VLIV AEROBIKU NA VARIABILITU SRDEČNÍ FREKVENCE U ŽEN STŘEDNÍHO VĚKU

THE INFLUENCE OF AEROBICS ON MIDDLE-AGED WOMEN'S HEART RATE VARIABILITY

B. Šeděnková¹, P. Stejskal², J. Šimíček³ & M. Elfmark¹

¹Palackého Univerzita v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Katedra přírodních věd v kinantropologii

²Masarykova Univerzita v Brně, Fakulta sportovních studií, Katedra podpory zdraví

³Ostravská Univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, Katedra fyziologie a patofyziologie

ABSTRACT

The aim was to assess the influence of a six-month long dance aerobics program on the heart rate variability of middle-aged women. Forty women (40 - 55 years) with sedentary occupation without regular physical activity joined the study. The Experimental group (n=21) participated in dance aerobics lessons combined with resistance training three times a week for a six months. The control group (n=19) did not change lifestyle during the observed period. Before and after this program, all participants passed on the orthoclinostatic conditions spectral analysis of heart rate variability (SA HRV). The SA HRV was evaluated by chosen standard parameters and by age standardized complex indexes. After finishing the program, the changes of standard parameters and complex indexes in the experimental group indicate a desirable shift of autonomic nervous system (ANS) activity from sympathetic to parasympathetic. The control group results indicate the opposite trend. ANOVA confirmed that intervention had a statistically significant positive effect especially on complex index of vagal activity. Relatively inexpressive changes of monitored parameters were probably influenced by irregular attendance and lower training intensity. Nevertheless, it can be said, this kind of intervention program is suitable for increasing the ANS activity of middle-aged women with sedentary occupation.

Keywords: aerobic training; autonomic nervous system; training intensity

SOUHRN

Cílem studie bylo posoudit vliv půlročního programu aerobiku na variabilitu srdeční frekvence (HRV) u žen středního věku. Soubor tvořilo 40 žen (40 – 55 let) se sedavým zaměstnáním a bez pravidelné pohybové aktivity. Experimentální skupina (n = 21) absolvovala po dobu šesti měsíců třikrát týdně lekce tanečního aerobiku kombinovaného s odporovým cvičením. Kontrolní skupina (n = 19) za stejné období nezměnila svůj životní styl. Před a po ukončení pohybové intervence se všechny ženy za ortoklinostatických podmínek podrobily měření spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV). SA HRV byla hodnocena jednak pomocí vybraných standardních ukazatelů, jednak pomocí věkově standardizovaných komplexních indexů. Změny hodnot parametrů a indexů SA HRV u experimentální skupiny po ukončení intervence svědčí o žádoucím přesunu aktivity autonomního nervového systému (ANS) směrem od sympatiku k parasympatiku. Výsledky kontrolní skupiny mají opačný trend. Analýza rozptylu rovněž potvrdila, že pohybové intervenci lze přisoudit především pozitivní vliv na komplexní index vagové aktivity. Relativně nevýrazné změny sledovaných parametrů u experimentálního souboru byly pravděpodobně způsobeny nepravidelnou docházkou a nízkou intenzitou zatížení. Přesto lze konstatovat, že pohybová intervence formou tanečního aerobiku kombinovaného s odporovým tréninkem je u žen středního věku se sedavým zaměstnáním vhodnou pohybovou aktivitou pro zvýšení aktivity ANS.

Klíčová slova: aerobní cvičení; autonomní nervový systém; intenzita zatížení

Úvod

Variabilita srdeční frekvence (HRV) je obecně akceptovaný pojem popisující oscilaci R – R

intervalů mezi po sobě následujícími srdečními tahy (Task Force, 1996). Jelikož odráží aktivitu autonomního nervového systému (ANS), je vysoká

HRV známkou zdravého jedince s dobře fungujícími autonomními kontrolními mechanismy, na druhou stranu nízká HRV často poukazuje na nedostatečnou adaptabilitu ANS (Pumprla, Howorka, Groves, Chester, & Nolan, 2002). K nejčastěji používaným neinvazivním metodám pro hodnocení autonomní regulace srdeční frekvence patří spektrální analýza (SA) variability srdeční frekvence (HRV) (Tulppo et al., 2003).

Věk a některá onemocnění (především chronická neinfekční onemocnění) působí negativně na aktivitu ANS (Stejskal, 2004; Task Force, 1996). Tento pokles aktivity ANS v průběhu fyziologického stárnutí i v průběhu většiny chronických onemocnění je způsoben především redukcí aktivity vagu. Protože vliv těchto faktorů na aktivitu ANS je podobný, je velice obtížné je od sebe odlišit (Fukusaki, Kawakubo, & Yamamoto, 2000); proto je při posuzování HRV důležité pracovat s věkovým normativem (Šlachta et al., 2002).

Nízká HRV často souvisí s metabolickým syndromem a rizikem rozvoje ischemické choroby srdeční (Task Force, 1996). K příčinám vzniku metabolického kardiovaskulárního syndromu patří spolu s nedostatečnou pohybovou aktivitou a nízkou tělesnou zdatností také nadměrný energetický příjem a centrální obezita (Bankoski et al., 2011). U žen v období menopauzy je riziko vzniku výše zmíněných nemocí umocněno hormonálními změnami (Silva, Costa-Paiva, Pinto-Neto, Braga, & Morais, 2005).

Jednou z možností, jak řadu symptomů spojených s menopauzou pozitivně ovlivnit, je změna sedavého životního stylu a zvýšení pohybové aktivity (Asikainen, Kukkonen-Harjula, & Miilunpalo, 2004), nejlépe již v období před menopauzou.

