátké rychlejší úseky, subjektivní pocit dobrý
17.7.	8:07	výkonnost ANS je dobrá - beze změny (FV 14)	R. T - volno O. T - ladění, zkouška rychlosti, kratší intenzivní úseky, subjektivní pocit dobrý
18.7.	8:25	výkonnost ANS je výrazně snižená - výrazná negativní změna zdravotního stavu	balení věcí, příprava na odlet

Vysvětlivky:

- R.T. – ranní trénink
- O.T. – odpolední trénink
- ND – nedefinováno

Tabulka 3. Komplexní ukazatele SA HRV v době po přeletu na východ (Taiwan)

Datum	CS	VA	SVB	P _T	Doporučení
19.7					<i>LET</i>
20.7	0,84	0,43	1,63	0,81	optimální
21.7	1,38	1,51	1,14	1,93	optimální
22.7 ráno	-0,63	-0,44	-0,98	1,29	zhoršení
22.7 odpol.	0,39	0,47	0,22	-0,46	optimální
dobrá	0,03	0,63	-1,12	0,60	optimální
24.7 ráno	0,59	1,32	-0,79	2,66	optimální
25.7	0,16	0,15	0,19	-0,29	zhoršení
M	0,23	0,54	-0,35	1,06	
SD	0,63	0,66	1,06	1,13	

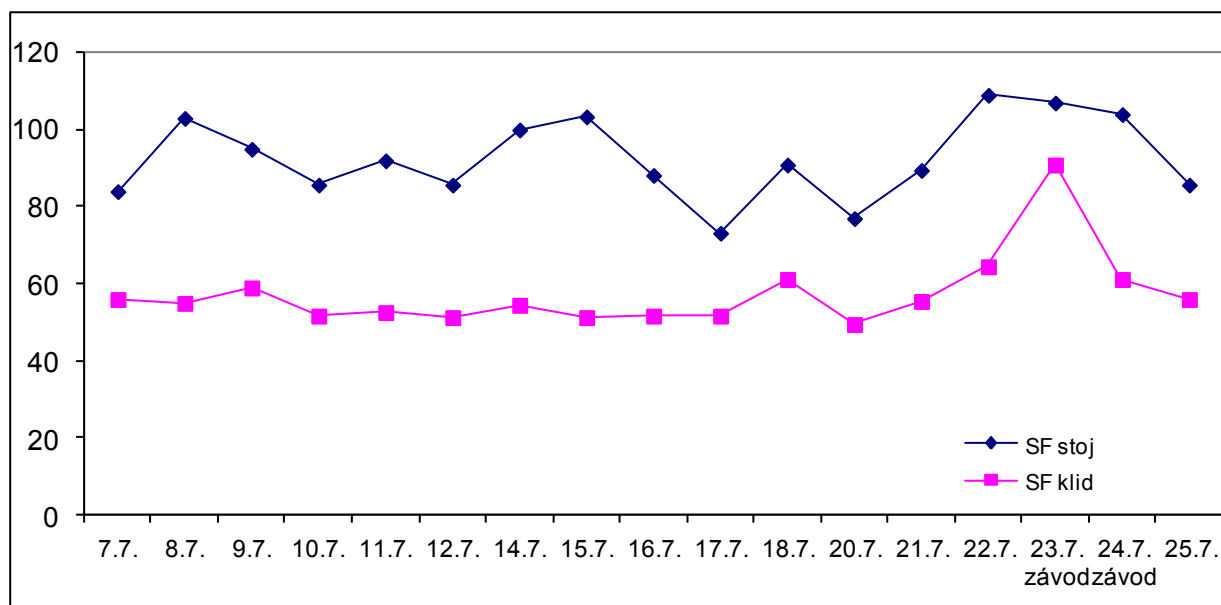
Vysvětlivky:

- CS – celkové skóre
- VA – aktivita vagu
- SVB – sympatovagová balance
- P_T – celkový spektrální výkon
- M – průměrné hodnoty
- SD – směrodatná odchylka

