

## **WPLYW KONFIGURACJI SPRZĘTU HOLOWANEGO NURKA NA OBCIĄŻENIE FIZJOLOGICZNE RATOWNIKA**

Rafał Mikołajczyk<sup>1)</sup>, Marcin Sikora<sup>2)</sup>, Olga Łakomy<sup>1)</sup>, Aleksandra Żebrowska<sup>2)</sup>, Piotr Siermontowski<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

<sup>2)</sup> Centrum Zdrowego Życia, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

<sup>3)</sup> Katedra Technologii Prac Podwodnych, Akademia Marynarki Wojennej Gdynia

### **STRESZCZENIE**

Celem pracy było określenie wpływu pływania ratunkowego na częstość skurczów serca (HR), wentylację płuc ( $\dot{V}E$ ), pobór tlenu ( $\dot{V}O_2$ ) i stężenia mleczanu we krwi (LA). Ponadto oceniono czy rodzaj urządzenia ratunkowo-wypornościowego holowanego nurka ma wpływ na obciążenie fizjologiczne ratownika i prędkość holowania. Parametry wysiłkowe mierzono u ratowników wodnych wieku  $25,5 \pm 6,8$  lat przed protokołem badań oraz bezpośrednio po przepłynięciu dystansu 50 m z osobą holowaną wyposażoną w sprzęt nurkowy oraz bez takiego sprzętu. Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy protokołami holowania ratowniczego w  $\dot{V}O_2$ . Rodzaj protokołu holowania miał istotny wpływ na HR,  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  i stężenie LA we krwi. Czas holowania i średnia prędkość holowania podczas pływania ratowniczego różniły się istotnie w zależności od rodzaju wyposażenia holowanego nurka. Holowanie nurka w suchym skafandrze znacznie skraca czas holowania i prędkość holowania i może mieć wpływ na lepszą tolerancję wysiłku fizycznego i mniejsze zmęczenie ratownika w porównaniu do holowania nurka w sprzęcie ratunkowo-wypornościowych.

**Słowa kluczowe:** ratownictwo wodne, nurkowanie, sprzęt ratunkowo-wypornościowy, zmęczenie.

---

#### ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 81 Issue 4 pp.113 – 122

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

**DOI:** 10.2478/phr-2022-0024

Strony: 8, rysunki: 3, tabele: 1

**page www of the periodical:** [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

#### **Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

**Typ artykułu:** oryginalny

**Termin nadesłania:** 24.08.2022 r.

**Termin zatwierdzenia do druku:** 14.09.2022 r.



## WSTĘP

W akcji ratowniczej szanse przeżycia osoby tonącej zależne są od wielu czynników, w tym doświadczenia i umiejętności ratownika w zakresie technik ratowniczych [1,2,3]. Ratownicy wodni przechodzą wszechstronne szkolenie techniczne, które umożliwia im przeprowadzenie bezpiecznej i skutecznej akcji ratowniczej. Podkreśla się, że elementem istotnym w akcji ratowniczej w wodzie jest holowanie tonącego, które nie tylko trwa najdłużej, ale też w największym stopniu obciąża ratownika [4,5]. Wyznacznikiem efektywności pływania ratowniczego jest prędkość ruchu, niemniej ważna jest wydolność fizyczna i tolerancja zmęczenia ratownika [6,7]. Podczas akcji ratowniczej wysoka wydolność fizyczna ratownika pozwala na szybkie dobiegnięcie do miejsca gdzie odbywa się akcja ratownicza, wysoką prędkość pływania ratowniczego i efektywność stosowanych technik resuscytacji krążeniowo-oddechowej.

Wprawdzie umiejętności techniczne i fizyczne ratowników wodnych zostały opisane we wcześniejszych publikacjach naukowych [2,8,9] istnieje niewiele badań identyfikujących czynniki fizjologiczne związane z poprawą wydolności krążeniowo-oddechowej ratowników wodnych. W ujęciu adaptacji fizjologicznej trening fizyczny może zwiększyć potencjał energetyczny mięśni szkieletowych, poprawić wydolność tlenową organizmu a tym samym skuteczność interwencji resuscytacji krążeniowo-oddechowej wykonywanej przez ratownika [10]. Wcześniejsze badania akcji ratowniczej, w których wykorzystano do holowania standardowy manekin, pozwoliły na określenie czynników fizjologicznych determinujących skuteczność akcji ratowniczej [4,8]. Wykazano, że podczas akcji ratowniczej zwiększa się zapotrzebowanie na tlen, rytm pracy serca i stężenie mleczanu we krwi, co oznacza, że wydolność tlenowa ratownika ma fundamentalne znaczenie dla osiągniętych wyników podczas akcji ratowniczej [10]. Dodatkowo potwierdzono w warunkach symulowanej akcji ratowniczej, że rozwijające się zmęczenie ratownika może nie mieć istotnego wpływu na skuteczność prowadzonych działań ratowniczych [6]. Badania prowadzono jednak w warunkach małego obciążenia (ciężar i opór holowanego manekina), w przeciwieństwie do akcji ratowniczej, w której zarówno masa ciała, a przypadku holowanego nurka-rodzaj sprzętu nurkowego może w znacznym stopniu wpływać na rozwój zmęczenia ratownika podczas pływania ratowniczego [11,12].

