

Dominik Graczyk, Zbigniew Jethon, Zdzisław Szwarz, Jan Gajewski

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

Zbigniew Jethon
Wyższa Szkoła Fizjoterapii
Wrocław, Kościuszki 4

Zdzisław Szwarz
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
Warszawa, Marymoncka 34

Jan Gajewski
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
Warszawa, Marymoncka 34

**SPEKTRALNA CHARAKTERYSTYKA ZMIENNOŚCI RYTMU ZATOKOWEGO
SERCA (HRV) PODCZAS NURKOWANIA POCZĄTKUJĄCYCH I DOŚWIADCZO-
NYCH PŁETWONURKÓW**

Analiza zmienności rytmu zatokowego serca pozwala określić jak nurkowanie wpływa na autonomiczny układ nerwowy. Zbadano 30 mężczyzn podczas nurkowania rekreacyjnego i z zadaniami, dzieląc ich na dwie grupy: początkujących i doświadczonych. Zmiany wartości parametrów są niewielkie i nie różnicują płetwonurków w zależności od doświadczenia. VLF można wykorzystać jako wskaźnik poziomu wyszkolenia lub odporności na stresowe oddziaływanie nurkowania.

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

**SPECTRAL CHARACTERISTICS OF HEART RATE VARIABILITY: NO-
VICE AND EXPERIENCED DIVERS.**

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. There is only small changes of HRV parameters value: no differences between examined groups. VLF parameter can be used as indicator of diving experience level or diving stress resistance.

Key words: diving, Heart Rate Variability, autonomic nervous system

WSTĘP

Analiza wyników badań dotyczących nurkowania wskazuje na wyraźne różnice w reakcjach fizjologicznych i behawioralnych pomiędzy płetwonurkami początkującymi i doświadczonymi [9,20]. Dotyczą one przede wszystkim różnic spowodowanych stresem, który u nurków początkujących wywołuje zazwyczaj większe zmiany. Niewiele jest jednak doniesień na temat różnic w zachowaniu autonomicznego układu nerwowego (AUN) pomiędzy nurkami początkującymi i doświadczonymi, a przedstawiane wyniki badań są sprzeczne [8,19].

Przebywanie w środowisku wodnym, które znacznie upośledza odbiór bodźców czuciowych, wywołuje niezależnie od doświadczenia nurkowego stres psychiczny i fizjologiczny. Powoduje m.in. aktywację AUN i pobudzenie różnych osi neurohormonalnych. Organizm zostaje postawiony w stan wysokiego psychofizjologicznego pobudzenia i gotowości do działania [3,17]. Natomiast po nurkowaniu następuje rozluźnienie, wzrost emocji pozytywnych i zmniejszenie pobudzenia [1,9,17]. Nie jest wiadome jak równoległe do tych przejawów zmienia się równowaga współczulno-przywspółczulna w układzie autonomicznym.

Jedną z metod oceny poziomu napięcia i równowagi w AUN jest analiza zmienności rytmu zatokowego serca (*heart rate variability – HRV*). Jej parametry określają współdziałanie współczulnej (SNS) i przywspółczulnej (PNS) części AUN w zakresie regulacji czynności serca. Rytm serca w dużym stopniu zależy od równowagi między częścią przywspółczulną, która zwalnia, a częścią współczulną, intensyfikującą pracę serca. HRV jest więc w rzeczywistości zmiennością określonego w milisekundach czasu odstępu załamek RR w rytmie zatokowym. Metoda ta jest szeroko stosowana w klinicznej ocenie sprawności regulacji krążenia z AUN oraz coraz częściej w badaniach populacyjnych osób zdrowych i w sporcie [2,12,21]. Najczęściej oceny HRV dokonuje się za pomocą analizy częstotliwościowej (spektralnej), która ujawnia cykliczną zmienność częstości pracy serca związaną z funkcjonowaniem złożonych mechanizmów kontroli funkcji serca [5,21]. Do analizy wykorzystuje się krótkie fragmenty zapisu elektrokardiograficznego (minimum 5-minutowe) lub odcinki dłuższe, 24-godzinne [14].

