

Dominik Graczyk, Zbigniew Jethon, Andrzej Magiera

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

Zbigniew Jethon
Wyższa Szkoła Fizjoterapii
Wrocław, Kościuszki 4

Andrzej Magiera
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
Warszawa, Marymoncka 34

**WYKORZYSTANIE ANALIZY SPEKTRALNEJ ZMIENNOŚCI
RYTMU ZATOKOWEGO SERCA (HRV) W BADANIACH WPŁYWU
NURKOWANIA NA RÓWNOWAGĘ AUTONOMICZNĄ
PARAPLEGIKÓW**

Nurkowanie jest coraz powszechniej dostępne dla niepełnosprawnych. Za pomocą analizy zmienności rytmu zatokowego serca można określić jak nurkowanie wpływa na autonomiczny układ nerwowy. Zbadano 19 mężczyzn z paraplegią podczas nurkowania rekreacyjnego i z zadaniami. Oba rodzaje nurkowania powodują nieznaczny wzrost aktywności części współczulnej, inaczej niż u pełnosprawnych.

słowa kluczowe: nurkowanie, zmienność rytmu zatokowego, paraplegia, nurkowanie osób niepełnosprawnych

**SPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY USED TO
MEASURE INFLUENCE OF DIVING ON AUTONOMIC NERVOUS
SYSTEM OF THE PARAPLEGICS**

The diving is becoming more accessible for disabled persons. Heart Rate Variability can define how diving flow on autonomic nervous system. 19 men with paraplegia has been examined during 2 dives: recreational and task. Both kinds of dives induce insignificant hiperactivity of sympathetic nervous system, otherwise than among healthy divers.

Key words: diving, Heart Rate Variability, paraplegia, disabled divers.

WSTĘP

Nurkowanie cieszy się coraz większym zainteresowaniem ze strony osób niepełnosprawnych. Dzieje się tak, ponieważ podwodne środowisko „zerowej grawitacji”

pozwala osobom z różnymi rodzajami niepełnosprawności na swobodne poruszanie się, przez co uzyskują oni poczucie niezależności od wózka, kul czy też protez. W ten sposób nurkowanie poprzez ruch oddziałuje rehabilitacyjnie i podnosi jakość życia osób niepełnosprawnych [4,24,25].

Środowisko wodne utrudnia odbiór bodźców czuciowych, co powoduje aktywację autonomicznego układu nerwowego (AUN) i pobudzenie różnych osi neurohormonalnych. Dodatkowo środowisko to modyfikuje możliwość wykonania pracy fizycznej związanej z nurkowaniem. U osób niepełnosprawnych tolerancja wysiłkowa jest zmieniona dodatkowo typem uszkodzenia. Po nurkowaniu następuje rozluźnienie i spadek pobudzenia [9,17,19]. Nie jest pewne czy równoległe z tymi procesami zmienia się równowaga w układzie autonomicznym.

Badania płetwonurków niepełnosprawnych wykonywane są sporadycznie, a wiele poglądów na temat przydatności nurkowania dla osób niepełnosprawnych nie jest popartych wystarczającymi wynikami dowodowymi. Dotyczy to również zagadnień związanych ze sprawnością układu krążenia i regulacją funkcji serca ze strony AUN. Zazwyczaj badania prowadzone są wśród grup osób prowadzących ukierunkowany trening sportowy w ramach sportu paraolimpijskiego. Efekty treningu rekreacyjnego są u osób niepełnosprawnych o przeciętnej zdolności wysiłkowej badane sporadycznie, a dotychczasowe wyniki nie pozwalają ich w pełni ocenić.