Pravidelná pohybová aktivita a dobrá tělesná zdatnost působí na autonomní regulaci srdeční frekvence pozitivně. Je doprovázena vyššími hodnotami ukazatelů vagové aktivity (Buchheit & Gindre, 2006; Goldsmith, Bigger, Bloomfield, & Steinman, 1997), snižuje klidovou srdeční frekvenci (SF_k) a celkově zvyšuje HRV (Tulppo et al., 2003). Jelikož je maximální spotřeba kyslíku (VO_2 max), jeden z nejdůležitějších ukazatelů tělesné zdatnosti, úzce spojena s aktivitou vagu (Goldsmith et al., 1997), je vhodné pro zvýšení HRV vykonávat takovou pohybovou aktivitu, která zvyšuje kardiorespirační zdatnost.

Aerobik, patříci u žen v posledních letech mezi nejvyhledávanější skupinové formy cvičení, se dle American College of Sports Medicine (ACSM) řadí mezi pohybové aktivity pozitivně působící na rozvoj tělesné zdatnosti (Pollock et al., 1998). Přestože některé studie dokazují pozitivní vliv aerobiku na kardiorespirační zdatnost u žen středního věku (Çakmakçı, Arslan, Taşkın, & Çakmakçı, 2011; Robles Gil et al., 2012), jen málo studií se zabývá vlivem aerobiku na HRV (Jakubec et al., 2008). Autoři ve svých studiích aplikují

pouze taneční aerobik nebo step aerobik, ovšem typy lekcí, zahrnující odporové cvičení, zůstávají opomenuty. Tyto lekce přitom mohou mít jiný vliv na tělesnou zdatnost a na aktivitu ANS.

Cílem studie bylo zjistit účinek šestiměsíčního cvičení tanečního aerobiku kombinovaného s odporovým cvičením na HRV u žen středního věku se sedavým zaměstnáním. Dalším cílem bylo posoudit, zda jsou tyto změny HRV závislé na intenzitě zatížení.

Metodika

Studie se zúčastnilo 40 zdravých žen ve věku 40 – 55 let ($M = 46,7$; $SD = 3,4$), které měly sedavé zaměstnání a neměly pravidelnou organizovanou pohybovou aktivitu. Rovněž byl požadován zájem o pravidelné cvičení aerobiku a podepsání informovaného souhlasu.

Vzhledem k nízkému zájmu kontaktovaných žen o zapojení se do studie, nebyla možná jejich randomizace a ženy byly rozděleny do skupin cvičících a necvičících na základě jejich zájmu o pohybovou aktivitu. Experimentální skupina ($n = 21$) absolvovala po dobu šesti měsíců (prosinec – květen) třikrát týdně lekce aerobiku kombinovaných s odporovým cvičením, kontrolní skupina ($n = 19$) nezměnila po stejnou dobu svůj životní styl. Ženy během sledovaného období neměnili stravovací ani habituální návyky.

Před zahájením a po ukončení pohybové intervence absolvovaly všechny ženy obsahově shodné vstupní a výstupní vyšetření, v rámci kterého se podrobily antropometrickému měření metodou bioelektrické impedance (BIA), maximálnímu zátěžovému testu na bicyklovém ergometru a měření SA HRV. Před vlastním vyšetřením byly zaznamenány všechny důležité anamnestické údaje a ženám byl proveden záznam klidového EKG (dvanáctisvodové EKG, BTL - 08 MT+, ČR) a změřen krevní tlak (Chirana T 40, Slovensko).

Antropometrická data získána metodou BIA (Tanita BC - 418 MA, Japonsko), nejsou předmětem předkládané práce. Výjimku tvoří relativní hodnoty celkové tukové a tukuprosté hmoty (total fat mass - TFM, total fat free mass – TFFM), hmotnost a body mass index (BMI), jež slouží k charakteristice souboru.

Pro určení aerobní kapacity absolvovaly probandky maximální zátěžový test na bicyklovém ergometru (Lode Corival, Nizozemí). Jednalo se o kontinuální vícestupňový test s rychlým vzestupem zátěže do maxima dle metody Jiráka et al. (2004). Analýzu dechových plynů jsme provedli pomocí analyzátoru Zano 600 USB (nSpire Health, Německo). Data získaná ze spiroergometrického testu sloužila i ke stanovení optimálního zatížení jednotlivých žen experimentální skupiny při hodinách aerobiku.

Pro hodnocení krátkodobé HRV jsme použili metodu popsanou Salingerem et al. (1998)

s použitím mikropočítačového systému VarCor PF 7 (DIMEA Group, ČR). Vyšetření proběhlo v ranních hodinách standardním postupem, tj. v pozicích leh – stoj – leh s aktivní změnou polohy (ortoklinostatický test) s intervalem 300 sekund nebo 300 tepů v každé poloze. Standardní podmínky byly dodrženy (Salinger et al., 1998).

Hodnoceny byly výsledky druhé a třetí polohy (stoj a druhý leh) a pomocí následujících parametrů: hodnoty spektrálního výkonu v jednotlivých frekvenčních pásmech (power VLF - P_{VLF} , power LF - P_{LF} , power HF - P_{HF} [ms^2]), celkový spektrální výkon (total power- P_T [ms^2]) a poměr výkonů ve frekvenčních pásmech LF a HF (LF/HF) (Salinger et al., 1998). Z druhého lehu byla navíc vyhodnocena průměrná délka R-R intervalů [s] a vypočítána klidová srdeční frekvence (SF_k).

Mimo výše uvedených parametrů jsme k hodnocení aktivity ANS použili věkově standardizované komplexní indexy (Stejskal, Šlachta, Elfmark, Salinger, & Gaul-Aláčová, 2002). Jedná se o komplexní indexy aktivity vagu (VA), sympatovagové rovnováhy (SVB) a celkového skóre (CS). V rámci komplexních indexů jsme hodnotili také věkově standardizovaný celkový spektrální výkon (TP). Hodnoty všech těchto ukazatelů jsou vyjádřeny v bodech, a to od -5,0 do 5,0 bodů.

Pohybová intervence probíhala třikrát týdně po dobu šesti měsíců. Cvičební jednotka trvala 60 minut a skládala se z úvodní části (rozcvičení - 15 minut), hlavní části (30 minut), zklidnění (3 minuty), statického odporového cvičení svalů trupu a břišních svalů (8 minut) a závěrečného strečinku.

