

Dominik Graczyk, Zbigniew Jethon, Zdzisław Szwarz

Dominik Graczyk
HONZOPOL nurkowanie, rehabilitacja
01-656 Warszawa, Tylżycka 7 m 49
honzo@o2.pl

Zbigniew Jethon
Wyższa Szkoła Fizjoterapii
Wrocław, Kościuszki 4

Zdzisław Szwarz
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
Warszawa, Marymoncka 34

**W PŁY W NURKOWANIA NA STAN AUTONOMICZNEGO UKŁADU
NERWOWEGO OKREŚLANY ZA POMOCĄ ANALIZY CZASOWEJ
RYTMU ZATOKOWEGO SERCA.
RÓŻNICE POMIĘDZY NURKAMI POCZĄTKUJĄCYMI I DOŚWIAD-
CZONYMI. DONIESIENIE WSTĘPNE**

Podkreśla się występowanie różnic pomiędzy nurkami początkującymi i doświadczonymi. Za pomocą analizy zmienności rytmu zatokowego serca można określić jak nurkowanie wpływa na autonomiczny układ nerwowy. Przebadano 30 mężczyzn podczas nurkowania rekreacyjnego i z zadaniami, dzieląc ich na dwie grupy: początkujących i doświadczonych. Oba rodzaje nurkowania powodują wzrost aktywności części przywspółczulnej. Brak różnic pomiędzy badanymi grupami.

Słowa kluczowe: *nurkowanie, zmienność rytmu zatokowego, autonomiczny układ nerwowy*

**DIVING INFLUENCE ON AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM
MEASURED BY HEART RATE VARIABILITY TIME DOMAIN
ANALYSIS. DIFFERENCES BETWEEN NOVICE AND EXPERIENCED
DIVERS. PRELIMINARY RESULTS**

There are differences in reactions between novice and experienced divers in bibliography. Heart Rate Variability can define how diving flow on autonomic nervous system. 30 men in 2 groups: novice and experienced has been examined during 2 dives: recreational and task. Both kinds of dives induce parasympathetic nervous system hyperactivity. There are no differences between examined groups.

Keywords: *diving, Heart Rate Variability, autonomic nervous system*

WSTĘP

Nurkowanie staje się coraz popularniejszą formą aktywności rekreacyjnej. Przysparza wielu pozytywnych wrażeń i doświadczeń poprzez możliwość oglądania bogatej i kolorowej fauny i flory ciepłych mórz, obserwacji form życia nie istniejących na powierzchni, penetracji tajemniczych wraków czy też niezbadanych podwodnych jaskiń.

Przebywanie w środowisku wodnym, znacznie upośledzającym percepcję zmysłów wywołuje stres, który stawia organizm w stan pogotowia i mobilizuje do działania. Powoduje aktywację autonomicznego układu nerwowego (AUN) i pobudzenie różnych osi neurohormonalnych. Cały organizm postawiony zostaje w stan wysokiego psychofizjologicznego pobudzenia i gotowości do działania. Po nurkowaniu natomiast stwierdza się rozluźnienie, poprawę samopoczucia, wzrost emocji pozytywnych i zmniejszenie negatywnych oraz spadek pobudzenia [2,6,7]. Nie jest zgłębione zagadnienie czy równoległe do tych zmian poprawia się równowaga w układzie autonomicznym.