Istnieją dwa główne typy urządzeń ratunkowo-wypornościowych (*buoyancy control device*, BCD) stosowane przez nurków. Pierwsza klasyczna kamizelka nurkowa (*classical dive vest*, CDV), w której środek wyporu znajduje się na przedniej powierzchni klatki piersiowej nurka lub do przodu od płaszczyzny przekroju strzałkowego ciała. Funkcje ratunkowa i wypornościowa tej kamizelki są zrównoważone. Zwiększając obrys nurka ten typ kamizelki stawia największy opór hydrodynamiczny [12,13,14]. Drugi typ urządzenia ratunkowo-wypornościowych to kamizelka typu „skrzydło” (*wing dive vest*, WDV), w której środek wyporu znajduje się do tyłu od płaszczyzny przekroju strzałkowego ciała. Funkcja wypornościowa dominuje w WDV a jej budowa wpływa obniżenie oporu hydrodynamicznego w porównaniu do CDV. Urządzenie kontrolujące pływalność pozwala nurkowi kontrolować głębokość zanurzenia i wynurzyć się na powierzchnię zachowując względną równowagę w zakresie funkcji fizjologicznych organizmu [14]. W sytuacji zagrożenia urządzenie ratunkowo-wypornościowe jest w stanie utrzymać nurka, nawet nieprzytomnego, na powierzchni z głową odchyloną do tyłu, co zapobiega przedostaniu się wody do dróg oddechowych, zmniejszając ryzyko utonięcia [13]. Można stwierdzić, że powodzenie akcji ratowniczej w przypadku wypadku nurkowego zależy, przynajmniej częściowo od zdolności do utrzymania nurka na powierzchni i prędkości odholowania nurka w bezpieczne miejsce. Z drugiej strony o powodzeniu akcji ratowniczej decyduje sprawność fizyczna ratownika i jego umiejętności w zakresie technik ratowniczych. Przenoszenie poszkodowanego nurka w środowisku wodnym jest jednym z najważniejszych, ale także najczęściej pomijanych aspektów ratownictwa wodnego. Po odholowaniu do brzegu lub łodzi ratowniczej kolejnym krokiem jest znalezienie sposobu i możliwości wydobywania nurka z wody [5]. Manewr ten może być trudny, szczególnie jeżeli obciążenie wynikające z holowania spowodowało zmęczenie ratownika [9]. Bezpieczeństwo ratowników wodnych powinno uwzględniać zagrożenie wynikające ze zmęczenia, które może być spowodowane dodatkowym obciążeniem sprzętem holowanego nurka. Dlatego celem badania było określenie wpływu pływania ratunkowego na reakcje układu krążenia i oddychania ratownika oceniane na podstawie częstości rytmu serca, wentylacji płuc, poboru tlenu i stężenia mleczanu we krwi. Ponadto oceniono czy rodzaj urządzenia ratunkowo-wypornościowego holowanego nurka ma wpływ na obciążenie fizjologiczne ratownika i prędkość holowania.

## MATERIAŁ I METODY

Do badania włączono jedenastu ratowników (7 mężczyzn i 4 kobiety) w wieku  $25,5 \pm 6,8$  lat, o masie ciała  $78,3 \pm 19,5$  kg, wysokości ciała  $177,8 \pm 10,2$  cm i indeksie masy ciała (BMI)  $24,5 \pm 3,7$  kg/m<sup>2</sup>. Masę ciała analizowano z wykorzystaniem impedancji bioelektrycznej (analizator In Body570, Biospace Inc. Seul, Korea Południowa). Wszyscy badani posiadali aktualne kwalifikacje ratowników wodnych oraz aktualne badania lekarskie i nie wykazywali żadnych przeciwwskazań do udziału w badaniu. Przed przystąpieniem do badania uzyskano zgodę na udział w badaniu. Cele badania, procedury eksperymentalne i związane ryzyko z nimi związane zostały przekazane uczestnikom. Na realizację badań uzyskano pozytywną opinię Komisji Etycznej, nr. 02.2022.