V každé lekci byla vyučována jiná choreografie tvořená low impact i high impact kroky. Low impact prvky jsou kroky vycházející z chůze a vždy je alespoň jedno chodidlo v kontaktu s podložkou, na druhou stranu high impact kroky vycházejí z poskoků a běhů, obě chodidla jsou ve stejný okamžik nad podložkou. Vzhledem k věkové skupině a tělesné zdatnosti žen byly taneční choreografie tvořené převážně low impact prvky. Dynamické posilovací prvky vkládány v hlavní části lekce metodami Holding pattern a Layering přímo do taneční choreografie, byly zaměřeny na svaly dolní části těla. Doporučené tempo hudby v úvodní a hlavní části bylo 135 – 140 úderů/min (beats per minute - BPM), tempo hudby během zklidnění a při odporovém cvičení bylo 130 BPM.

Ve třetím až šestém měsíci pohybové intervence byla ženám v každé lekci aerobiku zaznamenávána srdeční frekvence pomocí monitorů srdeční frekvence (Polar S610i, Polar Electro, Finsko). Optimální (cílová) srdeční frekvence (SF_c) sloužila jako horní hranice optimálního pásma zatížení cirkulace (doporučená tréninková zóna) a byla každé ženě vypočítána dle níže uvedeného vzorce (Stejskal & Hejnová, 1993). Dolní hranice dpo-

ručené tréninkové zóny (10 tepů/min) byla odvozena z hodnoty SF_c , snížené o 10 tepů/min.

$$\bullet \quad SF_c = [(0,003 \cdot VO_{2max} \cdot kg^{-1}) + 0,6] \cdot [1,05 \cdot (SF_{max} - SF_k)] + SF_k$$

kde: SF_c - cílová srdeční frekvence [tepy·min⁻¹], $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ - maximální spotřeba kyslíku [$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$], SF_{max} - maximální srdeční frekvence [tepy·min⁻¹].

Tabulka 1. Vybrané popisné statistiky pohybové intervence

Table 1. Selected descriptive statistics of exercise intervention

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>n_{ij}</i>	46,41	17,34	9,00	68,00
<i>n_{ij}%</i>	67,26	25,14	13,04	98,55
<i>N</i>	13,80	3,09	4,00	20,00
<i>SF_m</i>	145,70	14,61	106,00	176,00
<i>SF_x</i>	120,79	13,49	81,32	155,67
<i>%MTR</i>	54,81	12,70	15,4	94,77
<i>t_{dp}</i>	9:27	5:48	0:00	26:10
<i>t_{40% MTR +}</i>	37:54	10:31	0:00	58:20
<i>t_{50% MTR +}</i>	29:25	12:05	0:00	53:10
<i>t_{60% MTR +}</i>	19:11	12:55	0:00	49:10

Legenda: n_{ij} - počet absolvovaných cvičebních jednotek jednou ženou; n_{ij}% - počet absolvovaných cvičebních jednotek jednou ženou vyjádřený v %; N - počet žen přítomných na jedné cvičební jednotce; SF_m - maximální srdeční frekvence v lekci aerobiku [tepy·min⁻¹]; SF_x - průměrná srdeční frekvence v úvodní a hlavní části cvičební jednotky [tepy·min⁻¹]; %MTR - relativní využití maximální tepové rezervy (zatížení cirkulace) v úvodní a hlavní části cvičební jednotky; t_{dp} - průměrná doba cvičení v doporučeném pásmu [min]; t_{40% MTR +}, t_{50% MTR +}, t_{60% MTR +} - průměrná doba cvičení při intenzitě vyšší než 40% MTR, 50% MTR, 60% MTR [min]; M - aritmetický průměr; SD - směrodatná odchylka; Min - nejnižší hodnota; Max - nejvyšší hodnota;

Legend: n_m - number of training units passed by 1 woman; n_m% - number of training units passed by 1 woman in relative values (%); N - number of women present on one training unit; SF_m - maximum heart rate in the aerobics lesson [beats·min⁻¹]; SF_x - average heart rate in the initial and main part of the aerobics lesson [beats·min⁻¹]; %MTR - exercise intensity in % of maximal heart rate reserve in the initial and main part of the aerobics lesson; t_{dp} - average duration of exercise in the recommended zone [min]; t_{40% MTR +} - average duration of exercise at the intensity above 40%

$HRR [min]$; $t_{50\% MTR} +$ - average duration of exercise at the intensity above 50% HRR [min]; $t_{60\% MTR} +$ - average duration of exercise at the intensity above 60% HRR [min]; M - arithmetic mean; SD - standard deviation; Min - minimum value; Max - maximum value;

Data z monitorů se pravidelně kopírovala do počítače; u každé probandky byla z průběhu celé lekce zaznamenána nejvyšší srdeční frekvence (SF_m) a doba, po kterou se pohybovala v doporučené tréninkové zóně (t_{dp}). Z úvodní a hlavní části lekce byla rovněž vypočítána průměrná srdeční frekvence (SF_x) a zatížení formou relativního využití (%) maximální tepové rezervy ($MTR = SF_{max} - SF_k$). Pro zjištění přirozené reakce organismu na daný typ lekce nebylo ženám doporučeno, aby na monitorech kontrolovaly SF.

Data byla zpracována programem Statistica 8. Pro všechny sledované parametry byly nejdříve vypočítány základní statistické veličiny (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, maximální a minimální hodnota). Změna každého parametru je vyjádřena jako rozdíl průměrné hodnoty po intervenci mínus průměrné hodnoty před intervencí.

Pro hodnocení těchto změn uvnitř obou souborů jsme použili post-hoc test (Fischerův LSD test), který byl také použit pro statistické hodnocení rozdílů vstupních a výstupních dat experimentální a kontrolní skupiny mezi sebou. Analýza rozptylu při opakovaných měřeních (ANOVA) sloužila k porovnání změn sledovaných parametrů mezi skupinami. Věcná významnost (effect size) pro ANOVA byla vyjádřena koeficientem η^2 , přičemž hodnoty $\eta^2 \geq 0,14$ vypovídají o vysoké věcné významnosti (Morse, 1999). Pro stanovení korelace mezi kvalitativními parametry intervenčního programu a změnami některých parametrů HRV jsme použili Pearsonův korelační koeficient (r_p). Pro všechny statistické analýzy byla stanovena hladina statistické významnosti na $p \leq 0.05$.