Jedną z metod, jakie można zastosować w analizie charakteru reakcji fizjologicznych u płetwonurków jest analiza zmienności rytmu zatokowego serca (*heart rate variability – HRV*). Jest to nieinwazyjna metoda oceny wpływu AUN na czynność serca. Jej parametry określają współdziałanie współczulnego (*sympathetic nervous system – SNS*) i przywspółczulnego (*parasympathetic nervous system – PNS*) układu nerwowego w zakresie regulacji częstości pobudzenia (czynności bodźcotwórczej) węzła zatokowego. Rytm serca w dużym stopniu zależy od równowagi między częścią przywspółczulną, która zwalnia, a częścią współczulną, intensyfikującą pracę serca. HRV jest to w rzeczywistości zmienność określonego w milisekundach czasu odstępu załamków RR w rytmie zatokowym [4,5,8,11]. Do analizy wykorzystuje się krótkie fragmenty zapisu EKG (minimum 5-minutowe) lub odcinki dłuższe, 24-godzinne [3,4]. Jedną z najczęściej stosowanych metod oceny HRV jest analiza czasowa, która obejmuje różne formy ilościowej oceny zmian RR [4,5,8,11].

Analiza HRV jest często stosowana w ocenie sprawności regulacji krążenia z AUN [3,5]. Tą metodę badawczą można zastosować również do oceny wpływu składowych układu autonomicznego na regulację pracy serca u osób nurkujących i za jej pomocą określić zmiany równowagi w układzie autonomicznym podczas nurkowania.

W piśmiennictwie bardzo często podkreśla się różnice występujące pomiędzy nurkami początkującymi i doświadczonymi [1,2,6,7]. Dotyczą one jednak głównie różnic psychologicznych, spowodowanych stresem i wyższym w związku z tym pobudzeniem u nurków początkujących. Rzadko pojawiają się doniesienia na temat różnic w zachowaniu AUN pomiędzy płetwonurkami początkującymi i doświadczonymi.

Celem pracy jest zbadanie jak w wyniku nurkowania zachowuje się układ autonomiczny u osób rozpoczynających swą przygodę z nurkowaniem i u nurków doświadczonych.

Nurkowanie nazywane w niniejszym opracowaniu turystycznym jest nurkowaniem w pełni rekreacyjnym, tzn. takim, gdzie nurek pływając jedynie podziwia podwodny świat. Nurkowanie zwane zadaniowym, to takie gdzie nurek wykonuje pod wodą zestaw ćwiczeń. Celem jest określenie czy występują różnice oraz porównanie badanych parametrów w obu rodzajach nurkowania.

1. MATERIAŁY I METODY

Badania były prowadzone w grupie płetwonurków wykonujących nurkowania turystyczne w bazie CTP Nautica, na wyspie Hvar (Chorwacja) w miesiącach czerwiec-wrzesień, w roku 2008. Ogółem przebadano 30 mężczyzn w wieku 19 – 48 lat. Wysokość ciała badanych wynosiła 166 – 195 cm, a masa ciała wahała się między 63 a 120 kg (tab.1). Zostali oni podzieleni pod kątem stażu nurkowego na 2 równe ilościowo

grupy, po 15 osób. Osoby doświadczone miały minimalnie 100 nurkowań, początkujące zaś około 10.

Badania prowadzono przy średniej temperaturze powietrza 23 °C, temperatura wody wynosiła 21 °C, jej przejrzystość zaś 12-15 metrów. Wszystkie badane osoby posiadały co najmniej podstawowe uprawnienia nurkowe i doświadczenie niezbędne w nurkowaniu rekreacyjnym. Wszyscy badani uzyskali kwalifikację medyczną do nurkowania w oparciu o orzeczenie lekarza nurkowego. Byli też zapoznani z metodyką i celem badań oraz wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo.

Osoby te dwukrotnie odbywały w godzinach popołudniowych nurkowanie wykorzystywane dla celów badawczych. Pierwsze nurkowanie miało charakter turystyczny i odbywało się w wodach otwartych na głębokości 6 m przez 20 minut. Nurkowanie drugie, nazywane zadaniowym, miało ten sam czas i głębokość, lecz nurek wykonywał pod wodą zestaw ćwiczeń – usuwanie zalania maski, płynięcie przez 30 sekund bez maski, oddychanie przez alternatywne źródło powietrza, balans na płetwach. Mieszaniną oddechową podczas wszystkich nurkowań było powietrze.