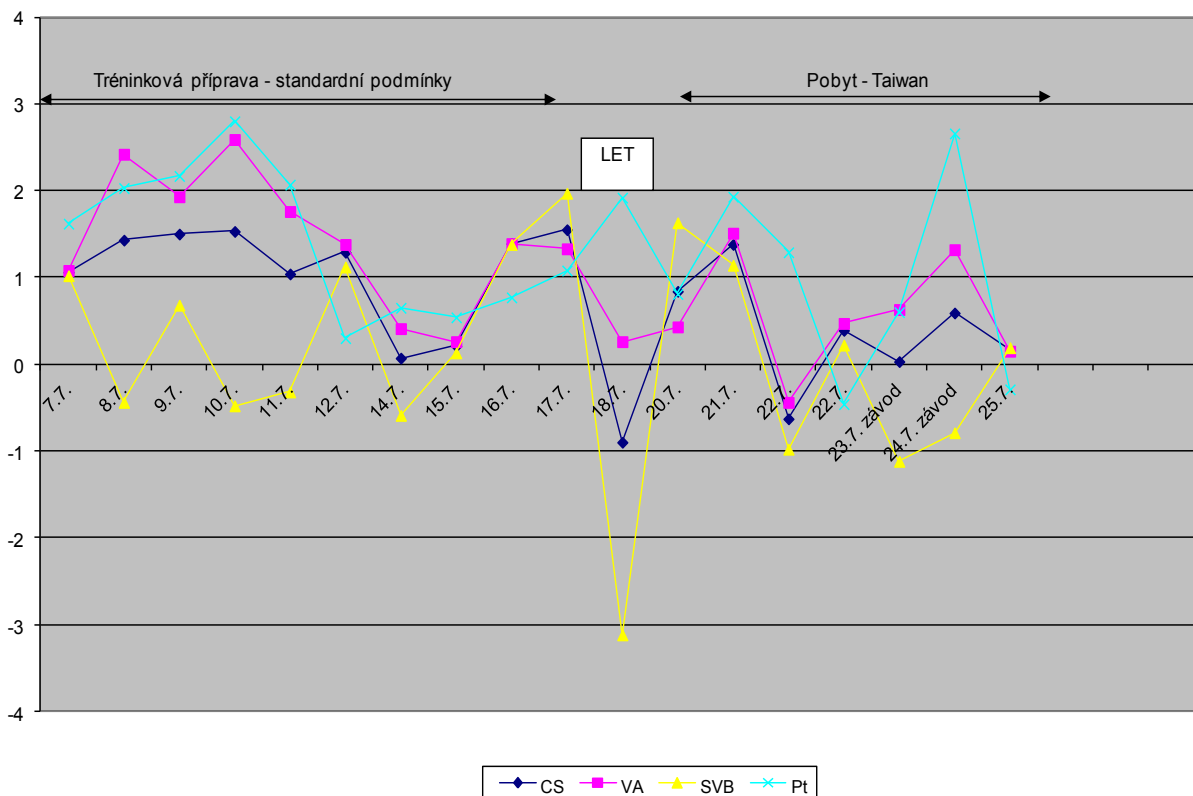
Tabulka 4. Doporučení systému VarCorPF7 a subjektivní komentáře probandky po přeletu na východ (Taiwan)

Datum	Čas	Doporučení VarCorPF7	Reakce na doporučení, subjektivní pocity
19.7.		<i>LET</i>	přejezd na letiště do Vídně
20.7.	16:00	ANS je dobrá - zlepšení od posledního měření	přílet na Taiwan
21.7.	9:00	ANS je dobrá - zlepšení od posledního měření	Aklimatizace - dobrý pocit na tréninku bez pocitu únavy
22.7 ráno	7:14	výkonnost ANS je výrazně snížena – výrazná negativní změna zdravotního stavu (FV 22)	Aklimatizace - trénink ano - horší pocit, subjektivně pociťovaná únava
22.7 odpol.	16:30	zlepšení stavu ANS od posledního měření (FV 19)	Aklimatizace - vynechání tréninku na základě doporučení
23.7.	7:04	výkonnost ANS je dobrá - beze změny	Závod – výborný subjektivní pocit ze strany probandky, vytvoření nového českého rekordu na 200m
24.7 ráno	7:23	výkonnost ANS je dobrá - beze změny	Závod - dobrý pocit, bez pocitu únavy, vytvořen nový český rekord na 400m