Tabulka 2. Tělesné složení a aerobní kapacita v době před a po pohybové intervenci

Table 2. Body composition and aerobic capacity in time before and after the active intervention

Ukazatel		Před				Po				Změna
		M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	M
Hmotnost	Ex	72,12	11,55	55,10	97,40	71,31	10,71	53,00	89,50	-0,81
	Ko	69,94	9,75	53,50	89,90	68,47	8,33	53,60	83,30	-1,47
BMI	Ex	26,74	4,58	20,30	36,20	26,34	4,20	19,00	33,30	-0,40
	Ko	25,50	2,64	21,70	31,10	24,82	2,50	20,90	30,60	-0,68
%TFM	Ex	30,60	9,16	9,80	40,40	29,72	8,30	13,00	39,90	-0,88
	Ko	29,27	5,49	18,10	37,70	28,95	4,30	21,10	34,30	-0,32
%TFFM	Ex	69,41	9,17	59,50	90,30	70,29	8,31	60,10	87,10	0,88
	Ko	70,56	5,67	62,30	81,90	71,06	4,29	65,70	78,90	0,50
VO_{2max}	Ex	1,97	0,33	1,31	2,67	2,12	0,37	1,57	3,01	0,15
	Ko	2,05	0,44	1,31	2,86	2,17	0,44	1,57	2,87	0,12
$VO_{2max} \cdot kg^{-1}$	Ex	27,72	5,84	16,04	40,62	30,16	5,64	18,72	43,67	2,44
	Ko	29,39	4,25	22,95	35,54	31,53	4,18	25,08	39,04	2,14

Legenda: Hmotnost - hmotnost žen [kg]; BMI - body mass index [$kg \cdot m^{-2}$]; %TFM – celkové množství tukové hmoty [%], %TFFM – celkové množství tukuprosté hmoty [%]; VO_{2max} – maximální spotřeba kyslíku [$L \cdot min^{-1}$]; $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ – maximální spotřeba kyslíku [$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$]; Ex – experimentální skupina; Ko – kontrolní skupina; Před – hodnoty v době před pohybovou intervencí experimentální skupiny; Po – hodnoty v době po pohybové intervenci experimentální skupiny; Změna – rozdíl mezi průměrnou hodnotou po a před;

Legend: Hmotnost – women's weight [kg]; BMI - body mass index [$kg \cdot m^{-2}$]; %TFM, – total body fat mass [%]; %TFFM total body fat-free mass [%]; VO_{2max} – maximal oxygen consumption [$L \cdot min^{-1}$]; $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ - maximal oxygen consumption [$ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$]; Ex – experimental group; Ko – control group; Před – values in the time before the active intervention of the experimental group; Po - values in the time after the active intervention of the experimental group; Změna – difference between the mean value after and before exercise intervention;

Tabulka 3. Vybrané parametry SA HRV v době před a po pohybové intervenci
Table 3. Selected parameters of SA HRV in time before and after the active intervention

Ukazatel			Před				Po				Změna
			M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	M
STOJ	P_{VLF}	Ex	104,97	117,25	17,16	560,82	135,44	122,25	10,39	445,32	30,47
		Ko	451,23	482,11	24,12	1703,22	273,48	215,94	11,96	676,39	-177,74
	P_{LF}	Ex	130,02	84,27	30,38	327,53	204,72	180,66	22,08	737,16	74,70
		Ko	837,87	715,52	95,10	2776,35	424,51	370,12	32,98	1361,35	-413,36
	P_{HF}	Ex	79,80	89,56	8,75	393,77	122,05	163,84	3,48	631,84	42,25
		Ko	227,05	248,45	27,79	1090,41	144,08	139,23	4,63	544,36	-82,97
	LF/HF	Ex	3,99	4,15	0,28	16,00	4,39	4,63	0,52	18,26	0,40
		Ko	5,31	4,65	1,69	20,19	5,31	5,15	0,76	21,76	0,00
LEH 2	P_T	Ex	314,79	213,73	105,43	1011,54	462,21	364,57	68,10	1465,76	147,42
		Ko	1516,14	1208,69	202,88	4753,47	842,08	600,77	69,51	2039,38	-674,06
	P_{VLF}	Ex	129,99	115,31	13,36	419,17	125,15	120,00	16,94	497,55	-4,84
		Ko	369,83	344,59	15,56	956,53	271,41	304,45	57,07	1341,58	-98,42
	P_{LF}	Ex	179,80	139,04	12,61	473,01	138,11	110,21	1,08	363,61	-41,69
		Ko	324,25	343,22	46,66	1402,89	270,92	194,88	45,87	685,04	-53,33
	P_{HF}	Ex	343,30	338,38	15,08	1252,21	386,16	310,74	11,23	1415,97	42,86
		Ko	621,19	481,14	34,90	1803,32	532,22	405,87	22,83	1460,73	-88,97
	LF/HF	Ex	0,80	0,70	0,08	2,59	0,69	0,91	0,00	3,94	-0,11
		Ko	0,69	0,51	0,07	1,75	0,90	0,96	0,09	4,22	0,21
	P_T	Ex	653,09	550,66	89,11	2071,31	649,42	367,58	72,43	1655,15	-3,67
		Ko	1315,27	967,88	148,12	3188,79	1074,6	721,61	182,92	2482,69	-240,72
	RR	Ex	0,91	0,11	0,69	1,11	0,92	0,12	0,69	1,14	0,01
		Ko	0,97	0,11	0,79	1,18	0,98	0,09	0,80	1,13	0,01