Celem pracy jest określenie wpływu jaki wywiera nurkowanie na układ autonomiczny u osób początkujących w porównaniu z płetwonurkami doświadczonymi. Realizując powyższy cel skoncentrowano się na następujących zagadnieniach badawczych:

- wpływ doświadczenia w nurkowaniu na sprawność regulacji funkcji serca z AUN;
- charakterystyka regulacji funkcji serca z AUN podczas nurkowania zadaniowego;
- porównanie zmian w regulacji funkcji serca z AUN jako efekt różnych obciążeń podczas nurkowania;
- ocena współdziałania odczuć psychicznych w kształtowaniu się obrazu stresu „zadaniowego”;
- określenie parametru częstotliwościowej oceny HRV najbardziej prognostycznego w przewidywaniu obciążenia zadaniowego.

1. MATERIAŁ I METODY

Badania były prowadzone wśród płetwonurków rekreacyjnych, w bazie CTP Nautica na wyspie Hvar (Chorwacja) w miesiącach czerwiec-wrzesień 2008 roku. Zbadano 30 mężczyzn w wieku 19 – 48 lat. Wysokość ciała badanych wynosiła 166 – 195 cm, a masa wahała się pomiędzy 63 a 120 kg (tab.1). Zostali oni podzieleni pod kątem

stażu nurkowego na 2 grupy, po 15 osób. Osoby doświadczone miały minimum 100 nurkowań, początkujące zaś ok.10.

Tabela 1.

Dane ogólne badanych osób oraz środowiska wodnego nurkowania
(średnie \pm odchylenie standardowe).

	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	Temp. wody [°C]	Temp. powietrza [°C]	Przejrzystość [m]	Liczba nurkowań
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

Badania prowadzono przy średniej temperaturze powietrza 23 °C, temperatura wody wynosiła 21 °C, jej przejrzystość zaś 12-15 m. Wszyscy badani posiadali podstawowe lub wyższe uprawnienia i doświadczenie nurkowe. Uzyskali oni kwalifikację medyczną do nurkowania w oparciu o orzeczenie lekarza nurkowego. Zostali też zapoznani z metodyką i celem badań oraz wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo.

Badani odbywali w godzinach popołudniowych dwukrotnie nurkowanie wykorzystywane dla celów badawczych. Pierwsze nurkowanie miało charakter turystyczny i odbywało się na głębokości 6 m przez 20 minut. Nurkowanie drugie, zadaniowe, miało ten sam czas i głębokość, lecz nurek wykonywał pod wodą zestaw ćwiczeń: usuwanie zalania maski, płynięcie przez 30 sekund bez maski, oddychanie przez automat oddechowcy partnera, balans na płetwach. Mieszaniłą oddechową podczas wszystkich nurkowań było powietrze.

Analizy HRV dokonano w oparciu o uproszczony zapis elektrokardiograficzny uzyskany za pomocą rejestratora sport-tester typu Polar Vantage (Finlandia). Rejestrację prowadzono w sposób ciągły i obejmowała ona fazę wstępną (spoczynkową), gdzie badany przez 10 minut pozostawał w spoczynku w pozycji siedzącej, fazę nurkowania oraz fazę końcową, również spoczynkowo 10 minut w pozycji siedzącej 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 następujące parametry analizy spektralnej:

- %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 rów-

nowagę 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 Statistica v.7.0. Normalność rozkładu testowano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Z uwagi na skośność rozkładów przed przystąpieniem do analizy zmienne zlogarytmowano. 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

Porównując uzyskane wyniki badań z okresu przed i po nurkowaniu turystycznym stwierdza się u płetwonurków początkujących wzrost wartości %VLF i LF oraz obniżenie HF (tab. 2). Obliczony stosunek LF/HF ulega podwyższeniu. Zmiany te są jednak niewielkiego stopnia i statystycznie nieistotne.

