

УДК 796.015.6:61

ПОКАЗНИКИ ВАРІАТИВНОСТІ СИНУСОВОГО РИТМУ СЕРЦЯ ЧЛЕНІВ ЗБІРНОЇ КОМАНДИ КРАЇНИ З ПЛАВАННЯ В ПЕРІОД БЕЗПОСЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ДО ЗМАГАНЬ

Марцін КУНІЦКИЙ¹, Данута СВАДЗЬБА², Блажей СІТКО³, Агнешка ОСТРОВСЬКА⁴

Державна вища професійна школа в Раціборжі, Інститут фізичної культури,
Раціборж, Польща,

e-mail: marcin.kunicki@pwsz.raciborz.edu.pl, m.kunicki@vp.pl,

ORCID: ¹0000-0003-1725-9548, ²0000-0002-9476-3089, ³0000-0003-3354-3346, ⁴0000-0001-9811-3174

Мета дослідження. Встановити зміни показників варіабельності серцевого ритму у кваліфікованих спортсменів-плавців в період безпосередньої підготовки до змагань та під час змагального періоду.

Матеріал та методи. У дослідженні взяли участь шість спортсменів (4 хлопці, 2 дівчини) віком 17–18 років. Один з респондентів був членом юнацької команди Польщі. Дослідження проводили двічі: на початку підготовчого періоду та під час змагального періоду в 2013 році. Оцінювано вибрані показники спектрального аналізу: TP [мс²], VLF, LF, HF в одиницях вимірювання [Гц, мс², %], частка потужності LF і HF [n.u], співвідношення LF/HF та часові параметри RR [мс], HR [1/хв], RMSSD [мс], pNN 50 [%].

Результати. У загальній групі плавців показники спектрального та часового аналізу істотно статистично не змінилися упродовж досліджуваних періодів. Встановлено відмінності між провідним спортсменом та рештою групою у певних значеннях показників спектрального та часового аналізу. Показники аналізу часових інтервалів RR, HR показують збільшення ознак брадикардії на початку змагального періоду для всіх учасників спостереження.

Висновки: Тривалі заняття спортом ведуть до стійких внутрішньосистемних змін організму, які характеризують шляхи адаптації до фізичних навантажень. Інтенсивність тренувань по-різному сприймається окремими спортсменами. Встановлено зміни, які відбуваються в функціонуванні вегетативної (автономної) нервової системи, за допомогою котрих оцінюють адаптацію спортсменів до тренувальних навантажень.

Ключові слова: вегетативна (автономна) нервова система, варіабельність серцевого ритму, контроль навантаження, адаптація до фізичних навантажень.

WSKAŹNIKI ZMIENNOŚCI RYTMU ZATOKOWEGO SERCA ZAWODNIKA KADRY NARODOWEJ W PŁYWANIU W OKRESIE PRZYGOTOWAWCZYM

Marcin KUNICKI¹, Danuta SWADŹBA²,
Błażej SITKO³, Agnieszka OSTROWSKA⁴

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Raciborzu
(Instytut Kultury Fizycznej i Zdrowia Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Raciborzu, Polska),
Raciborz, Polska,

e-mail: marcin.kunicki@pwsz.raciborz.edu.pl, m.kunicki@vp.pl,

ORCID: ¹0000-0003-1725-9548, ²0000-0002-9476-3089,

³0000-0003-3354-3346, ⁴0000-0001-9811-3174

Цел pracy. Zmiany wskaźników HRV elitarnego zawodnika na tle grupy trenującej pływanie w okresie bezpośredniego przygotowania startowego oraz w okresie startowym.

Material i metody. W badaniach uczestniczyło 6 zawodników (4 chłopców, 2 dziewczyny) w wieku 17–18 lat. Jednym z badanych był zawodnik kadry narodowej juniorów. Badania przeprowadzone były dwukrotnie: na początku bezpośredniego przygotowania startowego i w okresie startowym w 2013 r. Oceniono wybrane wskaźniki analizy spektralnej: TP [ms^2], VLF, LF, HF w jednostkach: [Hz, ms^2 , %], udział mocy LF i HF [n.u.], wskaźnik LF/HF oraz wskaźniki analizy czasowej: RR [ms], HR [1/min], RMSSD [ms], pNN 50 [%].

Wyniki. W grupie pływaków wskaźniki analizy spektralnej i czasowej nie uległy istotnie statystycznej zmianie w badanych okresach. W badaniach pojawiły się różnice pomiędzy czołowym zawodnikiem a pozostałą grupą w wybranych wartościach wskaźników analizy spektralnej i czasowej. Wskaźniki analizy czasowej: RR, HR wykazują pogłębienie bradycardii w okresie startowym dla wszystkich badanych.

Wnioski. Długotrwały trening sportowy wywołuje zmiany wewnątrzustrojowe, które utrwalają się, dając obraz adaptacji wysiłkowej. Intensywność treningu może być inaczej odbierana przez poszczególnych zawodników. Zmiany zachodzące w AUN oceniają adaptację zawodników do obciążeń treningowych.

Słowa kluczowe: autonomiczny układ nerwowy (AUN), zmienność rytmu zatokowego serca (HRV), kontrola obciążeń treningowych, adaptacja do wysiłku fizycznego.