Własne wyniki badań wpływu nurkowania na równowagę układu autonomicznego wykazały w analizie czasowej zmienności rytmu zatokowego (*heart rate variability* – HRV) pewne odchylenia, które można interpretować jako niekorzystne [10]. Chcąc pogłębić dane na ten temat przeprowadziliśmy badania regulacji funkcji serca z AUN za pomocą analizy spektralnej HRV. Jest to metoda oceny porządkująca cykliczność niemiarkowości rytmu zatokowego. Ujawnia ona cykliczną zmienność regulacji częstości skurczów serca ze strony różnych złożonych mechanizmów kontrolnych [13,20,22]. Metoda ta jest szeroko wykorzystywana w badaniach klinicznych [11], a jej parametry określają antagonistyczne współdziałanie układu współczulnego (SNS) i przywspółczulnego (PNS) w zakresie regulacji częstości pobudzenia węzła zatokowego, a zwłaszcza cykliczną zmianę równowagi między tymi częściami AUN. Równowaga ta ulega u osób z uszkodzonym rdzeniem kręgowym (paraplegików, paraparetyków) zmianom i w skrajnych przypadkach przyjmuje kliniczną postać dysrefleksji autonomicznej [7].

Celem pracy jest zbadanie jaki wpływ na układ autonomiczny osób po uszkodzeniu rdzenia kręgowego (URK) wywiera nurkowanie turystyczne (w pełni rekreacyjne) i zadaniowe (podczas którego wykonuje się ćwiczenia pod wodą) oraz określenie różnic pomiędzy płetwonurkami pełnosprawnymi i płetwonurkami po URK.

Ponieważ nurkowanie staje się coraz popularniejszym zajęciem wśród osób niepełnosprawnych należy zbadać czy wpływa ono korzystnie na organizm osób niepełnosprawnych i czy ten rodzaj aktywności można polecać tej grupie nurkujących.

1. MATERIAŁ I METODY

Badania były prowadzone w grupie płetwonurków z niepełnym uszkodzeniem rdzenia kręgowego typu paraplegia, występującym na wysokości Th-6 – L-1. Zbadano 19 mężczyzn w wieku 24 – 47 lat, o wysokości ciała 170 – 190 cm i masie 60 – 95 kg (tab.1). Nie dokonano podziału badanych pod względem wysokości uszkodzenia, ponieważ neurony w rogach bocznych rdzenia kręgowego przyspieszające pracę serca znajdują się na wysokości Th-1 – Th-5. Grupa kontrolna składała się z takiej samej ilości nurkujących rekreacyjnie mężczyzn pełnosprawnych, tzn. zdrowych klinicznie o niewielkim stażu nurkowym, w wieku 19-48 lat, wysokości ciała 166-195 cm i masie 63-120 kg (tab.1).

Tabela 1.

Dane ogólne badanych osób i warunków nurkowania (średnie \pm SD)

	Wiek [lata]	Wzrost [cm]	Masa ciała [kg]	Temp. wody [°C]	Temp. powietrza [°C]	Przejrzystość [m]	Ilość nurkowań
Osoby z URK	32 \pm 5,95	178 \pm 5,56	78 \pm 10,77	22 \pm 1,34	25 \pm 1,92	7 \pm 2,89	1 \pm 0,5
Pełnosprawni	33 \pm 7,14	178 \pm 7,08	82 \pm 14,03	21 \pm 0,78	23 \pm 2,55	15 \pm 6,65	13 \pm 10,35

Badania prowadzono w miesiącach letnich w latach 2006-2008 na chorwackiej wyspie Hvar, w bazie CTP Nautica, podczas obozów szkoleniowych Stowarzyszenia Nurków Niepełnosprawnych HSA-Polska. Średnia temperatura powietrza wynosiła 25 °C, temperatura wody 22 °C, a jej przejrzystość około 7 metrów (tab.1). Wszyscy badani byli po szkoleniu basenowym, zapoznani z technikami nurkowania rekreacyjnego oraz uzyskali kwalifikację medyczną do nurkowania w oparciu o orzeczenie lekarza nurkowego. Zostali też zapoznani z metodyką i celem badań oraz wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo. Badania uzyskały zgodę Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych AWF w Warszawie nr SKE 001/09-1/2006.