Legenda: Stoj – 2. poloha ortoklinostatického testu; Leh 2 – 3. poloha ortoklinostatického testu; P_{VLF} , P_{LF} , P_{HF} – spektrální výkon v jednotlivých frekvenčních pásmech [ms^2]; LF/HF – poměr výkonů ve frekvenčních pásmech LF a HF; P_T – celkový spektrální výkon [ms^2]; RR – průměrná délka RR intervalů [s];

Legend: Stoj – second position of orthoclinostatic test; Leh 2 – third position of orthoclinostatic test; P_{VLF} , P_{LF} , P_{HF} – power values in particular frequency bands [ms^2]; LF/HF – ratio of spectral powers in LF and HF bands; P_T – total spectral power [ms^2]; RR – the mean duration of RR intervals [s];

Výsledky

Ženy mohly absolvovat celkem 69 lekcí aerobiku. Každá žena se zúčastnila průměrně 46 lekcí aerobiku (přibližně 67%) a na jedné lekci bylo průměrně 14 žen. Průměrná intenzita cvičení v úvodní a hlavní části lekce byla 54,8% MTR a průměrná doba cvičení v doporučeném pásmu v průběhu celé lekce byla necelých 10 minut (viz tabulka 1).

Jak je zřejmé z tabulky 2, ženy obou skupin se svými průměrnými hodnotami BMI při vstupním vyšetření pohybovaly na dolní hranici nadváhy (National Heart, Lung, and Blood Institute, 1998), množství tělesného tuku pro danou věkovou skupinu a pohlaví odpovídalo normálním hodnotám (Heyward & Wagner, 2004). Iničiální hodnota aerobní kapacity byla dle Fletchera et al. (2001) u experimentální skupiny mírně pod normální hodnotou, u kontrolní skupiny normální.

Tabulka 4. Výsledky SA HRV vyjádřené komplexními indexy v době před a po pohybové intervenci
Table 4. SA HRV results expressed by the complex indexes in time before and after the active intervention

Ukazatel		Před				Po				Změna
		M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	M
SF_k	Ex	67,01	8,69	54,10	87,00	65,97	8,61	52,80	85,40	-1,04
	Ko	62,42	7,49	50,80	75,80	61,74	5,95	53,20	74,80	-0,67
CS	Ex	-1,90	2,45	-4,94	1,36	-0,73	2,26	-4,96	2,67	1,16
	Ko	-0,43	2,84	-4,91	2,97	-0,31	2,37	-4,63	2,40	0,11
VA	Ex	-1,46	1,70	-4,24	1,41	-0,97	1,80	-4,81	2,24	0,49
	Ko	0,68	1,98	-2,10	3,72	-0,20	2,22	-4,60	2,57	-0,88
SVB	Ex	0,29	2,22	-3,89	4,61	0,91	2,31	-3,71	4,69	0,62
	Ko	0,42	1,62	-3,28	4,62	0,26	1,89	-4,58	3,03	-0,17
TP	Ex	-2,53	2,26	-4,94	2,44	-2,32	1,74	-4,96	1,66	0,21
	Ko	-0,40	3,10	-4,91	3,64	-0,90	2,51	-4,63	2,90	-0,49

SF_k – klidová srdeční frekvence [tepy·min⁻¹]; CS – celkové skóre [body]; VA – komplexní index vagové aktivity [body]; SVB – komplexní index sympatovagové rovnováhy [body]; TP – celkový spektrální výkon [body];
 SF_k – resting heart rate [beats·min⁻¹]; CS – total score of SA HRV [points]; VA – complex index of vagal activity [points]; SVB – complex index of sympatho-vagal balance [points]; TP – total spectral power [points];

V tabulce 3 jsou uvedeny hodnocené parametry SA HRV a rozdíly mezi vstupními a výstupními hodnotami. U experimentální skupiny byly zaznamenány pozitivní změny u hodnot P_{HF} během ortostázy, ke zvýšení P_{HF} došlo rovněž v poloze druhého lehu. K dalším příznivým změnám patří vzestup P_{LF} a P_T u stoje a pokles LF/HF během druhého lehu. Žádné z těchto změn však nebyly statisticky významné (viz tabulka 5). U kontrolní skupiny došlo naopak ke zhoršení téměř všech sledovaných parametrů, pokles P_{VLF} , P_{LF} a P_T ve stoji byl statisticky signifikantní.

Iničiální hodnota komplexního indexu CS experimentální skupiny se nacházela pod dolní hranicí populačního normálu, všechny ostatní parametry obou skupin byly v intervalu normálních hodnot (Stejskal, 2004). Po pohybové intervenci byl u žen experimentální skupiny zaznamenán vzrůst CS, doprovázený vzestupem VA a SVB. U kontrolní skupiny také došlo ke zvýšení indexu CS, avšak oba další komplexní indexy klesly (viz tabulka 4).

ANOVA prokázala pozitivní, statisticky signifikantní vliv pohybové intervence na P_T , P_{VLF} a P_{LF} během ortostázy a na komplexní index VA (viz tabulka 5).

Mezi změnami hodnot P_{LF} , P_{VLF} a P_T u 2. lehu a %MTR byla zaznamenána statisticky významná negativní korelace.

Diskuze

Pravidelná pohybová aktivita vytrvalostního charakteru významně ovlivňuje autonomní kontrolu

srdce. Rozhodující pro tento účinek je samozřejmě trvání pohybové intervence. Podle některých autorů nemá krátkodobý vytrvalostní trénink vliv na HRV (Davy, Willis, & Seals, 1997). Mnohem lepší výsledky prokazují studie trvající šest a více měsíců (Earnest, Lavie, Blair, & Church, 2008; Madden et al., 2006).

V případě této studie, šestiměsíční trénink vytrvalostního charakteru prokázal u experimentální skupiny během sympatické stimulace ortostázou nevýznamné zlepšení všech sledovaných výkonových parametrů SA HRV. U kontrolního souboru naopak došlo za těchto podmínek k opačné reakci, tedy k významnému poklesu všech výkonových ukazatelů; největší rozdíl byl zřetelný u celkového spektrálního výkonu a u výkonu komponenty LF, závislé na stimulaci baroreceptorů. Pohybová intervence se tedy projevila ve výraznější ortostatické stimulaci sympatiku, což může mít význam zejména jako prevence periferního oběhového selhání při prudkých změnách polohy z lehu do stoje.