INDICES OF HEART RATE VARIABILITY IN JUNIOR NATIONAL TEAM ATHLETE PRACTICING SWIMMING IN THE IMMEDIATE PRE-COMPETITION PERIOD AND THE COMPETITION PERIOD

Marcin KUNICKI¹, Danuta SWADŹBA²,
Błażej SITKO³, Agnieszka OSTROWSKA⁴

*State Higher Vocational School in Racibórz, the Institute of Physical Culture,
Racibórz, Poland,*

e-mail: marcin.kunicki@pwsz.raciborz.edu.pl, m.kunicki@vp.pl,

ORCID: ¹0000-0003-1725-9548, ²0000-0002-9476-3089,

³0000-0003-3354-3346, ⁴0000-0001-9811-3174

Purpose. Changes in HRV indices in an elite athlete against the background of a group of athletes practicing swimming in the immediate pre-competition period and the competition period.

Methods. The study involved 6 athletes aged 17–18 years. One of the tested competitors was an elite athlete. The study was conducted twice: in the beginning of the pre-competition phase and in the competition period. The selected factors of the spectral analysis have been evaluated: TP [ms^2], VLF, LF, HF in the given units: [Hz, ms^2 , %], LF and HF [nu], LF/HF indicator and time analysis factors: RR [ms], HR [1/min], RMSSD [ms], pNN 50 [%].

Results. In the group of swimmers, spectral and time analysis factors have not statistically changed significantly in the tested time periods. In the study, the differences between the leading athlete and the remaining group appeared in the selected values of the spectral and time indicators. The factors of the time analysis: RR, HR indicate the deepening of bradycardia in the competition period in all of the tested athletes.

Conclusions. Long-term sport training triggers intracorporeal changes that perpetuate, giving an overview of the adaptation to exercise. The intensity of the training can be viewed differently by individual athletes. Changes taking place in autonomic nervous system (AUN) assess the athletes' adaptation to the training loads.

Keywords: autonomic nervous system (ANS), heart rate variability (HRV), control of the training loads, adaptation to physical exercise.

Wstęp. Zmienność rytmu zatokowego (Heart Rate Variability HRV) dostarcza bezinwazyjnej informacji o autonomicznym układzie nerwowym (AUN), wskazując na zmiany w układzie współczulnym i przywspółczulnym na poziomie węzła zatokowego [Sinnreich R. i wsp. 1998; Cervantes Blasquez J. C. i wsp. 2009; Task Force, 1996]. Zmienność rytmu zatokowego jest prawidłową, odruchową reakcją na zmieniające się warunki środowiska. Wg wielu autorów, głównymi czynnikami wpływającymi na aktywność węzła zatokowo-przedsionkowego (sinus node pacemaker) są: systematyczność treningowa, jak i odpowiednie zaangażowanie w proces treningowy [Aubert A. E., i wsp. 2003], oscylacje napięć pomiędzy współczulną i przywspółczulną gałęzią autonomicznego układu nerwowego (AUN), mechaniczne wpływy ruchów oddechowych [Task Force, 1996], zmienność wrażliwości na pobudzenie baroreceptorów tętnicznych [Carrasco-Sosa S. i wsp. 2005], zmiany termoregulacji [Jethon Z. 2012]. Jednakże większość osób, zajmujących się problematyką zmienności rytmu zatokowego serca, przyjmuje, że największy wpływ na autonomiczny układ nerwowy ma aktywność fizyczna [Task Force, 1996], ruchy oddechowe, pobudzenie emocjonalne [Malpas, 2002; Kazuma i wsp. 2002; Dishman i wsp. 2002; Smith i wsp. 2001].

Można oczekiwać, że czas trwania wysiłku, i/lub rodzaj treningu, oddziałuje istotnie na wartość wskaźników HRV [O'Sullivan & Bell, 2000]. Trening sportowy wywołuje zmiany wewnątrzustrojowe, które utrwalają się, dając obraz adaptacji wysiłkowej [Bernadi i wsp. 1997; Hautula i wsp. 2001]. Adaptacja ta nie ma jednolitego obrazu, zwłaszcza w treningu sportowym, ponieważ zależy od charakteru wysiłku. Wydaje się, że kontrolę pracy serca i odpowiedź na różne czynniki stresogenne można wyjaśnić zmianami w aktywności układów przywspółczulnego i/lub aktywnością układu współczulnego [Cervantes Blasquez J. C. i wsp. 2009]. Badając HRV osób uprawiających różne dyscypliny sportu lub prowadząc trening różnie ukształtowany, stwierdza się, że wskaźniki analizy spektralnej i czasowej są dla tych rodzajów obciążeń odmienne [Aubert i wsp. 2003]. Wydolność fizyczną organizmu można poprawić poprzez intensywność treningu. Cipryan L. i wsp. (2007) podają, że jakość szkolenia wpływa na aktywność AUN. Zmiany zachodzące w AUN oceniają adaptację zawodników do obciążeń treningowych. Wg tego założenia, trening należy ułożyć indywidualnie dla określonych zawodników.

Długotrwały trening wytrzymałościowy wywołuje zmiany adaptacyjne w autonomicznym

układzie nerwowym. Na skutek treningu tlenowego następuje wzrost wartości HRV, obniżenie spoczynkowej częstości skurczów serca (HR) oraz wzrost napięcia części przywspółczulnej AUN. [Levy W. C i wsp. 1998]. Plews D. J. i wsp. (2013) podają, że wzrost i spadek wartości wskaźników HRV, odzwierciedlających przywspółczulną część AUN, mogą sugerować pozytywne lub negatywne zmiany w AUN. Powszechnie uważa się, że spoczynkowa bradykardia występująca u sportowców jest spowodowana wzmożonym napięciem nerwu błędnego. Spostrzeżenie takie może wynikać z licznych badań dowodzących, że ciężki (ale nie ekstremalny) wielomiesięczny trening fizyczny przygotowujących się do zawodów sportowców prowadzi do zwiększenia aktywności składowej przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego [Cooke i wsp. 2002; Iellamo i wsp. 2002].

