

BADANIA WSPÓŁCZYNNIKA MASA CIAŁA/MASA SERCA [C/S] W LECZONYM I NIELECZONYM DOŚWIADCZALNYM URAZIE CIŚNIENIOWYM PŁUC

Piotr Siermontowski¹⁾, Wojciech Kozłowski²⁾, Katarzyna Pleskacz³⁾

¹ Katedra Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej, Gdynia

² Zakład Patomorfologii, Wojskowy Instytut Medyczny Warszawa

³ Katedra Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

STRESZCZENIE

Warunkiem powstania urazu ciśnieniowego płuc [PB] jest zatrzymanie czynnika oddechowego w płucach podczas gwałtownego obniżania ciśnienia zewnętrznego lub wtłaczanie tego czynnika do dróg oddechowych pod zwiększonym ciśnieniem, czy też w objętości przekraczającej maksymalną pojemność płuc. Wówczas dochodzi do rozrywania mięszu płucnego i przedostania się powietrza zarówno do jamy opłucnowej, jak i/lub do światła rozrywanych naczyń krwionośnych znajdujących się w przegrodach międzypęcherzykowych. Pozostawia to trwałe następstwa w mięszu płucnym.

Celem badań była ocena wpływu zmian po przebytych PB na mięsień sercowy oraz znaczenia leczenia hiperbarią na nasilenie tych zmian w sercu. Do badań użyto serc 35. królików. U zwierząt grupy doświadczalnej w komorze ciśnieniowej wykonywano PB, stosując autorską metodę opisaną we wcześniejszych publikacjach. Część zwierząt z tej grupy leczono hiperbarią powietrzną. Grupę porównawczą stanowiły zwierzęta, którym podczas symulowanego nurkowania nie wykonywano PB. Wszystkie zwierzęta po doświadczeniu ważono, obserwowano przez cztery tygodnie a następnie uśmiercono. Podczas autopsji pobierano między innymi całe serca, które po utrwaleniu ważono. Następnie wyliczono współczynnik C/S czyli stosunek masy ciała do masy serca.

Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej. Stwierdzono statystycznie znamienne wzrost współczynnika C/S oznaczający wzrost udziału masy serca w całkowitej masie ciała w grupie zwierząt po PB nie leczonych hiperbarią powietrzną, w porównaniu z grupą kontrolną.

Słowa kluczowe: uraz ciśnieniowy płuc, współczynnik C/S, masa serca, leczenie hiperbaryczne.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2019 Vol. 69 Issue 4 pp. 63 – 70

ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2019-0020

Strony: 8, rysunki: 0, tabele: 3

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Typ artykułu: oryginalny

Termin nadesłania: 27.11.2019 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 18.12.2019 r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

Uraz ciśnieniowy płuc jest to każde uszkodzenie mięszu płucnego powstałe wskutek nagłych zmian objętości czynnika oddechowego w nich zawartego. Morfologicznie jego wykładnikiem jest obraz ostrego rozdęcia płuc z rozrywaniem ścian pęcherzyków i przebiegających w nich naczyń [1,2,3,4].

Bezpośrednimi (ostrymi) następstwami PB są tętnicze zatory powietrzne (arterial gas embolism - AGE) oraz odma opłucnowa, śródpiersiowa i podskórna. Natomiast odległymi następstwami PB są zmiany w mięszu płucnym pod postacią włóknienia, bliznowacenia i rozedmy (rozdęcia) [4].

Jedynym skutecznym sposobem leczenia tętnicznych zatorów powietrznych, jest rekompresja i dekompresja lecznicza. Postępowanie takie zapewnia z jednej strony zmniejszenie średnicy śródnaczyniowych pęcherzyków gazowych tworzących zator, co umożliwia ich przejście przez łoża naczyń włosowatych, a z drugiej strony, dzięki oddychaniu w atmosferze o zwiększonym ciśnieniu parcjalnemu tlenu, poprawia utlenowanie niedokrwionych na skutek zatorów tkanek [5].

W dostępnym piśmiennictwie prace dotyczące odległych zmian narządowych po przebytych, często bezobjawowo, PB u ludzi są niezwykle rzadkie. Natomiast natrafiono jedynie na pojedyncze prace opisujące zmiany w konfiguracji serca. Były to prace bądź to katamnesticzne, bądź dotyczące zamkniętych populacji zawodowych [6,7].

Znacznie liczniejszą grupą prac mówiącą o kardiologicznych problemach nurków są opisy zmian w czynności serca podczas nurkowania a także wpływu chorób serca i układu krążenia na bezpieczeństwo nurkowania [8,9,10].