Za podmínek klinostázy nebyly změny ukazatelů ani v jenom souboru statisticky významné. Rozdíl mezi oběma soubory však významný byl, neboť zatímco u kontrolní skupiny výkon v celém rozsahu sledovaného spektra klesal, u experimentální skupiny došlo k přesunu spektrálního výkonu z pásem s pomalejšími fluktuacemi do vysokofrekvenční komponenty, která ukazuje na aktivitu vagu. Tato zvýšená aktivita vagu byla potvrzena vzestupem všech komplexních indexů, zatímco u kontrolní skupiny došlo ve většině

Tabulka 5. Výsledky post hoc testu a analýzy rozptylu při opakovaných měřeních
Table 5. Results of the Fisher's LSD test and analysis of variance at repeated measurements

Ukazatel		Post hoc - Fisherův LSD test				ANOVA		
		Před vs. Po		Ex vs. Ko				
		Ex	Ko	Před - Před	Po - Po			
		p	p	p	p	F	p	η ²
Hmotnost		0,284	0,070	0,503	0,385	0,362	0,551	0,009
BMI		0,149	0,023	0,288	0,195	0,500	0,484	0,013
%TFM		0,167	0,620	0,564	0,735	0,372	0,546	0,010
%TFFM		0,180	0,460	0,620	0,738	0,161	0,690	0,004
VO ₂ max		0,007	0,055	0,486	0,717	0,286	0,596	0,007
VO ₂ max·kg ⁻¹		0,003	0,013	0,305	0,398	0,068	0,796	0,002
SF _k		0,450	0,642	0,069	0,093	0,035	0,853	0,001
STOJ	P _{VLF}	0,669	0,022	<0,000	0,113	4,121	0,049	0,098
	P _{LF}	0,438	<0,000	<0,000	0,091	12,468	0,001	0,247
	P _{HF}	0,330	0,073	0,007	0,073	4,060	0,051	0,097
	LF/HF	0,770	0,999	0,371	0,535	0,042	0,839	0,001
	P _T	0,301	<0,000	<0,000	0,088	16,191	<0,000	0,299
LEH 2	P _{VLF}	0,942	0,167	0,002	0,058	0,943	0,338	0,024
	P _{LF}	0,469	0,379	0,035	0,052	0,020	0,889	0,001
	P _{HF}	0,610	0,316	0,027	0,237	1,188	0,283	0,030
	LF/HF	0,582	0,331	0,663	0,392	1,202	0,280	0,031
	P _T	0,982	0,155	0,003	0,052	1,074	0,307	0,027
	RR	0,618	0,656	0,087	0,090	0,000	0,983	0,000
KI	CS	0,011	0,806	0,067	0,592	2,728	0,107	0,067
	VA	0,131	0,012	0,001	0,211	8,816	0,005	0,188
	SVB	0,232	0,758	0,838	0,319	1,128	0,295	0,029
	TP	0,680	0,359	0,008	0,070	0,920	0,343	0,024

ANOVA – analýza rozptylu při opakovaných měřeních; F - hodnota testovacího kritéria; p - hladina statistické významnosti; η^2 – hladina věcné významnosti;

ANOVA – the analysis of variance at repeated measurements; F - value of the test criterion; p - level of statistical significance; η^2 – logical significance coefficient;

případů k jejich poklesu; nejvýraznější byl právě pokles komplexního ukazatele vagové aktivity, u kterého je rozdíl mezi oběma soubory nejvýznamnější.

U kontrolního souboru došlo při negativní dynamice všech ukazatelů překvapivě k mírnému zvýšení průměrné hodnoty CS. Tuto změnu lze vysvětlit tím, že při enormně nízkých hodnotách celkového spektrálního výkonu (-4 body) se za hodnotu CS dosazuje standardizovaná hodnota celkového spektrálního výkonu a nikoliv ta, která je za všech ostatních podmínek vypočítaná z hodnot ukazatelů VA a SVB. V těchto případech není totiž

pro interpretaci výsledků SA HRV rozhodující distribuce spektrálního výkonu do jednotlivých frekvenčních pásem, ale jeho celková úroveň (tedy TP). Proto může mít i malá změna TP za následek výraznou změnu CS. Tento postup, který zvyšuje korektnost interpretace výsledků SA HRV u jednotlivých probandů, může naopak při statistickém hodnocení významnosti změn ve skupině osob snížit jeho validitu.

Významný pokles vagové aktivity, který byl u kontrolní skupiny hlavní příčinou poklesu celkové aktivity ANS, mohl být způsoben řadou faktorů. Vzhledem ke krátkému časovému intervalu mezi vstupním a konečným vyšetřením SA HRV, je

zřejmě věkový faktor (Fukusaki et al., 2000) méně podstatný. U osob s dlouhodobě omezenou pohybovou aktivitou je pravděpodobnější nelineární zvyšování rizika a zhoršování zdravotního stavu, které ovlivňují negativně aktivitu ANS.

Vzestup HRV (především HF komponenty) bývá často spojován se zvýšením aerobní kapacity (Buchheit & Gindre, 2006; Goldsmith et al., 1997). Goldsmith et al. (1997) tento vztah potvrdili zjištěním pozitivní korelační závislosti mezi maximální spotřebou kyslíku ($\text{VO}_2\text{max} \cdot \text{kg}^{-1}$) a P_{HF} . V naší experimentální skupině byl vztah mezi zvýšením aerobní kapacity a zvýšením aktivity ANS rovněž potvrzen. Tento výsledek svědčí o tom, že pravidelná pohybová aktivita může významně zpomalit negativní trend věkově závislého snižování aktivity ANS a aerobní kapacity.