Celem szkolenia jest wprowadzenie wystarczającego obciążenia treningowego, które nie zakłóca homeostazy organizmu i autonomicznej równowagi [Makivić B. i wsp. 2013]. Wiele wcześniejszych badań wykazuje zastosowanie HRV do wykrycia zaburzeń homeostazy, powstającej w wyniku różnego rodzaju wysiłku o różnej intensywności. Cytowani powyżej autorzy wskazują, w jaki sposób można monitorować sprawność fizyczną podczas wysiłku i po wysiłku w różnych okresach szkolenia sportowego.

Celem badań była ocena zmian wskaźników HRV elitarnego zawodnika K.T. na tle grupy trenującej pływanie w okresie «BPS» i w okresie startowym w ZSOMS w Raciborzu.

Materiał i metody. Badania przeprowadzone zostały w zgodzie z Helsińską Kartą Praw Człowieka i uzyskały zgodę Komisji Bioetycznej Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Każdy uczestnik wyraził chęć dobrowolnego uczestniczenia w badaniach, co potwierdził pisemną zgodą.

Badania przeprowadzone były w okresie bezpośredniego przygotowania startowego (BPS) i w okresie startowym w 2013 r. Pierwsze badanie odbyło się na początku okresu «BPS» w kwietniu (I), drugie badanie (II) odbyło się w okresie startowym (czerwiec). Badaniami objęto grupę 6 pływaków (4 chłopców, 2 dziewczyny) trenujących w Zespole Szkół Ogólnokształcących Mistrzostwa Sportowego w Raciborzu. W grupie trenującej był zawodnik elitarny K.T. przygotowujący się do Mistrzostw Świata, Mistrzostw Europy Juniorów, Mistrzostw Polski Juniorów.

Grupa ta prowadzona była przez jednego trenera. W treningach uczestniczyli wszyscy zawodnicy, treningi dla poszczególnych zawodników różni-

cowane były pod względem intensywności i stylu. Treningi prowadzone w wodzie uzupełniane były treningami na lądzie. W kwietniu treningi miały charakter intensywności tlenowo-progowej, czyli pływanie na bezpiecznym poziomie 75 %, 80 %, 85 % intensywności na danym dystansie. Czasy były ustalane według odpowiednich tabel intensywności. Wpływ na ustalone poziomy miał także rekord życiowy, czyli możliwości wysiłkowe zawodników. Treningi w wodzie przeprowadzone były na poziomie progowym (85 %). Raz w tygodniu prowadzone były treningi z intensywnością 90 % HR max. W maju intensywność treningów była zdecydowanie większa. W okresie startowym trening miał charakter tendencyjnego obciążania organizmu: obciążenie podprogowe (60–70 % HR max.), progowe na zmianę z treningami o bardzo dużej intensywności (90–100 % HR max.), 3 razy w tygodniu. Start zawodników wiąże się z obciążeniem 90–100 % HR max.

Wszystkim zawodnikom wyliczono maksymalną częstość skurczów serca (HR_{max}) według następującego wzoru: $208 - 0,7 \times \text{wiek}$ [Tanaka i wsp. 2001].

Pomiar HRV wykonano każdemu z badanych zawodników za pomocą Sport – Testera typ Polar S 810i, w godzinach rannych (7:00–10:00). Zawodnicy zostali poinstruowani, aby unikać aktywności fizycznej, utrzymać dotychczasowe spożycie żywności, z wyłączeniem konsumpcji alkoholu oraz kofeiny na 48 h przed badaniem. W dniu badawczym zawodnicy byli na czczo, a pomiary HRV dokonano u nich w pozycji leżącej. Zapis częstości skurczów serca trwał 15 minut. Dla wszystkich badanych zachowano standardowe warunki badań (temperatura 20–22°C – warunki termoneutralne), z zachowaniem podstawowych procedur obowiązujących w metrologii sportowej.

Zapis częstości skurczów serca przekazywano do pamięci komputera i poddawano obróbce statystycznej programem komputerowym Polar Precision Performance 3, który jest kompatybilny z programem HRV Analysis Software (opracowanym przez Department of Applied Physics University of Kuopio w Finlandii). Do opracowania wyników zastosowano metody analizy spektralnej i analizy czasowej. W programie HRV Analysis obliczone były zakresy częstotliwości: Moc całkowita (Total Power (TP) – zakres mocy całkowitej, będący sumą zakresów: ULF, VLF, LF, HF. Zakres między 0,01–0,5 Hz można wyrazić jako sumę aktywności AUN [Kazuma N. i wsp. 2002]), Very Low Frequency (VLF – pasmo w granicach 0,0033 Hz – 0,05 Hz), LF (Low Frequency – pasmo w zakresie 0,05 Hz – 0,15 Hz), HF (High Frequency – pasmo w zakresie 0,15 Hz – 0,4 Hz) [Stein et al., 1994; Taylor et al., 1998].

Ze wszystkich zarejestrowanych parametrów do dalszej analizy wybrano następujące wskaźniki: TP [ms^2], VLF [$ms^2, \%$], LF, HF [$ms^2, \%, n.u.$], wartość LF/HF. W analizie czasowej zbadano: HR \dot{s} r [HR/min] – częstość skurczów serca, RR [ms] – średni czas odstępów RR pomiędzy pobudzeniami zatokowymi, RMSSD [ms] – pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR, pNN 50[%] – liczba odstępów RR różniących się od poprzedzającego o ponad 50 milisekund wyrażona w odsetkach [Cervantes Blásquez J. C. i wsp. 2009; Lund V. i wsp. 2003].