Opisane powyżej osoby odbywały w pierwszych dniach trwania obozu, w godzinach popołudniowych, dwukrotnie nurkowanie wykorzystywane dla celów badawczych. Pierwsze nurkowanie miało charakter turystyczny, w pełni rekreacyjny 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 EKG uzyskany za pomocą rejestratora sport-tester typu Polar Vantage. Rejestrację prowadzono w sposób ciągły. Obejmowała ona fazę wstępną, gdzie badany przez 10 minut pozostawał w spoczynku w pozycji siedzącej, fazę nurkowania oraz fazę końcową, gdzie badany ponownie przez 10 minut po zakończeniu nurkowania pozostawał w pozycji siedzącej. 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 częstotliwościowej:

- %VLF – udział odsetkowy pasma bardzo niskich częstotliwości (Very Low Frequency, poniżej 0,04 Hz) w całym widmie. Przyjmuje się, że jest ono związane m.in. z pobudzeniem emocjonalnym, aktywnością chemo- i baroreceptorów oraz procesami termoregulacyjnymi.
- %LF – udział odsetkowy pasma niskich częstotliwości (Low Frequency; 0,04-0,15 Hz) w całym widmie. Parametr opisuje napięcie SNS.
- %HF – udział odsetkowy pasma wysokich częstotliwości (High Frequency, powyżej 0,15 Hz) w całym widmie. Mówi o aktywności PNS.
- LF n.u. - udział mocy LF w jednostkach znormalizowanych (n.u.). Składowa mocy widma niskich częstotliwości.
- HF n.u. - udział mocy HF w jednostkach znormalizowanych (n.u.). Składowa mocy widma wysokich częstotliwości.
- LF/HF – parametr opisujący równowagę współczulno-przywspółczulną. Jego wzrost interpretuje się jako zwiększenie napięcia SNS.

Parametry LF i HF przedstawiono w wartościach procentowych i niemianowanych. Przedstawienie ich w jednostkach znormalizowanych uwydatnia kontrolę i równowagę w zachowaniu obu składowych AUN – tak SNS jak i PNS. Obliczenia w analizie częstotliwościowej zostały wykonane za pomocą szybkiej transformacji Fouriera (Fast Fourier Transform – FFT).

Wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej w oparciu o testy z programu Statgraphics Plus WIN 1.4. Obliczono średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe oraz normalność rozkładu i istotność różnic między poszczególnymi grupami wyników. Jako znaczący poziom istotności przyjęto wartość $p < 0,05$.

2. WYNIKI

Porównanie wyników uzyskanych przed i po nurkowaniu turystycznym (tab. 2) pozwala stwierdzić u płetwonurków z URK wzrost wartości parametrów VLF, LF i LF/HF, związanych z pobudzeniem emocjonalnym i aktywnością SNS oraz obniżenie HF, interpretowane jako spadek napięcia parasympatycznego. Istotnie statystycznie wzrasta VLF, pozostałe zmiany są nieznaczne, statystycznie nieistotne.

U osób pełnosprawnych w wyniku nurkowania turystycznego (tab. 2) obserwuje się podobny obraz nieistotnych statystycznie zmian, jedyna różnica to nieznaczne obniżenie wartości parametru LF/HF.

Osoby z URK przed nurkowaniem turystycznym charakteryzują się niższą wartością parametrów analizy częstotliwościowej związanych z pobudzeniem emocjonalnym i sympatycznym (VLF, LF i LF/HF) oraz wyższym poziomem HF, związanym z napięciem parasympatycznym niż osoby pełnosprawne. Po nurkowaniu natomiast proporcje te odwracają się, niepełnosprawni mają wyższe pobudzenie emocjonalne i autonomiczne (sympatyczne i parasympatyczne), ale różnice te są niewielkiego stopnia, nieistotne statystycznie. U płetwonurków niepełnosprawnych obserwuje się większy przyrost pobudzenia emocjonalnego i napięcia współczulnego niż u płetwonurków pełnosprawnych.

Tabela 2.