Datum	Čas	Doporučení VarCorPF7	Reakce na doporučení, subjektivní pocity
24.7. odpol.	15:34	výkonnost ANS je dobrá - zlepšení od posl. Měření	Odpolední závod – opětovné vylepšení českého rekordu na 400m
25.7.	10:00	výkonnost ANS dobrá, ale mírné zhoršení od posl.měření	volno



Obrázek 2. Průběh srdeční ve stoji a lehu po celou dobu monitorování



Obrázek 3. Parametry SA HRV během tréninkové přípravy, přeletu a aklimatizace sportovce

Hodnoty CS byly mírně nadprůměrné ve srovnání s referenčními hodnotami ve třech případech (14%), VA ve dvou případech (9%), a PT ve třech případech (14%) (Tabulka 1 a 3). Během monitorování aktivity ANS bylo doporučeno v pěti případech (30%) snížit tréninkovou intenzitu, v 70% byla výkonnost ANS optimální, bez nutnosti změny tréninkového zatížení.

V prvních pěti dnech měření (7.7-11.7) byla probandka po dvou denní tréninkové pause, cítila se odpočatě, bez fyzických a zdravotních problémů. Doporučení HRV byla také optimální a vygenerovala stav ANS jako dobrý. Tréninkové jednotky v tomto období probíhaly dvojfázově, většinou s jednou kratší a intenzivnější sérií (Tabulka 2). V následujících šesti dnech (12.7-16.7) došlo k mírnému snížení VA, a i doporučení VarCor PF7 vyhodnotilo mírné zhoršení stavu ANS. Probandka však nepopsala výraznou únavu, s výjimkou jednoho dne 14.7, kdy subjektivní pocit probandky byl v souladu s doporučením VarCor PF7. Dle doporučení HRV, kdy bylo naměřeno mírné zhoršení celkového stavu probandky byl ranní i odpolední trénink redukován, pouze s jedním krátkým intenzivním motivem, což se pozitivně projevilo následující den, kdy se stav ANS od posledního měření dne 15.7 zlepšil. Den před odletem 18.7 však došlo k výraznému poklesu hodnoty SVB do

hodnoty -3,12, a aktivita vagu klesla. Tato změna byla nejspíše následkem mírného stresu před odletem, a dalších organizačně cestovních důvodů.

Očekávaný pokles ANS se nevyskytl po přeletu východním směrem, navzdory studiím, kde se popisují změny (Manfredini et al., 1998). Potvrdilo se, že reakce organismu na rychlý přesun přes časová pásma je založená na změnách aktivity ANS a je individuálně variabilní. U probandky se vyskytovaly mírně snížené parametry HRV, ale celková funkce ANS dle doporučení byla dobrá. Probandka potvrdila dobrý pocit i na tréninku, který proběhl následující ráno po přiletu. K poklesu funkce ANS došlo až druhého dne (22.7) a to jak k poklesu PT, poklesu VA, ale také SVB na stranu sympatiku v poměru vagu (Tabulka 3). Špatný pocit a mírnou únavu potvrdila subjektivně i probandka (Tabulka 4). Z tohoto důvodu následující ranní trénink proběhl „odlehčeně“ a odpolední na základě zhoršené funkce ANS probandka úplně vynechala. Čtvrtý den pobytu, kdy proběhl i první závod výsledky měření ukázaly mírné zlepšení ANS, a probandka popsala závod bez problémů, beze známky únavy. Vylepšila si svůj dosavadní osobní rekord a vytvořila nový český rekord o celé 3 vteřiny v závodě na 200m což lze považovat za velmi výraznou pozitivní změnu.