Według wielu autorów składowa HF odzwierciedla głównie wpływ przywspółczulnego układu (wpływ wagalny) [Backers F. i wsp. 2003]. W wielu pracach dowodzą, że wskaźnik LF ukazuje wpływy obu gałęzi układu autonomicznego, tzn. części współczulnej i przywspółczulnej [Makivić B. i wsp. 2013]. Wartości LF i HF mogą być także podawane w znormalizowanych jednostkach (normalized units n.u.). Według Mallianiego [Berntson G. G. i wsp. 1997] moc widma LF i HF, szczególnie kiedy wyrażona jest w jednostkach znormalizowanych, odzwierciedla równowagę pomiędzy współczulną i przywspółczulną kontrolą. Ponadto równowaga współczulno – przywspółczulna oceniana jest przez wskaźnik LF/HF [Mandigout S. i wsp. 2002]. Hynynen E.(2012) podaje, że interpretacja wskaźnika LF/HF jest wątpliwa, ale jest on stosowany jako wskaźnik stanu napięcia autonomicznego układu nerwowego. Średni czas odstępów RR jest pochodną częstości skurczów serca HR. Wskaźniki pNN 50 %, RMSSD odzwierciedlają napięcie układu przywspółczulnego. Wskaźniki analizy spektralnej: HF i czasowej: RMSSD, pNN 50 % korelują ze sobą, zależą wprost proporcjonalnie od napięcia nerwu błędnego. Do drugiej grupy korelujących ze sobą wskaźników należą: VLF i LF [Task Force, 1996].

Wyniki analiz HRV zestawiono w tabelach, przy czym dokonano standardowych obliczeń statystycznych według modułu statystyk opisowych. Obliczono: średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe oraz istotność różnic między poszczególnymi grupami. Ze względu na małą liczebność grupy (5 osób) oraz w przypadku części parametrów, w których rozkład był mocno skośny, do obliczenia istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami posłużono się testem nieparametrycznym kolejności par Wilcoxon, dla porównania dwóch grup zależnych. Za poziom istotności przyjęto wartość $p < 0,05$. Obliczenia zostały wykonane w programie Statistica PL v.10 [Stanisz, 2001].

Tab. 1

**Charakterystyka somatyczna badanych pływaków oraz elitarnego zawodnika K.T.
w okresach «BPS» i startowym**

Parametry	Kwiecień Początek «BPS» 2013	Czerwiec Okres startowy 2013
	Średnia ± odch. stand (min – max)	
Wiek [rok]	17,2±0,37 (17–18)	17,3±0,47 (17–18)
K.T.	17	17
Masa ciała [kg]	69,1±7,59 (55,1–79,4)	68,7±7,52 (55–77,4)
K.T.	79,4	77,4
Wzrost [cm]	182,8±6,44 (172–190)	183,7±6,42(173–192)
K.T.	190	192
BMI [kg/m ²]	20,6±1,05 (18,6–22)	20,3±1,13(18,4–21,9)
K.T.	22	21

Tab. 2

**Wybrane parametry analizy spektralnej i czasowej w badanej grupie pływaków
oraz elitarnego zawodnika K.T. w okresie «BPS» i startowym**

Parametry	Kwiecień Początek bps 2013	Czerwiec Okres startowy 2013	statystyka Poziom istotności p<0,05
	Średnia ± odch. stand (min – max)		
VLF [ms ²] grupa	499,8±172,81 (203,2–668,1)	502,1±106,48 (381,0–634,9)	0,893
K.T.	247,9	404,1	
LF [ms ²] grupa	1061,9±341,14 (754,2–1592,8)	954,7±389,57 (439,8–1639,3)	0,500
K.T.	2334,7	1962,6	
HF [ms ²] grupa	1982,86±1517,57 (546,6–4699,1)	1392,2±802,29 (226,5–2732,1)	0,225
K.T.	384,3	1082,7	
TP [ms ²] grupa	3544,58±1922,67 (1503,9–6853,2)	2849,1±1036,63 (1445,4–4340,1)	0,225
K.T.	2966,9	3449,3	
Udział mocy VLF [%] grupa	16,0±5,06 (8,2–23,4)	19,3±5,69 (12,9–28,2)	0,225
K.T.	8,4	11,7	
Udział mocy LF [%] grupa	35,0±11,32 (22,8–50,1)	35,6±13,43 (21,0–56,1)	0,893
K.T.	78,7	56,9	
Udział mocy HF [%] grupa	49,0±13,98 (30,7–68,6)	45,1±17,0 (15,7–62,9)	0,345
K.T.	13,0	31,4	
Udział mocy LF [n.u] grupa	42,1±14,57 (25,3–60,0)	45,0±19,34 (25,6–78,2)	0,686
K.T.	85,9	64,5	
Udział mocy HF [n.u] grupa	57,9±14,57 (40,0–74,7)	55,0±19,34 (21,8–74,4)	0,686
K.T.	14,1	35,6	
LF/HF grupa	0,9±0,49 (0,3–1,5)	1,2±1,21 (0,3–3,6)	0,686
K.T.	6,07	1,81	
RR [ms] grupa	1046,1±90,30 (960–1214,9)	1088,7±0,08 (1019,5–1218,5)	0,138
K.T.	1244,0	1304,8	
HR [1/min] grupa	58,5±4,41 (50,5–62,8)	56,0±75,34 (49,6–59,6)	0,138
K.T.	48,5	46,2	
pNN 50[%] grupa	56,4±15,88 (35,3–79,1)	55,3±15,46 (27,8–75,7)	0,500
K.T.	49,7	60,3	
RMSSD [ms] grupa	100,2±41,23 (52,8–168)	93,4±25,69 (49,1–128,7)	0,500
K.T.	78,3	97,3	

