

Dominik Graczyk, Zbigniew Jethon, Andrzej Magiera

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

Andrzej Magiera
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
Warszawa, Marymoncka 34

**WPLYW NURKOWANIA NA STAN AUTONOMICZNEGO UKŁADU
NERWOWEGO PARAPLEGIKÓW OKREŚLONY ZA POMOCĄ ANA-
LIZY CZASOWEJ ZMIENNOŚCI RYTMU ZATOKOWEGO SERCA.
DONIESIENIE WSTĘPNE.**

Nurkowanie staje się coraz powszechniej dostępne, również dla niepełnosprawnych. Za pomocą analizy zmienności rytmu zatokowego serca można określić jak nurkowanie wpływa na autonomiczny układ nerwowy. Przebadano 19 mężczyzn z paraplegią podczas nurkowania rekreacyjnego i z zadaniami. Oba rodzaje nurkowania powodują wzrost aktywności części współczulnej, inaczej niż u pełnosprawnych. Nie jest to korzystna zmiana dla osób z uszkodzeniem rdzenia kręgowego.

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

THE DIVING INFLUENCE ON THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM OF THE PARAPLEGICS MEASURED BY THE HEART RATE VARIABILITY TIME DOMAIN ANALYSIS. PRELIMINARY RESULTS.

The diving is becoming very popular, also for disabled persons. Heart Rate Variability can define how diving influence on autonomic nervous system. 19 men with paraplegia has been examined during 2 dives: recreational and task. Both kinds of dives induce sympathetic nervous system hyperactivity, otherwise than among healthy divers. It's not good for divers with spinal cord injury

Keywords: diving, Heart Rate Variability, paraplegia, disabled divers

WSTĘP

Coraz większą popularnością wśród osób niepełnosprawnych cieszy się nurkowanie. Jest ono formą aktywności, gdzie osoby niepełnosprawne swobodnie poruszają się w trzech wymiarach toni wodnej, co daje im poczucie niezależności. Ma to szczególne znaczenie dla osób spędzających większość życia na wózku inwalidzkim oraz mających inne ograniczenia fizyczne, gdyż pozwala im na pozostawienie wózka, kul czy protez bez zwracania uwagi na mechaniczne ograniczenia, jakimi są na przykład schody, krawężniki itp. Zdaniem nurkujących niepełnosprawnych nurkowanie pozwala odkryć nieznanne dotąd możliwości ruchowe własnego ciała, uwierzyć we własne siły i przekroczyć barierę fizycznej niepełnosprawności.

Osoby niepełnosprawne coraz częściej uczestniczą w kursach nurkowych, gdzie schodzą pod powierzchnię wody. W chwili obecnej przyjmuje się, że nurkowanie jest formą aktywności, podczas której ruch może oddziaływać rehabilitacyjnie oraz podnosić jakość ich życia [3,20,21]. W porównaniu z liczbą osób pełnosprawnych uprawiających nurkowanie nie jest to jednak liczna grupa.

Przebywanie w środowisku wodnym, znacznie upośledzającym percepcję zmysłów wywołuje stres, który powoduje m.in. aktywację autonomicznego układu nerwowego i pobudzenie różnych osi neurohormonalnych. 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 [5,10,12]. Nie jest jak dotąd zbadane zagadnienie czy równolegle do tych zmian poprawia się równowaga w układzie autonomicznym.

Jedną z metod, jakie można zastosować w analizie charakteru reakcji fizjologicznych u nurków niepełnosprawnych jest analiza zmienności rytmu zatokowego serca (*heart rate variability – HRV*). Jest to nieinwazyjna metoda oceny wpływu autonomicznego układu nerwowego na czynność serca. Jest szeroko stosowana w badaniach klinicznych do określania zmian zachodzących w autonomicznym układzie nerwowym [6]. 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 załamek RR w rytmie zatokowym [8,13,18]. Do analizy wykorzystuje się krótkie fragmenty zapisu EKG (minimum 5-minutowe) lub odcinki dłuższe, 24-godzinne [6,8].

Jedną z najczęściej stosowanych metod oceny HRV jest analiza czasowa, która obejmuje różne formy ilościowej oceny zmian RR [8,13,18].