Wartości parametrów analizy częstotliwościowej u badanych płetwonurków przed i po nurkowaniu turystycznym (średnie \pm SD)

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu
Osoby z URK	%VLF	1,43 \pm 2	3,07 \pm 4 *
	%LF	26,04 \pm 17	29,68 \pm 19
	%HF	72,54 \pm 18	67,24 \pm 22
	LF (n.u.)	26,63 \pm 18	31,37 \pm 21
	HF (n.u.)	73,37 \pm 18	68,63 \pm 21
	Stosunek LF/HF	0,34 \pm 0,6	0,57 \pm 0,89
Pełnosprawni	%VLF	1,59 \pm 2	2,59 \pm 3
	%LF	28,28 \pm 15	35,05 \pm 22

Tab. 2 cd.

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu
Pełnosprawni cd.	%HF	70,13±16	62,37±24
	LF (n.u.)	28,87±16	36,45±23
	HF (n.u.)	71,13±16	63,55±23
	Stosunek LF/HF	0,51±0,56	0,49±1,14

* - $p < 0,05$; objaśnienia w tekście

Po nurkowaniu zadaniowym (tab. 3) u osób z URK obserwować można podobne zachowanie się wartości parametrów analizy częstotliwościowej jak po nurkowaniu turystycznym, w porównaniu do stanu przed nurkowaniem. U osób pełnosprawnych po nurkowaniu zadaniowym obserwuje się nieistotny statystycznie wzrost pobudzenia emocjonalnego i napięcia przywspółczulnego (VLF, HF), spada natomiast napięcie współczulne (LF i LF/HF).

U płetwonurków niepełnosprawnych ponadto obserwuje się większy przyrost LF i LF/HF (napięcia współczulnego) niż u nurków pełnosprawnych, przyrosty VLF i HF (pobudzenia emocjonalnego i napięcia przywspółczulnego) są niższe. Zmiany te nie są jednak istotne statystycznie.

Tabela 3.

Wartości parametrów analizy częstotliwościowej u badanych płetwonurków przed i po nurkowaniu zadaniowym (średnie ± SD)

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu
Osoby z URK	%VLF	2,36±2	2,75±3
	%LF	29,69±16	31,42±18
	%HF	67,95±18	65,84±21
	LF (n.u.)	30,71±17	32,84±20
	HF (n.u.)	69,29±17	67,16±20
	Stosunek LF/HF	0,41±0,43	0,55±0,73
Pełnosprawni	%VLF	2,34±3	2,98±5
	%LF	34,18±21	25,22±17
	%HF	63,48±23	71,79±20
	LF (n.u.)	35,33±23	26,64±19
	HF (n.u.)	64,67±23	73,36±19
	Stosunek LF/HF	0,74±0,92	0,24±0,53

objaśnienia w tekście

Dokonano również pomiarów HRV podczas obu rodzajów nurkowania. Nurkowanie turystyczne, pozbawione jakichkolwiek ćwiczeń pod wodą i związanego z tym obciążenia stresowego, charakteryzuje nieco większe napięcie części przywspół-

czulnej AUN (parametr HF) i niższe pobudzenie emocjonalne oraz napięcie współczulne (VLF, LF, LF/HF), aniżeli nurkowanie zadaniowe (tab. 4). Dzieje się tak zarówno w grupie osób z URK jak i pełnosprawnych. Niepełnosprawni podczas obu rodzajów nurkowania wykazują niższe pobudzenie emocjonalne i napięcie przywspółczulne oraz wyższe współczulne niż pełnosprawni.

Tabela 4.