Wyniki

Ocena za pomocą HRV efektów treningu w okresach I i II w badanej grupie wskazuje, że nie wystąpiły istotnie statystyczne różnice w badanych parametrach analizy spektralnej i czasowej (Tab.2). W wyniku treningu w okresie startowym nieistotnie obniżyła się częstość skurczów serca (RR, HR) w badanej grupie pływaków oraz zawodnika elitarnego. Moc całkowita [ms^2] zawodnika elitarnego K.T. oraz napięcie układu przywspółczulnego wyrażone w jednostkach: HF [$\text{ms}^2, \%$, n.u.], LF/HF, RR [ms], HR [1/sek.], RMSSD [ms], pNNS50 [%] – w drugim okresie badań wykazywało tendencje wzrostowe, natomiast w pozostałej grupie zawodników występowały nieistotne tendencje spadkowe mocy całkowitej oraz aktywności wagalnej.

Dyskusja. Plews D.J. i wsp. (2013) podają, że wzrost i spadek wartości wskaźników HRV, odzwierciedlających przywspółczulną część AUN, mogą sugerować pozytywne lub negatywne zmiany w AUN. Hynynen E. i wsp. (2012) podają, że wzrost HRV wiąże się z pozytywną reakcją na stres związany z treningiem. Porównując badane okresy treningowe, zauważmy, że u zawodnika czołowego K.T. wystąpił wzrost TP w drugim, badanym okresie, co może sugerować dodatnią tolerancję na obciążenie. Furlan R. i wsp. (1993) podają, że wzrost TP związany jest ze wzrostem aktywności współczulnej. Natomiast Goldsmidt, R.L. i wsp. (1992) wskazują na zwiększenie aktywności wagalnej. Wzrost TP zawodnika K.T. w okresie startowym w naszych badaniach związany był ze wzrostem wskaźnika HF [$\text{ms}^2, \%$, n.u.], oraz wzrostem wskaźnika VLF [$\text{ms}^2, \%$]. W badanych okresach treningowych w grupie pływaków wystąpiły tendencje spadkowe wartości TP w drugim badanym okresie. Cipryan L. i wsp. (2007) podają, że spadek aktywności AUN może oznaczać gorszą adaptację zawodnika do wysiłków fizycznych oraz wpływać negatywnie na pozytywne wyniki.

Atlaoui D i wsp. (2007) podają, że wskaźnik HF n.u., odzwierciedlający część przywspółczulną, jest pozytywnie skorelowany z wynikami sportowymi i negatywnie ze zmęczeniem. Autorzy badali 13 elitarnych pływaków przed i po okresie 4 tygodniowym, intensywnego treningu, oraz po 3 tygodniach treningu o obniżonej intensywności. Wg cytowanych badaczy, wskaźniki HRV, oceniane w dwóch okresach treningowych, były nieistotnie zmienione. Podwyższony wskaźnik HF n.u. sugerował, że wyszkoleni zawodnicy dobrze radzą sobie z treningiem w dwóch okresach. W badaniach własnych, parametry związane z aktywnością przywspółczulną, u zawodnika K.T. wykazują również tendencję wzrostową w okresie II. Cytowani powyżej badacze interpretują to w ten sposób, że osoby, które przy większej intensywności ćwiczeń mają wyższą aktywność nerwu

błędnego, posiadają lepszą wydolność fizjologiczną. Inaczej rozkład wyników wystąpił w pozostałej grupie pływaków. W grupie tej w II okresie występowały nieistotne tendencje wzrostowe wskaźników odzwierciedlających aktywność współczulną. Na podstawie cytowanych powyżej autorów można zinterpretować to w ten sposób, że tylko zawodnik, który zakończył sezon startowy, osiągając miejsca medalowe, dobrze zareagował na trening.

Atlaoui D i wsp. (2007) podają, że wskaźniki LF n.u., LF/HF są odwrotnie proporcjonalne do wyników i skorelowane ze zmęczeniem. W badaniach własnych obserwujemy, że u zawodnika K.T., nastąpił spadek wskaźników LF n.u., LF/HF w okresie startowym. Uzyskane wartości wskaźników mogą sugerować prawidłową reakcję AUN na wysiłek fizyczny. Inaczej rozkład tych wskaźników przedstawiał się w grupie pływaków, u których zaznaczała się nieistotna dominacja współczulna. Cervantes Blasquez J. C. i wsp. (2009), Schwarz AM. i wsp. (2003), badając pływaków, podają, że czynniki stresogenne wpływają na współczulny układ nerwowy, co indukuje wzrost LF/HF. Cytowani autorzy piszą, że negatywne stany stresowe mogą zaburzyć funkcję autonomicznego układu nerwowego. Nieistotne tendencje wzrostowe opisanych wskaźników w grupie pływaków mogą sugerować, że trening nie zaburzył funkcji AUN i nie spowodował istotnych zmian w równowadze AUN, o czym świadczy niewielkie przesunięcie wskaźnika LF/HF w kierunku części współczulnej w okresie startowym. Z kolei Hynynen E. i wsp. (2012) podają, że aktywność układu współczulnego może zwiększyć się podczas spoczynku, jako spodziewany efekt treningu. U zawodnika elitarnego w I i II badanym okresie rozkład wskaźników LF i HF wskazuje na dominację adrenergiczną, co wg cytowanych autorów może potwierdzać pozytywny efekt treningu. Należy zaznaczyć, że u zawodnika K.T. w okresie startowym jednocześnie wystąpił dwukrotny wzrost wskaźników odzwierciedlających napięcie wagalne.