Badanie przeprowadzono na krytym basenie o długości 25 m, w wodzie o temperaturze 26°C i w tych samych warunkach środowiska. Przed przystąpieniem do badań u wszystkich badanych oznaczono częstość skurczów serca (HR), spoczynkowy i maksymalny pobór tlenu ( $\dot{V}O_2$ ), wentylację minutową płuc ( $\dot{V}E$ ) oraz stężenie mleczanu we krwi (LA). Parametry wysiłkowe mierzono przed protokołem badań oraz bezpośrednio po zakończeniu każdego z dystansów pływania ratowniczego. Protokoły ratownicze polegały na przepłynięciu dystansu 50 m z osobą holowaną wyposażoną w sprzęt nurkowy oraz bez takiego sprzętu. Każdy z ratowników wykonał cztery dystanse holowania tej samej osoby o masie ciała 84 kg, wysokości ciała 182 cm i powierzchni ciała 2,05 m<sup>2</sup>. Technika holowania ratownika była taka sama podczas każdego holowania (rys. 1, protokół badania). Osoba holowana wyposażona była w sprzęt ratunkowy o różnej konfiguracji tj.: suchy skafander z klasyczną kamizelką nurkową (CDV), suchy skafander z kamizelką nurkową typu „skrzydło” (WDV) oraz suchy skafander (dry suit, DS) i klasyczny strój pływacki (swimming suit SS).

Kolejność protokołów holowania ustalono losowo a odstęp pomiędzy każdym protokołem wynosił co najmniej 3 dni. Rejestrowano pobór tlenu ( $\dot{V}O_2$ ), procentowa zawartość dwutlenku węgla ( $\dot{V}CO_2$ ) w powietrzu wydechowym, wentylację minutową płuc ( $\dot{V}E$ ), częstość oddechów (BF) i objętość oddechową (TV). Wykonano obliczenia w celu określenia względnego poboru tlenu ( $\dot{V}O_2/kg$ ) oraz wartości  $\dot{V}O_2$  w stosunku do indywidualnej wartości maksymalnej ( $\% \dot{V}O_{2max}$ ). Wyliczono wskaźnik wentylacyjno- perfuzyjny ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ ). Pobrano krew włośniczkową do analizy stężenia mleczanu we krwi (LA). W celu oceny efektywności holowania w trakcie badań mierzono czas holowania (TTime) i obliczono średnią prędkość liniową holowania (TSpeed). Wskaźniki oddechowe mierzono za pomocą ergospirometru (Ergo2000M, oprogramowanie MES Polska), wartości HR rejestrowano w sposób ciągły podczas każdego testu (POLAR HR, oprogramowanie 3.1.1., Kempele, Finlandia). Pomiary stężenia mleczanu wykonano w krwi włośniczkowej pobranej z opuszki palca a do oznaczenia wykorzystano test laboratoryjny GEM Premier 3000 IQM.



Rys. 1 Protokół badania.

## WYNIKI

Wyniki badań potwierdziły istotny wpływ wysiłku podczas holowania na  $\dot{V}O_2$  ( $F=55.8$ ,  $p<0.001$ ,  $\eta^2=0.85$ ). Pobór tlenu ( $\dot{V}O_2$ ) był istotnie wyższy po zakończeniu każdego z protokołów holowania w porównaniu do wartości spoczynkowej ( $p < 0.001$ ) (Rys.2). Nie stwierdzono istotnego wpływu różnych protokołów holowania na wydolność tlenową badanych. Nie było istotnych różnic pomiędzy protokołami holowania ratowniczego zarówno w wartościach bezwzględnych  $\dot{V}O_2$  (ml/kg/min) jak i procentowych w odniesieniu do wartości maksymalnych ( $\% \dot{V}O_{2max}$ ) (Tabela 1). Intensywność każdego z protokołów holowania ratowniczego wyrażona w procentach  $\dot{V}O_{2max}$  wynosiła  $> 80\%$  i wykazywała tendencję (nie istotna statystycznie) do niższych wartości podczas holowania osoby w suchym skafandrze (TDS). Rodzaj protokołu holowania miał istotny wpływ na HR, wskaźnik  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  i stężenie mleczanu we krwi (LA) ( $p = 0.033$ ,  $p = 0.038$  i  $p < 0.001$ , odpowiednio) (Tabela 1).