Analizy HRV dokonano w oparciu o uproszczony zapis elektrokardiograficzny pozyskany za pomocą rejestratora tętna sport-tester typu Polar Vantage (Finlandia). Po założeniu rejestratora badany przez 10 minut pozostawał w spoczynku, w pozycji siedzącej, w celu rejestracji wyjściowego poziomu częstości skurczów serca. Rejestrację prowadzono w sposób ciągły i obejmowała ona opisaną fazę wstępną (spoczynkową), fazę nurkowania oraz fazę końcową przez 10 minut po zakończeniu nurkowania. Zapis częstości skurczów serca był przekazywany do pamięci komputera i poddany analizie za pomocą programu HRV Analysis Software v.1.1, opracowanym przez Department of Applied Physics, Kuopio University, Finlandia. Z uzyskanego materiału wybrano po obróbce następujące parametry analizy czasowej:

- średni czas odstępów RR – RR (ms). Jego spadek świadczy o pobudzeniu SNS
- odchylenie standardowe czasu odstępów RR – SDNN (ms). Parametr opisuje całkowitą zmienność rytmu serca. Jego wzrost mówi o pobudzeniu PNS
- pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR – RMSSD (ms). Mówi o aktywności PNS
- HR śr (1/min) – średnia częstość skurczów serca

Wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej w oparciu o testy z programu Statistica v.7.0. Z uwagi na skośność rozkładów przed przystąpieniem do analizy zmienne zlogarytmowano. Obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe oraz normalność rozkładu i istotność różnic między poszczególnymi grupami wyników. Jako znaczący poziom istotności przyjęto wartość $p < 0,05$. Normalność rozkładu testowano za pomocą testu Shapiro-Wilka.

Tabela 1.

Dane ogólne badanych osób (średnie \pm SD)							
	Wiek	Wysokość ciała	Masa ciała	Temp. wody	Temp. powietrza	Przejrzystość	Liczba nurkowań
	[lata]	[cm]	[kg]	[°C]	[°C]	[m]	[szt.]
Doświadczeni	33 \pm 8,07	179 \pm 6,77	85 \pm 8,94	21 \pm 0,96	23 \pm 2,91	12 \pm 6,62	515 \pm 358,2
Początkujący	34 \pm 7,1	178 \pm 7,04	82 \pm 15,72	21 \pm 0,7	23 \pm 2,53	15 \pm 6,17	9 \pm 7,31

2. WYNIKI

Brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy nurkami początkującymi i doświadczonymi. U nurków doświadczonych obserwować można pobudzenie PNS na wyższym poziomie niż u nurków początkujących, jednak nieistotnie statystycznie. Dotyczy to wszystkich omawianych faz badania, tzn. przed nurkowaniem, podczas nurkowania i po nurkowaniu.

Nurkowanie turystyczne (tab. 2) powoduje u nurków początkujących nieistotne statystycznie przesunięcie badanych parametrów w kierunku zwiększenia aktywności PNS. U nurków doświadczonych natomiast znacznie wzrasta RR, co mówi o pobudzeniu PNS, ale nieistotnie obniża się wartość pozostałych parametrów, co należy interpretować jako jakościową zmianę napięcia PNS. Poszczególne parametry analizy czasowej HRV prawdopodobnie związane są z innymi składowymi tego napięcia. RR związane jest głównie z chronotropizmem, podobnie jak HR. SDNN, oprócz komponenty chronotropowej, związany jest z batmotropizmem, podczas gdy RMSSD dodatkowo z dromotropizmem.

Tabela 2.