Wartości parametrów analizy częstotliwościowej u badanych pletwonurków podczas nurkowania turystycznego i zadaniowego (średnie \pm SD)

		Nurkowanie turystyczne	Nurkowanie zadaniowe
Osoby z URK	%VLF	10,35 \pm 8	11,3 \pm 11
	%LF	41,16 \pm 20	44,26 \pm 19
	%HF	48,49 \pm 23	44,46 \pm 22
	LF (n.u.)	46,81 \pm 23	50,73 \pm 21
	HF (n.u.)	53,19 \pm 23	49,28 \pm 21
	Stosunek LF/HF	0,83 \pm 1,69	1,01 \pm 1,2
Pełnosprawni	%VLF	11,54 \pm 8	19,93 \pm 20 *
	%LF	34,26 \pm 15	34,45 \pm 15
	%HF	54,18 \pm 20	45,62 \pm 23
	LF (n.u.)	39,92 \pm 18	46 \pm 20
	HF (n.u.)	60,08 \pm 18	54 \pm 20
	Stosunek LF/HF	0,76 \pm 0,49	0,79 \pm 0,85

* - $p < 0,05$; objaśnienia w tekście

3. Dyskusja wyników

Zarówno nurkowanie turystyczne jak i zadaniowe u osób z URK podnoszą wartość takich parametrów analizy częstotliwościowej jak LF i LF/HF, a obniżają wartość parametru HF. Należy to interpretować jednoznacznie jako przesunięcie aktywności AUN w stronę części współczulnej. Z uwagi na występujące u osób z URK zjawisko dysrefleksji autonomicznej, wzrost aktywności SNS nie jest zmianą korzystną. W grupie osób zdrowych sytuacja nie jest jednoznaczna: nurkowanie turystyczne powoduje większą aktywność obydwu składowych AUN, a nurkowanie zadaniowe wzrost aktywności PNS. Badania Schipke i wsp. [21] wykazują, że nurkowanie powoduje wzrost wartości parametrów LF i HF, czyli aktywności zarówno SNS jak i PNS. W badaniach Lunda i wsp. [14,15] nurkowanie powoduje wzrost HF oraz spadek LF/HF, tj. zwiększenie aktywności PNS. Natomiast badania Chouchou i wsp. [5] mówią o wzroście LF/HF, tzn. aktywności SNS po nurkowaniu rekreacyjnym. Przytoczone badania były prowadzone na pletwonurkach pełnosprawnych. Są to dość rozbieżne wyniki, wpisuje się w nie zachowanie obu grup, w obu sytuacjach nurkowych. Gdy

dodać do tego fakt, iż zmiany są niewielkie, nieistotne statystycznie, nie wydaje się być zasadnym stwierdzenie, iż nurkowanie wpływa niekorzystnie na płetwonurków z URK. Ponadto obserwacje własne wskazują na fakt pozytywnego oddziaływania nurkowania na osoby niepełnosprawne uczestniczące w zajęciach i wyprawach nurkowych. Niejednokrotnie jest to jedyny rodzaj aktywności zmuszający je do podjęcia działania poza domem, do włączenia się do działań w grupie. A zatem należy je polecać tej grupie nurkujących, jako znaczący element rehabilitacji społecznej.

Występujące u osób z URK pobudzenie części sympatycznej po nurkowaniu (wzrost LF i LF/HF) jest podobne do zmian zachodzących po wysiłku fizycznym: wzrasta LF i LF/HF, obniża się HF [3,12]. Podobnie jak w naszym badaniu zmiany te nie są istotne statystycznie. Po wysiłku, w okresie restytucji, równowaga napięć w układzie autonomicznym zmienia się, przesuwając w stronę SNS [8], a więc występuje taka sama sytuacja jak po nurkowaniu u osób z URK. W nurkowaniach podczas których prowadzone były nasze badania nie występowały sytuacje gdzie zachodziłaby konieczność wykonywania intensywnej pracy. Należy jednak pamiętać, iż płetwonurkowie z URK – z uwagi na brak aktywności kończyn dolnych – muszą wkładać znacznie więcej wysiłku w utrzymanie stabilnej pozycji pod wodą poprzez wykonywanie znacznej ilości ruchów całego ciała.