Dne 24.7 proběhl druhý den závodu, výkonnost ANS byla dobrá beze změny v její aktivitě. I probandka opět popsala závod dle subjektivních pocitů za bezproblémový, necítila únavu ani po předchozím závodním dnu a opět výrazně vylepšila svůj osobní rekord a vytvořila nový český rekord na 400m. Dne 25.7 jako poslední den na Taiwanu již po závodech došlo ke zvýšení SVB, pravděpodobně následkem opadnutí stresu.

V období předodletové fáze (7.7-18.7) se SF ve stoji pohybovala v rozmezí 84 až 103 tepů za minutu a SF v lehu 51 až 59 tepů za minutu (Obrázek 2). K mírnému poklesu jak SF stoj, tak SF leh došlo v den po přiletu na místo 20.7, kdy SF stoj klesla na 77 tepů za minutu a SF leh na 49 tepů za minutu. K dalšímu mírnému zvýšení SF stoj i SF klid došlo třetí den pobytu. Nepřehlédnutelná je však zvýšení SF leh na 90 tepů za minutu dne 23.7 kdy SF klid se zvýšila o necelých 60%. Měření proběhlo opět v ranních hodinách a zvýšení mohlo způsobit předzávodní rozrušení a nervozita. Závod však proběhl bez potíží.

V roce 2008 bylo provedeno podobné měření při přeletu na východ i na západ (Botek, Stejskal & Svozil, 2009). Při přeletu na východ přes devět časových pásem byl monitorován vrcholový desetibojař ve věku 33let. Ke snížení aktivity ANS došlo pouze v prvních třech dnech. Na základě výsledků hodnot SA HRV byl sportovec schopen snést zátěž již čtvrtý den po přeletu v rozporu s literaturou (Klein & Wegmann, 1974, Svobodová, 2012). Monitorována byla také i reprezentantka plavání s ploutvemi ve věku 18let při přeletu na západ přes sedm časových pásem na mistrovství světa juniorů. Obdobně jako u probandky,

kteřá podstoupila cestu na Taiwan, nedošlo k poklesu ANS okamžitě po přiletu, ale až den druhý, a to opět v rozporu s literaturou (Manfredini et al., 1998, Bunc et al., 1999, Svobodová, 2012). Je třeba zmínit, že probandka s přeletem na východ měla podstatně kratší časový úsek na aklimatizaci a také samotný závod proběhl již čtvrtý den po přeletu přes časová pásma než u probandky s přeletem na západ kteřá strávila v Kolumbii dñi deset a první závod proběhl až v den šestý.

Z komparace lze vyvodit závěr, že reakce organismu na rychlý přesun přes poledníky je individuálně variabilní a nelze je jednoznačně stanovit. Výhodou využití metody SA HRV je individuální určení těchto poklesů s možností optimalizovat tréninkové (domácí) či předsoutěžní zatížení (v místě závodu). Z naší komparace nelze zatím jednoznačně určit rozdíly aklimatizace přechodu na východ s aklimatizací přechodu na západ.

6 ZÁVĚRY

Úkolem předložené práce bylo zjistit změny a vliv ANS po rychlém přesunu přes časová pásma a ověřit tak metody SA HRV při řízení aklimatizace sportovce.

Získané výsledky obsahují data z období ladění formy tzv. taperingu, následně v období závodního již po rychlém přesunu směrem východním na Taiwan, kde časový rozdíl představoval +6 hodin.

V období před odletem proběhla příprava bez větších problémů, až na ojedinělé doporučení snížení intenzity zatížení. Doporučení byla akceptována a tréninkové jednotky zejména v druhé polovině přípravy byly redukovány. Po přesunu z Vídně na Taiwan, který proběhl dne 19.7. (Tabulka 2) nedošlo k předpokládanému snížení aktivity ANS první den po přeletu, ale až den třetí. Doporučení snížení zátěže byla dodržována i v této fázi, což se vždy pozitivně projevilo na druhý den zvýšením aktivity ANS. Závod byl absolvován bez potíží a s výrazným výkonnostním zlepšením. Soulad mezi subjektivním hodnocením stavu organismu a výsledky aktivity ANS nebyl v některých případech potvrzen. I přes subjektivně pociťovanou únavu, nebylo vždy doporučení v souladu se subjektivními pocity. Probandka se vždy řídila doporučením stavu ANS.

Na základě doporučení VarCor PF7 byla vždy zátěž regulována či naopak zvýšena, a na základě snížení intenzity zatížení jsme vždy pozorovali na druhý den zlepšení všech ukazatelů ANS.

Podle zjištěných výsledků práce můžeme konstatovat že:

1. v předletové fázi sportovní přípravy zjištěné ukazatele SA HRV výrazně napomohly k optimalizaci tréninkového zatížení. Nedošlo k přepjetí organismu v důležité fázi vyladění sportovní formy.
2. po rychlém přesunu přes časová pásma na místo závodu se staly zjištěné ukazatele SA HRV významným regulátorem tréninkového zatížení bezprostředně před závodem i během závodu.
3. dynamika srdeční frekvence ve stoji a lehu byla monitorována v průběhu celého experimentu. Výkyvy SF stoj a SF leh se vyskytovaly jen výjimečně. Za zmínku stojí změna SF v den přiletu, kdy jak SF stoj tak SF leh klesla. Pokles SF po přiletu lze v souladu se Štulrajterem et al. (2005) považovat za pozitivní fakt dobré adaptability sledované plavkyně.

4. rychlý přesun přes časová pásma východním směrem se v aktivitě ANS výrazně po přeletu neprojevil. Změny ANS nastaly v rozporu s Manfredinim et al. (1998) a Štulrajterem et al. (2005) krátkodobě až třetí den po příletu.
5. rozdíly mezi subjektivním hodnocením stavu organismu sportovce a výsledky získanými metodou SA HRV nebyly až na dva případy v zásadním rozporu. Rozdíly byly zjištěny v jednom dni před odletem a v jednom případě v období po přeletu, kdy byly subjektivní pocity velmi špatné na rozdíl od naměřených hodnot SA HRV.

Potvrdilo se, že by se tato metoda mohla stát v budoucnosti důležitým a objektivním ukazatelem pro vrcholové sportovce, kteří se připravují na vrcholné soutěže po rychlém přesunu přes více časových pásem.

7 SOUHRN

Cílem práce bylo ověřit možnost využití metody spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV) jako nástroje pro hodnocení aktivity autonomního nervového systému (ANS) na změnu, která nastane vlivem rychlého přesunu přes časová pásma a jeho dopad na sportovní výkon.

Byla sledována aktivita autonomního nervového systému u probandky věku 20 let, která absolvovala přelet východním směrem na Taiwan.

V předletové fázi sportovní přípravy zjištěné ukazatele SA HRV výrazně napomohly k optimalizaci tréninkového zatížení. Nedošlo k přepjetí organismu v důležité fázi vyladění sportovní formy. Po rychlém přesunu přes časová pásma na místo závodu se staly zjištěné ukazatele SA HRV významným regulátorem tréninkového zatížení bezprostředně před závodem i během závodu.

Vlivem rychlého přesunu přes časová pásma dochází k poruše vnitřních regulací organismu, které mohou být u sportovců příčinou přechodného poklesu jejich tréninkové adaptační kapacity. Ve výzkumu nebyl u probandky bezprostředně po přeletu z Vídně na Taiwan pozorován žádný aktuální pokles aktivity ANS, tak jak se uvádí v literatuře (Manfredini et al., 1998). K úpravě tréninkového zatížení bylo nutné přistoupit až třetí den po rychlém přesunu přes časová pásma směrem východním.

Práce potvrdila, že reakce organismu na rychlý přesun přes časová pásma je založená na změnách aktivity ANS a je individuálně variabilní. Metoda SA HRV je vhodným nástrojem pro vyladění sportovní formy ve standardních podmínkách i pro určení aklimatizační strategie a optimalizace sportovní výkonnosti při přeletu časových pásem.

8 SUMMARY

The main aim of this study was to prove using the method of spectral analysis of heart rate variability (SA HRV) as a tool for assessing activity of autonomic nervous system (ANS) for the change, which occur after the rapid travel over the time zones and his influences to the sport performed.