Nurkowanie turystyczne (średnie \pm SD)

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu	Istotność statystyczna
Początkujący	HR \bar{x} (1/min)	93 \pm 11	92 \pm 13	
	RR (ms)	659 \pm 90	671 \pm 96	0,65
	SDNN (ms)	42 \pm 27	50 \pm 31	0,85
	RMSSD (ms)	13 \pm 8	13 \pm 8	0,89
Doświadczeni	HR \bar{x} (1/min)	86 \pm 16	79 \pm 14	
	RR (ms)	722 \pm 131	785 \pm 149	0,01
	SDNN (ms)	57 \pm 41	48 \pm 25	0,94
	RMSSD (ms)	16 \pm 11	11 \pm 3	0,65
Porównanie początkujących i doświadczonych, poziom istotności statystycznej	RR pocz/dośw	0,92	0,36	
	SDNN pocz/dośw	0,95	1	
	RMSSD pocz/dośw	0,81	1	

Gdzie:

RR(ms)-średni czas odstępów RR;

SDNN- odchylenie standardowe czasu odstępów RR;

RMSSD- pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR

Po nurkowaniu zadaniowym (tab. 3) wzrasta aktywność PNS zarówno u nurków początkujących jak i doświadczonych. Mówią o tym wszystkie badane parametry, RR wzrasta istotnie statystycznie w obu grupach.

W nurkowaniu zadaniowym (tab. 4) obserwować można większe pobudzenie PNS niż w nurkowaniu turystycznym. Zjawisko to występuje w obu omawianych grupach, przy czym u płetwonurków początkujących różnica ta jest wyraźniejsza, istotna

statystycznie. Niewielka różnica wartości badanych w obu nurkowaniach parametrów u płetwonurków doświadczonych świadczy o niewielkim wpływie wykonywania zadań na pobudzenie autonomiczne. U płetwonurków początkujących natomiast wyraźne różnice można interpretować jako wynikające z wpływu pomyślnego wykonania postawionych zadań na stan pobudzenia autonomicznego. Należy pamiętać, że wykonywanie zadań zajmowało tylko część czasu nurkowania zadaniowego. Pozostały czas mógł okazać się wystarczającym do ustąpienia większości ostrych zmian związanych ze stresem zadaniowym, gdyż nastąpiła psychiczna stymulacja restytucji po tymże stresie zadaniowym i poprawnym wykonaniu zadanych prób.

Tabela 3.

Nurkowanie zadaniowe (średnie ± SD)

		Przed nurkowa- niem	Po nurkowaniu	Istotność sta- tystyczna
Początkujący	HR śr (1/min)	92±11	87±13	
	RR (ms)	665±86	705±108	0,04
	SDNN (ms)	41±19	44±30	0,96
	RMSSD (ms)	12±4	12±8	0,99
Doświadczeni	HR śr (1/min)	86±10	80±15	
	RR (ms)	714±84	782±159	0,01
	SDNN (ms)	47±32	62±39	0,53
	RMSSD (ms)	12±6	14±10	0,93
Porównanie począt- kujących i doświad- czonych, poziom istotności statystycz- nej	RR pocz/dośw	0,89	0,49	
	SDNN pocz/dośw	0,77	0,81	
	RMSSD pocz/dośw	0,97	1	

Tabela 4.

Porównanie nurkowania turystycznego i zadaniowego (średnie ± SD)

		Nurkowanie tury- styczne	Nurkowanie zada- niowe	Istotność staty- styczna
Początkujący	HR śr (1/min)	109±12	102±11	
	RR (ms)	560±62	599±64	0,01
	SDNN (ms)	28±9	44±14	0,03
	RMSSD (ms)	7±2	8±3	0,41
Doświadczeni	HR śr (1/min)	90±14	88±12	
	RR (ms)	690±116	699±99	0,37
	SDNN (ms)	41±22	51±16	0,6
	RMSSD (ms)	9±4	11±4	0,54

		Nurkowanie turystyczne	Nurkowanie zadaniowe	Istotność statystyczna
Porównanie początkujących i doświadczonych, poziom istotności statystycznej	RR pocz/dośw	0,05	0,25	
	SDNN pocz/dośw	0,47	0,96	
	RMSSD pocz/dośw	0,46	0,54	