Po obu rodzajach nurkowania zauważalny jest również wzrost wartości parametru %VLF, co interpretowane jest jako zwiększenie pobudzenia emocjonalnego. Sytuacja ta występuje w obydwu badanych grupach. Czynniki kształtujące VLF obejmują m.in. procesy termoregulacji, układ renina-angiotensyna-aldosteron oraz równowagę napięć pomiędzy składowymi AUN. Należy podkreślić, że nie ma dotąd wystarczająco dokładnego obrazu czynników, które związane są z frakcjami bardzo niskiej częstotliwości HRV, co znacznie utrudnia interpretację wyników [23]. Zwrócić należy uwagę na fakt zależności HRV, a zwłaszcza frakcji VLF od pobudzenia stresowego [2,9]. Występowanie emocjonalnego pobudzenia stresowego podczas nurkowania było wielokrotnie stwierdzane. Powstanie stresowej fazy „alarmowej” wiąże się ze wzrostem frakcji VLF, chociaż nie wszyscy autorzy potwierdzają tę zależność [6,16]. W materiale uzyskanym przez nas objętość frakcji VLF jest podczas nurkowania wyraźnie zwiększona, co może łączyć się z pobudzeniem emocjonalnym badanych płetwonurków. Podwyższona wartość VLF po nurkowaniu może być spowodowana faktem, iż badanie było wykonywane bezpośrednio po nurkowaniu (do 5 minut) i utrzymuje się pobudzenie emocjonalne z okresu nurkowania, a badanie odzwierciedla początkową fazę restytucji.

Nurkowanie jest dla osób niepełnosprawnych specyficzną formą aktywności. Choć podejmowana jest coraz częściej, ciągle jednak można spotkać niewielu niepełnosprawnych z uprawnieniami nurkowymi. Stąd wynika niewielka liczebność grupy badawczej. Analiza piśmiennictwa dotyczącego nurkowania osób niepełnosprawnych wskazuje, iż ta grupa badawcza nie osiąga dużej liczby w żadnych z publikowanych badań, prowadzonych w różnych częściach świata. Z reguły jest to co najwyżej kilkunastu płetwonurków niepełnosprawnych, z różnymi rodzajami niepełnosprawności [18,24,25].

WNIOSKI

1. Pod wpływem nurkowania u osób z URK nieznacznie wzrasta aktywność części współczulnej AUN, wzrasta również pobudzenie emocjonalne.
2. U osób z URK obydwa rodzaje nurkowania powodują większe pobudzenie SNS niż u osób pełnosprawnych.
3. Nieistotność statystyczna zmian wywołanych nurkowaniem nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, że nurkowanie wpływa niekorzystnie na AUN osób z URK.

4. Stwierdzone u osób z URK pobudzenie SNS wywołane nurkowaniem może być sygnałem o grożącym niebezpieczeństwie dysrefleksji autonomicznej.
5. Przedstawione wyniki dotyczą jednorazowego efektu nurkowania. Dalsze badania powinny koncentrować się na wyjaśnieniu kierunku zmian pod wpływem treningu.