Podobny obraz zmian występuje u płetwonurków doświadczonych, gdzie także różnice między wartościami przed i po nurkowaniu turystycznym nie są istotne statystycznie. Można również stwierdzić, że w tej grupie wartości %VLF, LF i stosunek LF/HF są w niewielkim stopniu niższe w porównaniu z płetwonurkami początkującymi, a wartości %HF wyższe.

Tabela 2.
Wartości parametrów analizy częstotliwościowej u badanych płetwonurków przed i po nurkowaniu turystycznym (średnie \pm odchylenie standardowe).

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu
Początkujący	%VLF	1,63 \pm 1,69	2,29 \pm 2,77
	%LF	30,09 \pm 16,4	35,25 \pm 23,59
	%HF	68,27 \pm 17,5	62,47 \pm 25,43
	LF (n.u.)	30,77 \pm 17,19	36,53 \pm 24,97
	HF (n.u.)	69,23 \pm 17,19	63,47 \pm 24,97
	Stosunek LF/HF	0,44 \pm 0,62	0,56 \pm 1,26
Doświadczeni	%VLF	1,33 \pm 1,27	2,13 \pm 2,48
	%LF	26,38 \pm 16,59	29,62 \pm 17,31
	%HF	72,29 \pm 17,16	68,26 \pm 18,86
	LF (n.u.)	26,81 \pm 17,1	30,53 \pm 18,27
	HF (n.u.)	73,19 \pm 17,1	69,47 \pm 18,27
	Stosunek LF/HF	0,36 \pm 0,55	0,43 \pm 0,54

Objaśnienia w tekście

Ocena wyników badań nurkowania zadaniowego wskazuje na odmienne zachowanie się wartości parametrów analizy częstotliwościowej u płetwonurków obu grup jak podczas nurkowania turystycznego (tab.3). Uzyskane różnice nie są statystycznie

istotne. Można jedynie mówić o tendencji zmian. W tym ujęciu stwierdza się, że u nurków początkujących wartość LF i HF pozostaje prawie na tym samym poziomie, natomiast stosunek LF/HF obniża się po nurkowaniu. U pływonurków doświadczonych obniżeniu stosunku LF/HF towarzyszy obniżenie %VLF i LF oraz podwyższenie HF.

Tabela 3.

Wartości parametrów analizy częstotliwościowej u badanych pływonurków przed i po nurkowaniu zadaniowym (średnie \pm odchylenie standardowe).

		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu
Początkujący	%VLF	1,9 \pm 1,68	3,47 \pm 5,1
	%LF	31,47 \pm 20,9	27,55 \pm 17,19
	%HF	66,63 \pm 21,58	68,97 \pm 21,13
	LF (n.u.)	32,21 \pm 21,66	29,3 \pm 19,6
	HF (n.u.)	67,79 \pm 21,66	70,7 \pm 19,6
	Stosunek LF/HF	0,47 \pm 0,83	0,40 \pm 0,58
Doświadczeni	%VLF	2,62 \pm 3,15	1,43 \pm 1,6
	%LF	32,34 \pm 22,17	23,05 \pm 15,09
	%HF	65,04 \pm 24,0	75,52 \pm 16,08
	LF (n.u.)	33,63 \pm 23,52	23,53 \pm 15,69
	HF (n.u.)	66,37 \pm 23,52	76,47 \pm 15,69
	Stosunek LF/HF	0,50 \pm 0,82	0,31 \pm 0,35

Objaśnienia w tekście

Należy stwierdzić, że od zakończenia nurkowania (wyjścia z wody) do rozpoczęcia pomiaru HRV po nurkowaniu upływa do 5 minut, co może spowodować częściowy powrót zmienionych wartości do poziomu spoczynkowego. Chcąc stwierdzić, czy występujący brak istotności różnic między wartościami sprzed nurkowania i po nurkowaniu nie jest spowodowany wpływem czasu od chwili zakończenia nurkowania do momentu rozpoczęcia pomiaru dokonano porównania zapisu HRV podczas nurkowania turystycznego i zadaniowego.