3. DYSKUSJA WYNIKÓW

Po nurkowaniu turystycznym u płetwonurków doświadczonych obserwuje się jednoczesny wzrost RR i spadek SDNN i RMSSD. Schipke i wsp. wskazuje, iż nurkowanie powoduje wzrost aktywności zarówno SNS jak i PNS [10]. Jednak nurkowanie zadaniowe u osób doświadczonych oraz oba nurkowania u początkujących wskazują jednoznacznie, iż po nurkowaniu wzrasta aktywność wyłącznie PNS. Przyjęta metoda oceny układu autonomicznego wydaje się być poprawna, gdyż wg Pelzera i wsp. analiza czasowa jest dobrym narzędziem w krótkotrwałych pomiarach HRV w nurkowaniu [9].

Występują różnice wartości pomiędzy nurkowaniem turystycznym i zadaniowym, u płetwonurków doświadczonych nieistotne statystycznie. Przed nurkowaniem zadaniowym u osób doświadczonych obserwować można większe pobudzenie części współczulnej, niż u początkujących. Jest to zapewne związane z większą świadomością przed wykonywaniem zadań, u płetwonurków doświadczonych następuje większa mobilizacja emocjonalna, a stres psychologiczny powoduje zwiększenie aktywności układu sympatycznego [1,6].

Liczne badania psychologiczne prowadzone na płetwonurkach mówią o wyraźnych różnicach poziomu lęku pomiędzy osobami początkującymi i doświadczonymi [1,2,6,7]. Doświadczeni płetwonurkowie charakteryzują się, według tych badań, lękiem sytuacyjnym, mierzonym tuż przed i tuż po nurkowaniu, na znacznie niższym poziomie niż początkujący. Okazuje się, że brak istotnych statystycznie różnic w poziomie napięcia składowych układu autonomicznego pomiędzy płetwonurkami początkującymi i doświadczonymi. Płetwonurkowie doświadczeni charakteryzują się oczywiście nieco wyższym poziomem napięcia przywspółczulnego tak przed, w trakcie jak i po nurkowaniu. Patrząc przez pryzmat autonomicznej regulacji układu krążenia nurkowie początkujący nie różnią się jednak znacząco od nurków doświadczonych.

WNIOSKI

1. Pod wpływem nurkowania wzrasta aktywność części przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego w obu badanych grupach.
2. Zarówno nurkowanie turystyczne jak i zadaniowe powodują pobudzenie PNS.
3. Brak istotnych statystycznie różnic w regulacji krążenia z układu autonomicznego pomiędzy płetwonurkami początkującymi i doświadczonymi.

LITERATURA

1. Bachrach A.J.; Egstrom G.H.; "Stress and performance in diving" Best Publishing Company, ISBN 0-941332-06-3, San Pedro, 1987
2. Graczyk D.; Magiera A.; „Stres a częstość skurczów serca w nurkowaniu”; Medycyna Sportowa, nr 5 (21), 2005 rok, ISSN 1232-406 X, str. 349-357