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. Boutcher S.H., Nugent F.W., McLaren P.F. i inni; "Heart period variability of trained and untrained men at rest and during mental challenge"; Psychophysiology, nr 1 (35), 1998 rok, ISSN 0048-5772, str. 16-22,
3. Carter J.B.; Banister E.W.; Blaber A.P.; "Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate"; Sports Medicine, Nr 1 (33), 2003 rok, ISSN 0112-1642, str. 33-46,
4. Cheng J.; Diamond M.; "SCUBA diving for individuals with disabilities"; American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Nr 5 (84), 2005 rok, ISSN 0894-9115, str. 369-375,
5. Chouchou F., Pichot V., Garet M. i inni; „Dominance in cardiac parasympathetic activity during real recreational SCUBA diving”; European Journal of Applied Physiology, nr 3 (106), 2009 rok, ISSN 1439-6319, str. 345-352,
6. Dishman R.K., Nakamura Y., Garcia M.E. i inni; "Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women"; International Journal of Psychophysiology, nr 2 (37), 2000 rok, ISSN 0167-8760, str. 121-133,
7. Dolinak D., Balraj E.; "Autonomic dysreflexia and sudden death in people with traumatic spinal cord injury"; The American Journal Of Forensic Medicine And Pathology, nr 2 (28), 2007 rok, ISSN 0195-7910, str. 95-98,
8. Fortuna M.R.; "Zmienność rytmu zatokowego serca w zależności od obciążenia i intensywności wykonywanej pracy". Praca doktorska, AWF Wrocław 2001,
9. Graczyk D.; Magiera A.; „Stres a częstość skurczów serca w nurkowaniu”; Medycyna Sportowa, nr 5 (21), 2005 rok, ISSN 1232-406X, str. 349-357,
10. Graczyk D., Jethon Z., Magiera A.; „Wpływ nurkowania na stan autonomicznego układu nerwowego paraplegików określony za pomocą analizy czasowej rytmu zatokowego serca. Doniesienie wstępne”; Polish Hyperbaric Research, Nr 3 (24), 2008 rok, ISSN 1734-7009, str. 35-43,
11. 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,
12. Jones G.E.; Cotterrell D.; McDowall I.; "Effect of leg massage on heart rate variability (HRV) following a bout of submaximal aerobic exercise"; Acta Physiologica, Supplement nr 658 (191) 2007 rok, ISSN 1748-1708,
13. Krauze T.; Guzik P.; Wysocki H.; „Zmienność rytmu serca: aspekty techniczne”; Nowiny Lekarskie, Nr 9 (70), 2001 rok, ISSN 0860-7397, str. 973 – 984,
14. Lund V., Kentala E., Scheinin H. i inni; „Hyperbaric oxygen increases parasympathetic activity in professional divers”; Acta Physiologica Scandinavica, nr 1 (170), 2000 rok, ISSN 0001-6772, str. 39-44,
15. Lund V., Laine J., Laitio T., i inni; „Instantaneous beat-to-beat variability reflects vagal tone during hyperbaric hyperoxia”; Undersea & Hyperbaric Medicine, nr 1 (30), 2003 rok, ISSN 1066-2936, str. 29-36,

16. Migliaro E.R., Contreras P., Bech S. i inni; "Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability"; *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, nr **4** (34), 2001 rok, ISSN 0100-879X, str. 493-500,
17. Nevo B.; Breitstein S.; "Psychological and behavioral aspects of diving"; Best Publishing Company, ISBN 0-941332-73-X, Flagstaff, 1999,
18. Novak H.F.; Ladurner G.; „SCUBA diving as a rehabilitation approach in paraplegia”; *Die Rehabilitation*, Nr **3** (38) 1999 rok, ISSN 0034-3536, str. 181-184,
19. Ombach K.; „Fenomen nurkowania. Osobowościowe korelaty nurkowania swobodnego”; Praca magisterska; Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2002,
20. 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,
21. 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,
22. 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,
23. Taylor J.A., Carr D.L., Myers C.W. i inni; "Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans"; *Circulation*, nr **6** (98) ,1998 rok, ISSN 0009-7322, str. 547-555,
24. Williamson J.A.; McDonald F.W.; Galligan E.A.; i inni; "Selection and training of disabled persons for scuba-diving. Medical and psychological aspects"; *Medical Journal of Australia*, Nr **7** (141) 1984 rok, ISSN 0025-729X, str. 414-418,
25. Yarwasky L.; Furst D.M.; „Motivation to participate of divers with and without disabilities”; *Perceptual and Motor Skills*, Nr **82** (3 Pt 2), 1996 rok, ISSN 0031-5125, str.1096-1098.

Autorzy:

mgr Dominik Graczyk

Jest doktorantem warszawskiej AWF, fizjoterapeutą i instruktorem nurkowania. Zajmuje się szkoleniem nurkowym osób niepełnosprawnych w Stowarzyszeniu Centrum Turystyki Podwodnej "Nautica". 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 Andrzej Magiera

Jest pracownikiem Katedry Fizjologii warszawskiej AWF Józefa Piłsudskiego. Jego zainteresowania naukowe skupiają się wokół uwarunkowań fizjologicznych aktywności fizycznej osób niepełnosprawnych. Członek Polskiego Towarzystwa Rehabilitacji.