Porównując wyniki pomiarów uzyskane podczas nurkowania (tab.4) można stwierdzić, że wartości niektórych parametrów analizy częstotliwościowej wyraźnie różnią się w porównaniu z wartościami spoczynkowymi sprzed nurkowań. W tym wypadku różnice są większe niż wartości przedstawione w tab. 2 i 3. Zwłaszcza wartości %VLF, których wzrost jest duży i istotny na poziomie $p < 0,05$. Dotyczy to zarówno pływonurków początkujących i doświadczonych, jak też nurkowania turystycznego i zadaniowego.

Tabela 4.

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

		Nurkowanie turystyczne	Nurkowanie zadaniowe
Początkujący	%VLF	10,71 \pm 8,13	23,04 \pm 20,19
	%LF	31,47 \pm 14,84	34,16 \pm 12,0
	%HF	57,81 \pm 20,92	42,81 \pm 20,1
	LF (n.u.)	36,59 \pm 18,58	47,5 \pm 16,85
	HF (n.u.)	63,41 \pm 18,58	52,5 \pm 16,85
	Stosunek LF/HF	0,54 \pm 0,51	0,8 \pm 0,76
Doświadczeni	%VLF	11,36 \pm 8,9	13,77 \pm 10,22
	%LF	42,49 \pm 11,9	40,93 \pm 17,39
	%HF	46,17 \pm 17,31	45,32 \pm 22,22
	LF (n.u.)	48,87 \pm 15,65	48,55 \pm 21,16
	HF (n.u.)	51,13 \pm 15,65	51,45 \pm 21,16
	Stosunek LF/HF	0,92 \pm 0,78	0,9 \pm 2,47

Objaśnienia w tekście

3. Dyskusja wyników

Uzyskane w przeprowadzonych badaniach wyniki wskazują, że wartości parametrów analizy częstotliwościowej HRV nie różnią się statystycznie pomiędzy pletwonurkami początkującymi i doświadczonymi. Przypuszczalnie przyczyną takiego stanu są przyjęte warunki eksperymentu, a zwłaszcza czas rejestracji elektrokardiogramu, jaki upłynął po zakończeniu nurkowania oraz niewielkie zróżnicowanie nurkowania turystycznego i zadaniowego pod względem obciążenia fizycznego. Rejestracja elektrokardiograficzna po nurkowaniach była przeprowadzona po osiągnięciu względnej stabilizacji zapisu, to jest po kilku minutach od wyjścia z wody. Biorąc pod uwagę wysokość obciążenia w obu typach nurkowania, które mieści się w granicach niewielkiej intensywności pracy, czas ten był wystarczający dla powrotu częstości skurczów serca do wartości zbliżonej do wyjściowej. Uzyskane wartości analizy częstotliwościowej odzwierciedlają więc wczesną fazę wypoczynku, będąc podporządkowane procesom powrotu do homeostazy spoczynkowej sympatyczno-parasympatycznej równowagi AUN.

Wyjątkiem od powyższego obrazu zmian jest zachowanie się %VLF podczas nurkowania turystycznego i zadaniowego. Wartości tego parametru różnią się istotnie w porównaniu do analogicznych wartości przed nurkowaniem. Czynniki kształtujące VLF obejmują głównie procesy termoregulacji, układ renina-angiotenzyna-aldosteron, rytmikę oddychania oraz równowagę napięcia między składowymi AUN. Należy jednak podkreślić, że dotąd nie ma wystarczająco dokładnego obrazu czynników, które związane są z frakcjami bardzo niskiej częstotliwości HRV, co znacznie utrudnia interpretację wyników [22].