Rodzaj treningu może w odmienny sposób wpływać na równowagę w AUN. Levy W. C i wsp. (1998) podają, że długotrwały trening wytrzymałościowy wywołuje zmiany adaptacyjne w AUN. Na skutek treningu tlenowego następuje wzrost wartości HRV, obniżenie spoczynkowej częstości skurczów serca (HR) oraz wzrost napięcia części przywspółczulnej AUN. Aubert i wsp. (2003) potwierdzają, że długoletni optymalnie prowadzony trening sportowy indukuje bradykardię spoczynkową. Jest kontrowersyjne, czy zmiany w AUN związane z bradykardią spoczynkową powstają na skutek tłumienia współczulnego i/lub związane są z aktywnością przywspółczulną [Shin K. i wsp. 1997]. Iellamo F. i wsp. (2002) badali wyszkolonych zawodników przed Mistrzostwami Świata w wioślarstwie,

зwiększając obciążenia treningowe. Wymienieni autorzy podają, że przy wysiłkach submaksymalnych (do 75% maksymalnego obciążenia) w badanej grupie nastąpiły wzrost wskaźnika HF, obniżenie parametrów LF, LF/HF świadczących o wzroście modulacji ze strony nerwu błędnego. Autorzy, zwiększając intensywność treningu wytrzymałościowego (obciążenie treningowe do 100% maksymalnego obciążenia), zaobserwowali efekty odwrotne. Nastąpił wzrost wskaźników LF, LF/HF, wzrosła spoczynkowa częstość skurczów serca. Według badań własnych, u zawodnika elitarnego przy wzrastających obciążeniach w okresie startowym wystąpiło pobudzenie aktywności przywspółczulnej, co uwidocznione zostało jako wzrost wskaźnika HF, obniżenie wskaźników LF, LF/HF. Jednocześnie w okresie startowym częstość skurczów serca zawodnika obniżyła się o 2 skurcze/min. Pobudzona aktywność wagalna została również potwierdzona parametrami analizy czasowej pNN50[%], RMSSD. Inne badania donoszą, że za bradykardię spoczynkową odpowiedzialne są zmiany związane z wewnętrznymi mechanizmami wewnątrz węzła zatokowego, a nie modyfikacje napięć w AUN. Martinelli F. S. i wsp (2005) podają, że trening tlenowy związany jest ze zmianami w równowadze współczulno-przywspółczulnej na poziomie węzła zatokowego i może przyczynić się do pojawienia się bradykardii spoczynkowej. Według naszych badań, zarówno u zawodnika K.T., jak i w

pozostałej grupie pływaków, wydłużone odcinki RR w dwóch okresach treningowych pokrywają się ze spoczynkową bradykardią. Może to potwierdzać opinię cytowanych autorów, że na skutek długotrwałego treningu nastąpiły zmiany na poziomie węzła zatokowo-przedionkowego. Z kolei Cooke i wsp. (2002), badając zawodników poddanych przez 8 tygodni treningom oporowym, nie zaobserwował zmian związanych z aktywnością nerwu błędnego. Na podstawie badań własnych stwierdzamy, że w grupie pływaków przy pogłębionej bradykardii w okresie startowym nie zaobserwowano istotnych zmian związanych z modyfikacją AUN.

Wnioski:

1. Pomiędzy badanymi pływakami a zawodnikiem czołowym wystąpiły różnice w wybranych parametrach analizy spektralnej.

2. W okresie startowym u zawodnika czołowego nastąpił wzrost mocy całkowitej (TP), co może być prawidłową reakcją organizmu na stres wywołany wysiłkiem fizycznym.

3. Jednoczesny wzrost napięcia przywspółczulnej gałęzi AUN u elitarnego zawodnika w okresie startowym jest pozytywnie skorelowany z wynikami sportowymi i negatywnie ze zmęczeniem.

4. Dominacja współczulnej części AUN u zawodnika elitarnego K.T. w I i II okresie może być efektem prawidłowego treningu.

Список використаних джерел

1. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers / Atlaoui D., Pichot V., Lacoste L., Barale F., Lacour J. R., Chatard J. C. // *Int J Sports Med.* – 2007 – Vol. 28(5). – P. 394–400.
2. Heart Rate Variability in Athletes / Aubert A. E., Seps B., Beckers F. // *Sports Med.* – 2003. – Vol. 33(12). – P. 889–919.
3. Parasympathetic heart rate modulation during parabolic flights / Backers F., Seps B., Ramaekers D., Verheyden B., Aubert A. E. // *Eur J Appl Physiol.* – 2003. – Vol. 90. – P. 83–91.
4. Acute and persistent effect of a 46-kilometer wilderness trail run at altitude: cardiovascular autonomic modulation and baroreflexes / Bernardi L., Passino C., Robergs R., Appenzeller O. // *Cardiovascular Research.* – 1997. – Vol. 34. – P. 273–280.
5. Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats / Berntson G. G., Bigger J. T., J. R., Eckberg D. L., Grossman P., Kaufman P. G., Malik M., Nagaraja H. N., Porges S. W., Saul J. P., Stone P. H., van der Molen M. W. // *Psychophysiology.* – 1997. – Vol. 34. – P. 623–648.
6. Baroreflex sensitivity assessment and heart rate variability: relation to maneuver and technique / Carrasco-Sosa S., Gaitan-Gonzalez M. J., Gonzalez-Camarena R., Yanez-Suarez O. // *Eur J Appl Physiol.* – 2005. – Vol. 95. – P. 265–275.
7. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers / Cervantes Blásquez J. C., Rodas G., Capdevila Ortís L. // *Psicothema.* – 2009. – Vol. 21, N4. – P. 531–536.
8. Autonomic nervous system observation in ice hockey players / Cipryan L., Stejskal P., Bartkova O., Botek M., Cipryanova H., Jakubec A., Petr M., Rehova I. // *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.* – 2007. – Vol. 37, N4. – P. 17–21
9. Effects of exercise training on cardiovagal and sympathetic responses to Valsalva's maneuver / Cooke W. H., Reynolds B. V., Yandl M. G., Carter J. R., Tahvanainen K. U. O., Kuusela T. A. // *Med Sci Sport Exerc.* – 2002. – Vol. 34. – P. 928–935.
10. Influence of fitness and gender blood pressure responses during active or passive stress / Dishman R. K., Jackson E. M., Nakumara Y. // *Psychophysiology.* – 2002. – Vol. 39. – P. 568–576.
11. Comparison of 24-hours parasympathetic activity in endurance and untrained young men / Goldsmidt R. L., Bigger T., Steinman R. C., Fleiss J. L. // *J Am Coll Cardiol.* – 1992. – Vol. 20. – P. 552–558.
12. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise / Hautula A., Tulppo M. P., Mäkikallio T. H., Laukkanen R., Nissilä S., Huikuri H. V. // *Clin Physiol.* – Vol. 2001. – Vol. 21(2). – P. 238–245.