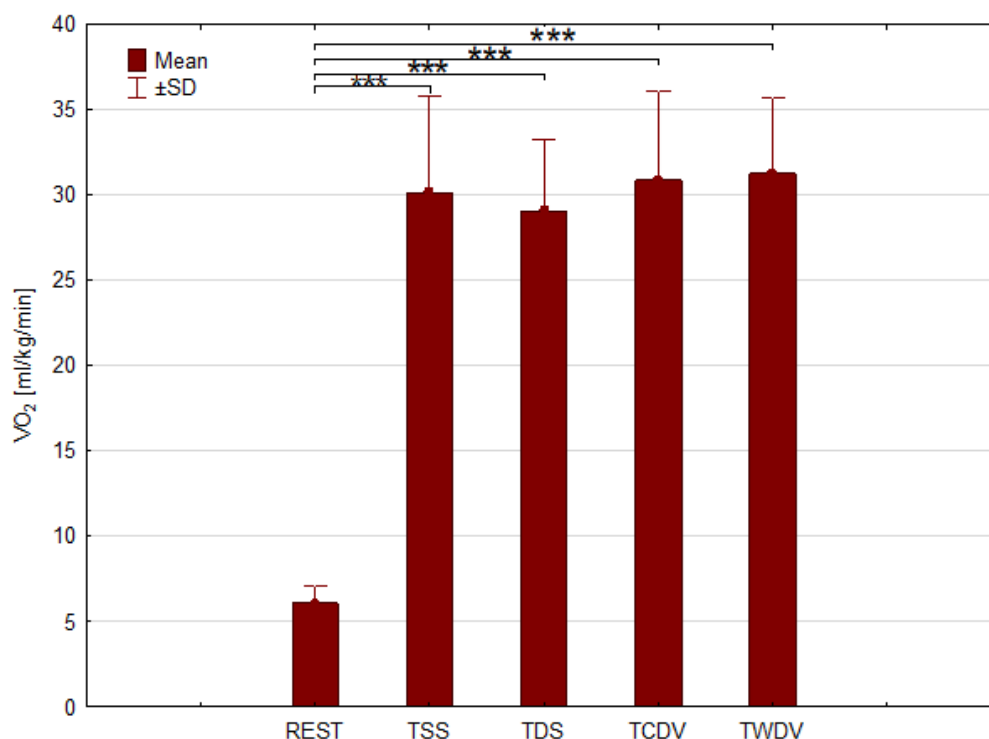
Częstość skurczów serca zwiększyła się w każdym z protokołów holowania ale istotne różnice zaobserwowano pomiędzy TSS ( $167,0 \pm 12,0$  ud./min) i TDS ( $161,0 \pm 11,0$  ud./min) (post-hoc  $p < 0.05$ ). Podobnie  $\%$  of HR max był istotnie wyższy w TSS ( $87,6 \pm 10,2$  %) w porównaniu do TDS ( $84,6 \pm 10,1$  %) ( $p < 0.05$ ). Nie wykazano istotnych różnic w ( $\dot{V}E$ ) pomiędzy protokołami z istotną różnicą w  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  pomiędzy TDS ( $29,6 \pm 5,2$  L) i TCDV ( $32,1 \pm 7,1$  L) ( $p < 0.05$ ). Stężenie LA zwiększyło się istotnie w holowaniu osoby w TWDV w porównaniu do TSS ( $p < 0.001$ ) (Ryc. 3). Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ protokołu holowania ratowniczego na czas i prędkość holowania (TTime i TSpeed) ( $F = 71.9$ ;  $p < 0.000$  and  $F = 55.3$ ;  $p < 0.000$ , odpowiednio). TTime był istotnie niższy w TDS w porównaniu do innych rodzajów holowania (TSS, TCDV i TWDV) podobnie jak as TCDW był niższy niż TWDV ( $p < 0.05$ ) (Ryc.4a.). Nie wykazano istotnych różnic w TSpeed pomiędzy protokołami TCDV i TWDV. Prędkość holowania była istotnie niższa w warunkach holowania w TSS w porównaniu do TDS ( $p < 0.05$ ). (Ryc. 4b.).

Wskaźniki fizjologiczne, czas holowania i prędkość holowania w różnych protokołach holowania (średnia  $\pm$  SD).