There was monitored the activity of autonomic nervous system of the 20 years old athlete who travelled to the Taiwan over the 6 times zones.

During the pre-flight phase the recommendation of SA HRV helped to optimise the training activity. There was not any over training indicators. After the rapid travel over the time zones was the recommendations of SA HRV also very important indicators for the training load and before the competition.

In this case, there were no influences of the rapid travel over the time zones immediately after the flight. To adjust the training load was necessary make change the third day after the flight.

This thesis confirmed that the reaction of the organism after the rapid travel over the time zones is based on changes in ANS activity and is individually variable. The method of SA HRV is a useful tool for athletes during the important period named tapering and also for optimise the sports performance after the rapid travel over the time zones

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Akselrod, S.A. (1995). Components of heart rate variability. Basic Studies. In M. Malik, & A. J. Camm (Eds.), *Heart rate variability* (pp. 147-164). New York: Futura publishing.
- Aláčová, G. P., (2005). *Vliv pravidelné pohybové aktivity na variabilitu srdeční frekvence u pacientů s úzkostnými poruchami*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Antelmi, I., de Paula, R. S., Shinzato, A.R., Peres, C.A., Mansur, A.J., & Grupi, C.J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *The American Journal of Cardiology*, 93(3), 381-385.
- 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., Stejskal, P., & Svozil, Z. (2009). Autonomic nervous system activity during acclimatization after rapid air travel across time zones: a case study. *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis. Gymnica*, 39, 13-22.
- Botek, M., Stejskal, P., Jakubec, A., & Kalina, M. (2003). Kvantifikace aktivity autonomního nervového systému v zotavení s možností monitorování procesu superkompenzace metodou SA HRV. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi. 4. odborný seminář s mezinárodní účastí* (pp. 10-17). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M. (2000). *Exercise physiology* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Bunc, V., Dlouhá, R., Heller, J., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., & Slepíčka, P. (1999). *Zásady aklimatizace, LOH Sydney 2000*. Praha: Olympia a.s.
- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
- Hamar, D., & Lipková, J. (2001). *Fyziologia telesných cvičení*. Bratislava: Universita Komenského.
- Jakubec, A. (2005). *Spektrální analýza variability srdeční frekvence v průběhu zotavení po dynamické práci*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Javorka, K., et al. (2008). *Variabilita frekvencie srdca*. Martin: Osveta.
- Khan, M. G. (2005). *EKG a jeho hodnocení*. Praha: Grada.
- Klein, K., & Wegmann, H. (1974). Resynchronization of human circadian rhythms after transmedian flights as results of flight direction and mode of activity. In L.E. Scheving (Ed.), *Chronobiology* (pp. 564-570). Tokyo: Igaku-Shoin.
- Kučera, M., & Dylevský, I., et al. (1999). *Sportovní medicína*. Praha: Grada.
- Lagarde, D., Chappuis, B., Billaud, P., Ramont, L., Chauffard, F., & French, J. (2000). Evaluation of pharmacological aids on physical performance after a transmedian flight. *Medicine & Science in Sport & Exercises*. 628-634
- Lemmer, B., Kern, R.I., Nold, G., & Lohrer, H. (2002). Jet lag in athletes after eastward and westward time zone transition. *Chronobiology International*, 19, 743-764.
- Longin, E., Schaible, T., Leny, T., & König, S. (2005). Short term heart rate variability in healthz neonates: normative data and physiological observations. *Early Human Development*, 81(8), 663-671.
- Malik, M., & Camm, A. J. (1990). Circadian rhythm of heart rate variability after acute myocardial infarction and its influence on the prognostic value of heart rate variability. *The American Journal of Cardiology*, 66(15), 1049-1054.
- Manfredini, R., Manfredini, F., Fersini, C., & Conconi, F. (1998). *Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag*. *British Journal of Sports Medicine*, 32(2), 101-116.
- Matrieb, E. N., & Mallatt, J. (2005). *Anatomie lidského těla*. Brno: CP Books.
- Novák, J., & Zelený, J. (1989): Adaptace na přesun přes poledníky.. *Lékař těl. Vých.*, 17(4) 37-41.
- Novotný, J., & Novotná M. (2008). *Variabilita srdeční frekvence u dětí vleže a vstoje*. *Heart rate variability in children at supine and standing position*. Brno: Masarykova univerzita
- Olšák, M., (2003). Skúsenosti a možnosti využitia variability srdcovej frekvencie vo vrcholovom športe. In J. Salinger, *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 75-80). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Opavský, J., (2002). *Autonomní nervový systém a diabetická autonomní neuropatie: Klinické aspekty a diagnostika*. Praha: Galén.
- Petrovický, P., (2002). *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. Martin: Osveta.
- Praško, J., (1990). *Fototerapie a cirkadiální rytmy u depresivních poruch*. Brno: Ornová.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2009). *Funkční anatomie 2*. Olomouc: Hanex.