13. Heart rate variability in orthostatic test during different training periods in elite swimmers. INEFC Barcelona Sport Sciences Research Group / Hynynen E., Iglesias X., Feriche B., Calderon C., Abalos X., Vazquez J., Barrero A., Rodríguez L., Levine B. D., Rodríguez F. A. // Poster present AT the 59th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (ACSM). – San Francisco, California, USA, 2012. – P. 145–154.
14. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes / Iellamo F., Legramante J. M., Pigozzi F., Spataro A., Norbiato G., Lucini D., Pagani M. // *Circulation*. – 2002. – Vol. 105. – P. 2719–2724.
15. Heart rate variability in normotensive healthy children with aging. / Kazuma N., Otsuka K., Wakamatsu K., Shirase E., Matsuoka I. // *Clin Exp Hypertens*. – 2002. – Vol. 24. – P. 83–89.
16. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men / Levy W. C., Cerqueira M. D., Harp G. D., Johannessen K. J., Abrass I. B., Schwartz R. S., Stratton J. R. // *American Journal of Cardiology*. – 1998. – Vol. 82, is. 10. – P. 1236–1241.
17. Instantaneous beat to beat variability reflects vagal tone during hyperbaric hyperoxia / Lund V., Laine J., Laitio T., Kentala E., Jalonen J., Scheinin H. // *UHM*. – 2003. – Vol. 30, N 1. – P. 29–36.
18. Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities / Makivić B., Djordjević Nikić M., Willis M. S. // *Journal of Exercise Physiologyonline*. – 2013. – Vol. 16, N 3. – P. 103–131.
19. Malpas S. C. Neutral influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls / Malpas S. C. // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2002. – Vol. 282. – P. 6–20.
20. Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children / Mandigout S., Melin A., Fauchier L., N'Guyen L. D., Courteix D., Obert P. // *Eur J Clin Invest*. – 2002. – Vol. 32. – P. 479–487.
21. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt / Martinelli F. S., Chacon-Mikahi M. P. T., Martins L. E. B., Lima-Filho E. C., Golfetti M. A., Paschoal R., Gallo-Junior L. // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. – 2005. – Vol. 38. – P. 639–647.
22. O'Sullivan S. E. The effects of exercise and training on human cardiovascular reflex control / O'Sullivan S. E., Bell C. // *J Auton Nerv Syst*. – 2000. – Vol. 81(1–3). – P. 16–24.
23. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring / Plews D. J., Laursen P. B., Stanley J., Kilding A. E., Buchheit M. // *Sports Med*. – 2013. – Vol. 43. – P. 773–781
24. Hopelessness is associated with decreased heart rate variability during championship chess games / Schwarz A. M., Schächinger H., Adler R. H., Goetz S. M. // *Psychosom Med*. – 2003. – Vol. 65(4). – P. 658–661.
25. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectra analysis approach / Shin K., Minamitani H., Onishi S., Yamazaki H., Lee M. // *Med. Sci Sports Exerc*. – 1997. – Vol. 29. – P. 1482–1490.
26. Five minute recording of heart rate variability for population studies: repeatability and age – sex characteristics / Sinnreich R., Kark J. D., Friedlander Y., Sapoznikov D., Luria M. H. // *Heart*. – 1998. – Vol. 80. – P. 156–162.
27. Copmarison of aortic and carotid baroreflex stimulus – response characteristics in humans. / Smith S. A., Ross G., Query R. G., Fadel P. J., Weiss M. W., Olivencia-Yurvati A., Xiangrong Shi, Raven P. B. // *Auton neurosci: basic clinical*. – 2001. – Vol. 88. – P. 74–85.
28. Stanisz A. Practical course in statistics with STATISTICA PL using examples from medicine. – Cracow : StatSoft Polska Press, 2006. – P. 259–288.
29. Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. / Stein P. K., Bosner M. S., Kleiger R. E., Conger B. M. // *Am Heart J*. – 1994. – Vol. 127. – P. 1376–1381.
30. Age-predicted maximal heart rate revisited / Tanaka H., Monahan K. D., Seals D. R. // *J Am Coll Cardiol*. – 2001. – Vol. 37(1). – P. 153–156.
31. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93(5). – P. 1043–1065.
32. Mechanism underlying very-low-frequency RR- interval oscillations in humans / Taylor J. A., Carr D. L., Myers C. W., Eckberg D. L. // *Circulation*. – 1998. – Vol. 98. – P. 547–555.