W dostępnym piśmiennictwie nie znaleziono prac doświadczalnych, dotyczących badania zmian w sercu, dla którego morfologii i czynności przebudowa mięszu płucnego zapewne nie jest bez znaczenia. Zachęciło to nas do podjęcia badań z wykorzystaniem własnego modelu doświadczalnego [11]. Obecna publikacja jest kolejną z serii przedstawiającej wyniki prowadzonych badań [12,13,14].

CEL PRACY

Celem pracy było zbadanie wpływu zmian w płucach po przebytych PB na współczynnik C/S oraz znaczenia leczenia hiperbarycznego dla rozwoju tych zmian.

MATERIAŁ I METODA

Do badań użyto serc 35 królików płci obojga, w wieku od 28 do 34 tygodni. Szczegółowy opis modelu doświadczalnego opracowanego przez jednego z autorów tego doniesienia został opublikowany we wcześniejszych doniesieniach [11]. Zwierzęta podzielono na grupy:

- kontrolną (K) liczącą 14 zwierząt,
- doświadczalną (O) liczącą 12 zwierząt,
- doświadczalną leczoną (OL) liczącą 9 zwierząt.

Zwierzęta grup doświadczalnych (O i OL), w komorze hiperbarycznej dla małych zwierząt, sprężano do ciśnienia 200 kP. Na szczycie wdechu uniedrozniano im drogi oddechowe i rozprężano do ciśnienia atmosferycznego, odtwarzając mechanizm powstawania PB. Zwierzęta grupy OL leczono następnie hiperbarią powietrzną. Zastosowano zmodyfikowaną dla potrzeb tej pracy powietrzną tabelę leczniczą „III” [15], przeznaczoną do leczenia przypadków tętnicznych zatorów gazowych po PB.

U zwierząt zaliczonych do kontroli zabiegu (grupa K), dokonano sprężania do ciśnienia 200 kP i następnie rozprężano bez uniedrozniania dróg oddechowych.

Wszystkie zwierzęta po doświadczeniu były ważone i przez okres czterech tygodni obserwowane a następnie uśmiercone. Po uśmierceniu pobierano do badań pakiety narządów zawierające między innymi całe serca. Pakiety te utrwalano w 10% roztworze zbuforowanej formaliny. Serca zwierząt po utrwaleniu ważono z wykorzystaniem wagi analitycznej.

Uzyskane wyniki pomiarów masy ciała i masy serc poszczególnych zwierząt umieszczono w tabelach. Wyliczono średnie i mediany mas ciała zwierząt i mas serc w poszczególnych grupach. Wyliczono również współczynniki C/S w poszczególnych grupach. Dokonano porównania wartości tego współczynnika pomiędzy doświadczalnymi grupami a wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej z zastosowaniem analizy ANOVA test post-hoc NIR.

WYNIKI

Porównując zmiany w zakresie wskaźnika C/S (tzn. stosunek pomiędzy średnią masą ciała a średnią masą serca) w poszczególnych grupach stwierdzono znamienne wzrost masy serc w grupie O w porównaniu do grupy OL i K. Badania dotyczące zmian wyłącznie bezwzględnych wartości masy serca w poszczególnych grupach przebiegały podobnie a szczegółowe wyniki przedstawiono we wcześniejszej publikacji [13].

Średnie masy serc porównywane pomiędzy grupami doświadczalnymi różniły się w podobny sposób; grupa O wykazywała wyższe wartości od grup K i OL (tab. 1).

Porównanie średnich.				
Zmienna	Grupa	Liczba zwierząt	Mediana	Odch.std
wagaOsobnika	O	12	3755.833	790.552
WagaSerca			8.542	1.912
wagaOsob/wagaSerca			450.234	100.829
wagaOsobnika	OL	9	3884.444	695.667
WagaSerca			7.244	0.994
wagaOsob/wagaSerca			539.320	93.2216
wagaOsobnika	K	14	3621.429	689.6810
WagaSerca			6.507	1.098
wagaOsob/wagaSerca			559.228	72.541

Podobne zależności zachodziły przy porównaniu median masy serc badanych zwierząt (Tab. 2).

Tab. 2

Porównanie median.				
Zmienna	Grupa	Liczba zwierząt	Mediana	Odch.std
wagaOsobnika	O	12	4200.000	790.55217
WagaSerca			8.700	1.912
wagaOsob/wagaSerca			450.597	100.829
wagaOsobnika	OL	9	3900.000	695.667
WagaSerca			7.200	0.994
wagaOsob/wagaSerca			525.000	93.221
wagaOsobnika	K	14	3625.000	689.681
WagaSerca			6.600	1.098
wagaOsob/wagaSerca			570.378	72.541

Tab. 3

Wyniki analizy statystycznej porównań wartości wskaźników C/S dla poszczególnych grup.

Grupa	Test NIR; Zaznaczone różnice są istotne z $p < ,05000$		
	O M=450,23	OL M=539,32	K M=559,23
O		0.028969	0.003659
OL	0.028969		0.601534
K	0.003659	0.601534	

Analiza statystyczna wykazała, iż na poziomie istotności $p=0,029$ zachodzi istotna statystycznie różnica dla średniej wartości współczynnika C/S pomiędzy grupami O i OL. Współczynnik ten dla grupy doświadczalnej (O) wynosi $450,597 \pm 100,829$ i jest istotnie statystycznie niższy w porównaniu do grupy doświadczalnej leczonej (OL) ($525,000 \pm 93,220$).

Na poziomie istotności $p=0,037$ istnieje istotna statystycznie różnica dla średniej wartości współczynnika C/S pomiędzy grupami O i K. Współczynnik ten dla grupy doświadczalnej (O) wynosi $450,597 \pm 100,829$ i jest istotnie statystycznie niższy w porównaniu do grupy kontrolnej (K) ($570,378 \pm 72,540$).

Nie zaobserwowano natomiast istotnej statystycznie ($p=0,6$) różnicy dla średnich wartości współczynnika C/S pomiędzy grupami doświadczalną leczoną (OL) i kontrolną (K).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie zarówno aktualnie uzyskanych, jak i opublikowanych wcześniej wyników badań doświadczalnych, dotyczących zmian konfiguracji serca pod wpływem przebytego PB stwierdzono, że wszystkie badane parametry dotyczące badań masy serca w grupach doświadczalnych uległy zmianie w stosunku do grup kontrolnych. Warto w tym miejscu podkreślić, że obserwowane w tych razach wykładniki poszerzenia i przerostu serca całego pokrywają się z danymi z piśmiennictwa, dotyczącymi zmian patologicznych obserwowanych po PB u ludzi [6,16,17,18].

W badaniach mikroskopowych [19] stwierdzono także zmiany ilościowe; stosunku zrębu do komórek mięśniowych na rzecz wzrostu udziału procentowego tkanki łącznej w ścianie obu komór serca po przebytych urazach ciśnieniowym płuc. Zmianom tym towarzyszył przerost mięśnia sercowego.

Wyjaśnia to stwierdzony w omawianych badaniach wzrost udziału masy serca w całkowitej masie zwierzęcia w porównaniu z takim samym stosunkiem u zwierząt grupy kontrolnej.

We wcześniejszych badaniach stwierdzono także, że zastosowanie leczenia hiperbarycznego po przebytych PB zmniejsza nasilenie zmian w sercu. Do podobnych wniosków prowadzą aktualnie przeprowadzone badania dotyczące porównania wskaźnika C/S. Również w tych badaniach dowiedziono, że leczenie hiperbaryczne zahamowało wzrost masy



serca (tj. obniżenie wartości C/S). Jest to zgodne z wynikami poprzednich prac [13,14,20] w których udowodniono, że zastosowanie leczenia hiperbarycznego w znacznym stopniu zapobiega powstawaniu zmian wstecznych w mięszu płucnym po przebytych PB.

W badaniach zarówno aktualnie prezentowanych, jak i poprzednich udowodniono, że zastosowanie obecnie rzadko używanych powietrznych tabel dekompresji leczniczej jest całkowicie wystarczające dla zahamowania rozwoju zmian w sercu. Można przypuszczać, że wykorzystanie leczniczych tabel tlenowych jak na przykład tabela 6A US Navy [21a] i mieszaninowych czy subsaturowanych [21b] dałoby jeszcze lepszy efekt terapeutyczny. Niestety zastosowany model doświadczalny nie pozwolił na zastosowanie leczenia w atmosferze tlenu. Brak możliwości inhalacji zwierząt doświadczalnych przez maskę wymuszałyby wypełnienie całej komory tlenem co nie było możliwe ze względów bezpieczeństwa. Drugą możliwością było inhalowanie zwierzęcia przez rurkę intubacyjną co wymuszałyby długotrwałe znieczulenie. Działanie takie mogłoby równocześnie mieć istotny wpływ na obraz morfologiczny płuc oraz inne badane parametry. Z tego powodu zastosowano wyłącznie lecznicze tabele powietrzne.

WNIOSKI

- Przebycie urazu ciśnieniowego płuc wpływa na masę serca i doprowadza do jej wzrostu.
- Zastosowanie leczenia hiperbarycznego istotnie zmniejsza nasilenie zmian.

Analizy statystyczne wykonano pakietem Statistica 13.

LITERATURA

1. Kozłowski W., Siermontowski P., Koktysz R., Olszański R.: Bronchoalveolar tree and the pulmonary vascular bed in pulmonary barotrauma. An experimental study. Polish Journal of Environmental Studies 2006, 15, 4b: 100-104;
2. Heritier F., Schaller M.D., Fitting J.W., Feihl F., Leuenberger P., Perret C.: The pulmonary manifestations of diving accidents. Schweiz.Z.Sportmed. 1993, 41, (3): 115-20;
3. Lim E.B., How J.: A review of cases of pulmonary barotrauma from diving. Singapore.Med.J. 1993, 34, (1): 169;
4. Topliff E.D.: Mechanism of lung damage in explosive decompression. Aviat Space Environ Med. 1976 May;47(5):517-22;
5. Sieroń A., Cieślak G. (red): Zarys Medycyny Hiperbarycznej α-medica press Warszawa 2006;
6. Mukerji B, Alpert MA, Mukerji V.: Right ventricular alterations in scuba divers: findings on electrocardiography and echocardiography. South Med J. 2000 Jul;93(7):673-6;
7. Ross JA, Macdiarmid JI, Osman LM, Watt SJ, Godden DJ, Lawson A.: Health status of professional divers and offshore oil industry workers. Occup Med (Lond). 2007 Jun;57(4):254-61. Epub 2007 Feb 22;
8. Boussuges A, Lafay V.: Changes in cardiac function during recreational diving. Arch Mal Coeur Vaiss. 1997 Feb;90(2):263-8;
9. Lafay V.: The heart and underwater diving. Arch Mal Coeur Vaiss. 2006 Nov;99(11):1115-9;
10. Muth CM, Tetzlaff K.: Scuba diving and the heart. Cardiac aspects of sport scuba diving Herz. 2004 Jun;29(4):406-13;
11. Siermontowski P., Kozłowski W., Olszański R., Pedrycz A.: The significance of an experimental model of pulmonary barotrauma in examining diving accidents. Polish Hyperbaric Research. 2012: Vol. 38, nr 1, s. 7-27;
12. Kozłowski W., Siermontowski P., Koktysz R, Olszański R.: Macroscopic indices and microstereological studies of the effect of treatment with air recompression-decompression on the heart changes after experimental pulmonary barotrauma. Eur. J. Underwater Hyperbar. Med. 2005: 6, 3, 74, P313;
13. Jędrzejczyk J., Siermontowski P., Bernas S., Kozłowski W., Olszański R., Koktysz R. Further morfometric study of treated and non - treated experimental pulmonary barotrauma. Polish Hyperbaric Research 2010 : Vol. 30, nr 3, s. 57-66;
14. Siermontowski P., Bernas S., Olszański R., Koktysz R., Kaczerska D. Initial morphometric hearts tests in treated and non - treated experimental lung pressure injury. Polish Hyperbaric Research 2010 : Vol. 30, nr 2, s. 45-53;
15. Tabele dekompresji i rekompresji nurków. Dowództwo Marynarki Wojennej Gdynia 1982: 25;
16. Sant'Anna M. P., Mello R. J., Montenegro L. T., Araújo M. M.: Left and right ventricular hypertrophy at autopsy of hypertensive individuals. Rev Assoc Med Bras. 2012 Jan-Feb;58(1):41-7;
17. Senatorova A. S., Chaichenko T. V., Boichenko A. D.: Myocardial geometry and function in overweight and obese adolescents. Lik Sprava. 2011 Oct-Dec;(7-8):43-51;
18. Maehle B.O., Giertsen J.C., Tyssebotn I. Hypertrophy of the left cardiac ventricle in professional divers. J.Hyperbaric Med. 1989, 4(4): 189-195;
19. Siermontowski P. Badania mikroskopowe jakościowe w: Patoklinika zmian w sercu i w płucach w leczonym i nieleczonym rekompresją leczniczą urazie ciśnieniowym płuc na modelu zwierzęcym. Wyd. PTMiTH 2014; 117 – 119;
20. Siermontowski P., Jędrzejczyk J., Pedrycz-Wieczorska A., Koktysz R., Ciechan A. Morphometrical examination of myocardial fibrosis treated and non treated experimental barotrauma of lungs. Polish Hyperbaric Research: 2011 : Vol. 34, nr 1, s. 45-53;
- 21a NATO ADivP-02.1 Allied guide to diving medical disorders – national information. EditA. Ver 1 2016: 122 – 123;
- 21b NATO ADivP-02.1 Allied guide to diving medical disorders – national information. EditA. Ver 1 2016: 124 – 127.

dr hab. med. Piotr Siermontowski, prof. AMW

Katedra Technologii Prac Podwodnych
Akademii Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69
81-127 Gdynia
p.siermontowski@amw.gdynia.pl