Zvýšení hodnot VO_2max , které není provázeno zvýšením vagové aktivity, je obvykle krátkodobé a přechodné a jeho pozitivní zdravotní účinky jsou limitované. Část těchto efektů spojených se zvýšením aerobní kapacity je totiž spojena se zvýšenou převahou aktivity vagu nad aktivitou sympatiku (např. zvýšení výkonnosti kardiovaskulárního systému nebo pokles krevního tlaku). Proto zvýšení VO_2max v kontrolní skupině, ve které aktivita vagu klesla, nelze hodnotit podobně pozitivně jako vzestup této hodnoty ve skupině cvičících osob. U kontrolní skupiny rovněž nebyl potvrzen pozitivní vztah mezi změnou aerobní kapacity a aktivitou ANS.

Vzestup $\text{VO}_2\text{max} \cdot \text{kg}^{-1}$ byl u naší experimentální skupiny (o $2,4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) menší než uvádějí výsledky podobných studií (Jakubec et al., 2008; Robles Gil et al., 2012). Je však zřejmé, že naše ženy měly vedle jiného složení cvičební lekce i nižší průměrnou intenzitu zatížení. Doporučená intenzita cvičení odpovídala přibližně 60–70% $\text{VO}_2\text{max} \cdot \text{kg}^{-1}$ nebo MTR. Reálné hodnoty zatížení cirkulace však byly v průměru asi o 5–15 % MTR nižší. Průměrná doba cvičení při intenzitě vyšší než 40 % MTR byla necelých 38 minut a při intenzitě vyšší než 50 % MTR byla necelých 30 minut. I když frekvence, délka i intenzita cvičení překročily dolní mez doporučenou American Heart Association (Fletcher et al., 2001), pohybová intervence vedla k relativně menšímu zvýšení tělesné zdatnosti.

Příčin relativně menšího zatížení je několik. V prvé řadě je to skladba lekce. Vzhledem k tomu, že byla tvořena převážně low impact prvky v kombinaci s posilováním, byla intenzita zatížení nižší než v případě tanečního aerobiku s krokovými variacemi tvořenými z větší části high impact prvky (Grant, Davidson, Aitchison, & Wilson, 1998).

Intenzita zatížení mohla být rovněž ovlivněna předchozími zkušenostmi žen s tímto typem pohybové aktivity. Dle Laukkanena et al. (2001) bývají v řízení intenzity v průběhu lekce aerobiku mnohem úspěšnější ženy, které již mají dřívější zkušenosti s nějakou formou aerobiku. Z krátkých

rozhovorů, které byly součástí vstupního vyšetření, vyplynulo, že více než polovina žen zapojených do této studie měla jen minimální předchozí zkušenosti s aerobikem. Tento technický hendikep ovlivnil zejména zpočátku nejen stavbu lekcí, ale také intenzitu zatížení a dobu strávenou v doporučené tréninkové zóně.

Výsledky studie byly velmi pravděpodobně nejvíce ovlivněny nízkou úrovní docházky. Přestože ženy zapojené do projektu zpočátku projevily velký zájem o pravidelné cvičení, jejich účast na lekcích aerobiku postupně klesala. V prvním měsíci pohybové intervence se jedné lekce zúčastnilo průměrně 17 žen (80% návštěvnost), v posledním měsíci to bylo jen 11 žen (52% návštěvnost). Osm žen absolvovalo více než 80% lekcí aerobiku, což je známka vysoké adherence (Willis & Campbell, 1992). Na druhé straně se pět žen zúčastnilo méně než 40% tréninkových jednotek; takovou účast Willis a Campbellová (1992) považují jako známku nízké adherence.

K podobným výsledkům dospěli také Kováčová, Stejskal, Neuls, a Elfmark (2011). V případě jejich studie, v prvním měsíci pohybové intervence byla 85% účast, v posledních dvou měsících klesla návštěvnost rovněž pod 60%. Je zřejmé, že nízká frekvence cvičení spolu s nízkou intenzitou zatížení u velké části našich probandek byly hlavní příčinou relativně malých efektů půlročního programu. Zároveň je možné předpokládat, že nejsou-li schopni účastníci časově omezeného cvičebního programu udržet pravidelnou docházku na žádoucí úrovni, vrátí se po jeho skončení zpět k životnímu stylu s nedostatečnou pohybovou aktivitou.

Vzhledem k výsledkům naší studie a k výsledkům dalších autorů je možné konstatovat, že dlouhodobá pravidelná pohybová aktivita způsobuje zvýšení vagové aktivity a celkové aktivity ANS. Je však zřejmé, že intenzita cvičení by měla být přizpůsobená aerobní zdatnosti každého jedince. Zatímco u jedinců se sedavým způsobem života a nízkou aerobní zdatností je pro zvýšení HRV cvičení mírné intenzity dostačující (Earnest et al., 2008; Tulppo et al., 2003), u jedinců s vyšší aerobní zdatností relativně nízká intenzita zatížení aktivitu ANS pozitivně neovlivní (Jakubec et al., 2008).

Limitem této studie je nezajištění randomizace probandek do experimentální a kontrolní skupiny. Randomizace by zajistila studii vyšší validitu, z výše uvedených důvodů ji však nebylo možno provést. Předpoklad, že rozdělení na základě zájmu o cvičení způsobí lepší adherenci k programu, se bohužel nepotvrdil.

Závěr

SA HRV prokázala, že aplikovaný pohybový program měl pozitivní vliv na aktivitu ANS. Zatímco u lépe disponovaných žen kontrolní skupiny došlo k negativním změnám vegetativní regulace, v souboru cvičících žen se aktivita ANS optimalizovala. Přestože uvedený intervenční program neprokázal snížení klidové srdeční frekvence, významně zvýšil aktivitu vagu.

Výsledky spiroergometrického vyšetření ukazují, že pohybová intervence byla málo účinná. Příčinou byla velmi pravděpodobně nízká adherence a nízká intenzita tréninkového zatížení, jež mohla být způsobena jak samotným programem, tak i nízkou motivací cvičenek. Přesto lze tento typ lekce aerobiku doporučit jako vhodnou pohybovou aktivitu pro zvýšení tělesné zdatnosti a zvýšení aktivity ANS u žen středního věku se sedavým zaměstnáním a relativním nedostatkem pravidelné pohybové aktivity.