Reference

1. Atlaoui D, Pichot V, Lacoste L, Barale F, Lacour JR, Chatard JC. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *Int J Sports Med*. 2007;28(5):394–400.
2. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Med*. 2003;33(12):889–919.
3. Backers F, Seps B, Ramaekers D, Verheyden B, Aubert AE. Parasympathetic heart rate modulation during parabolic flights. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90:83–91.
4. Bernardi L, Passino C, Robergs R, Appenzeller O. Acute and persistent effect of a 46-kilometer wilderness trail run at altitude: cardiovascular autonomic modulation and baroreflexes. *Cardiovascular Research*. 1997;34:273–80.
5. Berntson GG, Bigger JT JR, Eckberg DL, Grossman P, Kaufman PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, van der Molen MW. Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*. 1997;34:623–48.
6. Carrasco-Sosa S, Gaitan-Gonzalez MJ, Gonzalez-Camarena R, Yanez-Suarez O. Baroreflex sensitivity assessment and heart rate variability: relation to maneuver and technique. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95:265–75.

7. Cervantes Blázquez JC, Rodas G, Capdevila Ortís L. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*. 2009;21(4):531–6.
8. Cipryan L, Stejskal P, Bartkova O, Botek M, Cipryanova H, Jakubec A, Petr M, Rehova I. Autonomic nervous system observation in ice hockey players. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn*. 2007;37(4):17–21.
9. Cooke WH, Reynolds BV, Yandl MG, Carter JR, Tahvanainen KUO, Kuusela TA. Effects of exercise training on cardiovagal and sympathetic responses to Valsalva's maneuver. *Med Sci Sport Exerc*. 2002;34:928–35.
10. Dishman RK, Jackson EM, Nakumara Y. Influence of fitness and gender blood pressure responses during active or passive stress. *Psychophysiology*. 2002;39:568–76.
11. Goldsmith RL, Bigger T, Steinman RC, Fleiss JL. Comparison of 24-hours parasympathetic activity in endurance and untrained young men. *J Am Coll Cardiol*. 1992;20:552–8.
12. Hautula A, Tulppo MP, Mäkikallio TH, Laukkanen R, Nissilä S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol*. 2001;21(2):238–45.
13. Hynynen E, Iglesias X, Feriche B, Calderon C, Abalos X, Vazquez J, Barrero A, Rodríguez L, Levine BD, Rodríguez FA. Heart rate variability in orthostatic test during different training periods in elite swimmers. INEFC Barcelona Sport Sciences Research Group. Poster present AT the 59th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (ACSM). San Francisco, California, USA; 2012, p. 145–54.
14. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, Pagani M. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*. 2002;105:2719–24.
15. Kazuma N, Otsuka K, Wakamatsu K, Shirase E, Matsuoka I. Heart rate variability in normotensive healthy children with aging. *Clin Exp Hypertens*. 2002;24:83–9.
16. Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen KJ, Abrass IB, Schwartz RS, Stratton JR. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *American Journal of Cardiology*. 1998;82(10):1236–41.
17. Lund V, Laine J, Laitio T, Kentala E, Jalonen J, Scheinin H. Instantaneous beat to beat variability reflects vagal tone during hyperbaric hyperoxia. *UHM*. 2003;30(1):29–36.
18. Makivić B, Djordjević Nikić M, Willis MS. Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *Journal of Exercise Physiologyonline*. 2013;16(3):103–31.
19. Malpas SC. Neutral influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002;282:6–20.
20. Mandigout S, Melin A, Fauchier L, N'Guyen LD, Courteix D, Obert P. Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. *Eur J Clin Invest*. 2002;32:479–87.
21. Martinelli FS, Chacon-Mikahi MPT, Martins LEB, Lima-Filho EC, Golfetti MA, Paschoal R, Gallo-Junior L. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2005;38:639–47.
22. O'Sullivan SE, Bell C. The effects of exercise and training on human cardiovascular reflex control. *J Auton Nerv Syst*. 2000;81(1–3):16–24.
23. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013;43:773–81.
24. Schwarz AM, Schächinger H, Adler RH, Goetz SM. Hopelessness is associated with decreased heart rate variability during championship chess games. *Psychosom Med*. 2003;65(4):658–61.
25. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectra analysis approach. *Med. Sci Sports Exerc*. 1997;29:1482–90.
26. Sinnreich R, Kark JD, Friedlander Y, Sapoznikov D, Luria MH. Five minute recording of heart rate variability for population studies: repeatability and age – sex characteristics. *Heart*. 1998;80:156–62.
27. Smith SA, Ross G, Query RG, Fadel PJ, Weiss MW, Olivencia-Yurvati A, Xiangrong Shi, Raven PB. Comparison of aortic and carotid baroreflex stimulus – response characteristics in humans. *Auton neurosci: basic clinical*. 2001;88:74–85.
28. Stanisz A. Practical course in statistics with STATISTICA PL using examples from medicine. Cracow: StatSoft Polska Press; 2006, p. 259–88.
29. Stein PK, Bosner MS, Kleiger RE, Conger BM. Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J*. 1994;127:1376–81.
30. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):153–6.
31. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043–65.
32. Taylor JA, Carr DL, Myers CW, Eckberg DL. Mechanism underlying very-low-frequency RR- interval oscillations in humans. *Circulation*;1998;98:547–55.

Стаття надійшла до редколегії 18.04.2019

Прийнята до друку 13.06.2019

Підписана до друку 27.06.2019