Variable	TSS	TDS	TCDV	TWDV	F	p-value	$\eta^2$
$\dot{V}O_2$ [ml/kg/min]	30.1 $\pm$ 5.4	29.1 $\pm$ 4.0	30.8 $\pm$ 5.0	31.2 $\pm$ 4.8	0.9	0.441	0.085
$\dot{V}O_2$ max [%]	83.0 $\pm$ 13.4	81.0 $\pm$ 14.7	84.7 $\pm$ 10.3	86.1 $\pm$ 11.4	0.9	0.459	0.08
HR [bpm]	167.0 $\pm$ 12.2	161.3 $\pm$ 11.5	162.3 $\pm$ 15.0	163.1 $\pm$ 13.3	<b>3.4</b>	<b>0.032</b>	<b>0.25</b>
HR max [%]	87.6 $\pm$ 10.2	84.6 $\pm$ 10.1	85.1 $\pm$ 10.6	85.5 $\pm$ 10.7	<b>3.3</b>	<b>0.033</b>	<b>0.25</b>
VE [l/min]	69.1 $\pm$ 18.0	66.8 $\pm$ 19.1	74.7 $\pm$ 17.2	74.5 $\pm$ 18.3	2.6	0.067	0.21
VE/ $\dot{V}O_2$ [l]	30.0 $\pm$ 4.4	29.6 $\pm$ 5.2	32.1 $\pm$ 7.1	31.2 $\pm$ 5.8	<b>3.2</b>	<b>0.038</b>	<b>0.24</b>
LA [mmol/l]	5.56 $\pm$ 1.3	7.1 $\pm$ 1.3	7.6 $\pm$ 1.2	8.0 $\pm$ 1.7	<b>10.4</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.63</b>
TTime [sec]	86.1 $\pm$ 9.0	79.8 $\pm$ 8.5	100.5 $\pm$ 8.4	106.8 $\pm$ 8.6*	<b>71.9</b>	<b>&lt;0.000</b>	<b>0.88</b>
TSpeed [m/sec]	0.6 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.1	0.50 $\pm$ 0.1	0.47 $\pm$ 0.0	<b>55.3</b>	<b>&lt;0.000</b>	<b>0.85</b>

T- holowanie, SS - strój pływacki; DS - suchy skafander; CDV- klasyczna kamizelka nurkowa; WDV- kamizelka nurkowa „skrzydło”;  $\dot{V}O_2$  - pobór minutowy tlenu; VE - wentylacja minutowa płuc; HR- częstość skurczów serca; LA - stężenie mleczanu; TTime - czas holowania; TSpeed - prędkość holowania

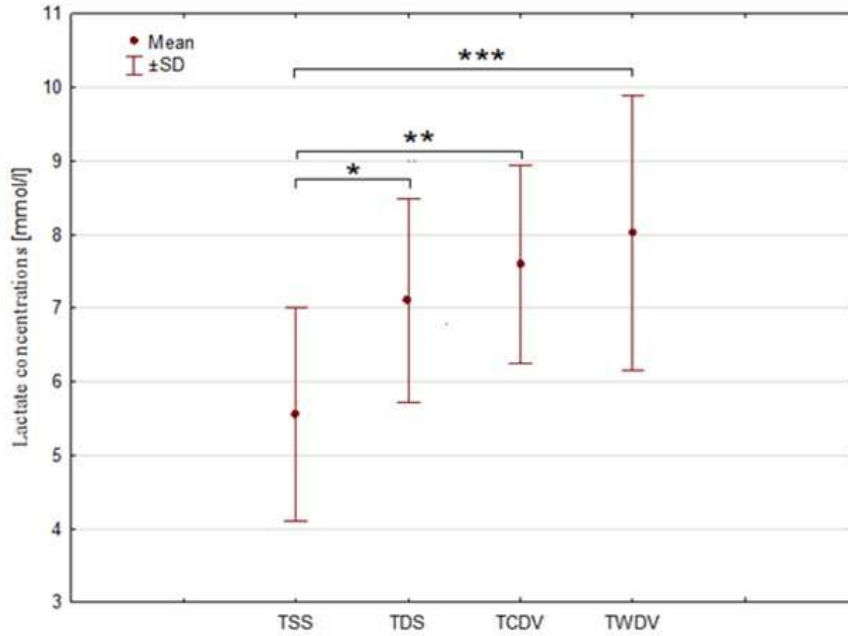
\* - istotność statystyczna pomiędzy TCDV i TWDV.



REST - spoczynek, T- holowanie, SS - strój pływacki; DS - suchy skafander; CDV- klasyczna kamizelka nurkowa; WDV- kamizelka nurkowa „skrzydło”;  $\dot{V}O_2$  - pobór minutowy tlenu;

\*\*\* $p < 0.001$  - istotność statystyczna pomiędzy TCDV i TWDV.