Analiza HRV jest często stosowana w ocenie sprawności regulacji krążenia z autonomicznego układu nerwowego oraz coraz powszechniej wykorzystywana w ocenie stanu zdrowia pacjentów w badaniach klinicznych. Tą metodą badawczą można zastosować również do oceny wpływu składowych układu autonomicznego na regulację pracy serca u paraplegików i za jej pomocą określić zmiany równowagi w układzie autonomicznym podczas nurkowania.

Należy podkreślić, że badania nurków niepełnosprawnych są wykonywane sporadycznie. Analizując dostępny materiał można stwierdzić, że wiele poglądów na temat przydatności nurkowania dla osób niepełnosprawnych, w tym dotyczących sprawności układu krążenia jako jednego z aspektów zdrowotnych, nie jest popartych wystarczającymi wynikami dowodowymi. Dotyczy to również zagadnień związanych z regulacją HRV. Brak jest badań mówiących o zachowaniu układu krążenia u nurków niepełnosprawnych.

Celem pracy jest zbadanie jak w wyniku nurkowania zachowuje się układ autonomiczny u osób z wyłączonym dolnym obszarem ciała.

Nurkowanie nazywane w opracowaniu turystycznym jest nurkowaniem w pełni rekreacyjnym. Nurkowanie nazwane zadaniowym, to takie podczas którego wykonuje się ćwiczenia pod wodą. Celem pracy jest określenie czy występują różnice oraz porównanie badanych parametrów w obu rodzajach nurkowania.

Nurkowanie staje się coraz popularniejszym zajęciem, także wśród osób niepełnosprawnych. Stąd wynika potrzeba podjęcia zagadnienia – należy zbadać czy nurkowanie wpływa korzystnie na organizm osób niepełnosprawnych i można je polecać tej grupie nurkujących.

Celem jest również określenie ewentualnych różnic pomiędzy nurkami pełnosprawnymi i nurkami po uszkodzeniu rdzenia kręgowego (URK).

1. MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w grupie osób z uszkodzeniem rdzenia kręgowego typu paraplegia. Przebadano 19 mężczyzn w wieku 24 – 47 lat. Wysokość ciała badanych wynosiła 170 – 190 cm, a masa ciała wahała się między 60 a 95 kg (tab.1). Uszkodzenia rdzenia kręgowego (według wyników badań medycznych) były niepełne i występowały na wysokości pomiędzy Th-6 a L-1. W związku z tym, iż neurony w rogach bocznych rdzenia kręgowego przyspieszające pracę serca znajdują się na wysokości Th-1 – Th-5 nie dokonano podziału badanych pod względem wysokości uszkodzenia. Grupa kontrolna składa się z takiej samej ilości nurków pełnosprawnych płci męskiej, o niewielkim stażu nurkowym (13 nurkowań). Ich wiek wahał się między 19 – 48 lat, wysokość ciała 166 – 195 cm, a masa ciała 63 a 120 kg (tab.1).

Badania prowadzono podczas obozów szkoleniowych Stowarzyszenia Nurków Niepełnosprawnych HSA-Polska, które odbywały się w miesiącach letnich w latach 2006-2008 na wyspie Hvar (Chorwacja), w bazie CTP Nautica. Badania prowadzono przy średniej temperaturze powietrza 25 °C, temperatura wody wynosiła 22 °C, jej przejrzystość zaś 7 metrów (tab.1). Badane osoby były po szkoleniu basenowym, gdzie zapoznano je z technikami niezbędnymi 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. Badania uzyskały zgodę Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych AWF w Warszawie nr SKE 001/09-1/2006.

Te same 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 na początku nurkowania 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.

Analiza HRV była dokonywana w oparciu o uproszczony zapis elektrokardiograficzny za pomocą rejestratora 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 De-

partment 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 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 $p < 0,05$.

Tabela 1.

Dane ogólne badanych osób i warunków badania (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

2. WYNIKI

Wyniki badania osób z URK w nurkowaniu turystycznym (tab. 2) wskazują na przesunięcie parametrów po nurkowaniu w kierunku zwiększenia aktywności SNS. Obniża się poziom RR, wzrasta również częstość skurczów serca. Nieistotnemu statystycznie wzrostowi ulegają SDNN i RMSSD. Jest to zmiana jakości napięcia PNS u osób z URK. 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.

U osób pełnosprawnych w wyniku nurkowania turystycznego (tab. 2) jednoznacznie dochodzi do wzrostu aktywności PNS.