- Reilly, T., & Maskell, P. (1989). Effects of altering the sleep-wake cycle on human circadian rhythms and motor performance. In: *Proceedings of the 1st IOC Congress on Sports Science* (106), Colorado Springs, CO: US Olympic Committee.
- Reilly, T., Atkinson, G., Edwards, B., Waterhouse, J. et al. (2007). Copying with jet-lag: A Position Statement for the European College of Sport Science. *European Journal of Sport Science*, 7(1), 1-7.
- Retek, T., Stejskal, P., & Salinger, J. (1999). Použitelnost vyšetření HRV ke sledování průběhu zotavení po zátěži. In H. Válková & Z. Hanelová (Ed.), *Pohyb a Zdraví* (pp. 443-445).
- Rokyta, R. et al. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědeckých a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Salinger, J., Opavský, J., Stejskal, P., Vychodil, R., Olšák, S., & Janura, M. (1998). The evaluation of heart rate variability in physical exercise by using the telemetric variapulse TF3 system. *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis. Gymnica*, 28, 13-23
- Stejskal, P. (2004). Strategie stupňování sportovní výkonnosti. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 13(4), 162-170.
- Stejskal, P. (2008). Využití hodnocení variability srdeční frekvence ve sportovní medicíně. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvencie srdca: mechanismy, hodnotenie, klinické využitie* (pp. 168-181). Martin: OSVETA.
- Stejskal, P. et al. (2001). Power spectrum of heart rate variability in exercising humans: The effect of exercise intensity. *Sport Medicine, Training and Rehabilitation*, 10(1), 39-57.
- Stejskal, P., & Salinger, J. (1996). Spektrální analýza variability srdeční frekvence: základy metodiky a literární přehled o jejím klinickém využití. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 5(2), 33-42.
- Stejskal, P., Jakubec, A., & Příkryl, P., & Salinger, J. (2003). Vliv osmihodinového časového posunu na spektrální analýzu variability srdeční frekvence u špičkového sportovce (kasuistika). In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 125-133). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Šlachta, R., Stejskal, P., & Elfmark, M. (2003). Spektrální analýza variability srdeční frekvence u sportovce a modifikace tréninku pomocí spektrální analýzy. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 134-139). Olomouc: Univerzita Palackého.

- Štulrajter, V. (1988). Jako možno urýchliť aklimatizáciu na hry XXIV. Olympiády. *Trenér*, 32 (5), 195-198
- Štulrajter, V., Peráček, P., & Holienka, M. (2005). Přesun přes časová pásma. *Tělesná výchova a šport*, 15 (3-4), 27-33.
- Svobodová, M. (2012, červen 15). Pásmová nemoc trápí každého. *Mladá fronta DNES*, p. C5.
- Trojan, S. et al. (1999). *Lékařská fyziologie* (3rd ed.). Praha: Grada.
- Větvička, J. et al. (1990). *Vybrané metody rozvoje vrcholné sportovní výkonnosti. Výsledky lékařského výzkumu 1986-1990*. Praha: LKBF.
- Winget, C.L., DeRoshia, C.W., & Holley, D.C. (1980). Circadian rhythms and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 65(12), 326-329.
- Wurtman, R. J. (1982). Nutrients that modify brain function. *Science American*, 50-59.
- 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.