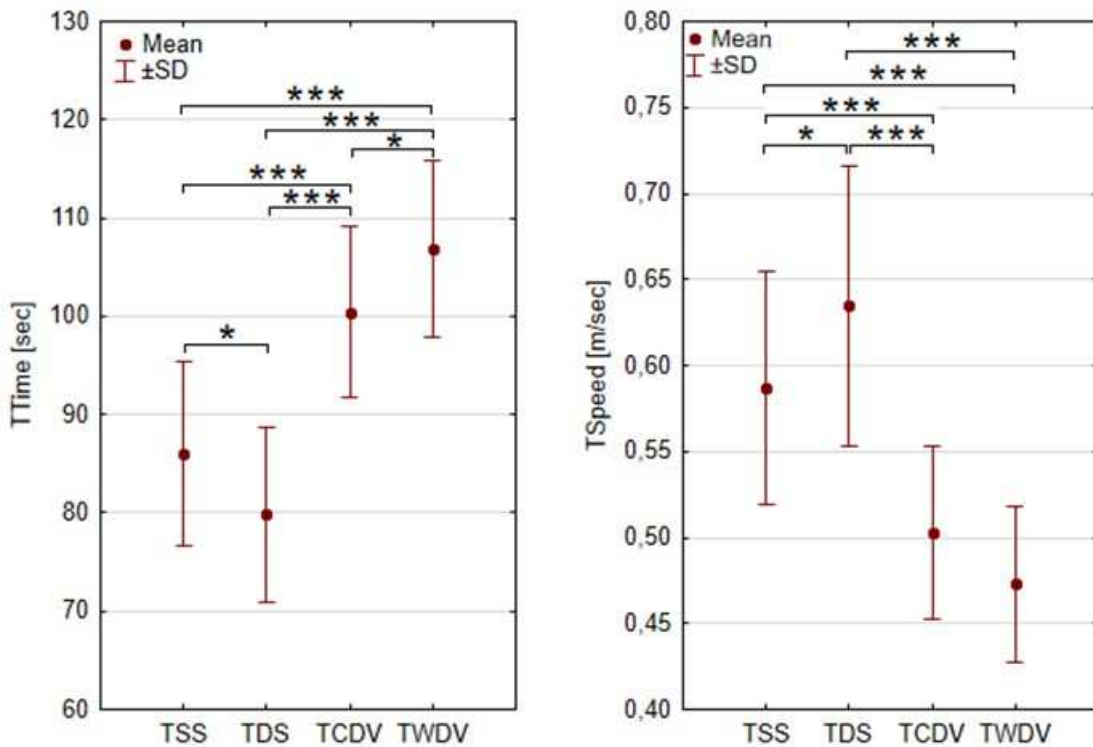
Rys. 2 Pobór tlenu w spoczynku i w odpowiedzi na różne protokoły holowania.



T- holowanie, SS - strój pływacki; DS - suchy skafander; CDV- klasyczna kamizelka nurkowa; WDV- kamizelka nurkowa „skrzydło”;

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , i \*\*\* $p < 0.001$  - istotność statystyczna pomiędzy różnymi protokołami holowania.

Ryc. 3 Stężenie mleczanu we krwi w spoczynku i w odpowiedzi na różne protokoły holowania.



TTime - czas holowania, TSpeed - prędkość holowania, T- holowanie, SS - strój pływacki; DS - suchy skafander; CDV- klasyczna kamizelka nurkowa; WDV- kamizelka nurkowa „skrzydło”;

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , i \*\*\* $p < 0.001$  - istotność statystyczna pomiędzy różnymi protokołami holowania.

Ryc. 4a i Ryc. 4b. Czas holowania (TTime) i prędkość holowania (TSpeed) w odpowiedzi na różne protokoły holowania.