W przeprowadzonych badaniach temperatura wody była poniżej termoneutralnej (ok. 21°C), co może pobudzać procesy związane z produkcją ciepła w organi-

zmie oraz zmiany w rozmieszczeniu krwi. W początkowym okresie występuje typowy dla nurkowania ujemny odruch chronotropowy, który szybko, w ciągu minut, jest kompensowany wzmożeniem przemiany materii [10,23]. Pobudzenie układu renina-angiotenzyna-aldosteron jest efektem przemieszczenia krwi do obszarów centralnych i hamowania układu antidiuretycznego [3,19]. Podczas nurkowania zmienia się mechanika oddychania wskutek ucisku na klatkę piersiową i jamę brzuszną, przemieszczenia przepony ku górnym partiom tułowia oraz przesunięcia krwi do płuc [19].

Najwięcej trudności w interpretacji VLF związanych jest z powiązaniem tej frakcji z równowagą między składowymi AUN. Frakcja HF wiąże się z napięciem części parasympatycznej, a frakcja LF głównie z napięciem części sympatycznej. Analiza wpływu obu tych części na kształtowanie się frakcji bardzo niskich częstotliwości (ULF i VLF) nie daje natomiast jednoznacznych wyników. Przykładowo, podanie atropiny hamującej parasympatyczną część AUN znosi w znacznym stopniu frakcję VLF. Jednakże pobudzenie układu sympatycznego, wzrost stężenia hormonów stresowych we krwi, pobudzenie metabolizmu zwiększa udział VLF w widmie częstotliwości [7,13,22]. Zwraca przy tym uwagę fakt zależności HRV, a zwłaszcza frakcji VLF od pobudzenia stresowego [4,9].

Występowanie emocjonalnego pobudzenia stresowego podczas nurkowania było wielokrotnie stwierdzone. Zwrócono m.in. uwagę na zależność między pobudzeniem stresowym, a charakterem reakcji oddechowej na warunki nurkowania, występowaniem urazowości i powstaniem dysfunkcji psychicznych jako następstwo tych warunków [1,11,18]. Powstanie stresowej fazy „alarmowej” wiąże się przeważnie ze wzrostem frakcji VLF, chociaż nie wszyscy autorzy potwierdzają tę zależność, a nawet stwierdzano obniżenie się objętości tej frakcji [6,15]. W materiale uzyskanym przez nas objętość frakcji VLF jest podczas nurkowania wyraźnie zwiększona, co może łączyć się z pobudzeniem emocjonalnym badanych płetwonurków. Przypuszczenie to wydaje się potwierdzać znacznie większy wzrost %VLF u początkujących płetwonurków w porównaniu z płetwonurkami doświadczonymi. Większe pobudzenie u początkujących nurków było obserwowane również przez innych autorów [16,17].

WNIOSKI

1. Zmiany wartości parametrów częstotliwościowych HRV, zmierzone po wykonaniu nurkowania turystycznego i zadaniowego, są niewielkie i nie różnicują płetwonurków w zależności od doświadczenia.
2. Analiza wartości parametrów częstotliwościowych, mierzonych podczas wykonywania nurkowań wskazuje na istotną różnicę w wartości %VLF między płetwonurkami początkującymi i doświadczonymi; różnice te są większe podczas wykonywania nurkowania zadaniowego.
3. Zakładając w oparciu o piśmiennictwo, że zakres bardzo niskich częstotliwości jest głównie wskaźnikiem obciążenia emocjonalnego, można przyjąć wartość VLF za fizjologiczny miernik tego obciążenia.
4. Wyniki badań wskazują, że zakres VLF widma częstotliwościowego HRV może być wykorzystany jako wskaźnik poziomu wyszkolenia lub odporności na stresowe oddziaływanie warunków nurkowania.

PIŚMIENNICTWO

1. Anegg U., Dietmaier G., Maier A. i inni; “Stress-induced hormonal and mood responses in scuba divers: a field study”; *Life Sciences*, nr **23** (70), 2002 rok, ISSN 0024-3205, str. 2721-2734,
2. Bonnemeier H., Richardt G., Potratz J. i inni; “Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and

- gender on heart rate variability”; *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, nr **8** (14), 2003 rok, ISSN 1045-3873, str. 791-799,
3. Boussuges A., Blanc F., Carturan D.; “Hemodynamic changes induced by recreational scuba diving”; *Chest*, nr **5** (129), 2006 rok, ISSN 0012-3692, str. 1337-1342,
 4. 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,
 5. di Rienzo M., Castiglioni P., Mancina G. i inni; “Advances in estimating baroreflex function”; *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, nr 20, 2001 rok, ISSN 0739-5175, str. 25-32,
 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. Gempp E., Blatteau J.E., Louge P. i inni; “N-terminal pro brain natriuretic peptide increases after 1-h scuba dives at 10 m depth”; *Aviation, Space and Environmental Medicine*, nr **2** (76), 2005 rok, ISSN 0095-6562, str. 114-116,
 8. Graczyk D., Jethon Z., Szwarz Z.; „Wpływ nurkowania na stan autonomicznego układu nerwowego określany za pomocą analizy czasowej rytmu zatokowego serca. Różnice między nurkami początkującymi i doświadczonymi. Doniesienie wstępne”; *Polish Hyperbaric Research*, nr **4** (25), 2008 rok, ISSN 1734-7009, str. 43-49,
 9. 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,
 10. Hayashi N., Ishihara M., Tanaka A. i inni; “Face immersion increases vagal activity as assessed by heart rate variability”; *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, nr **5** (76), 1997 rok, ISSN 0301-5548, str. 394-399,
 11. Hopkins R.O., Weaver L.K.; “Acute psychosis associated with diving”; *Undersea & Hyperbaric Medicine*, nr **3** (28), 2001 rok, ISSN 1066-2936, str. 145-148,
 12. Hottenrot K., Hoos O., Esperer H.D.; “Herzfrequenzvariabilität und Sport”; *Aktueller Standards Herz*, nr 31, 2006 rok, str. 544-552,
 13. Kettunen J., Keltikangas-Järvinen L.; “Intraindividual analysis of instantaneous heart rate variability”; *Psychophysiology*, nr **4** (38), 2001 rok, ISSN 0048-5772, str. 659-668,
 14. Krauze T., Guzik P., Wysocki H.; „Zmienność rytmu serca: aspekty techniczne”; *Nowiny Lekarskie*, Nr **9** (70) 2001 rok, ISSN 0860-7397, str. 973 – 984,
 15. 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,
 16. Morgan W.P., Raglin J.S., O’Connor P.J.; “Trait anxiety predicts behavior in beginning scuba students”; *International Journal of Sports Medicine*, nr **4** (25), 2004 rok, ISSN 0172-4622, str. 314-322,
 17. Morgan W.P.; “Anxiety and panic in recreational scuba divers”; *Sports Medicine*, nr **6** (20), 1995 rok, ISSN 0112-1642, str. 398-421,
 18. Raglin J.S., O’Connor P.J., Carlson N. i inni; “Responses to underwater exercise in scuba divers differing in trait anxiety”; *Undersea & Hyperbaric Medicine*, nr **2** (23), 1996 rok, ISSN 1066-2936, str. 77-82,
 19. 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,

20. Simpson G., Roomes D.; "Scuba diving medical examinations in practice: a postal survey"; *Medical Journal of Australia*, nr **11-12** (171), 1999 rok, ISSN 0025-729X, str. 595-598,
21. Sztajzel J.; "Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system"; *Swiss Medical Weekly*, nr **35-36** (134), 2004 rok, ISSN 1424-7860, str. 514-522,
22. 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,
23. Tikuisis P., Jacobs I., Moroz D. i inni; "Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water"; *Journal of Applied Physiology*, nr **4** (89), 2000 rok, ISSN 0021-8987, str. 1403-1411.

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 Szwarc

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.

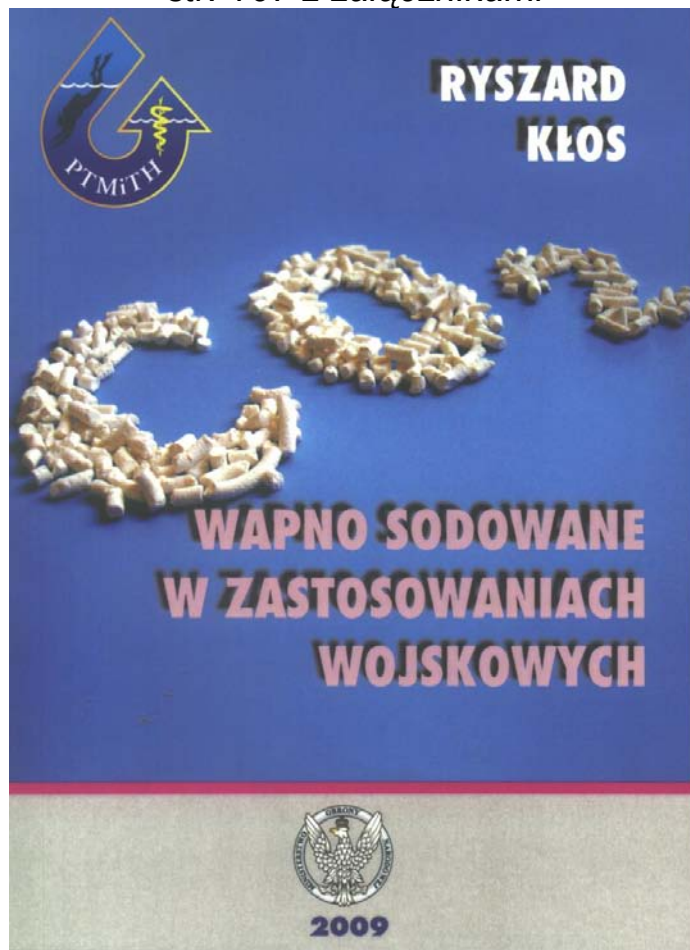
dr hab. inż. Jan Gajewski

Jest kierownikiem Zakładu Statystyki i Informatyki, Katedry Anatomii i Biomechaniki w warszawskiej AWF Józefa Piłsudskiego. Jego zainteresowania naukowe skupiają się wokół zagadnień związanych z biomechaniką i neurofizjologią. Członek Polskiego Towarzystwa Biomechaniki i Polskiego Towarzystwa Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej.

Ostatnio nakładem Wydawnictwa PTMiTH
ukazała się publikacja:

R. Kłós
„Wapno sodowane w zastosowaniach wojskowych”

ISBN 978-83-924989-5-7
str. 167 z załącznikami



Opracowanie stanowi poszerzone i poprawione sprawozdanie z pracy naukowo wdrożeniowej, realizowanej wspólnie przez Akademię Marynarki Wojennej i Firmę Chemiczną Dwory S.A., a współfinansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jako projekt celowy p.t.: „Chemisorpcja ditlenku węgla w zastosowaniach wojskowych”. Książka zawiera także wyniki prac badawczych zrealizowanych w AMW a opłaconych z różnych źródeł wspierania nauki. Opisane wyniki badań systemów regeneracji atmosfery kompleksów hiperbarycznych przeprowadzono w ramach realizacji projektu rozwojowego nr R00O0014/3 p.t.: „Metodyka nurkowań saturowanych”, sponsorowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W ramach tego samego projektu współfinansowano wydanie niniejszej publikacji.