3. Gwizdała A.; Guzik P.; „Zmienność rytmu serca – podłoże fizjologiczne i zastosowanie kliniczne”; *Nowiny Lekarskie*, Nr 6 (70) 2001 rok, ISSN 0860-7397, str. 601-614
4. Krauze T.; Guzik P.; Wysocki H.; „Zmienność rytmu serca: aspekty techniczne”; *Nowiny Lekarskie*, Nr 9 (70) 2001 rok, ISSN 0860-7397, str. 973 – 984
5. Malik M.; “Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use”; *Circulation*, Nr 93 1996 rok, ISSN 0009-7322, str. 1043-1065
6. Nevo B.; Breitstein S.; “Psychological and behavioral aspects of diving” Best Publishing Company, ISBN 0-941332-73-X, Flagstaff, 1999
7. Ombach K.: Fenomen nurkowania. Osobowościowe korelaty nurkowania swobodnego. Praca magisterska. Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2002
8. Pawlak-Buś K.; Kołodziejczyk - Feliksik M.; Kramer L.; i inni; “Wskaźnik Allana – nowy model matematycznej interpretacji zmienności rytmu zatokowego w stabilnej chorobie wieńcowej. Wyniki wstępne”; *Kardiologia Polska*, Nr 63 2005 rok, ISSN 0022-9032, str. 125-132
9. Pezler M.; Hafner D.; Arnold G.; i inni; „Minimal interval length for safe determination of brief heart rate variability”; *Zeitschrift fur Kardiologie*, Nr 84 (12) 1995 rok, ISSN 0300-5860, str. 986-994
10. Schipke J.D.; Pelzer M.; “Effect of immersion, submersion and scuba diving on heart rate variability”; *British Journal of Sports Medicine*, Nr 35 2001 rok, ISSN 0306-3674, str.174-180
11. Straburzyńska-Migaj E.; Ochotny R.; Wachowiak-Baszyńska H.; i inni; “Cytokiny a wskaźniki zmienności rytmu serca w przewlekłej niewydolności serca”; *Kardiologia Polska*, Nr 63 2005 rok, ISSN 0022-9032, str. 478-485

Autorzy:

mgr Dominik Graczyk – jest doktorantem warszawskiej AWF, fizjoterapeutą i instruktorem nurkowania. Zajmuje się nurkowaniem jaskiniowym i eksploracją nowych ciągów zalanych jaskiń. W obszarze jego zainteresowań naukowych znajduje się fizjologia i psychofizjologia nurkowania.

prof. dr hab. med. Zbigniew Jethon – jest kierownikiem Katedry Nauk Medycznych w Wyższej Szkole Fizjoterapii we Wrocławiu. Wieloletni pracownik i Komendant Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej. Specjalista fizjologii pracy w warunkach ekstremalnych, m.in. w wojsku, lotnictwie, łodziach podwodnych. Autor pierwszego polskiego ubioru wysokościowego pilotów. Autor wielu prac z zakresu fizjologii.

dr Zdzisław Szwarz – jest kierownikiem Zakładu Pływania i Ratownictwa Wodnego w warszawskiej AWF Józefa Piłsudskiego. Jego zainteresowania naukowe skupiają się wokół zagadnień związanych z efektami psychofizycznymi różnych form pływania rekreacyjnego oraz ratownictwem wodnym i sportem pływackim.

WARUNKI PRENUMERATY

POLISH HYPERBARIC RESEARCH
Kwartalnik wydawany od 2004 roku

Cena rocznej prenumeraty w roku 2008 wynosi dla:

- Instytucji – 120 PLN (za 4 numery) lub 160 PLN (4 numery + suplementy)
- Odbiorców indywidualnych - 80 PLN (za 4 numery) lub 120 PLN (4 numery + suplementy)

WZÓR ZAMÓWIENIA

Rok:

Suplementy: TAK NIE

Ilość egzemplarzy:

Instytucja zamawiająca:

- nazwa
- adres
- NIP
- Telefon kontaktowy:
- e-mail:

Zamówienie należy przesłać na adres Redakcji.

SUBSCRIPTION INFORMATION

POLISH HYPERBARIC RESEARCH
Is published since 2004

Subscription rates in 2008 are:

- Institutions – 120 PLN (for 4 issues) or 160 PLN (4 issues + supplements)
- Individuals - 80 PLN (for 4 issues) or 120 PLN (4 issues + supplements)

ORDER FORM

Year:

Supplements: YES NO

Number of issues:

Institution:

- name
- address
- VAT number
- Phone:
- e-mail:

Please send the order to Editorial Board

**Redakcja Czasopisma
Polish Hyperbaric Research
81 – 103 Gdynia
ul. Grudzińskiego 4 skr. pocz. 18**

Wzór zamówienia do pobrania na stronie

http://www.phr.net.pl/kontakt_z_redakcja/prenumerata