## DYSKUSJA

W niniejszych badaniach oceniono wpływ holowania na dystansie 50 metrów osoby wyposażonej w sprzęt ratunkowo-wypornościowych o różnej konfiguracji i osoby bez takiego sprzętu na czynność układu krążeniowo-oddechowego, pobór tlenu i efektywność holowania ratowników wodnych. Niniejsze badania mają charakter nowatorski z uwagi na fakt, że oceniono nie tylko obciążenie fizjologiczne ratownika podczas holowania, ale także wpływ konfiguracji sprzętu nurkowego na skuteczność akcji ratunkowej. Wyniki badań wykazały, że ratownik holujący osobę wyposażoną w kamizelki wypornościowe o różnej konfiguracji ma większe obciążenie układu krążeniowo-oddechowego w porównaniu do ratownika holującego nurka w suchym skafandrze. Do istotnych wyników badań należy wykazanie mniejszej prędkości holowania (TSpeed) i wyższego stężenia mleczanu we krwi w przypadku holowania w kamizelce typu skrzydło (TWDV) w porównaniu do holowania nurka w suchym skafandrze (TDS) i klasycznej kamizelki nurkowej (TCDV). Wyniki przeprowadzonych badań wydają się szczególnie istotne w akcji ratowniczej nurków, w której wydolność fizyczna ratowników ma istotne znaczenie nie tylko dla powodzenia akcji ratowniczej, ale także dla zmniejszenia ryzyka nagłego incydentu sercowo-naczyniowego związanego ze zmniejszeniem tolerancji zmian zmęczenia u holującego ratownika [7]. W czterech protokołach holowania z różną konfiguracją sprzętu wypornościowego i w suchym skafandrze wykazano, że wartości względne poboru tlenu ( $\dot{V}O_2$ ) były porównywalne pomiędzy protokołami. Uczestnicy badania osiągnęli wartości  $\dot{V}O_2$  powyżej 80% wartości maksymalnej, co wskazuje na wysokie obciążenie wysiłkowe (> 80%  $\dot{V}O_{2max}$ ). Uzyskane wartości mierzone podczas testu pływackiego okazały się niższe od wskazanych we wcześniejszych badaniach oceny przyrostu poboru tlenu podczas testu basenowego (36,5 ml/kg/min i 45,6 ml/kg/min.) [5,8]. Wcześniejsze badania wykazały, że trening wytrzymałościowy zwiększa odporność ratownika na zmęczenie, ratownik holujący nurka w sprzęcie nurkowym może wymagać ćwiczeń o większej intensywności dla poprawy wydolności i adaptacji do wysiłku fizycznego [3,9,10]. Maksymalny pobór tlenu i zmiany stężenia mleczanu podczas akcji ratowniczej są ważnymi wskaźnikami wytrzymałości. W badaniach ratowników lepsza technika ratunkowa korelowała z wyższym  $\dot{V}O_{2max}$  i mniejszym odczuciem zmęczenia [15,16]. Ponadto monitorowanie zużycia tlenu i parametrów krążeniowo-oddechowych, takich jak częstość skurczów serca, wentylacja minutowa płuc i stężenie mleczanu, może dostarczyć informacji o ogólnej sprawności fizycznej podczas akcji ratunkowej.

Kolejnym istotnym wynikiem badań niniejszej pracy jest wzrost stosunku wentylacji do perfuzji po holowaniu w klasycznej kamizelce nurkowej i tendencja do wyższych wartości  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  pomiędzy TDS i TWDV ( $29,6 \pm 5,2$  vs.  $31,2 \pm 5,8$  l,  $p < 0,06$ ), z uwagi na mały efekt ( $\eta^2$ ) trudno jest o wnioskowanie w stosunku do ogólnej populacji. Ratownik holujący osobę w suchym skafandrze charakteryzował się najniższymi wskaźnikami krążeniowo-oddechowymi, takimi jak HR, %HRmax i  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ , co wskazuje, że holowanie nurka w suchym skafandrze jest nie tylko najszybszą metodą holowania, ale także stanowi mniejsze obciążenie fizjologicznych mechanizmów adaptacyjnych holującego ratownika. Podobne obserwacje przedstawił w swojej pracy autorzy, [15], wskazując, że najszybszą metodą holowania jest holowanie w suchym skafandrze. Podwyższenie wskaźników krążeniowo-oddechowych takich HR,  $\dot{V}E$  i  $\dot{V}O_2$  obserwowane u ratowników wodnych bezpośrednio po długotrwałym pływaniu, były wynikiem obciążenia hemodynamicznego serca oraz zwiększonego zużycia tlenu w celu zrównoważenia zapotrzebowania energetycznego pracujących mięśni [17]. Przypuszcza się, że stres wysiłkowy podczas pływania z osobą holowaną w klasycznej kamizelce nurkowej lub kamizelką nurkową typu „skrzydło” powoduje większe obciążenie i podatność na zmęczenie ratownika co może niekorzystnie wpływać na umiejętności techniczne podczas holowania i skuteczność reanimacji. W świetle powyższych wyników należy podkreślić, że odpięcie kamizelki nurkowej i pozostawienie holowanego w suchym skafandrze podczas holowania na dystansie 50 metrów skraca czas holowania i jest istotne dla obniżenia obciążenia fizjologicznego (mniejsze stężenie LA i zakwaszenie mięśni) ratownika. Z drugiej strony, jak wynika z wcześniejszych badań [18], klasyczna kamizelka nurkowa pozwala na utrzymywanie się nurka na plecach w pozycji ukośnej na powierzchni wody, co jest istotne w sytuacji gdy holowanie na skutek zmęczenia ratownika może być przerwane. Określenie wpływu różnej konfiguracji sprzętu ratowniczo-wypornościowego na skuteczność akcji ratowniczej w warunkach basenowych a także otwartych akwenów wodnych wymaga dalszych badań. Do istotnych należą wnioski z przeprowadzonych badań na temat fizjologicznych uwarunkowań sprawności fizycznej ratowników wodnych.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że czas holowania i średnia prędkość holowania podczas pływania ratowniczego różnią się istotnie w zależności od rodzaju wyposażenia ratunkowego holowanego nurka (konfiguracja sprzętu wypornościowego). Holowanie nurka w suchym skafandrze znacznie skraca czas holowania i prędkość holowania i może mieć wpływ na lepszą tolerancję wysiłku fizycznego i mniejsze zmęczenie ratownika w porównaniu do holowania nurka w sprzęcie ratunkowo-wypornościowych.