Literatura

Asikainen, T. - M., Kukkonen - Harjula, K. & Miilunpalo, S. (2004). Exercise for health for early postmenopausal women: A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 34 (11), 753–778.

Bankoski, A., Harris, T. B., McClain, J. J., Brychta, R. J., Caserotti, P., Chen, K. Y., ... Koster, A. (2011). Sedentary activity associated with metabolic syndrome independent of physical activity. *Diabetes Care*, 34, 497–503.

Buchheit, M. & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 291, H451 – H458.

Çakmakçi, E., Arslan, F., Taşkin, H. & Çakmakçi, O. (2011). The effects of aerobic dance exercise on body composition changes associated with weight change in sedentary women. *Selçuk University Journal of Physical Education and Sport Science*, 13 (3), 298–304.

Davy, K. P., Willis, W. L. & Seals, D. R. (1997). Influence of exercise training on heart rate variability in post-menopausal women with elevated arterial blood pressure. *Clinical Physiology*, 17 (1), 31–40.

Earnest, C. P., Lavie, C. J., Blair, S. N. & Church, T. S. (2008). Heart rate variability characteristics in sedentary postmenopausal women following six months of exercise training: the DREW study. *PLoS One*, 3(6), e2288. doi:10.1371/journal.pone.0002288

Fletcher, G. F., Balady, G. J., Amsterdam, E. A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., ... Bazzarre, T. (2001). Exercise standards for testing and training: A statement for healthcare professionals from the

American heart association. *Circulation*, 104 (14), 1694–1740.

Fukusaki, C., Kawakubo, K. & Yamamoto, Y. (2000). Assessment of the primary effect of aging on heart rate variability in humans. *Clinical Autonomic Research*, 10, 123–130.

Goldsmith, R. L., Bigger, J. T., Bloomfield, D. M. & Steinman, R. C. (1997). Physical fitness as a determinant of vagal modulation. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 29 (6), 812–817.

Grant, S., Davidson, W., Aitchison, T. & Wilson, J. (1998). A comparison of physiological responses and rating of perceived exertion between high-impact and low-impact aerobic dance sessions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78 (4), 324–332.

Heyward, V. H. & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition Assessment* (2nd edition). Champaign, IL.: Human Kinetics.

Jakubec, A., Stejskal, P., Kováčová, L., Elfmark, M., Řehová, I., Botek, M. & Petr, M. (2008). Changes in heart rate variability after a six month long aerobic dance program in women 40 – 65 years old: The influence of different degrees of adherence, intensity and initial levels. *Acta Gymnica Universitatis Palackianae Olomucensis .Gymnica*, 38 (2), 35–44.

Jiráček, Z., Šimíček, J., Tomášková, H., Bužga, M., Zavadilová, V., Čermáková, Z. & Tesař, Z. (2004). Vývoj fyzické zdatnosti a zdravotní stav mužské a ženské populace severomoravského regionu ve věku 45 až 60 let za posledních 25 let. *České pracovní lékařství*, 5 (3), 107–116.

Kováčová, L., Stejskal, P., Neuls, F. & Elfmark, M. (2011). Adherence to the aerobics exercise program in women aged 40 to 65. *Acta Gymnica Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 41 (2), 55–63.

Laukkanen, R. M., Kalaja, M. K., Kalaja, S. P., Holmala, E. B., Paavolainen, L. M., Tummavuori, ... Rusko, H. K. (2001). Heart rate during aerobics classes in women with different previous experience of aerobics. *European Journal of Applied Physiology*, 84 (1–2), 64–68.

Morse, D. T. (1999). Minisize2: A computer program for determining effect size and minimum sample for statistical significance for univariate, multivariate, and nonparametric tests. *Educational and Psychological Measurement*, 59 (3), 518–531.

National Heart, Lung, and Blood Institute. (1998). *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The evidence report*. [NIH publication no. 98-4083]. Bethesda, MD: Department of Health and Human Services, National Institutes of Health.

Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A. & Garber, C. E. (1998). ACSM position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and

- muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (6), 975–991.
- Pumprla, J., Howorka, K., Groves, D., Chester, M. & Nolan, J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*, 84, 1–14.
- Robles Gil, M. C., Timón, R., Toribio, A. F., Muñoz, D., Maynar, J. I., Caballero, M. J. & Maynar, M. (2012). Effects of aerobic exercise on urinary estrogens and progestagens in pre and postmenopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (1), 357–364.
- 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 Gymnica Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 28, 13–23.
- Silva, R. B., Costa-Paiva, L., Pinto-Neto, A. M., Braga, A. & Morais, S. S. (2005). Association between habitual physical activity and parameters of physical fitness in postmenopausal women. *Climacteric*, 8 (4), 360–371.
- Stejskal, P. (2004). Využití nové metodiky hodnocení SA HRV pomocí komplexních indexů v klinické a sportovní praxi. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 105–116). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Stejskal, P. & Hejnová, J. (1993). Praktické problémy preskripce intenzity zatížení v rámci programu tělesné aktivity. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 2 (2), 76–81.
- Stejskal, P., Šlachta, R., Elfmark, M., Salinger, J., & Gaul-Aláčová, P. (2002). Spectral analysis of heart rate variability: new evaluation method. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 32 (2), 13–18.
- Šlachta, R., Stejskal, P., Elfmark, M., Salinger, J., Kalina, M. & Řehová, I. (2002). Age and spectral analysis of heart rate variability. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 32 (1), 59–67.
- 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. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Tulppo, M. P., Hautala, A. J., Mäkilä, 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, 364–372.
- Willis, J. D. & Campbell, L. F. (1992). *Exercise psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Mgr. Barbora Šeděnková
1. čs. armádního sboru 1302/6
708 00 Ostrava – Poruba
Tel: +420 604 879 798
b.sedenkova@centrum.cz