Paralegicy przed nurkowaniem charakteryzują się wyższym poziomem badanych parametrów, a więc większą aktywnością PNS. Po nurkowaniu natomiast proporcje te odwracają się, ale różnice te są nieistotne statystycznie.

Tabela 2.

Nurkowanie turystyczne (średnie \pm SD)

		Przed nurkowa- niem	Po nurkowaniu	Istotność sta- tystyczna
Osoby z URK	HR \bar{x} (1/min)	87 \pm 14	93 \pm 12	
	RR (ms)	720 \pm 126	661 \pm 87	0,01
	SDNN (ms)	52 \pm 43	53 \pm 58	0,48
	RMSSD (ms)	14 \pm 9	23 \pm 33	0,14
Pełnosprawni	HR \bar{x} (1/min)	94 \pm 10	90 \pm 12	
	RR (ms)	654 \pm 85	685 \pm 92	0,02
	SDNN (ms)	40 \pm 25	50 \pm 29	0,1
	RMSSD (ms)	12 \pm 7	13 \pm 8	0,42
Porównanie osób z URK i pełnospraw- nych, poziom istot- ności statystycznej	RR urk/spr	0,03	0,21	
	SDNN urk/spr	0,15	0,42	
	RMSSD urk/spr	0,28	0,1	

RR(ms)-średni czas odstępów RR; SDNN-odchylenie standardowe czasu odstępów RR; RMSSD-pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR

Wyniki badania osób z URK w sytuacji nurkowania zadaniowego (tab. 3) wskazują na wzrost po nurkowaniu HR, SDNN i RMSSD oraz spadek RR. Utrzymuje się ta sama tendencja co w przypadku nurkowania turystycznego. Pełnosprawni wykazują również tą samą tendencję co w nurkowaniu turystycznym, mianowicie jednoznaczny wzrost aktywności PNS.

Zarówno nurkowanie turystyczne jak i zadaniowe u osób z URK podnoszą wartość parametrów SDNN i RMSSD, a obniżają RR po nurkowaniu. Można to interpretować jako wzrost aktywności SNS i zmianę jakości napięcia PNS.

U osób pełnosprawnych oba rodzaje nurkowania powodują wzrost aktywności PNS.

Tabela 3.

		Nurkowanie zadaniowe (średnie ± SD)		Istotność statystyczna
		Przed nurkowaniem	Po nurkowaniu	
Osoby z URK	HR śr (1/min)	86±12	92±16	
	RR (ms)	714±104	688±158	0,16
	SDNN (ms)	61±42	77±58	0,13
	RMSSD (ms)	16±13	20±15	0,2
Pełnosprawni	HR śr (1/min)	91±10	88±12	
	RR (ms)	668±78	700±99	0,02
	SDNN (ms)	39±18	45±28	0,1
	RMSSD (ms)	11±4	12±7	0,35
Porównanie osób z URK i pełnosprawnych, poziom istotności statystycznej	RR urk/spr	0,07	0,39	
	SDNN urk/spr	0,02	0,02	
	RMSSD urk/spr	0,07	0,03	

Nurkowanie turystyczne, pozbawione jakichkolwiek ćwiczeń pod wodą i związanego z tym obciążenia stresowego, powoduje większe napięcie części współczulnej AUN, aniżeli nurkowanie zadaniowe zarówno u osób z URK jak i pełnosprawnych (tab. 4). Przyczyną tego może być psychiczna stymulacja restytucji po stresie zadaniowym, który zakończył się pomyślnie. Należy pamiętać, że badanie dotyczy całego okresu nurkowania, a więc trwa w czasie wystarczającym do ustąpienia większości ostrych zmian związanych ze stresem zadaniowym. Dodatkowo należy mieć na uwadze wpływ osoby asekurowanej – nurkowanie turystyczne jest bardziej samodzielne (z mniejszą kontrolą zewnętrzną). Osoby z URK podczas obu rodzajów nurkowania wykazują większe pobudzenie współczulne niż pełnosprawni, inaczej aniżeli przed nurkowaniami, tak turystycznym jak i zadaniowym.

Tabela 4.