## LITERATURA

1. Santiago, P., Filipe M., Santiago S., Duarte D., Teques P. (2022) Lifeguard performance skills: A Systematic Review. *International Journal of Aquatic Research and Education*. 13: 4, 5.
2. Stallman, R. K., & Hindmarch, T. (2012). Lifesaving Competition : Speed vs Safety Conflict of Interest ? 1–14.
3. Ashton A., McCluskey A., Gwinnutt C.L., Keenan AM. Effect of rescue fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min. (2002), 55(2): 151-155.
4. Salvador, A. F., Penteadó, R., Lisbôa, F. D., Corvino, R. B., Peduzzi, E. S., & Caputo, F. (2014). Physiological and metabolic responses to rescue simulation in surf beach lifeguarding. *Journal of Exercise Physiology Online*, 17(3), 21–31.
5. Reilly, C.; Iggleden, M.; Tipton, M. Occupational Fitness Standards for Beach Lifeguards. Phase 1: The Physiological Demands of Beach Lifeguarding. *Occup. Med.* (2006), 56: 6–11.
6. Olejniczak R. Effectiveness of Cardiopulmonary Resuscitation Depending on Lifeguard's Level of Exhaustion, *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. (2020), 30, 2.
7. Barcala-Furelos R., Szpilman D., Palacios-Aguilar J., Costas-Veiga J., Abelairas-Gomez C., Bores-Cerezal A., López-García S., Rodríguez-Núñez A. Assessing the efficacy of rescue equipment in lifeguard resuscitation efforts for drowning, *The American Journal of Emergency Medicine* (2016) . 34, 3: 480-485.
8. Ruibal Lista, B., Palacios Aguilar, J., Prieto, J.A., López-García, S., Cecchini-Estrada, J.A. Validation of a New Incremental Swim Test as a Tool for Maximum Oxygen Uptake Analysis in Lifeguards. *IJARE* (2019), 11, 6.

9. Saborit P., Soto Mdel V, Díez VG, Sanclement MA, Hernández PN, Rodríguez JE, Rodríguez LS. Physiological response of beach lifeguards in a rescue simulation with surf. *Ergonomics*. (2010) 53(9):1140-50.
10. López-García S., Ruibal-Lista B., Palacios-Aguilar J., Santiago-Alonso M., Prieto J.A. Relationship between the Performance in a Maximum Effort Test for Lifeguards and the Time Spent in a Water Rescue. *Int J Environ Res Public Health*. (2021) 25:18(7):3407.
11. Bosco G., Rizzato A., Moon R.E., Camporesi E.M. Environmental physiology and diving medicine. *Front Psychol*. (2018); 9: 72.
12. Middleton J.R. Evaluation of Commercially Available Buoyancy Compensators. Test Report. Navy Experimental Diving Unit Panama City Fl. (1980): 1-80.
13. Rush T. Test and Evaluation of the Integrated Divers Vest. Test Report. Navy Experimental Diving Unit Panama City Fl. (1994), 11-94.
14. Cheung S.S., Ainslie P.N. Diving and Hyperbaric Physiology. In *Advanced Environmental Exercise Physiology*. Champaign IL: Human Kinetics (2022); 109-126.
15. Kula A., Sadowski W., Stanula A., The efficiency of trailing by methods used in water rescue (2015), III International Scientific Conference „State, prospects and development of Rescue, Physical culture and Sports In the XXI century” At: Bydgoszcz, POLAND 1: 67-80
16. Fernandes, R. J., Sousa, M., MacHado, L., & Vilas-Boas, J. P. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, (2011) 32(12), 940–946.
17. Van Duijn T, Cocker K, Seifert L, Button C. Assessment of water safety competencies: Benefits and caveats of testing in open water. *Front Psychol*. (2022), 28:13.
18. Żebrowska A., Siermontowski P., Mikołajczyk R., Sikora M., Łakomy O. Evaluation of physiological stress experienced by divers maintaining an upright position on the water surface depending on the buoyancy control device. *Journal of Polish Hyperbaric Research* 3(76)2021, 35-44.

**Aleksandra Żebrowska**

kierownik Katedry Nauk Fizjologiczno-Medycznych  
Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach  
a.zebrowska@awf.katowice.pl