Porównanie nurkowania turystycznego i zadaniowego (średnie ± SD)

		Nurkowanie turystyczne	Nurkowanie zadaniowe	Istotność statystyczna
Osoby z URK	HR śr (1/min)	116±19	118±15	
	RR (ms)	508±69	541±70	0,12
	SDNN (ms)	26±8	46±17	0,01
	RMSSD (ms)	7±4	10±3	0,01
Pełnosprawni	HR śr (1/min)	94±10	90±12	
	RR (ms)	574±65	605±63	0,02
	SDNN (ms)	31±13	42±15	0,01
	RMSSD (ms)	8±3	8±3	0,28

3. DYSKUSJA WYNIKÓW

Analiza piśmiennictwa dotycząca zagadnienia nurkowania osób niepełnosprawnych, a nawet nurków pełnosprawnych wskazuje, iż te grupy badawcze charakteryzują się niewielką liczebnością. Jest to rząd wielkości 20-25 osób pełnosprawnych [14,16,17] oraz od 8 do 16 osób niepełnosprawnych, z różnymi rodzajami niepełnosprawności [20,21]. Jedno opracowanie dotyczy grupy wyłącznie paraplegików i jest to grupa 9-osobowa [11].

Schipke i wsp. wskazuje, iż nurkowanie powoduje wzrost aktywności zarówno SNS jak i PNS [16]. W ich badaniu nurkowanie powodowało wzrost wartości parametrów SDNN i RMSSD. W naszym badaniu analizując osoby z URK można by skłaniać się również ku takiemu twierdzeniu, jednak badania osób pełnosprawnych mówią o jednoznacznym wzroście aktywności PNS, inaczej niż u Schipke'go i Pelzera.

Uzyskane wyniki charakteryzują się niższymi wartościami niż te podawane w piśmiennictwie jako norma [8,9]. Jeżeli chodzi o analizę czasową wartość parametru SDNN jest znacznie niższa (podawana norma dla grupy w średnim wieku 141 ms \pm 39), RMSSD nieco bardziej zbliżona (27 ms \pm 12). Wartości bardziej zbliżone do wspomnianej normy występują podczas nurkowania zadaniowego. Wg Pelzera i wsp. analiza czasowa wydaje się być lepszym narzędziem od częstotliwościowej w krótkotrwałych pomiarach HRV w nurkowaniu [14].

Nieco inne wartości parametrów uzyskują studenci pierwszego roku AWFis w Gdańsku nie uprawiający wyczynowo sportu [15]. Tu SDNN wynosi 76 ms, RMSSD 93 ms. Widać więc znaczne rozbieżności w wartościach parametrów w obu cytowanych badaniach. Nasuwa się w związku z tym pytanie czy można mówić o normach, czy też należy ograniczyć się jedynie do analizy badanej grupy i porównywać wyłącznie wartości przed, w czasie i po nurkowaniu. W tym świetle zasadne wydaje się odnosić do siebie jedynie uzyskane wyniki w obu badanych grupach, nie rozszerzając tego o porównywanie z badaniami w innych rodzajach aktywności.

Występują różnice wartości pomiędzy nurkowaniem turystycznym i zadaniowym. Nurkowanie zadaniowe z reguły powoduje większe pobudzenie części sympatycznej, co jest związane z emocjami, gdyż stres psychologiczny powoduje zwiększenie aktywności układu sympatycznego [1,10]. Nurkowanie zadaniowe z reguły jest bardziej stresujące od rekreacyjnego [5]. Inaczej w tym badaniu – tu nurkowanie turystyczne powoduje większe napięcie części współczulnej AUN, aniżeli nurkowanie zadaniowe. Można to łączyć z pewnego rodzaju oswojeniem z sytuacją nurkową (badania wykonywane dzień po dniu, w pierwszym turystyczne, w drugim zadaniowe) oraz faktem, iż zadania zabierały tylko część czasu poświęconego na nurkowanie, które w dalszej części było już rekreacyjne. Ponadto w nurkowaniu turystycznym pętlonurek nie był asekurowany w takim stopniu jak podczas wykonywania zadań pod wodą i ta większa samodzielność również może mieć wpływ na wynik. Ponadto nie należy łączyć wzrostu napięcia układu parasympatycznego z odprężeniem psychicznym. Stany lęku, frustracji przebiegają często ze wzrostem tego napięcia ("zamieranie" ze strachu).

U osób z URK występuje pobudzenie części sympatycznej po nurkowaniu (obniżenie RR). Podobne zmiany zachodzą po wysiłku fizycznym: wzrasta HR, obniża się RR [2,7]. Po wysiłku, w okresie restytucji, równowaga napięć w układzie autonomicznym zmienia się, wskazując na przewagę układu współczulnego [4]. W nurkowaniach podczas których prowadzone były badania nie występowały sytuacje, gdzie zachodziłaby konieczność wykonywania intensywnej pracy. Pobudzenie współczulne należy łączyć jedynie ze stresem występującym podczas nurkowania i utrzymaniem jego poziomu lub co najmniej brakiem powrotu do stanu wyjściowego jeszcze 10 minut po nurkowaniu. Badanie Takahashiego i Arito wskazuje właśnie na wzrost aktywności SNS wywołany wykonaniem zadanej próby [19]. W badaniu tym jednak po wy-

konaniu zadania stwierdza się u badanej grupy wzrost wartości parametru RR, inaczej niż u badanych pletwonurków z URK. Rozbieżności występujące pomiędzy pletwonurkami z URK a pełnosprawnymi wskazywać mogą na zachwianie równowagi AUN w wyniku nurkowania u paraplegików.

WNIOSKI

1. Pod wpływem nurkowania u osób z URK wzrasta aktywność części współczulnej autonomicznego układu nerwowego i następuje zmiana jakości napięcia części przywspółczulnej.
2. U osób pełnosprawnych nurkowanie powoduje wzrost pobudzenia PNS, u osób z URK odwrotnie.
3. Pobudzenie AUN w nurkowaniu turystycznym i zadaniowym różni się. Różnice te są przypuszczalnie związane z emocjonalnym odbiorem warunków nurkowania.
4. Nurkowanie wydaje się niekorzystnie wpływać na równowagę składowych AUN u osób z URK poprzez wzrost pobudzenia SNS.
5. HRV, poprzez możliwości określania zmian zachodzących w AUN, można wykorzystać u osób z URK jako miarę efektów rehabilitacyjnych związanych z nurkowaniem.

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. Carter J.B.; Banister E.W.; Blaber A.P.; "Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate"; Sports Medicine, Nr **33** (1) 2003 rok, ISSN 0112-1642, str. 33-46
3. Cheng J.; Diamond M.; "SCUBA diving for individuals with disabilities"; American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Nr **84** (5) 2005 rok, ISSN 0894-9115, str. 369-375
4. Fortuna M.R.; "Zmienność rytmu zatokowego serca w zależności od obciążenia i intensywności wykonywanej pracy". Praca doktorska, AWF Wrocław 2001
6. 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
7. 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
8. 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
9. Krauze T.; Guzik P.; Wysocki H.; „Zmienność rytmu serca: aspekty techniczne”; Nowiny Lekarskie, Nr **9** (70) 2001 rok, ISSN 0860-7397, str. 973 – 984
10. Malik M.; "Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use"; Circulation, Nr **93** 1996 rok, ISSN 0009-7322, str. 1043-1065
11. Nevo B.; Breitstein S.; "Psychological and behavioral aspects of diving" Best Publishing Company, ISBN 0-941332-73-X, Flagstaff, 1999
12. Novak H.F.; Ladurner G.; „SCUBA diving as a rehabilitation approach in paraplegia”; Die Rehabilitation, Nr **38** (3) 1999 rok, ISSN 0034-3536, str. 181-184

13. Ombach K.; „Fenomen nurkowania. Osobowościowe korelaty nurkowania swobodnego”; Praca magisterska; Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2002
14. 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
15. 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
16. Raczak G.; Daniłowicz-Szymanowicz L.; Kobuszewska-Chwirot M.; i inni; „Ocena długotrwałego wpływu sportu wyczynowego na czynność autonomicznego układu nerwowego”; Folia Cardiologica, Nr **7** (12) 2006 rok, ISSN 1896-2475, str. 504-509
17. 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
18. Sherman D.; Eilender E.; Shefer A.; i inni; „Ventilatory and occlusion-pressure responses to hypercapnia in divers and non-divers”; Undersea biomedical research, Nr **7** (1)1980 rok, ISSN 0093-5387, str. 61-74
19. 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
20. Takahashi M.; Arito H.; „Effects of a single cognitive task on power spectra of R-R interval and arterial blood pressure”; Industrial Health, Nr **34** 1996 rok, ISSN 0019-8366, str. 287-292.
21. 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 **141** (7) 1984 rok, ISSN 0025-729X, str. 414-418
22. 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 przewodnikiem nurkowym. 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.

Materiał sponsorowany przez Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej