

**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
im. Jerzego Kukuczki w Katowicach**

mgr Arkadiusz Kula

**Wybrane wskaźniki morfofunkcjonalne ratowników wodnych
a efektywność holowania**

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

Promotor
dr hab. Arkadiusz Stanula, prof. AWF

Katowice 2023

Spis treści

Wstęp	5
1. Bezpieczeństwo na obszarach wodnych	7
1.1. Wypadki tonięcia na wyznaczonych obszarach wodnych w Polsce i na świecie.....	8
1.2. Ratownik wodny i jego rola w systemie zabezpieczenia obszaru wodnego	10
1.3. Struktura akcji ratunkowej	12
1.4. Sposoby holowania stosowane w ratownictwie wodnym	14
2. Uwarunkowania sprawności specjalnej ratowników wodnych	17
2.1. Sprawność specjalna ratownika wodnego	17
2.2. Uwarunkowania morfologiczne	19
3. Problem badawczy w świetle piśmiennictwa	23
4. Cel pracy i założenia badawcze	29
5. Materiał i metody badań	31
5.1. Grupa badawcza	31
5.2. Ogólny schemat badań	32
5.3. Narzędzia oraz techniki badawcze	32
5.3.1. Pomiary antropometryczne.....	32
5.3.2. Pomiary parametrów kinematycznych holowania.....	34
5.3.3. Pomiary fizjologiczne.....	35
5.3.4. Pomiary biochemiczne	36
5.3.5. Pomiar mocy kończyn dolnych	36
5.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej	37
6. Wyniki badań	38
6.1. Czas holowania manekina na dystansie 50 m	38
6.2. Czas oraz prędkość holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru.....	39
6.3. Praca ramion podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	42
6.4. Praca nóg podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	44
6.5. Kąt natarcia (ataku) podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	46
6.6. Wskaźnik spadku prędkości podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	48
6.7. Wskaźniki fizjologiczne uzyskane na podstawie testu pływackiego 7 × 200 m	50
6.8. Ocena wielkości poboru tlenu podczas holowania manekina	50
6.9. Ocena częstości skurczów serca podczas holowania manekina	53
6.10. Ocena wysycenia krwi tlenem po zakończeniu holowania manekina	55
6.11. Ocena wielkości wydatkowanej energii podczas holowania manekina	56
6.12. Ocena ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania manekina	57

6.13. Ocena związków między budową somatyczną i mocą kończyn dolnych a uzyskaną prędkością podczas holowania manekina.....	59
7. Dyskusja.....	64
8. Podsumowanie i wnioski.....	76
9. Bibliografia	80
Streszczenie	91
Spis Tabel.....	95
Spis Rycin.....	96

Wykaz skrótów stosowanych w pracy

EE	wydatek energetyczny
Fi.....	indeks spadku prędkości
HR	częstość skurczów serca
HR _{max}	maksymalna wartość częstości skurczów serca
%HR _{max}	procentowa wartość częstości skurczów serca odniesiona do wartości maksymalnych HR
J	holowanie sposobem z chwytem jednorącz za żuchwę
KątNat	kąt natarcia, czyli kąt jaki tworzy oś długa ciała ratownika z powierzchnią wody
LA _{peak}	maksymalna wartość stężenia mleczanu we krwi
n.....	liczebność
NN	kończyny dolne
O	holowanie sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe
P.....	holowanie sposobem z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”
Pkt.....	punkty
RPE.....	poziom odczuwania ciężkości wysiłku wg skali Borga
RER	współczynnik oddechowy (iloraz $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)
RR.....	kończyny górne
SpO ₂	saturation krwi
$\dot{V}O_2$	pobór tlenu
$\dot{V}O_{2max}$	maksymalne pochłanianie tlenu (pułap tlenowy)
$\dot{V}E/\dot{V}O_2$	równoważnik wentylacyjny dla tlenu
$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$	równoważnik wentylacyjny dla dwutlenku węgla
$\dot{V}CO_2$	wydalanie dwutlenku węgla
$\dot{V}E$	wentylacja minutowa
% $\dot{V}O_2$	procentowe wielkości pobieranego tlenu odniesione do wartości maksymalnych poboru tlenu
Ż	holowanie sposobem żeglarskim

Wstęp

Od zarania dziejów tereny wokół zbiorników wodnych miały ogromne znaczenie gospodarcze oraz strategiczne, dlatego też ludzie chętnie osiedlali się w ich pobliżu. W konsekwencji umiejętność pływania stała się wysoce użyteczna, a tam gdzie ludzie obcowali ze środowiskiem wodnym występowało ryzyko związane z utonięciem (Gwiaździński, 1980). Obawa o bezpieczeństwo ludzi korzystających z obszarów wodnych zwiększała się proporcjonalnie do poziomu zaludnienia i gospodarczego wykorzystywania zasobów wodnych, które z czasem stały się także miejscem uprawiania sportu i spędzania wolnego czasu. Zmiany te stwarzały coraz większe ryzyko utonięcia, co miało wpływ na wymianę doświadczeń, wzrostu umiejętności ratowania w wodzie, a finalnie przyczyniły się do opracowania i wdrożenia licznych procedur ratowniczych. Zaczęły powstawać stowarzyszenia ratownicze, takie jak: Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (WOPR), Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG), Royal Life Saving Society (RLSS), Life Saving Association of America (LSAA), czy też Australijski Związek Ratownictwa w surfingu, bądź Amerykański Czerwony Krzyż, których głównym celem stało się zabezpieczanie ludzi korzystających z obszarów wodnych oraz organizowanie pomocy w razie wypadków. Współcześnie na całym świecie istnieje wiele podmiotów zajmujących się zapewnieniem bezpieczeństwa osób korzystających z środowiska wodnego, ratowaniem tonących oraz szkoleniem ratowników wodnych. Wszystkie te organizacje łączy jedna, niezmiennie wspólna i altruistyczna cecha – niesienie pomocy tonącym (Graham, 2005; Tabaczek-Bejster, 2012; Telak, 2017).

Szansę przeżycia osoby tonącej zależą od wielu czynników, w tym od sprawnej akcji ratowniczej przeprowadzonej przez dobrze wyszkolonych i wyposażonych w sprzęt ratowników wodnych (Stanula i in., 2013). Wszelkie działania podczas udzielania pomocy osobie tonącej tworzą uporządkowany ciąg, który umownie jest nazywany łańcuchem ratowniczym. Na poszczególne ogniwa tego łańcucha składają się: rozpoznanie zagrożenia utraty życia w wodzie, przerwanie procesu tonięcia poprzez dotarcie na miejsce wypadku, dopłynięcie, przetransportowanie poszkodowanego do brzegu lub rozpoczęcie resuscytacji krążeniowo-oddechowej (RKO) w wodzie, pomoc medyczna na lądzie. Każda z tych czynności oraz stres towarzyszący podczas prowadzenia akcji ratowniczej powoduje stopniową utratę sił ratownika (Stanula, 2008). Podobną sekwencję czynności ratowniczych w stosunku do tonących odnaleźć można w licznych opracowaniach metodycznych i naukowych (Stallman i Hindmarch, 2012; Szpilman i in., 2014). Podkreśla się, iż ostatnim elementem akcji ratowniczej

w wodzie jest holowanie tonącego, które z jednej strony trwa najdłużej, a z drugiej w największym stopniu obciąża ratownika (Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Salvador i in., 2014). Niestety z tych prac nie wynika jasno, jakim sposobem oraz w jakim tempie ratownik powinien przemieszczać się z poszkodowanym. Rozbieżności w poglądach, tak praktyków jak i teoretyków zajmujących się ratownictwem wodnym przyczyniły się do powstania opracowania, którego głównym celem badawczym jest ocena efektywności holowania tonącego. W trakcie badań do holowania wykorzystano standardowy manekin DLRG. W badaniach zostały uwzględnione sposoby transportowania tonącego bez sprzętu oraz z wykorzystaniem pomocniczego sprzętu ratowniczego (pas ratunkowy). Wyznacznikiem efektywności poruszania się ratownika z manekinem jest prędkość oraz wielkość zmęczenia ratownika wodnego, oceniane na podstawie wybranych wskaźników fizjologicznych. Dodatkowo ocenione zostały cechy morfofunkcjonalne ratownika wodnego, warunkujące efektywność holowania tonącego.

Celem aplikacyjnym pracy jest opracowanie i rekomendacja instytucjom odpowiedzialnym za programy szkolenia ratowniczego najefektywniejszych, a zarazem najbardziej bezpiecznych sposobów holowania stosowanych w ratownictwie wodnym z uwzględnieniem różnego typu przypadków tonięcia. Zwiększy to kompetencje ratowników wodnych, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu ich bezpieczeństwa, a bardziej skuteczne działania w czasie ratowania ludzi ograniczą liczbę nieszczęśliwych wypadków w wodzie.

1. Bezpieczeństwo na obszarach wodnych

Wypadki utonięć stanowią poważny problem w skali międzynarodowej. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) rocznie na świecie śmierć wskutek utonięcia ponosi około 359 tys. osób, co stanowi 7% wszystkich zgonów w wyniku wypadków (Chan i in., 2018; Halik i in., 2014; Schmidt i in., 2019; Tabaczek-Bejster i in., 2021). Do badań i oceny dynamiki umieralności występującej w populacjach używa się powszechnie dwóch wskaźników: rzeczywistego, tzw. surowego wskaźnika umieralności – „*crude death rate*” (CDR) oraz standaryzowanego – „*standardised death rate*” (SDR) (Ciabiada i in., 2015). Wskaźnik CDR opisywany jest jako najprostszy i najbardziej bezpośredni w liczeniu zgonów w danej populacji. Bardziej zaawansowanym miernikiem zgonów jest wskaźnik SDR, który dzięki uwzględnieniu np. wieku czy płci, daje możliwość porównania umieralności w określonych grupach wiekowych, osobniczych, czy też ze względu na miejsce zamieszkania (Ciabiada i in., 2015; Szpilman i in., 2012). Jednym z najbardziej istotnych czynników wpływających na poziom wskaźnika SDR i CDR jest świadomość społeczeństwa w zakresie bezpieczeństwa obcowania z wodą. Wszystkie podjęte środki w celu profilaktyki i prewencji zachowania nad wodą tj. upowszechnianie nauki pływania, czy właściwa organizacja warunków do bezpiecznej kąpieli pod opieką dobrze wyszkolonej kadry ratownictwa wodnego, stanowią ważne ogniwo w przeciwdziałaniu utonięciom (Kula i in., 2016; Ostrowski i in., 2013; Skalski i in., 2015; Telak, 2017; World Health Organization, 2021).

Utonięcia są zjawiskiem społecznym występującym na całym świecie, niestety tym powszechniej im dany kraj jest mniej rozwinięty społecznie i gospodarczo (Wiesner, 2017; World Health Organization, 2021). Zagrożenia towarzyszące osobom korzystającym z wody mają swoje podłoże zewnętrzne oraz wewnętrzne. Do przykładowych zagrożeń o charakterze zewnętrznym zaliczyć można m.in. niebezpieczeństwa związane ze specyfiką danego akwenu, warunki atmosferyczne, awarie sprzętu pływającego, zagrożenia zwierząt wodnych, czy też obecność podmiotów prowadzących działalność gospodarczą. Z kolei zagrożenia o charakterze wewnętrznym związane są z nieprzestrzeganiem przepisów, niskim poziomem sprawności fizycznej, brawurą, bezmyślnością, nietrzeźwością, czy wreszcie z brakiem opieki nad dziećmi (Sikora i Telak, 2020; Telak, 2017; Wiesner, 2020). W celu minimalizowania ww. zagrożeń obszary wodne zabezpieczane są przez upoważnione do prowadzenia działań ratowniczych podmioty, których działalność polega na lokalizacji miejsc potencjalnie bezpiecznych, budowie, zagospodarowaniu i oznakowaniu obiektów, terenów oraz urządzeń, wyposażeniu w niezbędny sprzęt ratowniczy i wyznaczeniu dyżurów ratowniczych (Kwaśna i in., 2015; Sikora

i Telak, 2020; Stanula, 2019). Po wejściu Ustawy z dnia 18 sierpnia 2011 r., o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych zniesiono monopol dotyczący zarówno szkoleń jak i zabezpieczania obszarów wodnych, należący we wcześniejszych latach do Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (Kwaśna i in., 2015; Michniewicz i Michniewicz, 2013; Skalski, 2018). Obecnie za zapewnienie bezpieczeństwa na obszarach wodnych odpowiada: na terenie parku narodowego lub krajobrazowego – dyrektor parku, a na terenach, gdzie prowadzona jest działalność sportowa lub rekreacyjna – osoba fizyczna, osoba prawna i jednostka organizacyjna nie posiadająca osobowości prawnej, natomiast prowadząca działalność z tego zakresu. Na pozostałych obszarach odpowiadają z kolei zarządcy danego terenu np. wójt, burmistrz, czy prezydent miasta, którzy poprzez przetarg wyłaniają korzystną ofertę danego podmiotu zajmującego się ratownictwem wodnym. Podmiot zajmujący się ratownictwem wodnym uzyskuje zgodę na prowadzenie działalności ratowniczej w drodze administracyjnej wydanej przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji, jeżeli zapewnia stan gotowości do wykonywania ratownictwa wodnego poprzez utrzymywanie stałych dyżurów ratowników wodnych, dysponuje kadrą ratowników wodnych w liczbie niezbędnej do zapewnienia stanu gotowości, posiada siedzibę, a także niezbędny do wykonywania ratownictwa wodnego sprzęt specjalistyczny oraz środki transportu i łączności (Dz. U. z 2011 r., Nr 208 poz. 1482, Wiesner, 2017). Do kolejnych działań podmiotów zabezpieczających obszary wodne należą m.in. profilaktyka oraz edukacja polegająca na oznakowaniu miejsc niebezpiecznych, objęcie ich nadzorem jak również uświadamianie społeczeństwa o zagrożeniach wynikających z korzystania z obszarów wodnych. Do dnia dzisiejszego, pomimo rozwoju technologii jak i wodnej infrastruktury, trudno zapanować nad wypadkami utonięć. Według WHO w 2021 roku wypadki wywołane utonięciami stanowiły około 7% wszystkich zgonów, gdzie 50% ofiar miała poniżej 30-tego roku życia, natomiast 90% ofiar pochodziła z krajów średnio i nisko rozwiniętych (Dahl i Miller, 1979; Morgan i Ozanne-Smith, 2013; World Health Organization, 2021).

1.1. Wypadki tonięcia na wyznaczonych obszarach wodnych w Polsce i na świecie

Strzeżone oraz niestrzeżone kąpieliska nadmorskie, zarówno śródlądowe jak i zbiorniki sztuczne stanowią dobre miejsce do spędzania wolnego czasu w trakcie słonecznych dni. Wysokie fale, silne prądy oraz chłodna woda sprzyjają wypadkom, tworząc miejsca kąpiele niebezpiecznymi (Claesson i in., 2011). Poczucie bezpieczeństwa dla człowieka ma wartość

nadrzędną i jest drugą co do ważności potrzebą, zaraz po potrzebach fizjologicznych (Gracz i Zalewski, 2011), dlatego powinno się je traktować podmiotowo, jako proces społeczny nakierowany na zaspokojenie potrzeb istnienia, których ograniczenie i brak powoduje niepokój oraz poczucie zagrożenia (Skalski, 2018).

W Polsce wypadki utonięć wciąż stanowią poważny problem w zdrowiu publicznym. W latach 2000-2012 około 1000 ludzi straciło życie w wyniku utonięcia każdego roku. Ryzyko zgonu w tym okresie było dwa razy większe niż w pozostałych krajach Unii Europejskiej (Halik i in., 2014). Obserwując statystyki utonięć należy zwrócić uwagę na okoliczności, miejsce, pogodę, porę dnia, płeć, wiek, czy też odległość wypadku tonięcia od linii brzegowej. Dyskutowane w przestrzeni publicznej, a także poruszane w literaturze naukowej z zakresu ratownictwa wodnego, identyfikowane są istotne czynniki, które mogą zniwelować dużą liczbę utonięć na terenie naszego kraju (Halik i in., 2014; Sikora i Telak, 2020; Stanula, 2019; Stanula i in., 2015; Wiesner, 2017). Odpowiednia liczba ratowników, kąpielisk strzeżonych, edukacja dzieci oraz dorosłych, wprowadzenie jednolitego programu nauki pływania, to kilka propozycji wartych uwagi i dyskusji.

Istotnym czynnikiem wpływającym na zwiększoną liczbę utonięć nie tylko w Polsce, ale i na Świecie, jest korzystanie z obszarów wodnych będąc pod wpływem alkoholu (Driscoll i in., 2004). W literaturze przedmiotu zajmującą się tematyką wypadków w środowisku wodnym wykazano, że liczba ofiar utonięć pod wpływem alkoholu wynosi między 25-50% wszystkich wypadków śmiertelnych w wodzie (Driscoll i in., 2004; Howland i Hingson, 1988). Do innych czynników mających wpływ na wypadki utonięć należą m.in.: czynniki pogodowe, indywidualne cechy ludzi potrzebujących pomocy oraz specyfika akcji ratowniczej. Na podstawie analiz statystycznych można stwierdzić, że największa liczba akcji ratowniczych zdarza się w sytuacji, gdy wiatr jest słaby (48,7 %), w kierunku do brzegu (52,3 %), morze jest wzburzone (59,6%), a wysokość fal jest pomiędzy 0,5, a 1 m (Morgan i Ozanne-Smith (2013). Najmniej zdarzeń wymagających interwencji ratownika zwykle ma miejsce, gdy fale przekraczają 2 m (9,8 %), wieje silny wiatr (6,2 %), wzdłuż linii brzegowej (15 %), lub gdy morze jest spokojne, panuje tzw. flauta (11,4 %). Najwięcej interwencji ratowniczych (110 z 353 akcji) odnotowano między 50 a 100 metrem od brzegu, natomiast tylko 48 (13,6 %) miało miejsce powyżej odległości 150 m. Pod względem obszaru największy odsetek, bo aż 71% stanowiły wypadki na obszarze patrolowanym przez ratowników. Opierając się na przeprowadzonej analizie wypadków utonięć wód przybrzeżnych Australii oszacowano niebezpieczne warunki i miejsca do pływania i kąpieli. Określono również sposoby zwiększenia bezpieczeństwa osób przebywających nad wodą oraz profilaktyki i prewencji.

Skala zagrożenia życia wynikająca z obcowania człowieka ze środowiskiem wodnym jest ogromna, dlatego też postuluje się systematyczne gromadzenie danych na temat wypadków nad wodą i w wodzie, a następnie prowadzenie analiz ze szczególnym uwzględnieniem miejsca wypadku, czasu, pory roku, odległości od brzegu, płci, wieku oraz okoliczności i przyczyn wypadku, jak np. zasłabnięcie, uszkodzony pod wpływem środków odurzających, brak umiejętności pływackich, kolizja podczas sportów ekstremalnych czy wypadnięcie z łódki. Równie wartościowymi są dane na temat działań ratowniczych, które powinny uwzględniać takie dane jak: rodzaj użytego sprzętu, odległość wypadku tonięcia od brzegu, sposób i czas trwania dotarcia na miejsce wypadku, zastosowany sposób holowania, konieczność wykonania resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Takie dane po opracowaniu z całą pewnością będą przydatne przy planowaniu szkoleń, kursów oraz pracy ratowników w określonej lokalizacji (Morgan i Ozanne-Smith, 2013; Tellier i in., 2019; Zhu i in., 2015). W Polsce współczynnik wypadków oraz utonięć jest wyższy w porównaniu do krajów członkowskich Unii Europejskiej, dlatego proponuje się, aby poprawić efektywność nadzoru nad akwenami, wprowadzić działania profilaktyczne na rzecz bezpieczeństwa nad wodą w postaci licznych programów edukacyjnych, promocję zdrowia poprzez podstawową naukę pływania, jak również uwzględnienie problemów utonięć w programach profilaktycznych dotyczących uzależnień. W celu spójności oraz rzetelności danych o utonięciach sugeruje się poprawę systemu informacyjnego, dostarczającego raporty, gromadzącego i przetwarzającego dane o interwencjach z zakresu zdrowia publicznego (Halik i in., 2014; Sikora i Telak, 2020; Telak i Frąckowiak, 2020).

1.2. Ratownik wodny i jego rola w systemie zabezpieczenia obszaru wodnego

Bezpośredni nadzór nad przebywającymi na kąpielisku ludźmi pełni ratownik wodny. Do jego podstawowych obowiązków należy obserwacja wyznaczonego obszaru wodnego, wywieszanie odpowiednich flag informacyjnych, sygnalizacja naruszeń regulaminu korzystania z wyznaczonego terenu, przeciwdziałanie przyczynom zagrożeń, a także reagowanie na wzywanie pomocy i ewentualne prowadzenie akcji ratowniczej. Ponadto, ratownik zobowiązany jest do kontroli stanu urządzeń oraz sprzętu ratowniczego, monitorowania głębokości strzeżonego kąpieliska, prowadzenia dokumentacji oraz informowania przełożonego o zaistniałych wypadkach osób przebywających na wyznaczonym obszarze wodnym.

Na podstawie Ustawy z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych określono system ujednoczonych szkoleń ratowników wodnych. W rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 2012 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących liczby ratowników wodnych zapewniających stałą kontrolę wyznaczonego obszaru wodnego, umieszczono zapis o minimalnej liczbie ratowników w zależności od rodzaju i wielkości obszaru wodnego. W przypadku pływalni o długości do 25 m jest to jeden ratownik, od 25 m do 50 m dwóch ratowników, a od 50 m i powyżej – trzech ratowników. W przypadku kąpielisk śródlądowych oraz nadmorskich liczba pracujących ratowników wodnych zależy od długości linii brzegowej. Na każde 100 m linii brzegowej na kąpieliskach śródlądowych należy zapewnić dwóch ratowników, natomiast nadmorskich trzech ratowników. W obu przypadkach jeden z ratowników powinien patrolować wyznaczony obszar od strony lustra wody (Dz. U. z 2012 r., Nr 108). Przyczyną, dla której wyznaczone obszary wodne powinno zabezpieczać więcej ratowników wodnych, niż ma to miejsce na pływalniach, mogą być liczne przypadki utonięć na wodach otwartych, co wynika ze znacznie większej liczby osób chętnych do korzystania z infrastruktury wodnej (Morgan i Ozanne-Smith, 2013, Zhu i in., 2015, Tellier et al., 2019).

Mając na uwadze zapewnienie odpowiedniego poziomu wykształcenia ratowników stworzono jednolity sposób przeprowadzania egzaminu z zakresu ratownictwa wodnego (Dz. U. z 2012 r., poz. 747; Skalski, 2018). Osoba chcąca zostać ratownikiem wodnym musi przejść odpowiednie szkolenie ratownicze oraz zdać egzamin końcowy. Obecnie egzamin na ratownika wodnego składa się z części teoretycznej i praktycznej. Część teoretyczną przeprowadza się w formie testu składającego się z 30 pytań, zawierających po trzy propozycje odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa. Uczestnik egzaminu zdaje część teoretyczną po udzieleniu co najmniej 80% poprawnych odpowiedzi na karcie testowej, w wyniku czego może przystąpić do egzaminu praktycznego, podczas którego od kandydatów wymaga się pozytywnego zaliczenia siedmiu zadań praktycznych odbywających się na pływalni oraz wodach otwartych. Na pływalni przyszły ratownik musi przepłynąć dystans 400 m w czasie do 8 min, pokonać 25 m pod wodą z równoczesnym wyłowieniem dwóch przedmiotów znajdujących się na głębokości od 2 do 2,5 m po obu stronach linii pływnięcia oraz przepłynąć sposobem ratowniczym (z głową nad lustrem wody) 50 m w czasie poniżej 55 s. Kolejnym zadaniem, z jakim muszą zmierzyć się kandydaci na ratowników wodnych jest przepłynięcie wiosłową łodzią ratowniczą lub kajakiem 75 m w linii prostej, dopłynięcie do boi rufą, a następnie powrót do linii startu. Pierwszy dystans pokonywany jest za pomocą 2 wiosła, natomiast powrót przy

użyciu 1 wiosła. Na całe zadanie przewidziany jest czas 2 min 40 s. Ostatnie trzy zadania, w zależności od dostępnej infrastruktury, mogą zostać przeprowadzone na pływalni, bądź wodach otwartych. Kandydaci na ratowników wodnych mają obowiązek przeprowadzić symulowaną akcję ratunkową, polegającą na przepłynięciu co najmniej 20 m, wyłowieniu manekina znajdującego się na głębokości co najmniej 1,60 m oraz doholowaniu go do brzegu przy pomocy pasa ratunkowego. Następnie sprawdzane są umiejętności holowania tonącego na dystansie 150 m z zastosowaniem trzech różnych sposobów holowania, po 50 m każdy. Ostatnim zadaniem jest wyciągnięcie osoby poszkodowanej na brzeg o wysokości co najmniej 30 cm od lustra wody lub na pokład łodzi, następnie udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy po odpowiednim zabezpieczeniu poszkodowanego i ułożeniu go w pozycji bezpiecznej (Dz. U. z 2012 r., poz. 747, Ostrowski i in., 2015). Mnogość zadań występujących w trakcie ratowania tonącego, jakie musi wykonać ratownik czyni go wielozadaniowym. Takie elementy akcji ratowniczej, jak dopłynięcie do tonącego, nurkowanie, holowanie, czy prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej (RKO) silnie obciążają układ krążeniowo-oddechowy ratownika, przez co mogą prowadzić do niepowodzenia akcji ratowniczej. O trudnościach, jakie występują podczas udzielania pomocy tonącemu, przyszły ratownik może przekonać się już podczas zaliczenia egzaminu z symulowanej akcji ratowniczej (Bielec i Dondziło, 2008; Parnicki i in., 1999; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Stanula, 2008; Telak, 2017, Zalewski, 2007).

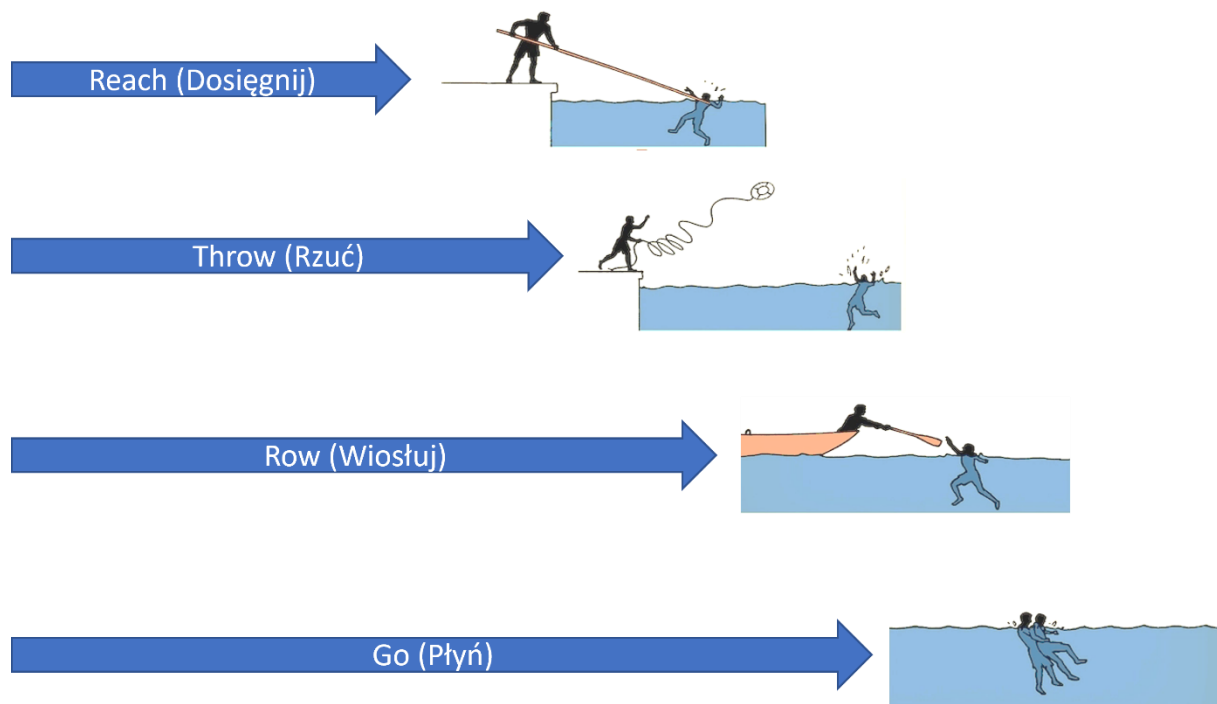
1.3. Struktura akcji ratunkowej

Strukturę akcji ratunkowej oraz jej poszczególne etapy przedstawiono w opracowaniach Rejman i in. (2012) oraz Stanula (2008). Obejmują one elementy, takie jak: wejście do wody, dopłynięcie do tonącego, zejście pod wodę tzw. scyzoryk, pływanie pod wodą, chwyt ofiary, holowanie oraz wyjście i wyciągnięcie tonącego na brzeg. Poziom wykonywania tych czynności determinują kompetencje ratownicze, rozumiane jako specjalne umiejętności wykorzystywane podczas działań ratowniczych (Rejman i in., 2012; Stanula, 2008). Ciąg tych kombinacji charakteryzuje się dużą intensywnością, których wysiłek w poszczególnych etapach osiąga wartości submaksymalne i maksymalne, gdzie częstość skurczów serca ratownika waha się od 80 do 100% maksymalnej wartości częstości skurczów serca (HR_{max}) (Bielec i Dondziło, 2008; Parnicki i in., 1999; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Stanula, 2008; Zalewski, 2007). Każdy z kolejnych etapów w strukturze akcji

ratunkowej związany jest ze stopniową utratą sił ratownika, na co wpływa również stres towarzyszący działaniom ratowniczym, a także warunki atmosferyczne. Wszystkie czynności wykonywane przez ratownika mają fundamentalne znaczenie, które bezpośrednio wpływają na pozytywny, bądź negatywny efekt końcowy akcji ratunkowej. Niejednokrotnie ratownik ma do dyspozycji tylko sprzęt podręczny i zmuszony jest do podjęcia działań ratowniczych w pojedynkę, co związane jest z koniecznością racjonalnego rozłożenia sił na każdą czynność w strukturze akcji. Wyczerpanie ratownika, zła ocena swoich umiejętności, nieprzewidziane sytuacje oraz warunki panujące w wodzie, mogą mieć wpływ na powodzenie całej akcji ratunkowej. Istnieje prawdopodobieństwo, że ratownik, który źle ocenił sytuację, sam może stać się osobą będącą w potrzebie ratowania życia (Stanula, 2008).

Opierając się o podstawę programową szkoleń Międzynarodowej Federacji Ratownictwa (International Life Saving Federation, ILS), Telak (2017) przedstawił następujące kluczowe kompetencje ratownicze: pływanie, nurkowanie, techniki ratownictwa wodnego, motorowodne oraz kwalifikowaną pierwszą pomoc. Autor zasugerował również, jak ważnym aspektem, mówiąc o kompetencjach ratowniczych jest ich fundament, czyli pływanie, a poddawanie dzieci i młodzieży treningowi sportowemu może pozwolić na wykształcenie wysokich umiejętności technicznych, które w konsekwencji staną się doskonałą bazą do nauki technik ratowniczych oraz umiejętności prowadzenia bezpośrednich akcji ratunkowych.

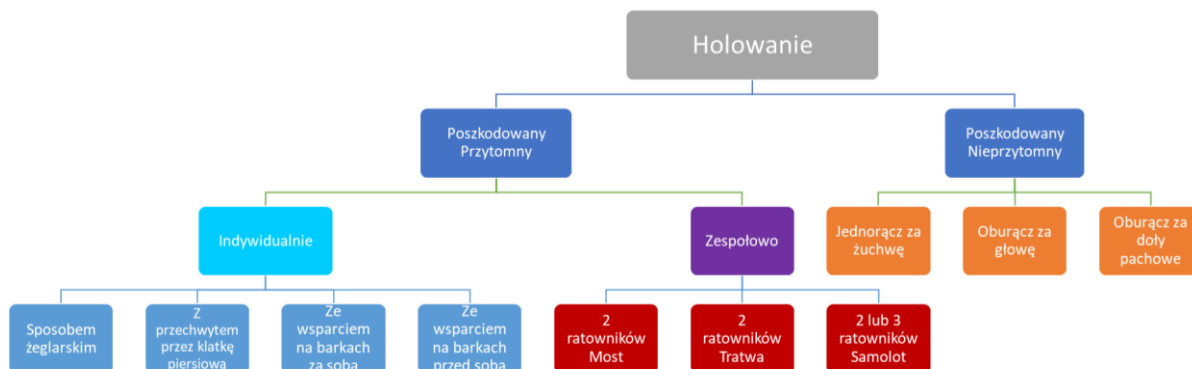
Reach-throw-row-go-tow (dosięgnij, rzuć, wiosłuj, pływaj, holuj) to jeden z najbardziej zapadających w pamięć schematów akcji ratowniczej (Stallman i Hindmarch, 2012). Uporządkowany ciąg i jego poszczególne etapy następują zaraz po sobie. Autorzy sugerują, brak konieczności wykonywania kolejnych etapów w momencie pozytywnego zakończenia etapu poprzedzającego, np. w przypadku podania osobie potrzebującej pomocy sprzętu ratowniczego, kolejne etapy wiosłowania, płynięcia i holowania nie są wymagane, co prowadzi do konkluzji, jak bardzo istotna jest profilaktyka, szybka reakcja oraz dobre wyszkolenie zespołu ratowników (Kwaśna i in., 2015; Stanula, 2008; Stanula i in., 2013).



Ryc. 1. Zasady bezpiecznego postępowania podczas akcji ratunkowej (źródło: opracowanie własne).

1.4. Sposoby holowania stosowane w ratownictwie wodnym

Bezpieczeństwo ratownika i osoby potrzebującej pomocy podczas prowadzenia akcji ratowniczej jest najważniejszym determinantem jej prowadzenia. O powodzeniu działań ratownika podczas akcji ratunkowej decyduje przede wszystkim jego poziom wyszkolenia (Stanula, 2008). Poziom umiejętności ratowniczych związany jest z umiejętnościami taktycznymi, czyli szybką analizą sytuacji, oceną okoliczności wypadku oraz podjęciem decyzji o użytym sposobie holowania tonącego (Kula i in., 2015). Sposób, jakim ratownik będzie holował tonącego zależy od umiejętności indywidualnych ratownika, stanu i masy poszkodowanego, liczby ratowników biorących udział w akcji, odległości od brzegu oraz użytego w akcji sprzętu ratowniczego (Skalski 2010). Etap transportu tonącego jest jednym z najtrudniejszych w akcji ratowniczej, bowiem trudno jednoznacznie stwierdzić jaki dystans ratownik będzie musiał przepłynąć holując ofiarę wypadku. Dlatego umiejętność holowania tonącego ratownik powinien opanować do perfekcji i jednocześnie być gotowym do przepłynięcia nawet najdłuższych odległości w wodzie (Stanula, 2008). Schemat prezentujący podział sposobów holowania funkcjonujących w polskiej literaturze z zakresu ratownictwa wodnego zaprezentowano na Rycinie 2.



Ryc. 2. Podział sposobów holowania w zależności od stanu przytomności poszkodowanego (źródło: opracowanie własne).

W Polsce na kursach ratowniczych, ratownik poznaje wiele sposobów holowania, których dobór uwarunkowany jest głównie od tego, w jakim stanie znajduje się tonący. Pierwszą kategorią jest holowanie osoby przytomnej lub zmęczonej, w której wyróżniamy:

- 1) holowanie przed sobą ze wsparciem na barkach; po dopłynięciu do poszkodowanego ratownik próbuje nawiązać z nim kontakt, a następnie stara się go uspokoić; w tym celu ustawia się pionowo w wodzie polecając ratowanemu, aby chwycił się go za barki wyprostowanymi w łokciach ramionami, po czym nakazuje mu położyć się na plecach z nogami odwiedzionymi w bok; ratownik płynąc żabką odholowuje poszkodowanego w bezpieczne miejsce;
- 2) holowanie za sobą ze wsparciem na barkach; podobnie jak w powyższym sposobie holowania ratownik próbuje nawiązać kontakt z osobą potrzebującą pomocy, a następnie ustawia się tyłem w pozycji pionowej i poleca poszkodowanemu oprzeć swe wyprostowane w łokciach ramiona na barkach ratownika; w dalszej kolejności ratownik przechodzi do położenia na piersiach i zaczyna płynąć żabką holując w ten sposób poszkodowanego; jeżeli to możliwe holowany pomaga ratownikowi wykonując kraulowe bądź żabkowe ruchy kończynami dolnymi; sposób ten może być niewygodny z uwagi na opadające nogi osoby holowanej, które przeszkadzają w wykonywaniu ruchów napędowych nogami ratownika;
- 3) holowanie z chwytem za biodra; sposób bardzo podobny do poprzedniego z tą różnicą, że osoba zmęczona trzyma się ratownika za biodra wyprostowanymi w łokciach ramionami; ten układ holowania przytomnego poszkodowanego eliminuje „kopanie” nóg holowanego;
- 4) holowanie przez dwóch ratowników sposobem zwanym „most”; w sytuacji, gdy jest dwóch ratowników mogą oni holować osobę zmęczoną sposobem zwanym „most”; jeden z

holujących ustawia się w wodzie tyłem do osoby holowanej, której poleca oprzeć na barkach wyprostowane w łokciach ramiona, drugi z ratowników ujmuje nogi osoby zmęczonej i układa je na swoich barkach; obydwaj ratownicy płyną żabką na piersiach, przy czym tempo pływania dyktuje ratownik płynący z tyłu, co zapobiega rozerwaniu się „mostu”;

- 5) holowanie przez dwóch lub trzech ratowników sposobem zwanym „samolot”; dwóch holujących płynie równolegle do siebie żabką na piersiach, a znajdujący się między nimi poszkodowany trzyma się ich wewnętrznych barków ramionami wyprostowanymi w stawach łokciowych; jeśli jest trzeci ratownik, to podtrzymuje nogi holowanego; holujący dostosowują tempo pływania tak, aby cały czas płynąć równolegle, natomiast poszkodowany może pomagać ratownikom wykonując kraulowe bądź żabkowe ruchy nogami (tylko przy dwóch ratownikach);
- 6) holowanie przez dwóch ratowników sposobem zwanym „tratwa”; holujący ustawiają się po obu stronach holowanego twarzą do niego, chwytając go pod ramiona (pod pachy); ratownik znajdujący się po lewej stronie zakłada chwyt lewą ręką, ratownik po prawej - prawą ręką; w ten sposób obaj płyną równolegle w jednakowym tempie na boku holując osobę zmęczoną leżącą na plecach, która może pomagać ratownikowi kraulową pracą nóg.

Drugą kategorią są sposoby holowania osób nieprzytomnych, w której wyróżniamy:

- 1) holowanie z chwytem oburącz za doły pachowe; osoba nieprzytomna ułożona jest na plecach, ratownik chwytają ją pod pachy, a następnie holuje ją płynąc na plecach przy pomocy pracy nóg jak do żabki; należy pamiętać, że ratownik powinien cały czas obserwować twarz poszkodowanego, a ramiona powinny być wyprostowane w stawach łokciowych;
- 2) holowanie z chwytem oburącz za żuchwę; podobny sposób holowania do opisanego powyżej, z tym że ratownik precyzyjnie ujmuje poszkodowanego za żuchwę, tak by nie zasłaniać przewodu słuchowego i nie naciskać na jego gardło (krtań); ratownik płynie żabką na grzbiecie i stara się mieć wyprostowane ramiona w stawie łokciowym w celu zapobiegnięcia zalewania twarzy holowanemu;
- 3) holowanie z chwytem tzw. „żeglarskim”; sposób stosowany szczególnie przy osobach agresywnych; ratownik chwytają holowanego za jego plecami, przekładając swoje ramię pod ramionami tonącego, z jednoczesnym chwytem za dalsze ramię poniżej stawu barkowego (Stanula, 2005).

2. Uwarunkowania sprawności specjalnej ratowników wodnych

Ratownictwo wodne obejmuje wszelkie wyspecjalizowane działania na rzecz zmniejszenia liczby wypadków utonięć na obszarach wodnych. W działalności ratowników można wyróżnić ratowanie tonących, udzielanie pierwszej pomocy, organizację służby ratowniczej, profilaktykę, szkolenie kadry ratowniczej oraz propagowanie podstawowych umiejętności pływackich. Bezwzględnie jednak do najbardziej niebezpiecznych należy bezpośrednie niesienie pomocy tonącym. Biorąc pod uwagę zakres czynności oraz obowiązków, stwierdzenie że od poziomu wiedzy, umiejętności oraz sprawności fizycznej ratowników zależy może życie ludzkie wydaje się być prawdziwe (Stanula i in., 2013; Waade i in., 2015). Rolę sprawności fizycznej, jako najbardziej istotnej cechy ratownika wodnego, podkreśla w swojej pracy Skalski i in. (2016).

2.1. Sprawność specjalna ratownika wodnego

W literaturze przedmiotu można spotkać wiele definicji sprawności fizycznej, a różni autorzy rozumieją ją w inny sposób. Przez pojęcie sprawności fizycznej rozumie się nie tylko funkcjonowanie aparatu ruchu, ale również biologiczne działanie całego organizmu. Liczne dyskusje oraz rozbieżności w opiniach pojawiające się wokół definicji sprawności fizycznej obrazują jak złożona jest tematyka motoryczności człowieka (Osiński, 2003). Mówiąc o sprawności fizycznej podkreśla się, że jest to cecha, poprzez którą poddaje się ocenie bieżący poziom możliwości ruchowych, uwzględniająca strukturalne i funkcjonalne podłoża oraz codzienną aktywność ocenianego osobnika. Osoba sprawna fizycznie charakteryzuje się względnie dużym zasobem opanowanych ćwiczeń ruchowych, wysoką wydolnością układu krążenia, oddychania, wydzielania i termoregulacji, prawidłowościami w budowie ciała oraz afirmującym fizyczną aktywność stylem życia (Osiński (2003)). Przewęda (1985) w oparciu o rozmaite definicje sprawności fizycznej, wyodrębnił cztery najistotniejsze jej typy: mechanistyczno-biologiczny, behawioralno-kulturalny, motoryczny oraz fizjologiczno-medyczny.

Mechanistyczno-biologiczna koncepcja sprawności fizycznej propagowana była w Polsce przez Wolańskiego (Wolański i Parizkova, 1976), który definiował sprawność fizyczną, jako efekt biologicznego działania organizmu ze szczególnym uwzględnieniem sprawności fizjologicznej człowieka wynikającej ze wzajemnie funkcjonujących układów m.in. krążenia, układu oddechowego, wytrzymałości struktury kostno-stawowej, skurczów mięśni, równowagi

gospodarki hormonalnej, układu krwiotwórczego oraz prawidłowego funkcjonowania narządów wewnętrznych ze szczególnym uwzględnieniem pracy wątroby i nerek. Interpretując sprawność fizyczną, w rozumieniu działań motorycznych, jest to stosunek efektywności ruchów do morfologicznego podłoża makro i mikro morfo-bio-fizyko-chemicznego, czyli predyspozycji (Osiński, 2003). Z kolei w behawioralno-kulturowej koncepcji sprawności fizycznej przedstawia się ją jako efekt wzajemnych korelacji między poziomem zaradności i samodzielności motorycznej, a wpływem czynników biogeograficznych i społeczno-kulturowych na działanie organizmu ludzkiego. Zgodnie z powyższą ideą, Przewęda (1985) wyodrębnił 3 grupy charakteryzujące właściwości osobnicze pod względem sprawności fizycznej: wydolność fizyczną ustroju i poziom rozwoju cech motorycznych, umiejętności ruchowe oraz motywację w działaniu. Trzecią koncepcją sprawności fizycznej jest typ motoryczny. Uznaje się w nim przeważnie stopień zaawansowania zdolności motorycznych, a finalnie miarą sprawności jest korelacja zdolności siłowych, szybkościowych, wytrzymałościowych oraz koordynacyjnych. W oparciu o koncepcję motoryczną warto przyrzeć się definicji sprawności fizycznej wg Gilewicza (1964), który uważa, że poziom sprawności powiązany jest z ilością popełnianych błędów, a więc, gdy ruch wykonywany jest trafnie, harmonijnie i ekonomicznie tym wyżej oceniana jest sprawność fizyczna. Denisiuk (1972) uważał, że sprawność fizyczna jest umiejętnością wszechstronnego władania swym ciałem, a wysoce sprawnym ruchowo osobnika definiował osobę potrafiącą dobrze biegać, skakać, rzucać, wykonywać rozmaite sekwencje ruchowe i potrafiącą opanować różnorodne umiejętności, zarówno ruchowe jak i sportowe. W definicji sprawności fizycznej i jej ostatnim typie fizjologiczno-medycznym, pierwszoplanowe znaczenie mają elementy zdrowotne. Takie podejście ściśle kładło nacisk na aspekty medyczne oraz sprawność energetyczną ustroju. Zwolennicy tej koncepcji podkreślali istotę sprawności energetycznej (zdolności tlenowe i beztlenowe), czy stan układu krążenia, odporność na czynniki chorobotwórcze, a nawet stan umysłu (Osiński, 2003; Sharkey, 1990).

Wielozadaniowość jaką powinien charakteryzować się ratownik wodny oraz czynności ratunkowe uwarunkowane podłożem mechanistyczno-biologicznym powinny być możliwie jak najbardziej efektywne, czyli akcja ratownicza powinna być wykonana przy jak najmniejszym obciążeniu organizmu ratownika. Zdolności do podjęcia wykonania akcji ratunkowej, a także chęć osiągnięcia końcowego efektu, czyli uratowania osoby tonącej będą uwarunkowane podłożem behawioralno-kulturowym. Liczba popełnionych błędów, harmonijny i ekonomiczny przebieg akcji ratunkowej będą determinowane poprzez koncepcję motoryczną

sprawności fizycznej. Ostatnia koncepcja – fizjologiczno-medyczna jest podłożem takich aspektów, jak poziom zdrowotny ratownika, odporność na czynniki deprawacyjne, a także dobra kondycja psychiczna.

Z uwagi na złożoność akcji ratunkowej, podczas której ratownik dokonuje takich czynności jak: bieg, wejście do wody, pływanie, nurkowanie, holowanie tonącego oraz wyciągnięcie go na brzeg, a także często zmuszony jest prowadzić resuscytację krążeniowo-oddechową, ratownik uznawany jest za multizadaniowca. Szansa na skuteczne uratowanie tonącego zależy od dobrego przygotowania ratownika, zarówno pod względem merytorycznym, psychologicznym, ale przede wszystkim fizycznym. Zasadnym zatem wydaje się stworzenie modelu cech sprzyjających skutecznemu przeprowadzaniu akcji ratunkowej. Sozański (1999) za podstawowe właściwości w tworzeniu obrazowego modelu wyróżnia wiek, budowę somatyczną, poziom ukierunkowanego przygotowania sprawnościowego, przygotowanie techniczne, taktyczne oraz szeroko pojęte przygotowanie psychiczne, które w zależności od dyscypliny sportu, czy zawodu będzie wymagać innych cech, takich jak: motywacja, agresja, poziom percepcji, pobudzenie emocjonalne, czy struktura osobowości.

2.2. Uwarunkowania morfologiczne

W motoryczności człowieka jednymi z istotnych aspektów warunkujących możliwość wykonania określonego ruchu, a tym samym mającymi wpływ na predyspozycje w sporcie oraz niektórych profesjach zawodowych są uwarunkowania morfologiczne (Osiński, 2003). Badania nad specyfiką danej dyscypliny sportu nazywane są kinantropometrią, która znajduje zastosowanie w naukach o sporcie, auksjologii, wychowaniu fizycznym, pediatrii, genetyce medycznej, biologii człowieka oraz antropologii fizycznej. Podkreśla się, że szczególne znaczenie w kinantropometrii ma korelacja pomiędzy strukturą a funkcją ludzkiego ciała, skupiając się na możliwościach motorycznych organizmu (Eston i Reilly, 2009; Osiński, 2003). Malina (1984) stwierdza, że do głównych aspektów kinantropometrii należy pomiar morfologicznych właściwości człowieka uwzględniając różne formy ruchu oraz czynniki na niego wpływające. Dodatkowo, autor zauważa kolejne możliwości uzyskiwane z pomiarów morfologicznych, tj. efekt treningu na fizyczną charakterystykę organizmu, możliwości porównawcze sportowców z różnych dyscyplin, a także monitorowanie wzrostu i rozwoju człowieka. Istotnym w pomiarach morfologicznych wydaje się być podział reakcji zachodzących w organizmie i ich odpowiedniego pogrupowania.

W pierwszej grupie zwanej nośnikiem energii potencjalnej wyróżnia się właściwości inercyjne organizmu (masa ciała, jego kształt oraz składniki). W drugiej grupie mówi się o ogólnoustrojowych właściwościach kinetycznych, czyli właściwościach energetycznych i koordynacyjnych sprawnie funkcjonujących w organizmie jako całość (stan narządów zmysłu, poczucie czasu, orientacja przestrzenna, umiejętność ruchowego dostosowania, moc tlenowa i beztlenowa oraz energetyczny koszt ruchu). Lokalne parametry neuro-mięśniowe wyróżnia się w grupie trzeciej (przekrój i typ mięśnia, przełożenie dźwigni, zdolność do uruchomienia dużej liczby jednostek neuro-mięśniowych, zakres ruchu, sposób jego wykonywania, szybkość skurczu, przewodnictwo nerwowe oraz możliwość kontynuacji ruchu). Spośród wymienionych aspektów morfologicznych w pierwszej kolejności wymienia się wielkość i kształt ciała w ujęciu trójwymiarowym, rodzaj umięśnienia, proporcje między długością wybranych części ciała oraz wewnętrzne oddziaływanie między komponentami tkankowymi organizmu (Osiński, 2003).

Inercyjne właściwości organizmu oraz zależności pomiędzy wielkością ciała, a zdolnościami motorycznymi są łatwo dostrzegalne. Zauważyć można również korelację w przyroście wskaźników somatycznych, a absolutnej sile mięśniowej, natomiast należy rozważyć jak niekorzystne warunki tworzy hipertrofia mięśniowa dla wydolności fizjologicznej, siły względnej oraz swobodnego panowania nad motoryką własnego ciała (Hornsby i in., 2018; Osiński, 2003; Strzała i in., 2014). Jako, że ratownictwo wodne powiązane jest ściśle z pływaniem sportowym, w którym ważna jest hydrodynamika oraz opory z nią związane, należy brać również pod uwagę analizy antropometryczne. Na przestrzeni lat zagadnieniem tym zajmowali się m.in. Drozdowski (1984) i Strzała i in. (2019), którzy wykazali, iż zawodników pływania cechują: wysoki wzrost i duża masa ciała, przewyższające średnie wartości populacji. W proporcjach ciała pływaka przeważają elementy długościowe nad szerokościowymi. Krótki tułów w stosunku do wzrostu, dobrze wykształcona i silna klatka piersiowa, ponadprzeciętnie rozwinięte barki, wąska miednica oraz długie kończyny górne i dolne o dobrym umięśnieniu. Tak opisywana jest sylwetka opływowa pływaka przez Drozdowskiego (1992), który dodatkowo zauważa różnice budowy sprinterów (specjalistów w pływaniu na 50, 100, 200 m), którzy charakteryzują się większą masą ciała oraz wzrostem w stosunku do zawodników pływających na dłuższych dystansach tj. 400, 800 i 1500 m (Drozdowski, 1992). Technika pływania oraz rodzaj treningu ulegają ciągłym przemianom. To samo zauważa się w przypadku budowy ciała w dyscyplinach sportowych. Dobrym przykładem może być porównanie budowy ciała żabkarek sprzed 20 lat do obecnie startujących

zawodniczek. Niegdyś zawodniczki te były niskie oraz bardzo dobrze umięśnione, dziś zauważane są pływaczki szczupłe i wysokie. Badając wskaźniki antropometryczne pływaków, Seidel i in. (2012) określili idealną budowę pływaka: proporcjonalna budowa ciała, ciało o mało uwydatnionej rzeźbie mięśniowej, wąskie nadgarstki i kostki oraz duże dłonie oraz stopy. Obserwując liczne imprezy sportowe można dojść do wniosku, że w każdej dyscyplinie, konkurencji, czy też zajmowanej pozycji wymaga się określonego somatotypu od sportowca (Arazi i in., 2011; Drozdowski, 1992; Strzała i in., 2014, 2020).

Odnosząc się do powyższych rozważań, pełnienie obowiązków służbowych w ratownictwie wodnym wymaga solidnych fundamentów pływackich (Kosiński i Przybylski, 2011; Telak, 2017). Z przeprowadzonych analiz somatotypów w ratownictwie sportowym wynika, iż największy wpływ na wynik osiągany przez ratownika ma wskaźnik wzrostu (Abraldes i in., 2014; Kaca i in., 2011; Stanula i in., 2019). Pod względem typu budowy, ratownicy charakteryzowali się najczęściej budową mezomorficzną, natomiast najlepsze wyniki sportowe osiągali ratownicy o budowie ektomorficznej. Powyższe wyniki mogą prowadzić do przemyśleń, iż wzrost oraz odpowiednia budowa ciała ratownika mogą korzystnie wpłynąć na poprawę prowadzenia akcji ratowniczej i dlatego też sugeruje się, aby w przyszłości kontynuować szczegółowe badania budowy somatycznej w zawodzie ratowniczym.

Do drugiej grupy uwarunkowań morfologicznych zalicza się ogólnoustrojowe właściwości kinetyczne i energetyczne organizmu, moc tlenową, beztlenową jak i sam koszt energetyczny wykonania ruchu. Cechą pozwalającą na wykonywanie pracy o określonej intensywności w czasie jest wydolność fizyczna. Według Górskiego i Celichowskiego (2008) wydolność fizyczna jest podstawowym determinantem decydującym o zdolności do wykonywania określonej pracy, a im jest wyższa, tym praca może być wykonywana dłużej. Wydolność fizyczna określana jest jako zdolność do ciężkiego wysiłku fizycznego o charakterze długotrwałym z udziałem dużych grup mięśniowych, bez większych zmian w homeostazie (Jaskólski i Jaskólska, 2006). Kubica rozumiał ją jako zdolność organizmu do wykonywania określonego rodzaju pracy fizycznej, wyrażonej poziomem maksymalnych możliwości wysiłkowych oraz sprawnym przebiegiem odnowy (Kubica, 1995). Praca ratownika ma charakter złożony, a jej efektywność zależna jest między innymi od wytrzymałości, która jest cechą trudną i złożoną, wchodzącą w korelacje z innymi zdolnościami motorycznymi. Umożliwia wykonywanie długotrwałego wysiłku w stanach dużych napięć psychicznych oraz w różnorodnych warunkach środowiskowych i klimatycznych (Waade i in., 2015). Sozański (1999) rozumie wytrzymałość, jako umiejętność do działania w określonym

wysiłku uwzględniając rodzaj dyscypliny sportowej lub konkurencji. Wytrzymałość definiuje się również jako osobniczy potencjał do przeciwstawienia się męczliwości mięśniowej oraz zdolność do wykonania pracy zależnej od czasu jej trwania. W typowym wysiłku fizycznym o charakterze wytrzymałościowym praca powinna trwać około 4 min przy intensywności 70-80% maksymalnej (Osiński, 2003). Za fundamentalne determinanty wytrzymałości uważa się maksymalny pobór tlenu ($\dot{V}O_2\text{max}$) oraz odporność mięśni na zmęczenie, która zależna jest od stężenia kwasu mlekowego w mięśniu i we krwi (Konturek i Brzozowski, 2003; Szopa, 1998).

W trzeciej grupie uwarunkowań morfologicznych pod uwagę brane są: przekrój mięśnia, przewodnictwo neuro-mięśniowe, szybkość skurczu, zdolność do zaangażowania dużej liczby jednostek neuro-mięśniowych oraz możliwość dalszego kontynuowania ruchu. Mięśnie stanowiące fundamentalną tkankę pobudliwą organizmu, odpowiedzialną za przewodnictwo potencjałów czynnościowych, należą do podstawowych komponentów mających wpływ na sprawność fizyczną ratownika. Możliwość wykonania aktywności fizycznej, determinująca efektywną pracę ratownika wodnego, zależna jest od siły skurczu mięśnia, będącej skutkiem zmiany energii chemicznej substancji organicznych na energię kinetyczną. Proces ten zachodzi w podstawowej jednostce budulcowej mięśnia, jaką jest miocyt, który z kolei zbudowany jest z białek kurczliwych, tj. aktyny i miozyny. Dostarczenie do miofilamentów źródła energii w postaci glukozy, czy też wolnych kwasów tłuszczowych powoduje uwolnienie, w wyniku zachodzących procesów przemiany biochemicznej, dużej ilości energii w postaci cząsteczek ATP. Energia ta zostaje zużyta na wytworzenie siły, która odpowiada za wsuwanie się cienkich nitek aktyny między grube nitki miozyny, czego konsekwencją jest skrócenie długości włókna mięśniowego lub zwiększenie jego napięcia. Następnie siła skurczu mięśnia zostaje przeniesiona na ścięgno, co wprowadza w ruch układ kostny w wyniku czego możemy zaobserwować przemieszczenie się organizmu (Górski, 2015; Konturek i Brzozowski, 2003).

3. Problem badawczy w świetle piśmiennictwa

Ratownictwo wodne, a zwłaszcza zagadnienia związane z przeprowadzaniem prawidłowej akcji ratunkowej oraz oceną obciążenia, jakiego doświadcza ratownik podczas czynności ratowniczych są przedmiotem badań prowadzonych w wielu ośrodkach naukowych w kraju i za granicą (Abelairas-Gómez i in., 2017; Abelairas Gómez i in., 2013; Barcala-Furelos i in., 2013, 2016; Daniel & Klauck, 1992; Kula i in., 2015, 2016; Michniewicz i in., 2008; Ostrowski i in., 2013, 2015; Prieto Saborit i in., 2010, 2013; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Ruibal-Lista i in., 2019; Salvador i in., 2014; Scanlan i Dascombe, 2011; Skalski i in., 2015; Stanula, 2019; Stanula i in., 2013, 2015, 2016; Telak, 2017; Waade i in., 2015; Wiesner i Niedziela, 2013). Wynikiem prowadzonych badań są liczne opracowania przedstawiające determinanty skutecznej akcji ratunkowej wraz z dokładną jej charakterystyką kinematyczną oraz fizjologiczną poszczególnych działań ratownika wodnego.

Akcja ratunkowa oraz czynności jakie wykonuje ratownik podczas jej trwania składa się z kilku ogniw (bieg, wejście do wody, pływanie, nurkowanie, holowanie, pierwsza pomoc). Trudno jednoznacznie stwierdzić jaki dystans będzie musiał pokonać ratownik, jakich gabarytów będzie tonący oraz najważniejsze, jaki będzie czas trwania czynności ratowniczych. W każdym sporcie, pracy, dyscyplinie, czy konkurencji występują pewne predyspozycje budowy ciała warunkujące lepsze osiągnięcia, a w konsekwencji wysoką skuteczność, co w przypadku ratownictwa wodnego ma przekładać się na szybsze dopłynięcie do tonącego i skuteczne odholowanie go do brzegu (Arazi i in., 2011; Drozdowski, 1992; Poliszczuk i Mosakowska, 2010; Strzała i in., 2014; Strzała i in., 2020; Waade i in., 2015). Z uwagi na fakt, iż działania ratownicze prowadzone są w środowisku wodnym, wydaje się, iż najbardziej pożądanymi predyspozycjami będą te zbliżone do ratowników wodnych osiągających najlepsze rezultaty w zawodach ratowniczych. Ratownictwo sportowe jest dość młodą konkurencją, która zawiera w sobie elementy pływania, holowania, nurkowania, zabezpieczania tonącego i rozgrywa się na dystansach od 25 do 200 m, co pozwala ratownikom sprawdzić się w różnych konkurencjach pod wpływem stresu. Z obserwacji wynika (Kaca i in., 2011), iż najczęściej pojawiającym się somatotypem w ratownictwie sportowym jest budowa mezomorficzna, charakteryzująca się szerokimi barkami, wąską talią oraz łatwością w nabieraniu masy mięśniowej. Najlepsze rezultaty sportowe osiągnęli natomiast ratownicy o budowie ektomorficznej, w której dominuje smukła sylwetka oraz parametry długościowe kończyn dolnych i górnych. Podobną tezę przedstawili w swoich badaniach Stanula i in. (2019), którzy

wykazali związek pomiędzy masą oraz wysokością ciała ratownika a wynikiem sportowym w wieloboju ratowniczym. Wpływ długości i szerokości dłoni na sprawność specjalną ratownika zaobserwowali także Kaca i in. (2011), którą zdefiniowali jako korzystną z punktu widzenia biomechaniki, gdzie większa powierzchnia wiosłująca, przekłada się na szybsze przemieszczanie ciała w wodzie. Dodatkową zaletą większej powierzchni dłoni może być fakt, że większość konkurencji wieloboju ratowniczego zawiera holowanie manekina, gdzie wyższy parametr długościowy oraz szerokościowy dłoni może pomóc w jego chwycie, co z kolei może przełożyć się na bardziej komfortowe i efektywne holowanie manekina (Kaca i in., 2011). Z kolei Kamińska i in. (2019) dowodzą znaczący wpływ wysokości ciała na dobór i selekcję w każdej dyscyplinie sportowej. Wpływ budowy ciała na prowadzenie akcji ratowniczej potwierdzają również Abraldes i in. (2014), którzy w swoich badaniach zaobserwowali różnicę w parametrach wysokości i masy ciała ratowników dominujących na plażach w stosunku do tych zajmujących się ratowaniem na pływalniach, co obrazuje jak złożony i zmienny charakter może mieć akcja ratunkowa.

Holowanie tonącego jako najważniejsze ogniwo nieprzerwanego ciągu ratowniczego, mające wpływ na przebieg akcji ratowniczej jest etapem, na którego efektywność ma duży wpływ doświadczenie w pływaniu sportowym. Od budowy ciała ratownika startującego w zawodach, pływalności oraz innych uwarunkowań morfologicznych może zależeć wynik sportowy, a z perspektywy ratującego – życie ludzkie. Warty uwagi jest również fakt, iż odpowiednia charakterystyka budowy ciała może być czynnikiem zapobiegawczym urazom oraz kontuzjom pojawiającym się w trakcie przygotowania sportowego (Poliszczuk i Mosakowska, 2010). Aby akcja przebiegła poprawnie, ratownik powinien jak najszybciej dotrzeć do tonącego uwzględniając jego zabezpieczenie, jak i kolejny trud, jakim jest doholowanie poszkodowanego na brzeg. Autorzy licznych prac badawczych w rozmaity sposób próbują stworzyć symulowaną akcję ratunkową, będącą odzwierciedleniem ratowania życia ludzkiego, jednak ze względu na zmienny charakter czynności ratowniczych temat obciążenia ratownika wykonującego swoje czynności pozostaje otwarty. W symulowanej akcji ratowniczej na dystansie 50 m holowania manekina Daniel i Klauck (1992) wykazali, że poziom zmęczenia, wyrażony na podstawie stężenia kwasu mlekowego, był podobny jak u pływaków startujących w wyścigach na krótkich dystansach (sprintach) i wyniósł średnio $9,19 \pm 2,66 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$ podczas 3 minuty regeneracji po wysiłku. W przypadku częstości skurczów serca najbardziej obciążającym okazało się holowanie manekina $170,1 \pm 10,82 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$. W konkluzji autorzy wskazali na podobieństwo wysiłku ratowników do pływaków i zasugerowali

odbywanie podobnego treningu w zakresie kształtowania wytrzymałości. Fakt ten potwierdzają również Prieto Saborit i in. (2013), którzy wykazali, iż najkorzystniejsze parametry warunkujące skuteczne prowadzenie działań ratowniczych posiadali ratownicy wodni, którzy cechowali się najwyższymi wartościami w teście oceniającym pułap tlenowy, jednak wynik ten przejawiał się jedynie w najmłodszej z badanych grup, co może być spowodowane wiekiem badanych ratowników, uprawianiem wyczynowo pływania lub wysokim poziomem wytrenowania tuż po zakończeniu kariery zawodniczej. Wynikami tymi potwierdzono tezę, iż pełnienie zawodu ratownika wymaga wysokiego poziomu zdolności motorycznych i sprawności fizycznej. Zmieniający się dystans oraz warunki panujące podczas akcji ratunkowej są trudne do oszacowania. W trakcie 4 min ciągłego holowania w morzu Reilly, Iggleden, i in. (2006) oraz Reilly, Wooler, i in. (2006) wykazali, iż czynności ratownicze prowadzone w morzu bardziej obciążają ratownika, natomiast minutowy pobór tlenu podczas holowania w słuzie ($39,6 \text{ mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) zbliżony jest do wartości osiągniętych przez ratowników podczas pływania ($38,9 \text{ mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), co potwierdza tezę Daniel i Klauck (1992) do wykonywania przez ratowników treningu z intensywnością wysiłkową na poziomie treningu pływackiego. Dla porównania, najwyższą średnią wartość minutowego poboru tlenu podczas wiosłowania na desce w słuzie wyniosła $26,9 \text{ mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ i była prawie dwukrotnie niższa w stosunku do holowania manekina z pasem ratunkowym. Co ciekawe, autorzy wykazali mało znaczące różnice pomiędzy wielkością minutowego poboru tlenu podczas holowania w słuzie, a tym odbywającym się w morzu. Analiza wartości średniego stężenia mleczanu we krwi potwierdziła tezę o zbliżonym obciążeniu organizmu podczas pływania ($8,5 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$), holowania ($7,1 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$), natomiast wiosłowanie na desce okazało się najmniej obciążające ratownika ($6,9 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$) i to właśnie ratowanie tonącego z użyciem deski ratowniczej jest rekomendowane, podobnie jak w przypadku wybrzeży australijskich, gdzie wysokie umiejętności pływackie oraz obycie z deską surfingową/ratowniczą znacząco wpływa na poprawę statystyk wypadków utonięć {Formatting Citation}. Zbliżone parametry morfologiczne w pływaniu i holowaniu osiągnęli ratownicy w symulowanych akcjach ratowniczych na dystansie 150 m, jednak były one prawie dwukrotnie wyższe: pływanie ($13,5 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$), symulowana akcja z użyciem płetw ($14,1 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$), symulowana akcja z użyciem płetw i pasa ratowniczego ($13,5 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$) w stosunku do wartości stężenia mleczanu zaobserwowanych w badaniach Reilly, Iggleden, i in. (2006), Reilly, Wooler, i in. (2006), Salvador i in. (2014). Wysokie i zróżnicowane wielkości wskaźników morfologicznych osiągniętych przez ratowników potwierdzają różnorodność towarzyszącą akcji ratunkowej tj. dystans holowania, warunki pogodowe, użyty sprzęt ratowniczy, czy też wybrany sposób

holowania tonącego. Co więcej, maksymalny pobór tlenu ratowników, którego średnia wartość wyniosła $56,4 \text{ mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ zbliżona jest do wartości tego parametru w badaniach Gulbin i in. (1996) przeprowadzonych na australijskich ratownikach, biegaczy rekreacyjnych na dystansie 400 m (Hanon i in., 2010) oraz piłkarzy wodnych (Platanou, 2009). Stąd też, w związku z rolą, jaką odgrywa pływanie w trakcie akcji ratunkowej sugeruje się odbywanie przez ratowników treningu pływackiego (Gulbin i in., 1996; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006), a także uzupełnienie treningu ratownika o zbiór różnych umiejętności przydatnych w zależności od panujących warunków na morzu, doprowadzając do specjalizacji ratownika do wykonywania czynności uzależnionych od miejsca pracy (Prieto Saborit i in., 2010; Salvador i in., 2014). W celu pogłębionej analizy wydolności ratowników przeprowadzono test laboratoryjny, który wykazał wysoki minutowy pobór tlenu wynoszący $54,2 \pm 5,7 \text{ mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, który zbliżony jest do analiz dokonanych przez Gulbin i in. (1996). Na uwagę zasługują również wyniki symulowanych akcji ratunkowych, w których ratownicy wykonujący akcję bez sprzętu, okazali się szybsi w dopłynięciu do tonącego w stosunku do ratowników używających bojki SP ($48,4 \pm 7,1 \text{ s}$ vs. $56,1 \pm 12 \text{ s}$, odpowiednio). Całkowity czas akcji ratunkowej bez sprzętu wyniósł $159,4 \pm 24,5 \text{ s}$ i był krótszy o około 3 sekundy, co może świadczyć o braku specjalnych umiejętności w stosunku do panujących warunków, o których wspominali Salvador i in. (2014). Odmienne wyniki natomiast, można zaobserwować na podstawie oceny poboru tlenu, z której wynika, iż akcja ratunkowa z wykorzystaniem sprzętu mniej obciąża układ krążeniowo-oddechowy ratownika, gdzie wartości sięgają około $3,3 \text{ L} \times \text{min}^{-1}$ (Prieto Saborit i in., 2010) i są wyższe w porównaniu do ratowników badanych przez Reilly, Iggleden, i in. (2006); Reilly, Wooler, i in. (2006). W literaturze można znaleźć rekomendacje, by wielkość maksymalnego pochłaniania tlenu była co najmniej na poziomie $4,0 \text{ L} \times \text{min}^{-1}$, co powinno zwiększyć efektywność oraz powodzenie akcji ratunkowej dla ratowników straży pożarnej (Bilzon i in., 2001; Heimbürg i in., 2006). Prieto Saborit i in. (2010) wykazali liczne podobieństwa pomiędzy badanymi grupami ratowniczymi (ratowników wodnych, strażaków, ratowników górniczych). Wysokie parametry morfologiczne osiągnięte w symulacjach ratunkowych oraz testach laboratoryjnych wskazują, że podejmowanie działań ratunkowych wymaga bardzo dużego wysiłku, co wskazuje, aby przed przystąpieniem ratownika do pracy, aplikanci przechodzili testy wstępne oraz prowadzony był trening specjalistyczny uwzględniający miejsce pracy. Prowadzone analizy czasu trwania akcji ratunkowych, wyboru sprzętu, czy zmęczenia ratownika są istotne dla organizacji zajmujących się ratowaniem życia ludzkiego. Ważnym aspektem, który rzadko pojawia się w pracach badawczych, jest sposób holowania, jaki wybiera lub, jaki powinien wybrać ratownik ratując

życie ludzkie. Z przeanalizowanych sposobów pływania w morzu wynika, że najwolniejszym sposobem pływania przy falach 40-60 cm jest pływanie żabką na piersiach oraz kraulem z głową nad lustrem wody, natomiast najszybszym sposobem okazał się kraul z głową zanurzoną w wodzie (Kjendlie i in., 2018). Dodatkowo wskazano na zadowalający efekt pływania przy użyciu płetw, podobnie jak w pracach badawczych (Abelairas-Gómez i in., 2017; Abraldes i in., 2007), gdzie również podkreślono zwiększoną efektywność pływania w płetwach na bezpieczeństwo ratownika oraz umożliwienie skrócenia czasu na dopłynięcia do tonącego. Kolejne analizy prowadzenia czynności ratowniczych potwierdzają wcześniejszy obraz akcji ratunkowej, jako bardzo zmiennej i obciążającej organizm ratownika, gdzie połowa badanych ratowników nie ukończyła próby wysiłkowej. Dodatkowo rekomendowany jest test IPTL (Incremental Pool Test for Lifeguards) dla trenerów oraz organizacji szkolących i zatrudniających profesjonalnych ratowników wodnych do pomiaru wskaźników morfologicznych (Ruibal-Lista i in., 2019). Pozyskanie wiedzy na temat determinantów morfologicznych zawodnika, czy pracownika pozwoli zindywidualizować program treningu oraz dostosować stanowisko pracy i pełnioną funkcję do zaistniałych warunków, co potwierdzają wnioski innych autorów (Prieto Saborit i in., 2010; Salvador i in., 2014). Obserwując zmagania ratowników podczas akcji ratunkowej, zdarza się, że poza dopłynięciem, opanowaniem oraz holowaniem tonącego, ratownik musi przeprowadzić resuscytację krążeniowo-oddechową (RKO). Obciążenie jakiego doznaje ratownik podczas prowadzenia akcji ratunkowej sprawia, że efektywność prowadzonej resuscytacji jest niższa w stosunku do tej prowadzonej przez wypoczętego ratownika o około 28% (Abelairas-Gómez i in., 2017). Warto podkreślić, że odległość działań ratowniczych ma wpływ na obciążenie organizmu ratownika oraz powodzenie akcji ratunkowej, a w dalszej kolejności na prowadzenie RKO. W literaturze naukowej autorzy często prowadzą dywagacje na temat dystansu, na jaki powinien być przygotowany ratownik. Według Międzynarodowej Federacji Ratownictwa Wodnego jest to 100 m, hiszpańskie federacje sugerują 75 m, natomiast liczne symulowane akcje ratunkowe prowadzone były na dystansach od 25 do nawet 400 m (Abelairas-Gómez i in., 2017; Barcala-Furelos i in., 2016; Gulbin i in., 1996; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006). Z prac badawczych wynika, że dystans oraz używany sprzęt ratowniczy nie ma wpływu na jakość prowadzenia RKO przez ratownika, jednak poprawia jego komfort, bezpieczeństwo oraz czas prowadzenia akcji (Abelairas-Gómez i in., 2017; Barcala-Furelos i in., 2013).

Analizy symulowanych akcji ratunkowych, jakie przedstawiają ww. autorzy porównują prowadzenie akcji ratowniczej bez wykorzystania sprzętu do akcji, gdzie ratownik używa

najczęściej płetw oraz pasa ratunkowego. W badaniach Kuli i in. (2015) zbadano, który ze sposobów holowania bez użycia sprzętu (jednorącz za żuchwę, oburącz za doły pachowe, „żeglarski”) najmniej obciąża układ krążeniowo-oddechowy. Najwyższą wartość HR odnotowano u ratownika holującego sposobem oburącz za doły pachowe $195 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$. Porównując czas akcji ratowniczej do częstość skurczów serca najbardziej efektywnym sposobem holowania okazał się sposób jednorącz za żuchwę i jest on rekomendowany przez autorów w przypadku prowadzenia akcji bez sprzętu.

W efekcie, na podstawie dokonanej kwerendy literatury dotyczącej prowadzenia czynności ratowniczych, podczas których wyróżniono dopłynięcie do poszkodowanego i jego zabezpieczenie oraz doholowanie go do brzegu i ewentualne przeprowadzenie czynności przywracających funkcje życiowe można wysunąć wniosek, że ratownik powinien charakteryzować się budową ektomorficzną. Ponadto powinien posiadać staż pływacki, mieć odpowiednio zindywidualizowany trening w zależności od miejsca pracy, wykorzystywać sprzęt ratowniczy jeśli jest do dyspozycji oraz nie prowadzić resuscytacji, gdy w pobliżu znajduje się wypoczęty ratownik.

4. Cel pracy i założenia badawcze

W przytoczonych w poprzednim rozdziale pracach badawczych, autorzy skupiali się na różnych aspektach akcji ratowniczej, starając się określić jej strukturę pod względem czasu jej trwania, wykorzystania różnorodnego sprzętu ratowniczego oraz efektywności prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej, nie zagłębiając się w problematykę wysiłku, jaki towarzyszy ratownikowi podczas akcji.

W niniejszym opracowaniu **głównym celem badawczym** jest ocena efektywności holowania manekina przez ratownika wodnego z uwzględnieniem sposobów holowania tonącego bez sprzętu oraz z wykorzystaniem pomocniczego sprzętu ratowniczego (pas ratunkowy). Wyznacznikiem efektywności holowania manekina jest prędkość holowania oraz wielkość zmęczenia ratownika wodnego, oceniane na podstawie wybranych wskaźników fizjologicznych.

Celem aplikacyjnym pracy jest opracowanie rekomendacji instytucjom odpowiedzialnym za programy szkolenia ratowniczego najefektywniejszych, a zarazem najbardziej bezpiecznych sposobów holowania stosowanych w ratownictwie wodnym z uwzględnieniem różnego typu przypadków tonięcia. Zwiększy to kompetencje ratowników wodnych, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu ich bezpieczeństwa, a bardziej skuteczne działania w czasie ratowania ludzi ograniczą liczbę nieszczęśliwych wypadków w wodzie.

Osiągnięcie celu badań związane jest ze sformułowaniem, a w dalszej kolejności poszukiwaniem odpowiedzi na następujące **pytania badawcze**:

1. W jakim zakresie występują różnice w wartościach parametrów kinematycznych (tj. prędkości holowania, liczbie ruchów kończyn górnych i dolnych, kącie natarcia) podczas holowania manekina sposobami bez użycia sprzętu oraz ze sprzętem ratowniczym wśród badanych ratowników wodnych?
2. Czy, a jeżeli tak, to w jakim zakresie występują spadki prędkości holowania manekina bez sprzętu (jednorącz za żuchwę, oburącz za doły pachowe, sposobem żeglarskim) oraz ze sprzętem (pas ratowniczy) na dystansie 50 m?
3. W jakim zakresie występują różnice w poziomie wskaźników fizjologicznych (tj. minutowym poborze tlenu, częstości skurczów serca, saturacji krwi, wydatku energetycznym podczas holowania manekina sposobami bez użycia sprzętu oraz ze sprzętem ratowniczym wśród badanych ratowników wodnych?)

4. Czy, a jeżeli tak, to w jakim zakresie występują różnice w subiektywnym odczuwaniu wielkości zmęczenia po holowaniu manekina ze sprzętem i bez sprzętu wg skali Borga?
5. Jaki jest związek pomiędzy budową ciała ratownika a prędkością uzyskaną podczas holowania manekina sposobami bez użycia sprzętu oraz ze sprzętem ratowniczym?
6. Jaki jest związek pomiędzy mocą kończyn dolnych a prędkością uzyskaną podczas holowania manekina sposobami bez użycia sprzętu oraz ze sprzętem ratowniczym?

Sformułowano także następujące **hipotezy badawcze**:

1. Zróznicowanie wartości parametrów kinematycznych uzyskanych podczas holowania manekina wynika z techniki pracy ramion i nóg, a także sposobu trzymania manekina.
2. Wykorzystanie pasa ratowniczego podczas holowania manekina zapewnia uzyskanie przez ratowników większych prędkości holowania.
3. Holowanie z użyciem sprzętu podręcznego, zwiększającego wyporność manekina (pas ratowniczy) wymaga niższego wydatku energetycznego od ratownika w porównaniu do holowania bez użycia sprzętu.
4. Poziom odczuwania ciężkości wysiłku oceniany na podstawie 10 stopniowej skali Borga jest większy po holowaniu sposobami bez sprzętu.
5. Budowy oraz wybrane parametry długościowe części ciała ratownika warunkują prędkość holowania.
6. Poziom mocy kończyn dolnych ratownika determinuje prędkość holowania.

5. Materiał i metody badań

5.1. Grupa badawcza

Do udziału w badaniach zaproszono 19 ratowników wodnych (mężczyzn) w wieku od 16 do 25 lat, rekrutowanych na podstawie ochotniczych zgłoszeń w odpowiedzi na ofertę o badaniach zamieszczoną na stronie Śląskiego Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego. Kryteria włączenia do badań stanowiły: przedstawienie orzeczenia lekarskiego o dobrym stanie zdrowia i braku przeciwwskazań do pracy w charakterze ratownika wodnego, posiadanie umiejętności z zakresu technik ratownictwa wodnego potwierdzonych certyfikatem ukończenia kursu na stopień co najmniej ratownika wodnego WOPR oraz uzyskanie podczas sprawdzianu wstępnego wyniku poniżej 1 min 20 s na dystansie 100 m stylem dowolnym. Wszyscy badani zostali poinformowani o celu i przebiegu badań oraz o możliwości rezygnacji z badań bez podania przyczyny. Uczestnicy złożyli pisemną zgodę na udział w badaniach. Projekt badawczy został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach – Uchwała Nr 8/2018 z dnia 19 kwietnia 2018 roku. W wyniku sprawdzianu wstępnego, ostatecznie do badań zakwalifikowano 18 ratowników, których średnia wieku wynosiła $16,8 \pm 1,29$ lat, średni staż w ratownictwie wodnym (rozumianym jako czas posiadania stopnia co najmniej ratownika wodnego) wynosił $3,0 \pm 1,14$ lat. Średnia masa i wysokość ciała badanych wynosiły odpowiednio: $73,2 \pm 13,19$ kg i $177,7 \pm 9,57$ cm. Szczegółowe charakterystyki dotyczące badanych ratowników przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka ratowników biorących udział w badaniach ($n = 18$)

Zmienne	$m \pm s$	Me	min–max	V	As	Ku
Wiek (lata)	$16,8 \pm 1,29$	16,0	16–20	7,7	1,44	0,91
Staż ratowniczy (lata)	$3,0 \pm 1,14$	3,0	2–6	37,9	1,08	1,09
Masa ciała (kg)	$73,2 \pm 13,19$	71,5	50–106	18,0	0,79	1,09
Wysokość ciała (cm)	$177,7 \pm 9,57$	179,5	160–193	5,4	-0,05	-0,85

LEGENDA:

m – średnia arytmetyczna; s – odchylenie standardowe; Me – mediana; min–max – zakres wartości w grupie; V – współczynnik zmienności; As – wskaźnik skośności (asymetria); Ku – wskaźnik skupienia (kurtoza).

5.2. Ogólny schemat badań

Badania podzielono na dwa etapy. Pierwszy etap stanowiły badania wstępne, obejmujące pomiary wskaźników budowy ciała oraz próby wysiłkowe w wodzie. W trakcie tego etapu określono maksymalny pułap tlenowy ($\dot{V}O_{2max}$) na podstawie testu pływackiego. Po tygodniowej przerwie od zakończenia pierwszego etapu badań rozpoczął się drugi etap badań, który obejmował pięć serii pomiarowych, oddzielonych od siebie jednodniową przerwą. Podczas serii pomiarowych, badani wykonywali holowanie standardowego manekina (jaki wykorzystuje się do holowania w zawodach ratowniczych) różnymi sposobami na dystansie 50 m z maksymalną prędkością. Podczas sesji pomiarowych rejestrowano w spoczynku oraz po zakończeniu wysiłku wskaźniki fizjologiczne takie jak: częstość skurczów serca (HR), minutowy pobór tlenu ($\dot{V}O_2$), wentylacja minutowa (\dot{V}_E), minutowe wydalenie dwutlenku węgla ($\dot{V}CO_2$), współczynnik oddechowy (RER), puls tlenowy ($\dot{V}O_2/HR$), saturacja krwi (SpO_2). Ponadto na podstawie materiału video zarejestrowanego przy pomocy kamer umieszczonych nad i pod powierzchnią wody wyodrębniono szereg wskaźników kinematycznych techniki holowania, takich jak: prędkość holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości 25 m pływalni ($V1$ i $V2$), liczba ruchów ramion ($nRR1$ i $nRR2$), liczba ruchów nóg ($nNN1$ i $nNN2$), kąt natarcia ($KatNat1$ i $KatNat2$), indeks spadku prędkości (FI).

5.3. Narzędzia oraz techniki badawcze

5.3.1. Pomiary antropometryczne

Pomiary antropometryczne wykonano za pomocą instrumentów antropometrycznych Sieber Hegner Maschinen AG, Switzerland, według wskazań Międzynarodowych Standardów dla oceny Antropometrycznej (IASK przewodnik 2001, Marfell-Jones et al. 2006). Wysokość ciała zmierzono z dokładnością do 0,1 cm przy użyciu antropometru (GPM, Seritex, Inc., Carlstadt, New Jersey, model 101), natomiast masę ciała z dokładnością do 0,1 kg przy pomocy elektronicznego analizatora składu i masy ciała Tanita BC-420 (Tanita Corporation, Tokyo, Japonia).

Pomiar wysokości ciała

Pomiary wysokości ciała wykonano mierząc punkty antropometryczne – wysokość ciała ($B-v$) rozumianą jako odległość między podstawą podeszwową stóp ($basis$) a szczytem głowy

(*vertex*) mierzonym za pomocą antropometru. Badani ustawieni byli w pozycji stojącej, wyprostowanej, nienadmiernie napiętej. Kończyny górne swobodnie opuszczone wzdłuż tułowia, natomiast kończyny dolne zbliżone piętami, przy stopach o lekkim rozstawieniu. Ułożenie głowy wyznaczyła płaszczyzna frankfurcka. Wynikiem badania była wysokość ciała wyrażona w jednostkach bezwzględnych [cm] (Brończyk-Puzoń i in., 2018; Malinowski i Bożiłow, 1997).

Pomiar masy i składu ciała

Przed badaniem masy i składu ciała wprowadzono do urządzenia pomiarowego następujące dane: wysokość ciała, wiek, płeć, typ budowy ciała. Po wprowadzeniu danych urządzenie sygnalizowało znak gotowości do przeprowadzenia badania. Następnie badany ustawiał się na podstawie urządzenia i w pozycji nieruchomej stał do momentu usłyszenia sygnału o zakończeniu pomiaru (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożiłow, 1997). Przed pomiarem masy i składu ciała badani za pomocą ręcznika papierowego dokonali osuszenia stóp mających kontakt z urządzeniem pomiarowym. W badaniu wykorzystano sprzęt: Tanita BC-420 MA (Japonia). Wynikiem badania była masa ciała wyrażona w jednostkach bezwzględnych [kg] oraz skład ciała, tj.: beztłuszczowa masa ciała wyrażona w kilogramach i procentowa zawartość tkanki tłuszczowej (Ryguła 1998).

Pomiar długości stopy

Długość stopy określono na podstawie pomiaru odległości między punktem położonym na guzie piętowym kości piętowej najdalej ku tyłowi (*pternion*), a punktem położonym na opuszcze najdłuższego palca stopy ku przodowi (*akropodion I/II*). Pomiaru dokonano za pomocą dużego cyrkla kabłonkowego, na stopie badanego w pozycji stojącej (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożiłow, 1997; Stupnicki, 2016).

Pomiar długości dłoni

Długość dłoni wyznaczono na podstawie pomiaru odległości między punktem wyznaczonym na szczycie wyrostka rylcowatego kości promieniowej (*stylion*), a punktem na końcu opuszki trzeciego palca ręki (*dactylion III*). Pomiaru dokonano za pomocą cyrkla liniowego na ręce

ułożonej grzbietowo na stole (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożyłow, 1997; Stupnicki, 2016).

Pomiar szerokości dłoni

Szerokość dłoni wyznaczono na podstawie pomiaru odległości między punktem antropometrycznym położonym najbardziej bocznie na głowie drugiej kości śródreżca (*matacarpale urnale*) do punktu położonego najbardziej bocznie na głowie piątej kości śródreżca (*matacarpale radiale*). Do wyznaczenia szerokości dłoni użyto cyrkla liniowego, gdzie dłoń badanego była ułożona grzbietowo ku górze, przyciśnięta do stołu, palce złączone a kciuk przywiedziony (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożyłow, 1997; Stupnicki, 2016).

Pomiar rozpiętości ramion

Rozpiętość ramion (zasięg boczny) wyznaczono na podstawie pomiaru odległości między punktem opuszki trzeciego palca ręki prawej (*dactylion III*), a punktem opuszki trzeciego palca ręki lewej (*dactylion III*), gdzie kończyny górne wyprostowane w stawach łokciowych i nadgarstkach ułożone były poziomo na boki. Pomiaru dokonano przy ścianie za pomocą antropometru (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożyłow, 1997; Stupnicki, 2016).

Pomiar długości kończyn dolnych

Długość kończyny dolnej wyznaczono na podstawie pomiaru odległości między podstawą podeszwy stóp (*basis*), a punktem na górnej krawędzi spojenia łonowego w płaszczyźnie strzałkowej środkowej (*symphysion*). Pomiaru dokonano przy ścianie w pozycji stojącej za pomocą antropometru (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożyłow, 1997; Stupnicki, 2016).

5.3.2. Pomiary parametrów kinematycznych holowania

W celu zapewnienia dokładnej analizy czasowo-ruchowej techniki holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości pływalni wykorzystano specjalny wózek, zapewniający możliwość poruszania się na płycie pływalni równoległe do holującego manekina ratownikiem. Holowanie odbywało się na najbliższym (skrajnym) torze pływakim. Wózek był wyposażony w system kamer video (jednej nad powierzchnią wody,

drugiej pod wodą na głębokości jednego m (Sony FDR-X3000, Japan)), które rejestrowały przebieg holowania. Na torze, po którym przemieszczał się holujący manekina ratownik ustawiono w odległości dokładnie co 1 m referencyjne tyczki o znanych długościach. Analiza materiału video dokonywana była przez dwóch niezależnych ekspertów, przy wykorzystaniu oprogramowania Kinovea (wersja 0.8.26, Kinovea, Paryż, Francja), który umożliwił analizę czasowo-ruchową zarejestrowanych elementów. W celu oceny rzetelności opracowania materiału video, 6 zapisów holowania zostało ocenionych za pomocą współczynnika korelacji międzyklasowej (ICC). Wynik współczynnika ICC zawierał się w przedziale od 0.981 (95% PU, 0.975–0.986) do 0.993 (95% PU, 0.979–0.996).

5.3.3. Pomiary fizjologiczne

Pływacka próba wysiłkowa, której celem było określenie maksymalnego pułapu tlenowego została przeprowadzona na 25 metrowej pływalni krytej AWF Katowice. Próba była poprzedzona standardową rozgrzewką trwającą 20 min, podczas której badani wykonali następujące zadania w wodzie: 4×100 m ćwiczenia techniczne do kraula na piersiach oraz 2×100 m kraulem z rozpędzaniem, tak aby byli w stanie rozwinąć zakładaną prędkość pływania, która została zaplanowana na pierwszym stopniu próby. Głównym zadaniem badanych podczas pływackiej próby wysiłkowej było pokonanie 7 odcinków o długości 200 m ze wzrastającą na każdym odcinku, indywidualnie dobraną prędkością pływania (Fernandes i in., 2011). Zgodnie z opisaną w cytowanej powyżej pracy procedurze, prędkość pokonywania każdego z odcinków ustalono w taki sposób, że w pierw ustalono prędkość na ostatnim, tj. 7 odcinku 200 m, która odzwierciedlała prędkość, jaką badany był w stanie osiągnąć podczas uzyskania rekordu życiowego na dystansie 400 m. Następnie od tej prędkości każdorazowo dla poprzedzającego powtórzenia odejmowano $0,05 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Zatem pierwsze powtórzenie było wykonywane z prędkością niższą o $0,3 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ w porównaniu do 7 powtórzenia. Protokół próby zakładał, że jeżeli różnica między planowaną, a realizowaną prędkością pływania w poszczególnych odcinkach przekroczy $0,1 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ test będzie przerywany i powtarzany po 1 godz. odpoczynku. Podczas realizacji pływackiej próby wysiłkowej badanych obowiązywały następujące ograniczenia: start z wody i nawroty odkryte. Przerwa pomiędzy powtórzeniami odcinków 200 m wynosiła 30 sekund. W celu precyzyjnej kontroli prędkości pływania, na dnie pływalni umieszczono urządzenie liderujące (SwimLead, Polska), składające się z ułożonych liniowo punktów świetlnych rozmieszczonych co 5 cm, sterowanych za pomocą komputerowego programatora, zapewniającego przemieszczanie się plamki świetlnej z zadaną prędkością na

dowolnym dystansie. Przed wykonaniem danego stopnia wysiłkowego, badani każdorazowo byli informowani o zakładanej prędkości pływania.

Rejestrację parametrów wydychanego powietrza podczas pływackiej próby wysiłkowej prowadzono przy użyciu elektronicznego analizatora gazowego (K4B², COSMED, Rzym, Włochy) wraz z dedykowanym oprogramowaniem. Przed każdorazowym przystąpieniem do prób testowych i przed podłączeniem pływaka do aparatury badawczej, analizator był skalibrowany powietrzem o znanym składzie (16% O₂ oraz 5% CO₂), a temperatura przepływomierza była dostosowana do temperatury otoczenia, zgodnie z zaleceniami producenta. Przyjęto, że $\dot{V}O_{2max}$ zostało osiągnięte, gdy zostały spełnione następujące kryteria fizjologiczne: osiągnięcie maksymalnej należnej wartości HR, wartość RER $\geq 1,15$, stabilizacja poboru tlenu pomimo wzrostu intensywności wysiłku, wysokie stężenie mleczanów we krwi ($> 8 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$). Częstość skurczów serca (HR) we wszystkich testach była rejestrowana telemetrycznie w sposób ciągły za pomocą kardiomonitora Polar V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) ustawionym na 5 s uśrednianie. Do nieinwazyjnej oceny wysycenia tlenem krwi wykorzystano pulsoksymetr (Minolta Pulsox-300i, Japonia) zapewniający ciągły monitoring oraz zapis danych częstości skurczów serca oraz saturacji krwi. Pulsoksymetr zakładany był na osuszony palec badanego, każdorazowo po zrealizowanym wysiłku.

5.3.4. Pomiary biochemiczne

Pomiar stężenia mleczanu odbywał się na podstawie krwi kapilarnej pobieranej w objętości 20 μl z opuszka palca przed i po zakończeniu każdego stopnia wysiłkowego, a także bezpośrednio po oraz w 3, 6, 9 i 12 minucie od zakończenia całej próby wysiłkowej. Analiza próbek krwi została wykonana metodą enzymatyczno-amperometryczną z wykorzystaniem odczynników (EKF Diagnostics, Niemcy) oraz analizatora BIOSEN C-line (EKF Diagnostic, Niemcy).

5.3.5. Pomiar mocy kończyn dolnych

Wyskok pionowy

Pomiar mocy kończyn dolnych został wykonany przy użyciu urządzenia OptoJump Next (Microgate, Bolzano, Italy). Badani ratownicy wykonywali skok pionowy poprzedzony równoczesnym ugięciem kończyn dolnych w stawach kolanowych oraz wykonaniem zamachu

ramionami. Pomiar był wykonywany dwukrotnie z przerwą pomiędzy każdym wyskokiem wynoszącą 30 s, bez obuwia. Wynik najlepszy, tj. taki w którym badani uzyskali największą wysokość wyskoku został brany do analizy. Każdorazowo, przed przystąpieniem badanego do próby zostały wprowadzone zweryfikowane dane dotyczące masy ciała badanego, a sam test był poprzedzony jednakową rozgrzewką. Dane wysokości skoków były rejestrowane z dokładnością 0,1 cm.

5.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej

Zebrany materiał badawczy został opracowany narzędziami analizy statystycznej, w wyniku których obliczono podstawowe miary statystyczne, tj. średnie arytmetyczne (m), odchylenia standardowe (SD), wskaźniki zmienności (V), wskaźniki asymetrii (As) oraz wskaźniki koncentracji (kurtozy) (Ku). W celu weryfikacji hipotezy o normalności rozkładu dla analizowanych zmiennych został wykorzystany test W Shapiro-Wilka. Jednorodność wariancji (homogeniczność) dla badanych zmiennych wydzielonych w obrębie przyjętych czynników grupujących (sposobów holowania) została oceniona testem Levene'a. Dla danych spełniających kryteria stosowania testów parametrycznych, w celu ich porównania została przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji z powtarzaniem (ANOVA), która została poprzedzona sprawdzeniem założenia sferyczności za pomocą testu Mauchly'a. W przypadku braku spełnienia założeń wymaganych dla testów parametrycznych, zastosowano analizę wariancji Friedmana. Natomiast w przypadku braku spełnienia założenia sferyczności stosowano korektę Greenhouse-Geissera (Stanisz, 2007). Do analizy współzależności wykorzystano współczynniki korelacji liniowej Pearsona, dla których przyjęto następującą skalę wielkości efektów: 0 – 0,1 – efekt trywialny, >0,1 – 0,3 – efekt mały, >0,3 – 0,5 efekt umiarkowany, >0,5 – efekt duży. Do obliczeń wykorzystano pakiet statystyczny Statistica PL v.13.3 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, Ca, USA), natomiast do graficznej prezentacji danych wykorzystano bibliotekę „ggplot2” w języku programowania R (Wickham, 2016).

6. Wyniki badań

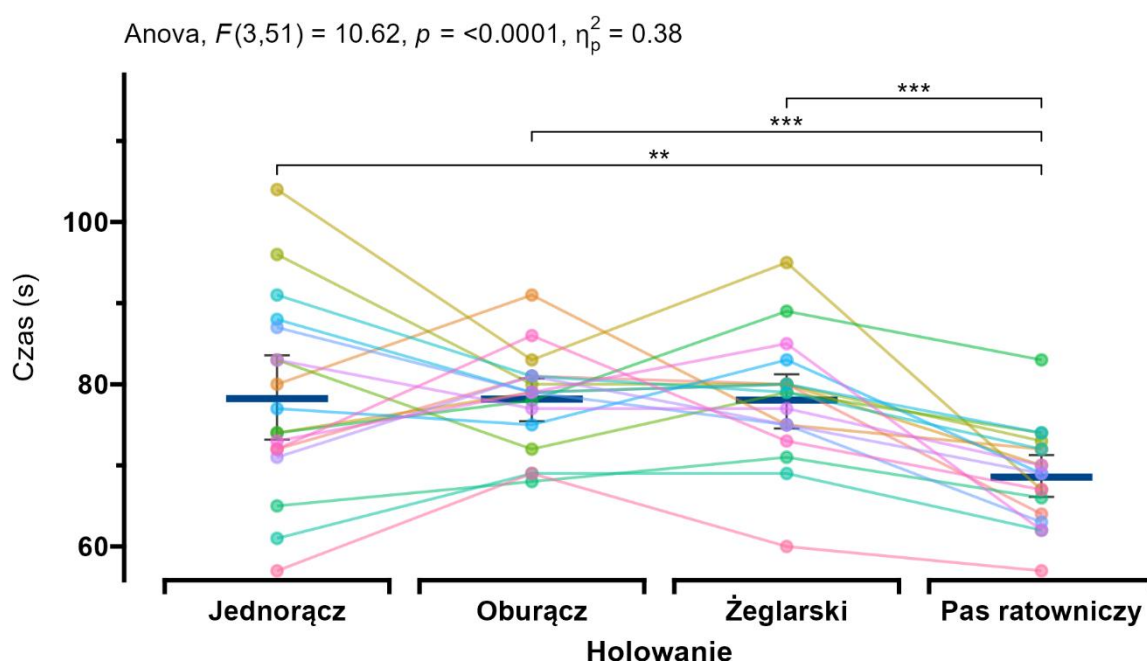
6.1. Czas holowania manekina na dystansie 50 m

Zadaniem każdego z badanych ratowników było pokonanie dystansu 50 m holując manekina czterema różnymi sposobami, spośród których tylko w jednym przypadku wykorzystywano podręczny sprzęt ratowniczy, jakim jest pas ratunkowy „węgorz”. Holowanie z ujęciem poszkodowanego oburącz za doły pachowe charakteryzuje się tym, iż wyłącznie kończyny dolne zaangażowane są do pracy związanej z napędem. Z kolei w sposobie holowania z ujęciem jednorącz za żuchwę ratownicy płyną na boku stosując „nożycową” pracę nóg oraz wspomagając napęd jednym wolnym ramieniem. Sposób holowania „żeglarski” przewidziany jest do osób mogących zachowywać się agresywnie i z wyjątkiem sposobu ujęcia poszkodowanego, charakteryzuje się podobną do sposobu holowania opisanego powyżej, pracą kończyn dolnych oraz jednego wolnego ramienia. Mając do dyspozycji pas ratowniczy typu „węgorz”, ratownicy w ułożeniu na boku lub na plecach wykonują „nożycową” lub „żabkową” pracę kończyn dolnych wspomaganą pracą jednego wolnego ramienia. W dłoni drugiego ramienia trzymana jest linka, na której końcu znajduje się poszkodowany utrzymywany na powierzchni wody przez pas ratowniczy. Badani ratownicy podczas holowania byli podłączeni do aparatury do pomiaru wymiany gazowej, co bardzo utrudniało wykonanie szybkiego startu oraz nawrotu. Stąd też, prezentowane poniżej wyniki uzyskane podczas holowania na dystansie 50 m mogą stanowić jedynie poglądowy obraz prędkości holowania wybranymi sposobami stosowanymi w ratownictwie wodnym. Na podstawie wyników przedstawionych w Tabeli 2 można zaobserwować, że badani ratownicy holując manekina na dystansie 50 m pokonali najszybciej ten dystans przy wykorzystaniu pasa ratowniczego ($68,56 \pm 5,93$ s). Około 10 s więcej czasu ratownicy potrzebowali na pokonanie tego samego dystansu holując manekina trzema pozostałymi sposobami bez wykorzystania sprzętu pomocniczego.

Analiza wariancji, której wyniki przedstawiono na Rycinie 3 ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(3,51)} = 10,62$; $p < 0,0001$). Dalsza analiza za pomocą testów post-hoc wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy czasami holowania manekina na dystansie 50 m z wykorzystaniem pasa ratowniczego „węgorz”, a pozostałymi sposobami holowania, tj. z chwytem jednorącz za głowę ($p < 0,01$), oburącz za doły pachowe ($p < 0,001$) i sposobem żeglarskim ($p < 0,001$).

Tabela 2. Charakterystyka czasów uzyskanych podczas holowania manekina na dystansie 50 m sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$); dane przedstawiono w postaci średnich (\pm odchylenie standardowe), a także wartości minimalnych i maksymalnych

ZMIENNA	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
Czas holowania [s]	78,17 \pm 5,94 (68 – 91)	78,22 \pm 12,08 (57 – 104)	78,06 \pm 7,7 (60 – 95)	68,56 \pm 5,93 (57 – 83)



Ryc. 3. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości czasów podczas holowania manekina na dystansie 50 m sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome (granatowe) linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich, kolorowe linie obrazują dynamikę zmian w czasach holowania różnymi sposobami dla badanych ratowników; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

6.2. Czas oraz prędkość holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

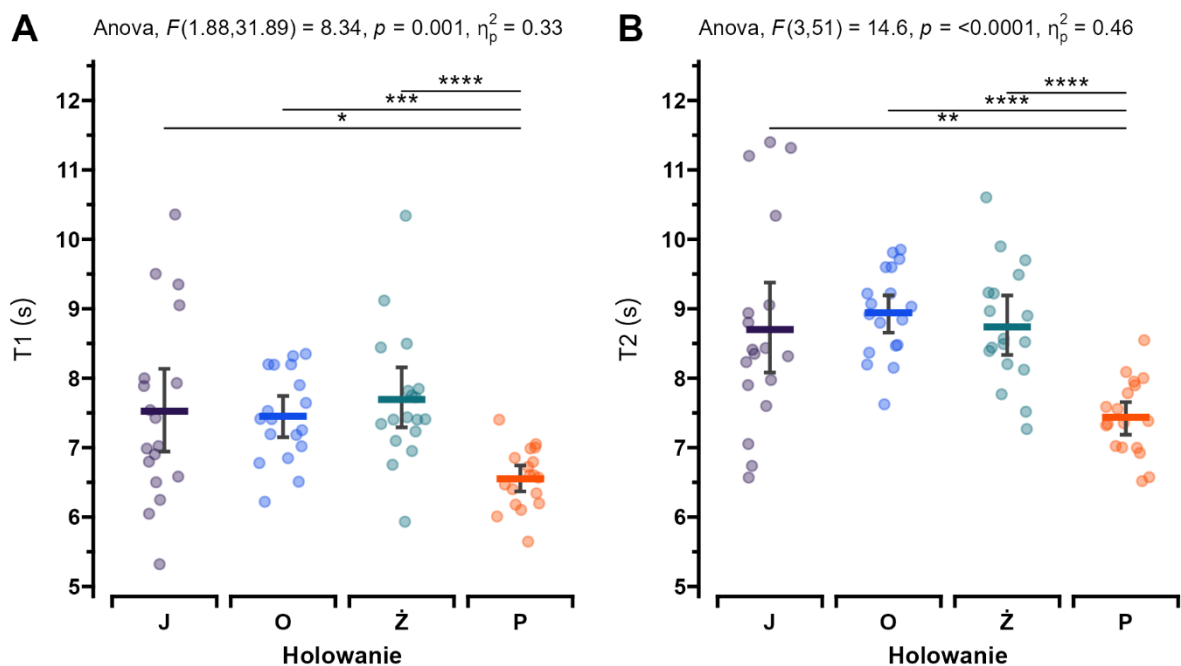
Jak już wspomniano wcześniej, ratownicy podczas holowania podłączeni byli do aparatury pomiarowej, która utrudniała im swobodne poruszanie się, szczególnie podczas startu i nawrotu. Dlatego też zdecydowano się na pomiar wielkości kinematycznych w strefie o

długości 5 m zlokalizowanej w środkowej części pływalni, tj. pomiędzy 10 i 15 m zarówno podczas pokonania pierwszego jak i drugiego odcinka 25 m. Na podstawie wyników zaprezentowanych w Tabeli 3 można zaobserwować, iż średni czas pokonania 5 m holując manekina, zarówno na pierwszej, jak i drugiej długości pływalni był najkrótszy w holowaniu z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($6,55 \pm 0,43$ s i $7,52 \pm 0,64$ s, odpowiednio), w trakcie którego ratownicy osiągnęli średnią prędkość wynoszącą $0,77 \pm 0,05$ m \times s⁻¹ i $0,67 \pm 0,06$ m \times s⁻¹. Najwięcej czasu do pokonania dystansu 5 m na pierwszej długości pływalni potrzebowali ratownicy holując sposobem „żeglarskim” ($7,69 \pm 0,97$ s) rozwijając średnią prędkość wynoszącą $0,66 \pm 0,08$ m \times s⁻¹. Natomiast na drugiej długości pływalni najdłużej trwało pokonanie 5 m w holowaniu z chwytem oburącz za doły pachowe ($8,94 \pm 0,64$ s), podczas którego ratownicy rozwijali średnią prędkość wynoszącą $0,56 \pm 0,04$ m \times s⁻¹.

Tabela 3. Czasy oraz prędkości uzyskane w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (T1, V1) i drugiej (T2, V2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

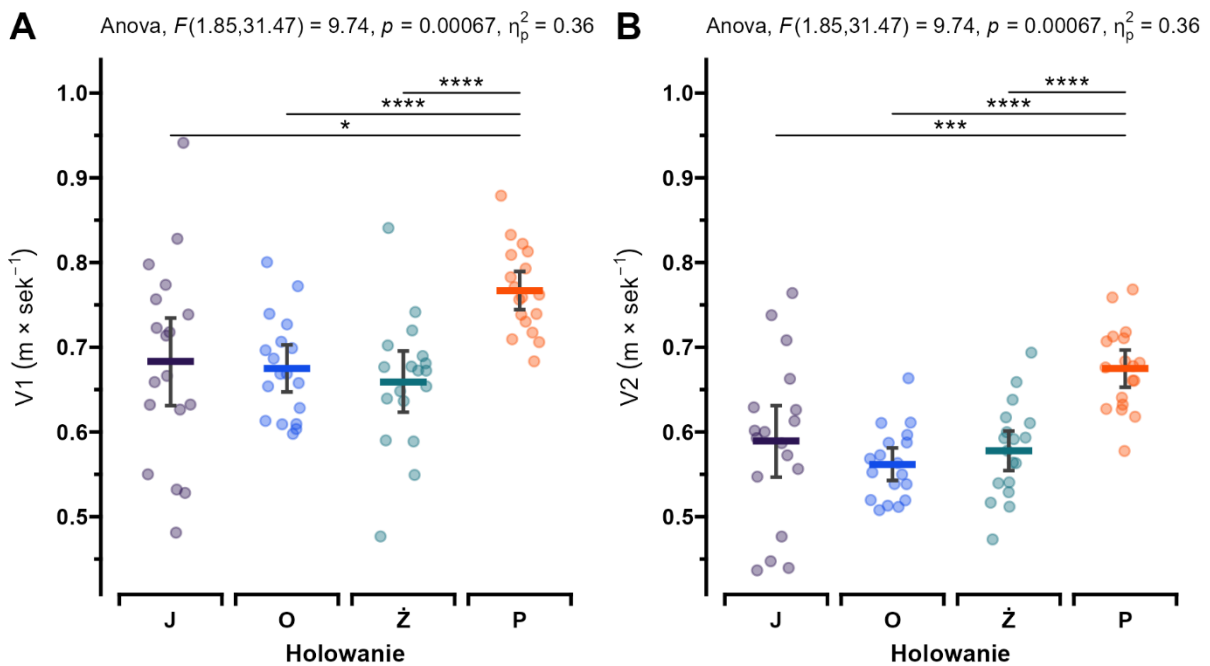
ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
T1 [s]	$7,45 \pm 0,64$ (6,2 – 8,4)	$7,53 \pm 1,33$ (5,3 – 10,4)	$7,69 \pm 0,97$ (5,9 – 10,3)	$6,55 \pm 0,43$ (5,7 – 7,4)
T2 [s]	$8,94 \pm 0,64$ (7,6 – 9,9)	$8,82 \pm 1,53$ (6,6 – 11,4)	$8,74 \pm 0,86$ (7,3 – 10,6)	$7,52 \pm 0,64$ (6,5 – 8,9)
V1 [m \times s ⁻¹]	$0,68 \pm 0,06$ (0,6 – 0,8)	$0,68 \pm 0,12$ (0,5 – 0,9)	$0,66 \pm 0,08$ (0,5 – 0,8)	$0,77 \pm 0,05$ (0,7 – 0,9)
V2 [m \times s ⁻¹]	$0,56 \pm 0,04$ (0,5 – 0,7)	$0,58 \pm 0,1$ (0,4 – 0,8)	$0,58 \pm 0,06$ (0,5 – 0,7)	$0,67 \pm 0,06$ (0,6 – 0,8)

Przeprowadzona analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem (Rycinie 4) ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z czasem holowania w pięciometrowej strefie pomiaru czterema sposobami holowania, zarówno na pierwszej, jak i drugiej długości pływalni ($F_{(1,88; 31,89)} = 8,34$; $p = 0,001$ i $F_{(3; 51)} = 12,99$; $p = 0,0001$). Pogłębiona analiza testami wielokrotnych porównań (post-hoc) wykazała, że czas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego typu „węgorz” jest istotnie statystycznie krótszy, tak na pierwszej, jak i drugiej długości pływalni w porównaniu do czasu holowania z ujęciem za doły pachowe (odpowiednio: $p < 0,05$ i $p < 0,01$), do czasu holowania z ujęciem jednorącz za żuchwę (odpowiednio: $p < 0,001$ i $p < 0,0001$) oraz do holowania sposobem „żeglarskim” (odpowiednio: $p < 0,0001$ i $p < 0,0001$).



Ryc. 4. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości czasu pokonania pięciometrowej strefy pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Przeprowadzona analiza wariancji z powtarzanym pomiarem dla zmierzonych prędkości holowania w pięciometrowej strefie pomiaru (Rycinie 5) ujawniła istotny efekt w zakresie czynnika związanego ze sposobem holowania, zarówno na pierwszej, jak i drugiej długości pływalni (odpowiednio: $F(1,88; 31,89) = 8,34; p < 0,001$ i $F(3; 51) = 12,99; p < 0,0001$). Na podstawie testów porównań wielokrotnych ustalono, iż zmierzone prędkości, zarówno na pierwszej, jak i drugiej długości pływalni podczas holowania manekina z wykorzystaniem pasa ratowniczego „węgorz” istotnie różnią się od prędkości uzyskanych podczas holowania pozostałymi sposobami, tj.: z chwytem jednorącz za żuchwę ($p < 0,05$ i $p < 0,01$ – odpowiednio na pierwszej i drugiej długości pływalni), oburącz za doły pachowe ($p < 0,001$ i $p < 0,0001$ – odpowiednio) oraz sposobem „żeglarskim” ($p < 0,0001$ i $p < 0,0001$ – odpowiednio).



Ryc. 5. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości prędkości uzyskanej w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

6.3. Praca ramion podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Zapewnienie możliwości poruszania się w wodzie związane jest z wykonywaniem cyklicznych ruchów ramion i nóg. Można przyjąć, że czym mniej cykli pracy kończyn, przy utrzymaniu stałej prędkości pływnięcia tym lepiej, ponieważ wpływa to na efektywność i ekonomikę pracy ratownika podczas akcji ratunkowej. Na podstawie danych zaprezentowanych w Tabeli 4 można zauważyć, że podczas holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni badani ratownicy wykonywali podobną liczbę ruchów jednego ramienia podczas holowania z chwytem jednoręcz oraz sposobem „żeglarskim” ($8,39 \pm 1,4$ i $8,69 \pm 1,72$) oraz o blisko 1 ruch pracy ramienia mniej podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego „węgorz” ($7,5 \pm 1,52$). Również wartości minimalne i maksymalne liczby ruchów ramion dla sposobów holowania oburęcz i jednoręcz były zbliżone (odpowiednio: $6,5 - 12$ i $5,5 - 12,5$).

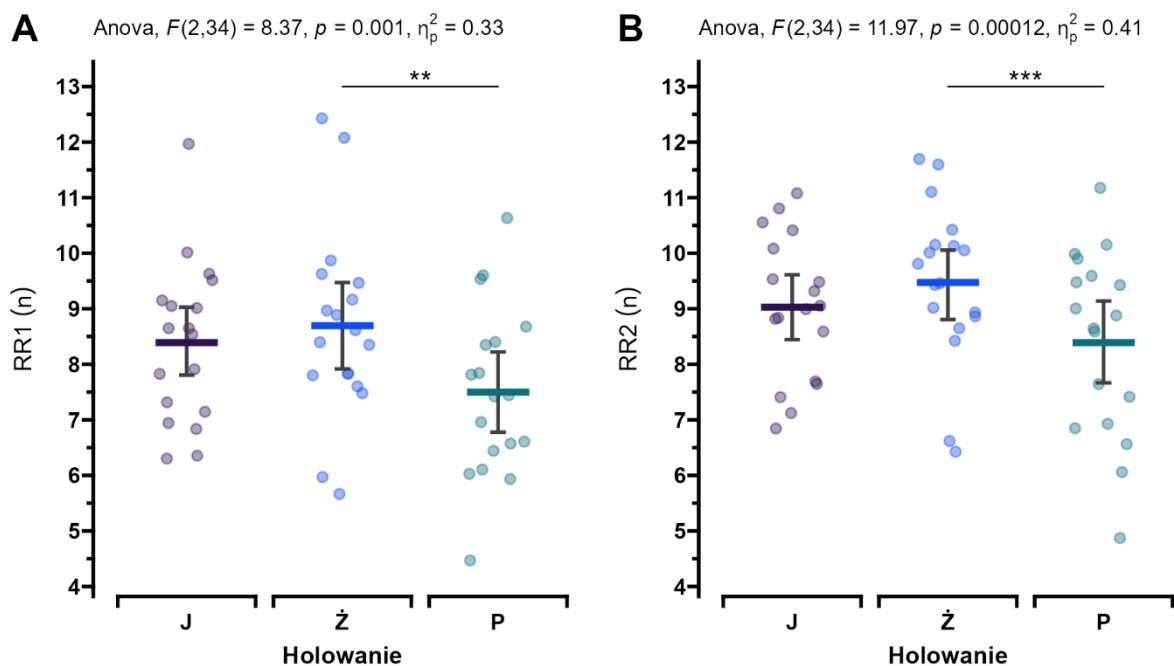
Na drugiej długości pływalni w pięciometrowej strefie pomiaru zaobserwowano zwiększenie liczby ruchów pracującego ramienia we wszystkich analizowanych sposobach

holowania. Podobnie, jak na pierwszej długości pływalni, ratownicy wykorzystujący podczas holowania pas ratowniczy potrzebowali wykonać najmniejszą liczbę ruchów ramieniem by pokonać pięciometrowy odcinek pomiaru ($8,39 \pm 1,63$). Najwięcej ruchów napędowych ramieniem badani wykonali podczas holowania sposobem „żeglarskim” ($9,47 \pm 1,4$).

Tabela 4. Liczba ruchów ramienia związanych z napędem wykonanych w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (RR1) i drugiej (RR2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
RR1 [n]	nie dotyczy	$8,39 \pm 1,4$ (6,5 – 12)	$8,69 \pm 1,72$ (5,5 – 12,5)	$7,5 \pm 1,52$ (4,5 – 10,5)
RR2 [n]	nie dotyczy	$9,03 \pm 1,31$ (7 – 11)	$9,47 \pm 1,4$ (6,5 – 11,5)	$8,39 \pm 1,63$ (5 – 11)

Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem (Rycina 6, A) ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania dla liczby ruchów ramienia wykonanych w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni ($F_{(2; 34)} = 8,37$; $p < 0,001$). Na podstawie testów wielokrotnych porównań uzyskano podstawy do stwierdzenia o istotnie statystycznie ($p < 0,01$) mniejszej liczbie ruchów ramienia podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego w stosunku do holowania sposobem żeglarskim. Również w przypadku pomiarów dokonanych na drugiej długości pływalni (Rycina 6, B), analiza wariancji ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego ze sposobem holowania ($F_{(2; 34)} = 11,97$; $p < 0,0001$). Pogłębiona analiza za pomocą testów wielokrotnych porównań pozwoliła stwierdzić istotną statystycznie mniejszą liczbę ruchów ramienia związaną z napędem podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego w porównaniu do holowania sposobem „żeglarskim”.



Ryc. 6. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości dla liczby ruchów ramienia odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.

6.4. Praca nóg podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Praca kończyn dolnych podczas holowania jest ściśle skoordynowana z pracą ramion oraz oddychaniem ratownika. Wyniki uzyskane na podstawie analizy materiału video przedstawiono w Tabeli 5. Na pierwszej długości pływalni w pięciometrowej strefie pomiaru najmniej ruchów napędowych nogami ratownicy wykonali podczas holowania manekina przy wykorzystaniu pasa ratowniczego ($7,53 \pm 1,53$). Zbliżone do siebie liczby ruchów kończyn dolnych odnotowano podczas holowania sposobem jednoręcz za żuchwę oraz sposobem żeglarskim ($8,50 \pm 1,74$ oraz $8,69 \pm 1,72$ – odpowiednio). Sposobem holowania, któremu towarzyszy największa liczba ruchów nóg jest holowanie z ujęciem oburącz za doły pachowe ($10,64 \pm 1,34$). Warto zwrócić uwagę, iż różnica w liczbie ruchów nóg podczas holowania sposobem z ujęciem oburącz za doły pachowe jest o 3 pełne ruchy kończyn dolnych większa w porównaniu do liczby ruchów nóg podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego.

Podczas holowania manekina na drugiej długości pływalni, w pięciometrowej strefie pomiaru zaobserwowano podobną tendencję w liczbie ruchów nóg dla poszczególnych

sposobów holowania, jaką obserwowano na pierwszej długości pływalni. Ponownie najmniejszą liczbę ruchów nóg odnotowano podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($8,39 \pm 1,63$), największą natomiast podczas holowania sposobem z ujęciem za doły pachowe ($11,75 \pm 1,61$). Ratownicy podczas holowania sposobem z ujęciem jednorącz za głowę oraz sposobem „żeglarskim” wykonali zbliżoną liczbę ruchów nogami ($9,22 \pm 1,96$ oraz $9,47 \pm 1,4$ – odpowiednio).

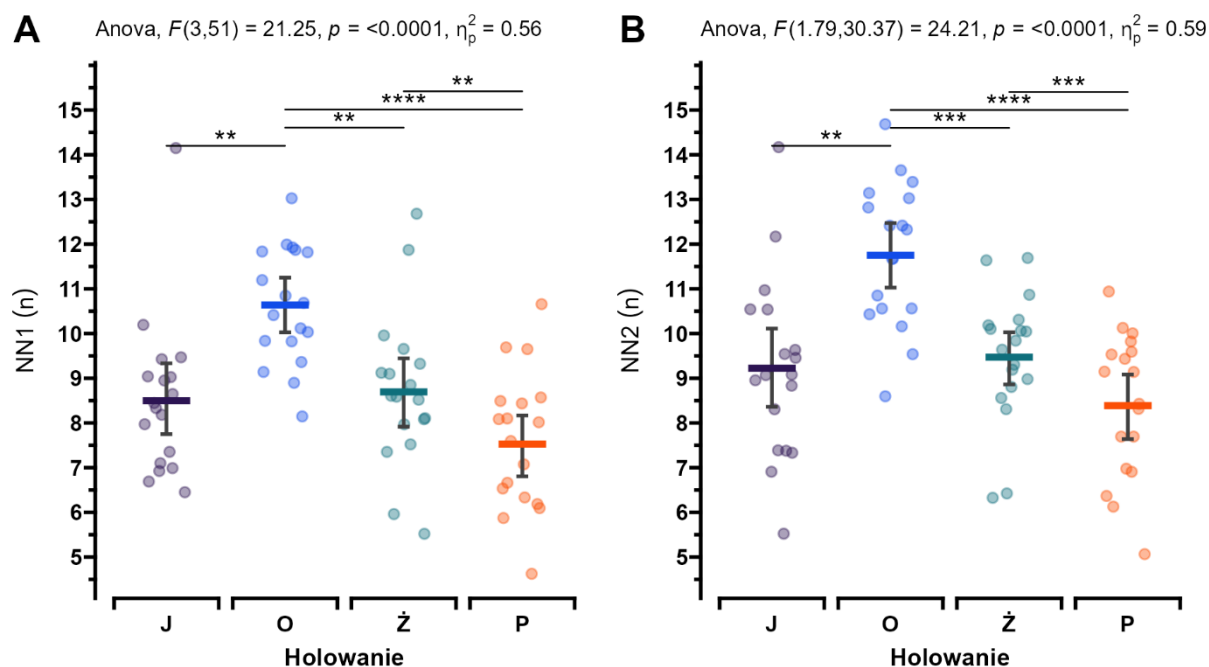
Tabela 5. Liczba ruchów nóg związanych z napędem wykonanych w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (NN1) i drugiej (NN2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
NN1 [n]	$10,64 \pm 1,34$ (8 – 13)	$8,5 \pm 1,74$ (6,5 – 14)	$8,69 \pm 1,72$ (5,5 – 12,5)	$7,53 \pm 1,53$ (4,5 – 10,5)
NN2 [n]	$11,75 \pm 1,61$ (8,5 – 14,5)	$9,22 \pm 1,96$ (5,5 – 14)	$9,47 \pm 1,4$ (6,5 – 11,5)	$8,39 \pm 1,63$ (5 – 11)

Analiza wariancji (Rycina 7, A) ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego ze sposobem holowania dla liczby ruchów nóg wykonanych przez ratowników w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni ($F_{(3,51)} = 21,25$; $p < 0,0001$). Wyniki testów porównań wielokrotnych dały podstawę do stwierdzenia, iż liczba ruchów nóg związanych z napędem podczas holowania z chwytem oburącz za doły pachowe różni się istotnie statystycznie od liczby ruchów nóg wykonanych podczas holowania sposobami: z chwytem jednorącz za zuchwę ($p < 0,01$), sposobem żeglarskim ($p < 0,01$) i z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($p < 0,0001$). Odnotowano także istotnie statystyczną różnicę w liczbie wykonanych ruchów nóg związanych z napędem pomiędzy holowaniem sposobem żeglarskim a z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($p < 0,01$).

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy wariancji dla liczby ruchów nóg wykonanych podczas holowania manekina różnymi sposobami na drugiej długości pływalni (Ryc. 7, B) ujawniono istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(1,79; 30,37)} = 24,21$; $p < 0,0001$). Pogłębiona analiza za pomocą testów post-hoc ujawniła, iż podobnie jak to miało miejsce podczas holowania na pierwszej długości pływalni, liczba ruchów nóg związanych z napędem podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe istotnie różni się od liczby ruchów nóg

zarejestrowanych podczas holowania sposobami: jednorącz za żuchwę ($p < 0,01$), żeglarskiego ($p < 0,001$) i z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($p < 0,0001$). Odnotowano także istotną statystycznie różnicę pomiędzy liczbą ruchów nóg wykonanych podczas holowania sposobem żeglarskim i z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($p < 0,001$).



Ryc. 7. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości dla liczby ruchów nóg odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.

6.5. Kąt natarcia (ataku) podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Odpowiednie ułożenie ciała ratownika w wodzie podczas holowania odgrywa kluczową rolę dla efektywności holowania. Na podstawie wyników zamieszczonych w Tabeli 6, dotyczących kąta natarcia zarejestrowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina na pierwszej długości pływalni można zauważyć, iż najmniejszy kąt natarcia występuje podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe ($23,0 \pm 4,56^\circ$). Nieco większy kąt natarcia obserwuje się podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($27,11 \pm 6,33^\circ$), natomiast największe wartości tego kąta występują podczas holowania jednorącz, tj. z chwytem za żuchwę ($36,78 \pm 6,68^\circ$) oraz sposobem żeglarskim ($36,06 \pm 7,26^\circ$). Warto w tym

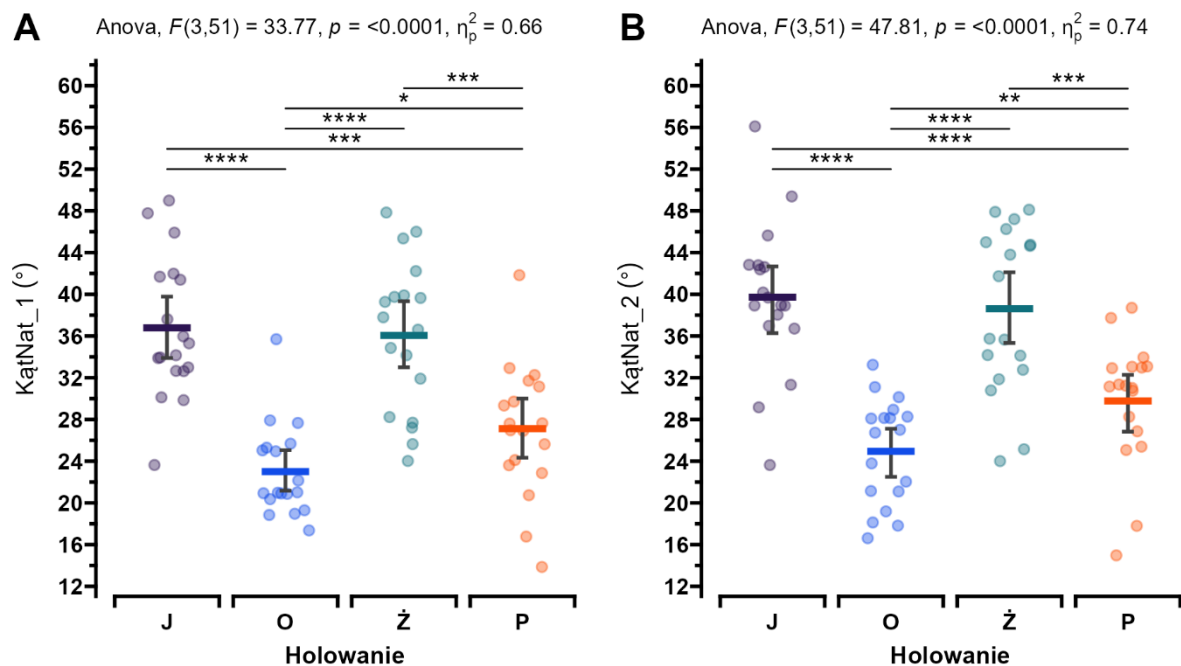
miejszu zwrócić uwagę, że wśród badanych ratowników byli tacy, którzy potrafili zminimalizować ten kąt do wartości 14° podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego. Na drugiej długości pływalni zaobserwować można ten sam rozkład wartości kąta natarcia dla poszczególnych sposobów holowania. Zmęczenie spowodowane wysiłkiem wpłynęło jednak na zwiększenie wartości tego kąta we wszystkich poddanych analizie sposobach holowania. Podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe średnie wartości kąta ataku były najniższe ($24,94 \pm 5,00^\circ$), natomiast najwyższe zarejestrowano podczas holowania sposobem z chwytem jednorącz za żuchwę ($39,72 \pm 7,22^\circ$).

Tabela 6. Wielkości kąta natarcia (ataku) odnotowane w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (KątNat_1) i drugiej (KątNat_2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
KątNat_1 [°]	$23,00 \pm 4,56$ (17 – 36)	$36,78 \pm 6,68$ (24 – 49)	$36,06 \pm 7,26$ (24 – 48)	$27,11 \pm 6,33$ (14 – 42)
KątNat_2 [°]	$24,94 \pm 5,00$ (17 – 33)	$39,72 \pm 7,22$ (24 – 56)	$38,61 \pm 7,87$ (24 – 48)	$29,78 \pm 6,1$ (15 – 39)

Analiza wariancji dla wielkości kąta natarcia zarejestrowanego w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem (Rycina 8, A), a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(3; 51)} = 33,77$; $p < 0,0001$). Analiza testami post-hoc pozwoliła dokonać identyfikacji, w zakresie których z porównywanych sposobów holowania wielkości kąta ataku różnią się istotnie statystycznie. Wielkość kąta ataku odnotowana podczas holowania z chwytem oburącz za doły pachowe różni się istotnie statystycznie od kątów natarcia odnotowanych podczas holowania sposobami: jednorącz za żuchwę ($p < 0,0001$), żeglarskim ($p < 0,0001$) oraz z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($p < 0,05$). Ponadto istotne statystycznie różnice w wielkościach kąta ataku występują pomiędzy holowaniem manekina z wykorzystaniem pasa ratowniczego, a sposobami z chwytem jednorącz, tj. za żuchwę oraz żeglarskim (dla obu porównań $p < 0,001$). Przeprowadzona analiza wariancji dla wielkości kątów natarcia zarejestrowanych podczas holowania manekina czterema sposobami w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni również ujawniła istotny efekt czynnika głównego, związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(3; 51)} = 47,81$; $p < 0,0001$). Na podstawie

wyników testów post-hoc można stwierdzić, że wielkość kąta natarcia, jaki występuje w trakcie holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe jest istotnie różna od wielkości kątów natarcia podczas holowania sposobami: jednorącz za żuchwę ($p < 0,0001$), żeglarskiego ($p < 0,0001$) oraz z pasem ratowniczym ($p < 0,01$). Odnotowano także istotne różnice dla wielkości kąta natarcia, jaki występuje podczas holowania manekina z wykorzystaniem pasa ratowniczego a sposobem z chwytem jednorącz za żuchwę ($p < 0,0001$) i żeglarskiego ($p < 0,001$).



Ryc. 8. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości kąta natarcia (ataku) odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.

6.6. Wskaźnik spadku prędkości podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

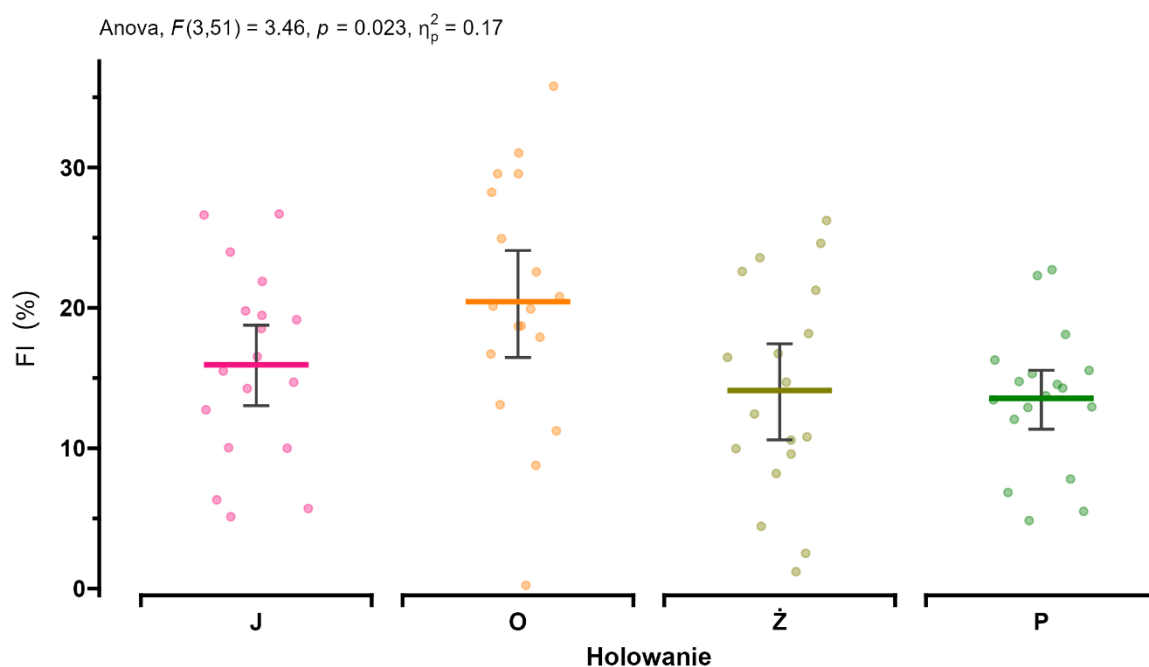
Obliczony na podstawie prędkości holowania manekina, zmierzonej w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości pływalni, wskaźnik spadku prędkości informuje o wielkości zmęczenia wywołanego na skutek holowania manekina wybranym sposobem. Na podstawie danych zaprezentowanych w Tabeli 7 można zaobserwować, iż najmniejszą wartość tego wskaźnika odnotowano podczas holowania manekina sposobem żeglarskim ($14,11 \pm$

7,64%), który był o blisko 1% niższy od wskaźnika uzyskanego dla holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego ($14,98 \pm 9,39\%$). Najwyższą wartość wskaźnika spadku prędkości odnotowano dla holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe ($20,44 \pm 8,77\%$).

Tabela 7. Wskaźnik spadku prędkości w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina wybranymi sposobami ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
FI [%]	$20,44 \pm 8,77$ (0,2 – 35,8)	$17,57 \pm 10,27$ (5,1 – 48,8)	$14,11 \pm 7,64$ (1,2 – 26,2)	$14,98 \pm 9,39$ (4,8 – 48,1)

Przeprowadzona analiza wariancji (Rycina 9) ujawniła istotny statystycznie efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(3; 51)} = 3,46$; $p < 0,023$). Pogłębiona analiza za pomocą testów wielokrotnych porównań nie potwierdziła jednak istotnych statystycznie różnic pomiędzy porównywanymi parami wskaźników spadku prędkości wynikających z mierzonych prędkości holowania manekina dla poszczególnych sposobów.



Ryc. 9. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości Wskaźnika spadku prędkości obliczonego na podstawie różnicy prędkości w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości pływalni podczas

holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.

6.7. Wskaźniki fizjologiczne uzyskane na podstawie testu pływackiego 7 × 200 m

Na podstawie przeprowadzonego testu, celem którego była ocena wielkości maksymalnego pochłaniania tlenu, polegającego na przepłynięciu kraulem na piersiach 7 odcinków o długości każdego dystansu wynoszącego 200 m z narastającą prędkością, podczas których dokonywano rejestracji parametrów wydychanego powietrza oraz częstości skurczów serca uzyskano dane, które po opracowaniu statystycznym przedstawiono w Tabeli 8.

Tabela 8. Wskaźniki fizjologiczne uzyskane podczas wysiłku maksymalnego w teście pływackim 7 × 200 m kraulem na piersiach oceniającym maksymalny pobór tlenu ($n = 18$)

Zmienne	$m \pm s$	Me	min–max	V	As	Ku
\dot{V}_E [l/min]	109,1 ± 19,42	112,3	73,7 – 136,8	17,8	-0,28	-0,95
$\dot{V}O_2$ [l/min]	4,06 ± 0,54	4,19	2,96 – 4,88	13,2	-0,25	-0,68
$\dot{V}O_2$ [l/min/kg]	56,1 ± 4,96	56,5	45,8 – 63,8	8,8	-0,44	-0,09
$\dot{V}CO_2$ [ml/min]	3,46 ± 0,63	3,55	0,21 – 0,45	18,1	-0,66	0,26
RER	1,0 ± 0,07	1	0,9 – 1,2	6,3	0,16	1,3
$\dot{V}E/\dot{V}O_2$	28,2 ± 3,96	28,4	20,5 – 34,3	14,1	-0,34	-0,54
$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$	31,9 ± 4,77	32,3	20,8 – 39,7	14,9	-0,59	0,83
HR _{MAX} (ud/min)	191,4 ± 5,16	191	180 – 200	2,7	-0,73	0,74

LEGENDA

m – średnia arytmetyczna; s – odchylenie standardowe; Me – mediana; min–max – zakres wartości w grupie; V – współczynnik zmienności; As – wskaźnik skośności (asymetria); Ku – wskaźnik skupienia (kurtoza).

6.8. Ocena wielkości poboru tlenu podczas holowania manekina

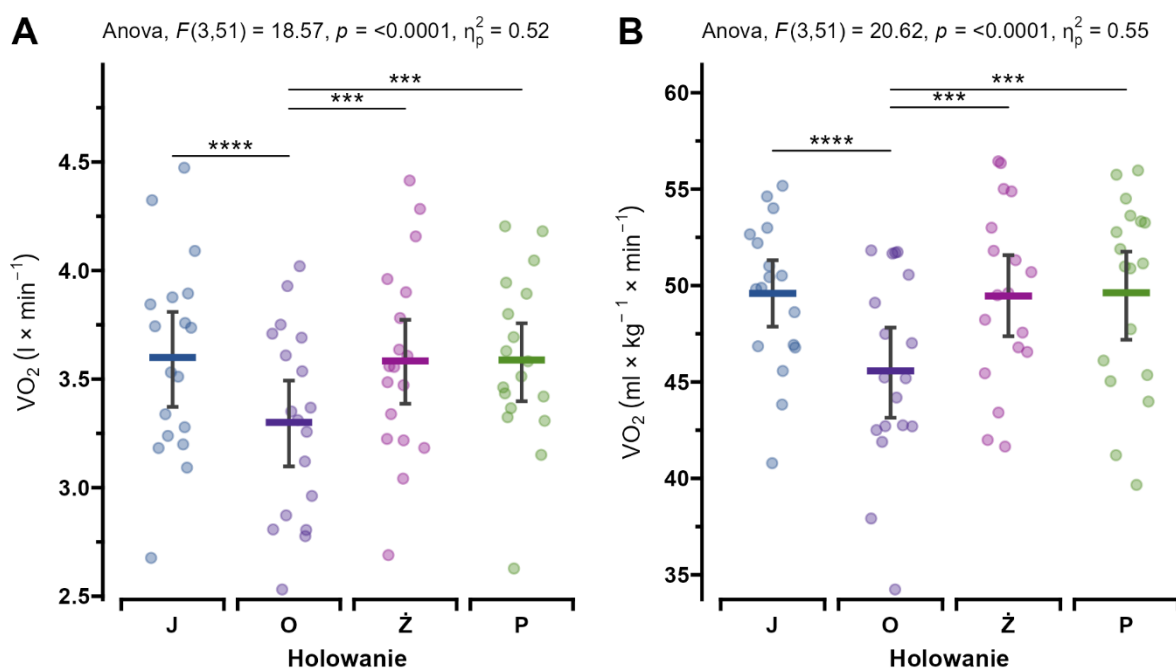
Oceniając wielkości pobieranego tlenu podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu, tj. oburącz za doły pachowe i jednorącz za głowę, z chwytem sposobem żeglarskim oraz z wykorzystaniem podręcznego sprzętu w postaci pasa ratowniczego „węgorz” (Tabela 9) można zauważyć, że najniższe wartości pobieranego tlenu zarówno w wartościach bezwzględnych (l

$\times \text{min}^{-1}$) jak i względnych ($\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) występują podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe (odpowiednio: $3,30 \pm 0,44 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ i $45,58 \pm 5,04 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$). Uzyskane w teście pływackim $7 \times 200 \text{ m}$ kraulem na piersiach dane posłużyły do wyznaczenia zrelatywizowanych (procentowych) wielkości pochłaniania tlenu zarejestrowanych podczas holowania danym sposobem względem maksymalnych wartości wskaźników fizjologicznych ($\% \dot{V}O_2$) (Tabela 8).

Tabela 9. Charakterystyka wielkości pobieranego tlenu podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$). Dane przedstawiono w postaci średnich \pm odchylenia standardowe oraz (Min – Max).

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
$\dot{V}O_2$ [$\text{l} \times \text{min}^{-1}$]	$3,30 \pm 0,44$ (2,53 – 4,02)	$3,60 \pm 0,4$ (2,68 – 4,47)	$3,58 \pm 0,44$ (2,69 – 4,41)	$3,59 \pm 0,39$ (2,63 – 4,20)
$\dot{V}O_2$ [$\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$]	$45,58 \pm 5,04$ (34,2 – 51,8)	$49,59 \pm 3,89$ (40,8 – 55,2)	$49,46 \pm 4,66$ (41,6 – 56,4)	$49,62 \pm 4,99$ (39,7 – 56)
$\% \dot{V}O_2$ [% $\text{l} \times \text{min}^{-1}$]	$81,2 \pm 5,18$ (71,4 – 89,8)	$88,52 \pm 3,51$ (83 – 95)	$88,34 \pm 6,65$ (76,5 – 98)	$88,5 \pm 5,62$ (75,1 – 96,8)
$\% \dot{V}O_2$ [% $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$]	$81,33 \pm 4,85$ (71,4 – 89,8)	$88,68 \pm 3,36$ (83,1 – 95)	$88,49 \pm 6,38$ (76,4 – 98,4)	$88,69 \pm 5,88$ (75,1 – 96,8)

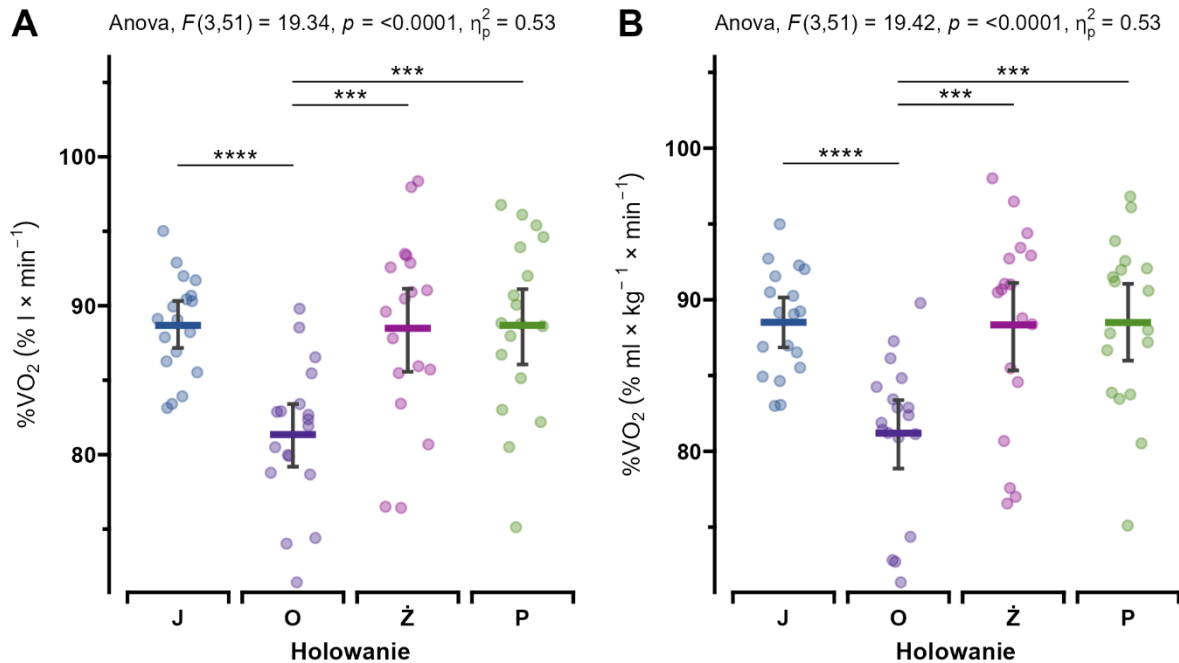
Przeprowadzona analiza wariancji, której wyniki zaprezentowano na Rycinie 10 ujawniła istotny efekt czynnika głównego dla powtarzanego pomiaru oceniającego wielkość poboru tlenu w zależności od sposobu holowania ($F_{(3,51)} = 18,57$; $p < 0,001$ i $F_{(3,51)} = 20,63$; $p < 0,001$ – odpowiednio dla wartości bezwzględnych i względnych). W wyniku dalszej analizy testami post-hoc ujawniono, iż minutowy pobór tlenu (wyrażony w wartościach absolutnych oraz w odniesieniu do masy ciała) podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za głowę jest istotnie statystycznie niższy w porównaniu do pozostałych sposobów holowania, tj. do holowania z chwytem jednorącz za głowę ($p < 0,001$), do holowania z chwytem sposobem żeglarskim ($p < 0,001$) oraz do holowania z wykorzystaniem pasa ratunkowego „węgorz” ($p < 0,001$). Nie odnotowano natomiast istotnej statystycznie różnicy w minutowym poborze tlenu, wyrażonych zarówno w wartościach bezwzględnych jak i względnych pomiędzy sposobami holowania z chwytem jednorącz za głowę, sposobem żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego.



Ryc. 10. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości pobieranego tlenu wyrażonych w $l \times \text{min}^{-1}$ (A) oraz w $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich $\pm 95\text{CI}$.

Z uwagi na fakt, iż badani ratownicy charakteryzowali się zróżnicowanym poziomem wydolności oraz sprawności fizycznej, zarejestrowane wielkości minutowej konsumpcji tlenu podczas holowania ocenianymi sposobami odniesiono do wartości maksymalnych uzyskanych podczas testu 7×200 m. Na podstawie uzyskanych wyników (Rycina 11) można zaobserwować podobną tendencję do opisaną powyżej, tj. podczas holowania z chwytem oburącz za żuchwę wielkość pochłaniania tlenu była najniższa i wynosiła $81,2 \pm 5,18\%$ i $81,33 \pm 4,85\%$ (odpowiednio dla wartości względnych i bezwzględnych) w stosunku do wartości maksymalnych uzyskanych w teście 7×200 m, podczas gdy w holowaniu pozostałymi sposobami (jednorącz za żuchwę, z chwytem sposobem żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratowniczego „węgorz”) minutowe pochłanianie tlenu zawierało się w okolicach 88%, zarówno dla wartości odniesionych do masy ciała jak i wartości absolutnych. Przeprowadzona analiza wariancji ujawniła istotny efekt czynnika głównego powtarzanego pomiaru dla poszczególnych sposobów holowania ($F(3,51) = 19,43$; $p < 0,001$ i $F(3,51) = 19,37$; $p < 0,001$ – odpowiednio dla wartości względnych i bezwzględnych). Pogłębiona analiza testami post-hoc wykazała istotną statystycznie różnicę pomiędzy wielkościami minutowego poboru tlenu odniesionymi do

wartości maksymalnych zarejestrowanymi podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za głowę oraz sposobami z chwytem jednorącz za głowę, żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratowniczego „węgorz” ($p < 0,001$).



Ryc. 11. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości pobieranego tlenu wyrażonych w procentach w stosunku do wartości maksymalnych poboru tlenu w l × min⁻¹ (A) oraz w ml × kg⁻¹ × min⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.

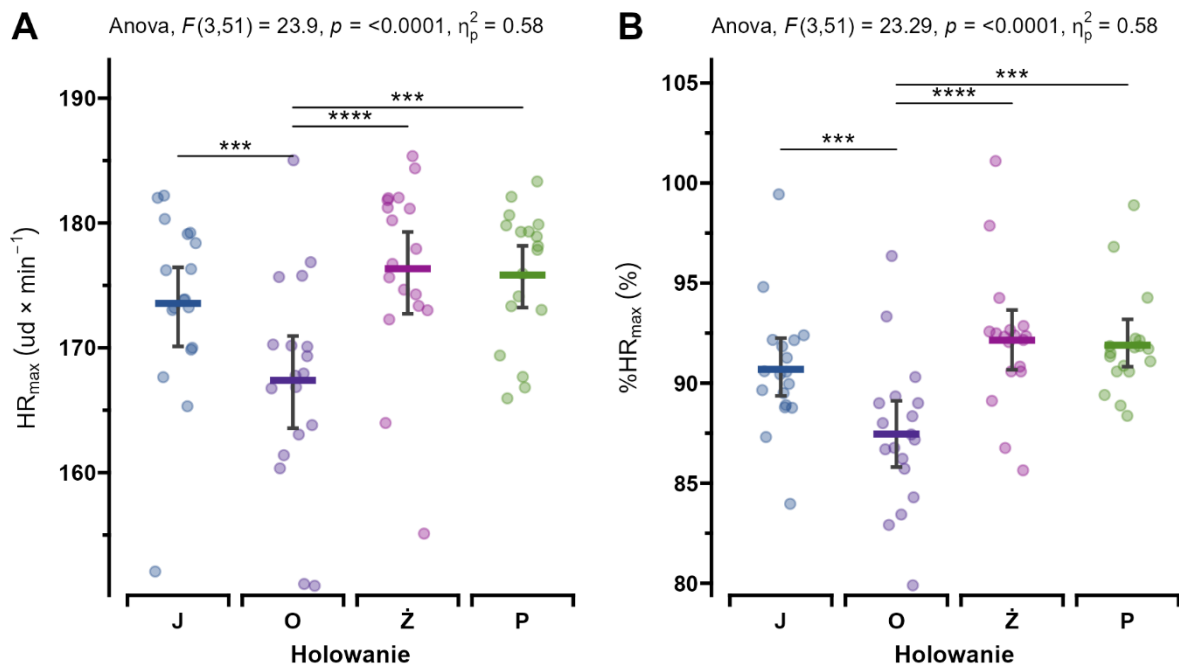
6.9. Ocena częstości skurczów serca podczas holowania manekina

Ciągła rejestracja częstości skurczów serca dokonywana podczas holowania manekina każdym ze sposobów pozwoliła zaobserwować (Tabela 10), iż najniższe wartości tego wskaźnika występowały podczas holowania z chwytem oburącz za doły pachowe ($167,39 \pm 8,53$ ud × min⁻¹, co stanowiło $87,46 \pm 3,77\%$ HR_{max}). Z kolei najwyższe wartości częstości skurczów serca odnotowano podczas holowania sposobem żeglarskim ($176,33 \pm 7,46$ ud × min⁻¹, co stanowiło $92,15 \pm 3,48\%$ HR_{max}).

Tabela 10. Charakterystyka częstości skurczów serca (HR_{max}) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
HR_{MAX} [ud \times min $^{-1}$]	167,39 \pm 8,53 (151 – 185)	173,56 \pm 7,16 (152 – 182)	176,33 \pm 7,46 (155 – 185)	175,83 \pm 5,38 (166 – 183)
$\%HR_{MAX}$ [%]	87,46 \pm 3,77 (79,9 – 96,4)	90,69 \pm 3,19 (84 – 99,4)	92,15 \pm 3,48 (85,6 – 101,1)	91,9 \pm 2,57 (88,4 – 98,9)

Analiza wariancji, której wyniki przedstawiono na Rycinie 12 ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem, a dotyczącego sposobu holowania ($F_{(3,51)} = 23,9$; $p < 0,001$ i $F_{(3,51)} = 23,27$; $p < 0,001$ – odpowiednio dla absolutnych wartości HR i $\%HR_{max}$). Dalsza analiza za pomocą testów post-hoc wykazała istotne statystycznie różnice w wartościach HR (a także $\%HR_{max}$) podczas holowania z chwytem oburącz, a pozostałymi sposobami holowania ($p < 0,001$).



Ryc. 12. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości częstości skurczów serca wyrażonych w wartościach bezwzględnych [ud \times min $^{-1}$] (A) oraz w procentach w stosunku do wartości maksymalnych częstości skurczów serca podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich $\pm 95CI$.

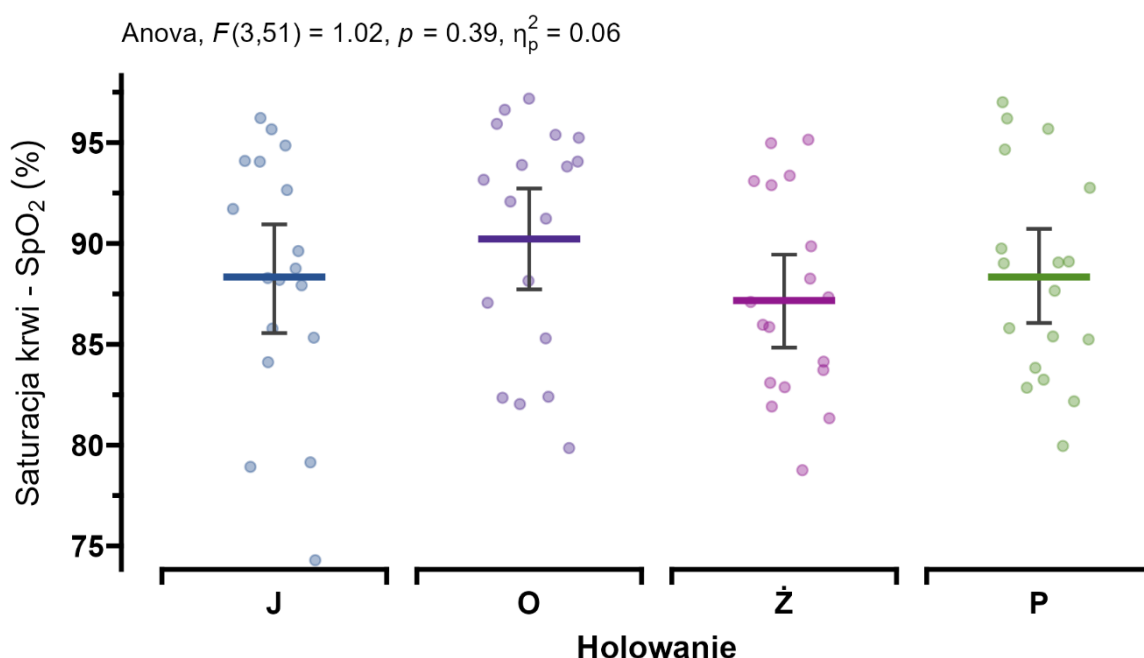
6.10. Ocena wysycenia krwi tlenem po zakończeniu holowania manekina

Zarówno przed jak i po zakończeniu każdego ze sposobów holowania badanym dokonywano pomiaru saturacji krwi tlenem przy pomocy pulsoksymetru. Na podstawie wyników zaprezentowanych w Tabeli 11 można stwierdzić, iż najwyższe wartości tego wskaźnika odnotowano po holowaniu sposobem z chwytem oburącz ($90,22 \pm 5,82\%$), natomiast najniższe wartości procentowego wysycenia krwi tlenem odnotowano po zakończeniu holowania z chwytem sposobem żeglarskim ($87,17 \pm 4,99\%$).

Tabela 11. Charakterystyka wysycenia krwi tlenem (SpO_2) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
SpO_2 [%]	$90,22 \pm 5,82$ (80 – 97)	$88,33 \pm 6,32$ (74 – 96)	$87,17 \pm 4,99$ (79 – 95)	$88,33 \pm 5,29$ (80 – 97)

Przeprowadzona analiza wariancji (Rycina 13) nie ujawniła istotnie statystycznego efektu czynnika w zakresie powtarzanego pomiaru, a związanego ze sposobem holowania ($F_{(3,51)} = 1,02$; $p < 0,390$).



Ryc. 13. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych procentowych wielkości wysycenia krwi tlenem obserwowane bezpośrednio po zakończeniu holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome

kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich $\pm 95\text{CI}$.

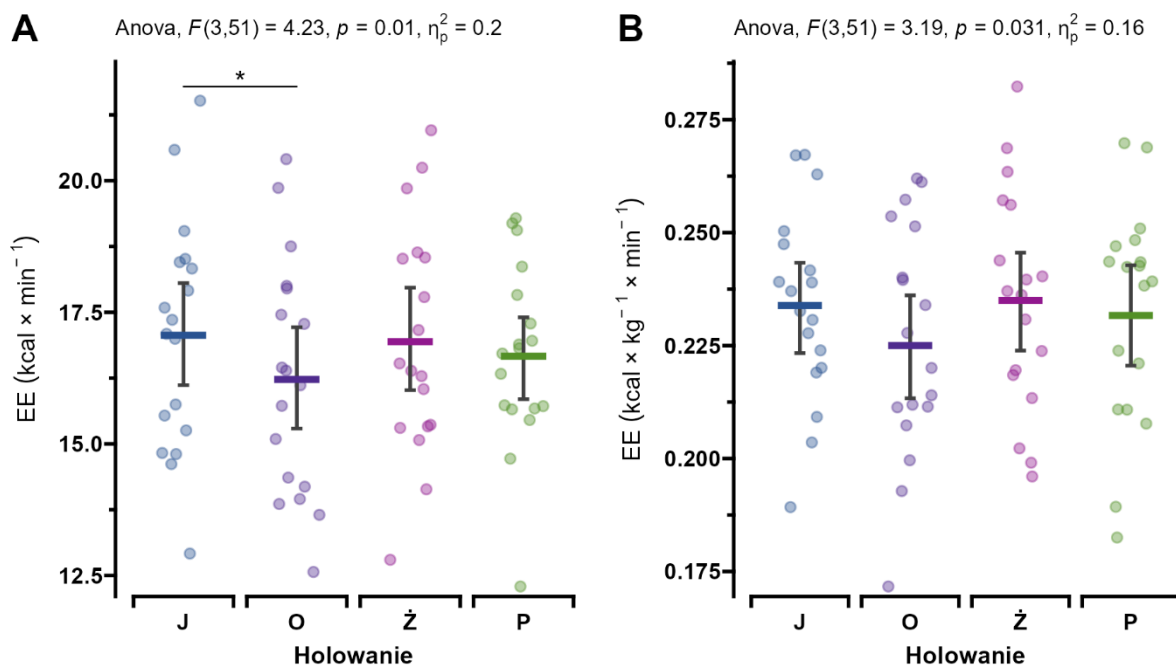
6.11. Ocena wielkości wydatkowanej energii podczas holowania manekina

Holowanie manekina związane jest z wydatkowaniem energii pokrywającej zapotrzebowanie pracujących mięśni zapewniających poruszanie się ratownika w wodzie z dodatkowym obciążeniem. W badanej grupie ratowników (Tabela 12) najniższy wydatek energetyczny zarejestrowano podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe $16,22 \pm 2,25 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$, co w przeliczeniu na masę ciała stanowiło $0,22 \pm 0,02 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$. Podczas holowania z chwytem jednorącz za głowę odnotowano z kolei najwyższą wartość tego wskaźnika ($17,06 \pm 2,21 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ i $0,24 \pm 0,02 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, odpowiednio w wartościach bezwzględnych i w przeliczeniu na masę ciała).

Tabela 12. Charakterystyka wydatku energetycznego (EE) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)

ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
EE [kcal \times min ⁻¹]	$16,23 \pm 2,25$ (12,6 – 20,4)	$17,06 \pm 2,21$ (12,9 – 21,5)	$16,94 \pm 2,2$ (12,8 – 21)	$16,67 \pm 1,75$ (12,3 – 19,3)
EE [kcal \times kg ⁻¹ \times min ⁻¹]	$0,22 \pm 0,02$ (0,2 – 0,3)	$0,24 \pm 0,02$ (0,2 – 0,3)	$0,23 \pm 0,03$ (0,2 – 0,3)	$0,23 \pm 0,02$ (0,2 – 0,3)

Analiza wariancji (Rycina 14) ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzanym pomiarem, a dotyczącym sposobu holowania dla ocenianego wydatku energetycznego, wyrażonego zarówno w wartościach absolutnych, jak i w przeliczeniu na masę ciała badanych (odpowiednio: $F_{(3,51)} = 4,23$; $p < 0,01$ i $F_{(3,51)} = 4,45$; $p < 0,01$). Pogłębiona analiza za pomocą testów post-hoc wykazała, że wydatek energetyczny podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe jest istotnie niższy od tego zarejestrowanego podczas holowania z chwytem jednorącz ($p < 0,05$). Również w przypadku oceny zróżnicowania wydatku energetycznego wyrażonego w przeliczeniu na masę ciała badanych istotne różnice odnotowano pomiędzy holowaniem z chwytem oburącz za doły pachowe a holowaniem z chwytem jednorącz za żuchwę ($p < 0,01$) oraz pomiędzy holowaniem z chwytem oburącz a jednorącz ($p < 0,05$).



Ryc. 14. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości wydatku energetycznego wyrażonych w kcal \times min⁻¹ (A) oraz w kcal \times kg⁻¹ \times min⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ± 95 CI.

6.12. Ocena ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania manekina

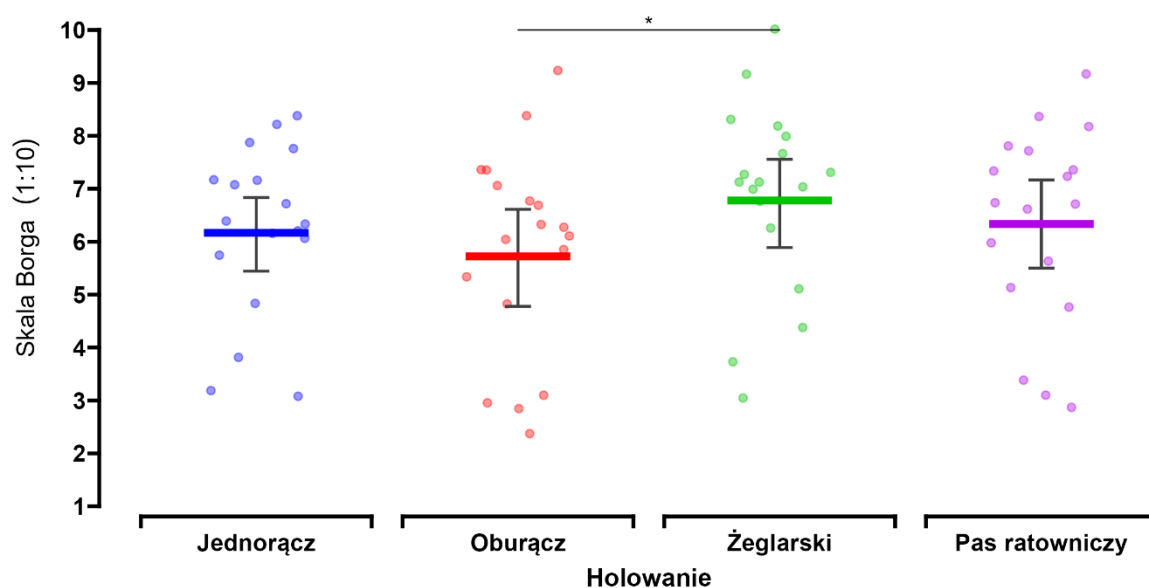
Po każdorazowym zakończeniu holowania danym sposobem badani byli proszeni o wskazanie ciężkości odczuwanego wysiłku, który określali na podstawie dziesięciostopniowej skali Borga. Badani ratownicy wskazali, iż największy wysiłek towarzyszył im podczas holowania sposobem żeglarskim ($6,78 \pm 1,8$), natomiast w najmniejszym stopniu wysiłek odczuwali podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe ($5,72 \pm 1,9$). Szczegółowe wyniki przedstawiono w Tabeli 13.

Tabela 13. Charakterystyka ciężkości odczuwanego wysiłku wyrażonej na skali Borga po zakończeniu holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$); dane przedstawiono w postaci średnich (\pm odchylenie standardowe) oraz mediany, a także wartości minimalnych i maksymalnych

ZMIENNA	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
Skala Borga [1-10]	5,72 \pm 1,9 (6) (2 – 9)	6,17 \pm 1,58 (6) (3 – 8)	6,78 \pm 1,8 (7) (3 – 10)	6,33 \pm 1,85 (7) (3 – 9)

Wyniki nieparametrycznej odmiany analizy wariancji z powtarzanym pomiarem (ANOVA Friedmana) dla ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania sposobami bez oraz ze sprzętem ratowniczym przedstawiono na Rycinie 15. Analiza wariancji nie ujawniła istotnego efektu dla czynnika głównego, jakim był powtarzany pomiar związany ze sposobem holowania dla ocenianego ciężkości wysiłku ($\chi^2_{(3)} = 6,63$; $p = 0,085$). Zgodnie z zasadami postępowania podczas analizy statystycznej przyjętej dla analizy wariancji, w przypadku braku istotnego efektu dla czynnika głównego (tak jak w opisywanym przypadku) zaprzestaje się dalszych obliczeń. Jednak z uwagi na nieparametryczną odmianę analizy wariancji zdecydowano się przeprowadzić testy porównań wielokrotnych (zarówno testem Wilcozona jak i testem Durбина-Watsona), w wyniku których okazało się, iż występuje istotna statystycznie różnica pomiędzy ciężkością odczuwanego wysiłku ocenianego na skali Borga podczas holowania z chwytem sposobem oburącz za doły pachowe i sposobem żeglarskim ($5,72 \pm 1,9$ vs. $6,78 \pm 1,8$; $p < 0,05$).

Friedman test, $\chi^2(3) = 6.63, p = 0.085, n = 18$



Ryc. 15. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości ciężkości odczuwanego wysiłku wyrażonego na dziesięciostopniowej skali Borga podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.

6.13. Ocena związków między budową somatyczną i mocą kończyn dolnych a uzyskaną prędkością podczas holowania manekina

W celu określenia relacji zachodzących pomiędzy zmiennymi opisującymi wybrane parametry długościowe budowy somatycznej, moc kończyn dolnych wyrażoną na podstawie wyniku wyskoku dosiężnego, a prędkościami uzyskanymi podczas holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości pływalni przeprowadzono analizę wykorzystującą współczynniki korelacji liniowej Pearsona. W Tabeli 14 przedstawiono wyniki pomiarów antropometrycznych oraz wyskoku dosiężnego wraz oraz wyniki średnich prędkości uzyskanych podczas holowania czterema analizowanymi w tej pracy sposobami.

Tabela 14. Wyniki pomiarów antropometrycznych, wysokości pionowego oraz prędkości uzyskanych podczas holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (/ 1) i drugiej długości pływalni (/ 2)

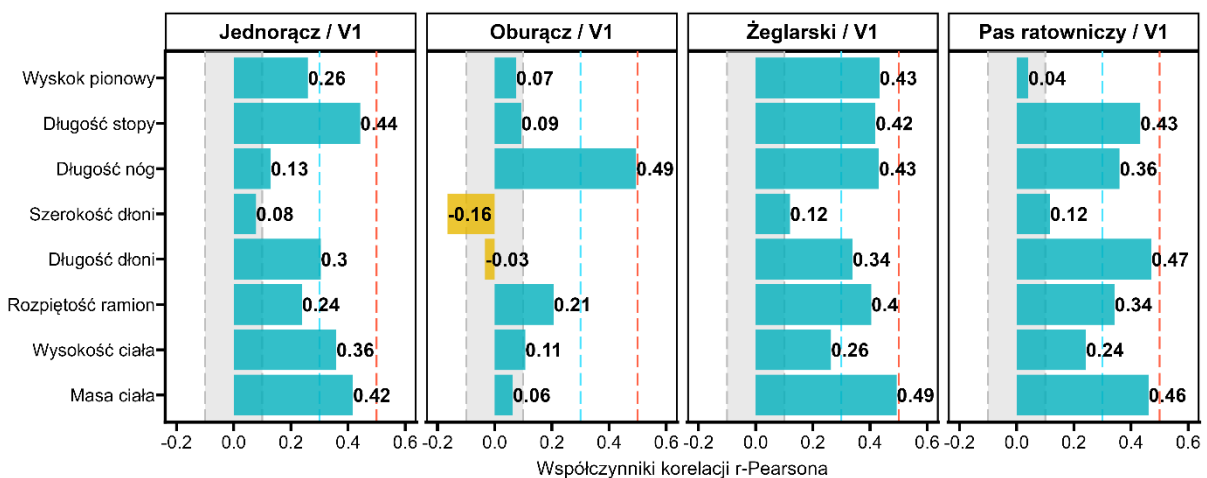
Antropometria [cm]	m ± s (min – maks)	Prędkość holowania [m × s ⁻¹]	m ± s (min – maks)
Wysok pionowy [cm]			
Wysok pionowy	50,1 ± 10,45 (29 – 68)	Jednorącz / 1	0,68 ± 0,12 (0,5 – 0,9)
Długość stopy	27,4 ± 1,37 (25 – 29,5)	Jednorącz / 2	0,58 ± 0,1 (0,4 – 0,8)
Długość nóg	99,3 ± 6,82 (88 – 113)	Oburącz / 1	0,68 ± 0,06 (0,6 – 0,8)
Szerokość dłoni	9,2 ± 0,71 (8 – 11)	Oburącz / 2	0,56 ± 0,04 (0,5 – 0,7)
Długość dłoni	19,2 ± 1,01 (17 – 20,5)	Żeglarski / 1	0,66 ± 0,08 (0,5 – 0,8)
Rozpiętość ramion	186,3 ± 13,12 (165 – 212)	Żeglarski / 2	0,58 ± 0,06 (0,5 – 0,7)
Wysokość ciała	177,7 ± 9,57 (160 – 193)	Pas ratowniczy / 1	0,77 ± 0,05 (0,7 – 0,9)
Masa ciała	73,2 ± 13,19 (50 – 106)	Pas ratowniczy / 2	0,67 ± 0,06 (0,6 – 0,8)

LEGENDA:

m – średnia arytmetyczna; s – odchylenie standardowe; min – maks – rozpiętość (zakres)

Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacji (Rycina 16) można zaobserwować, że w przypadku prędkości uzyskanej w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni podczas holowania sposobem jednorącz za żuchwę najwyżej skorelowane cechy budowy somatycznej dotyczą Długości stopy ($r = 0,44$), Masy ciała ($r = 0,42$) oraz wysokości ciała ($r = 0,36$). Oceniając siłę tych związków w odniesieniu do wielkości efektu można stwierdzić, iż są to związki o „umiarkowanej” sile ($ES = 0,3 - 0,5$). Najniższe współczynniki korelacji odnotowano natomiast dla Szerokości dłoni i Długości nóg (odpowiednio: $r = 0,08$ i $0,13$), co w skali wielkości efektu ocenić należy, iż są to związki „słabe”. Również wysokość uzyskana podczas Wysokości pionowego jest nisko skorelowana z prędkością holowania tym sposobem ($r = 0,26$). W przypadku prędkości uzyskanej podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe najwyżej skorelowaną cechą budowy somatycznej z prędkością holowania jest Długość nóg ($r = 0,49$; $ES =$ „umiarkowany”). Niskie współczynniki korelacji odnotowano dla związków pomiędzy prędkością holowania a Masą ciała ($r = 0,06$), Długością stopy ($r = 0,09$) i Wysokością ciała ($r = 0,11$). Wysok pionowy również nisko koreluje z prędkością holowania ($r = 0,07$). Oceniając siłę tych związków w wielkościach

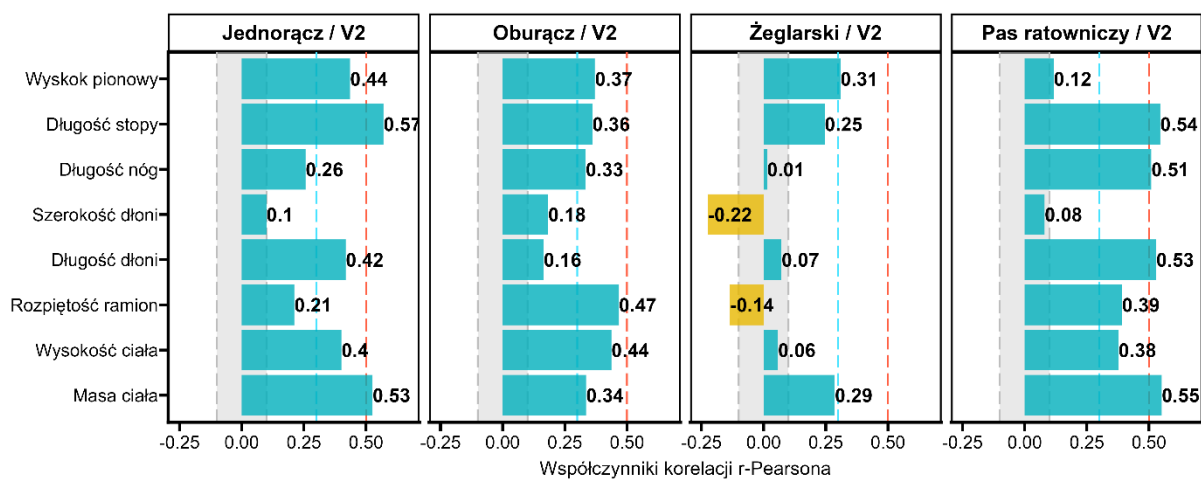
efektu, należy stwierdzić, iż współzależność jest „mała ($ES = 0 - 0,1$). Oceniając związki pomiędzy prędkością holowania sposobem żeglarskim, a cechami budowy somatycznej badanych ratowników można stwierdzić, iż tylko wysokość ciała i szerokość dłoni (odpowiednio: $r = 0,26$ i $r = 0,12$) należą do związków o „małej” wielkości efektu. Dla pozostałych cech budowy somatycznej oraz wysokości pionowego wartości współczynników korelacji zawierają się w przedziale od 0,34 do 0,49, co należy uznać za „umiarkowaną” siłę tych związków. W przypadku korelacji dotyczących prędkości uzyskanej w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni podczas holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego, a cechami budowy somatycznej, należy stwierdzić, iż do najsilniej skorelowanych należą: Długość dłoni ($r = 0,47$), Masa ciała ($r = 0,46$) i Długość stopy ($r = 0,43$). Siła tych związków jest „umiarkowana”. Niskie współczynniki korelacji odnotowano dla związków pomiędzy prędkością holowania a Szerokością dłoni ($r = 0,12$) i Wysokością ciała ($r = 0,24$). Najniższy współczynnik korelacji odnotowano pomiędzy prędkością holowania a Wysokością pionową ($r = 0,04$).



Ryc. 16. Wyniki analizy korelacji dla prędkości pływania uzyskanej podczas holowania czterema sposobami w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni a wybranymi cechami budowy somatycznej i wysokości wyskoku pionowego.

Na Rycinie 17 przedstawiono wyniki analizy korelacji oceniającej związki pomiędzy prędkościami holowania czterema sposobami zarejestrowanymi w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni a cechami budowy somatycznej, a także Wysokości pionowego. Można zaobserwować, że w przypadku holowania sposobem jednoręcz za żuchwę najwyżej skorelowane z prędkością holowania są takie cechy budowy somatycznej jak:

Długość stopy ($r = 0,57$) i Masa ciała ($r = 0,53$). Oceniając siłę tych związków w odniesieniu do wielkości efektu można stwierdzić, iż są to związki o „dużej” sile ($ES > 0,5$). Nieco mniejsze wartości współczynników korelacji, których siła związku oceniana według wielkości efektu należy do „umiarkowanej” ($ES = 0,3 - 0,5$) wykazują z prędkością holowania: Długość dłoni ($r = 0,42$), Wysokość ciała ($r = 0,4$), a także Wysok pionowy ($r = 0,44$). Najniższą wartość współczynnika korelacji ($r = 0,1$) oceniającego związek z prędkością pływania uzyskano dla Szerokości dłoni. Osiągana przez badanych ratowników prędkość podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe w największym stopniu determinowana jest przez: Rozpiętość ramion ($r = 0,47$), Wysokość ciała ($r = 0,44$), Długość stopy ($r = 0,36$), a także przez moc kończyn dolnych wyrażoną poprzez Wysok pionowy ($r = 0,37$). Według wielkości efektu siła tych związków jest „umiarkowana” ($ES = 0,3 - 0,5$). Najniższe wartości współczynników korelacji odnotowano dla związków pomiędzy prędkością holowania, a Długością i Szerokością dłoni (odpowiednio: $r = 0,16$ i $0,18$). Prędkość, jaką uzyskali badani ratownicy podczas holowania sposobem żeglarskim w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni najwyższej korelowała z Wysokiem pionowym ($r = 0,31$). Wśród cech budowy somatycznej, dla których współczynniki korelacji osiągnęły „małą” wielkość efektu są Masa ciała ($r = 0,29$), Długość stopy ($r = 0,25$) oraz Szerokość dłoni ($r = -0,22$). Wartości pozostałych zmiennych opisujących cechy budowy somatycznej wykazują znikomy (trywialny) związek z prędkością holowania. W przypadku holowania z wykorzystaniem pasa ratowniczego, związki uzyskanej prędkości z cechami budowy somatycznej są najbardziej wyraźne. Masa ciała, Długość stopy, Długość dłoni oraz Długość nóg – to cechy, dla których siła oceniana w skali wielkości efektu jest „duża” ($ES > 0,5$). Jedynie dla Szerokości dłoni ($r = 0,08$) oraz Wysoku pionowego ($r = 0,12$) współczynniki korelacji przyjmują wartości o trywialnej i „małej” wielkości efektu (odpowiednio: $ES = 0 - 0,1$ i $ES = 0,1 - 0,3$).



Ryc. 17. Wyniki analizy korelacji dla prędkości pływania uzyskanej podczas holowania czterema sposobami w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni a wybranymi cechami budowy somatycznej i wysokości wyskoku pionowego.

7. Dyskusja

Wysiłek jaki towarzyszy ratownikowi wodnemu podczas bezpośredniej akcji ratunkowej w wodzie uzależniony jest od wielu różnych czynników i okoliczności. Na podstawie dotychczasowego stanu badań wiadomo jest, że holowanie tonącego wymieniane jest jako najbardziej obciążający ratownika element akcji ratunkowej (Abralde i in., 2007; Abralde, Fernandes, i in., 2010; Abralde, Lima, i in., 2010; Barcala-Furelos i in., 2016; Daniel & Klauck, 1992; Kula i in., 2015; Michniewicz i in., 2008; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Rejman i in., 2012; Salvador i in., 2014; Scanlan & Dascombe, 2011; Stanula i in., 2013). W procesie tonięcia najważniejsze jest jak najszybsze dotarcie do tonącego, udzielenie mu pomocy oraz ewakuacja na ląd lub pokład łodzi ratowniczej.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że najszybsze holowanie na dystansie 50 m zaprezentowali ratownicy holujący sposobem z wykorzystaniem pasa ratowniczego typu „węgorz” ($68,56 \pm 5,93$ s). Analiza wariancji ujawniła istotne statystycznie różnice ($p \leq 0,001$) w czasie holowania pomiędzy rozpatrywanymi w tej pracy sposobami holowania. Zaobserwowano, że czas holowania na dystansie 50 m z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” jest średnio o około 10 s krótszy w stosunku do holowania sposobami: oburącz za doły pachowe ($78,17 \pm 5,94$ s), jednorącz za żuchwę ($78,22 \pm 12,08$ s) oraz żeglarskiego ($78,06 \pm 7,7$ s). Pogłębiona analiza za pomocą testów wielokrotnych porównań potwierdziła istotne statystycznie różnice w czasach holowania z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”, a pozostałymi sposobami. Warto wskazać na pewną zależność, którą zaobserwowano między wskaźnikami średnich wartości HR ($175,83 \pm 5,38$ $\text{ud} \times \text{min}^{-1}$), $\dot{V}O_2$ ($49,62 \pm 4,99$ l/kg/min) i SpO_2 ($88,33 \pm 5,29\%$), a czasem z jakim holowali ratownicy wykorzystujący pas ratunkowy. Wymienione wyżej wskaźniki fizjologiczne osiągały najwyższe wartości u badanych ratowników podczas holowania tym sposobem, a jednocześnie czas holowania okazał się zdecydowanie najkrótszy. Odmienne wyniki zaobserwowano w pracy Prieto Saborit i in. (2010), gdzie na podstawie analizy holowania różnymi sposobami ze sprzętem i bez sprzętu stwierdzono, iż średni czas holowania bez sprzętu (159,4 s) był krótszy w odniesieniu do holowania z użyciem bojki SP (162,5 s). Na uwagę zasługują jednak poszczególne etapy akcji, gdzie odnotowano istotną statystycznie różnicę w dopłynięciu do tonącego bez sprzętu (48,4 s), a dopłynięciem z użyciem bojki SP (56,1 s). Średnia różnica dwóch opisanych powyżej etapów akcji ratunkowej wyniosła około 8 s. Pomimo zauważalnej statystycznie różnicy w czasie dopłynięcia do tonącego, całkowity czas akcji ratunkowej nie uległ znaczącej zmianie. Wynika to z faktu, że ratownicy używający bojki SP osiągnęli średnio o 9 s krótszy czas na etapie

holowania. Rozbieżność zachodząca między wynikami niniejszej pracy, a wynikami Prieto Saborit i in. (2010) może wynikać z różnej metodyki badań. Podobne wnioski odnoszące się do czasu, w jakim ratownik dopływa do tonącego przedstawili Michniewicz i in., (2008), dodatkowo uzupełniając analizę o elementy techniczne, jakimi są zakładanie sprzętu oraz skok do wody. Autorzy potwierdzają tezę Prieto Saborit i in., (2010), że dopłynięcie do tonącego bez wykorzystania sprzętu (średni czas wyniósł 37,4 s) zdecydowanie wpływa na skrócenie czasu dotarcia do tonącego w porównaniu do próby z bojką SP, której szelki zakładano na jedno ramię (48,4 s) oraz próby z założeniem szelek bojki SP na oba ramiona (50,5 s), podczas której ratownik może być spowolniony nawet o 6,8 s w związku z zakładaniem sprzętu. Autorzy jednak z dużym naciskiem podkreślają konieczność wykorzystywania podczas każdej akcji ratunkowej sprzętu asekuracyjnego ratownika (Michniewicz i in., 2008).

Ratownicy pełniąc dyżur na stanowisku wyposażonym zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami w sprzęt ratunkowy i asekuracyjny zobowiązani są do jego użycia w czasie akcji ratunkowej. Odpowiednie wykorzystanie sprzętu, pomimo wydłużenia początkowego etapu akcji ratunkowej, finalnie przyczynia się do skrócenia czasu jej trwania, szczególnie podczas ewakuacji tonącego w bezpieczne miejsce. Warto zatem zastanowić się, czy średnia różnica wynosząca około 10 s, jaka występuje pomiędzy akcją ratunkową bez sprzętu, a akcją ze sprzętem, rekompensuje utratę bezpieczeństwa i komfortu ratownika, wystąpienia stresu, a w najgorszym przypadku niepowodzenia akcji ratunkowej. Największe różnice w czasie akcji ratunkowej podczas badań prowadzonych w morzu zaobserwowano porównując akcję z wykorzystaniem deski ratunkowej oraz akcji polegającej na dopłynięciu do tonącego kraulem. Z badań wynika, że średni czas pokonania 400 m w morzu na desce ratowniczej wyniósł 235 s, natomiast ratownicy pływający kraulem na dystansie dwa razy krótszym (200 m) uzyskiwali średnio 188 s, co obrazuje znaczącą różnicę w czasie trwania dopłynięcia ratownika do tonącego (Reilly, Wooler, i in., 2006).

Ratownictwo wodne jest profesją (a w przypadku sportu – dyscypliną sportową) bazującą na pływaniu (Sadowski i in., 2015). Trenerzy i zawodnicy nieustannie zmagają się z opracowaniem optymalnych obciążeń treningowych, które pomogą zmaksymalizować wynik sportowy. Narzędziem, które może być skuteczne, a zarazem nieinwazyjne w monitorowaniu obciążeń oraz intensywności wysiłku, a ponadto mogące dostarczyć informację zwrotną trenerowi jest subiektywny wskaźnik odczuwania ciężkości wysiłku RPE (Wallace i in., 2008). W niniejszych badaniach ratownicy bezpośrednio po zakończeniu holowania za każdym razem wskazywali subiektywnie odczuwany poziom zmęczenia swojego organizmu wg 10 stopniowej skali Borga (Williams, 2017). Wyniki subiektywnie odczuwanego zmęczenia potwierdzają

istotną statystycznie różnicę między sposobem holowania oburącz za doły pachowe (średnio 5,72 pkt), a sposobem żeglarskim (średnio 6,78 pkt), natomiast nie wykazano istotnych statystycznie różnic w odniesieniu do sposobów holowania jednorącz za żuchwę oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Przyczyną takiego wyniku może być możliwość komfortowego pobierania tlenu podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe, co w przypadku sposobu żeglarskiego jest znacznie bardziej utrudnione z uwagi na ułożenie ratownika i osoby holowanej w wodzie. Warto zwrócić uwagę, że możliwa jest znacząca poprawa wyników odczuwanego subiektywnie zmęczenia przez pływaków i ratowników poddających się treningowi bezdechu (Lemaître i in., 2009). Z całą pewnością tego typu trening mógłby w przyszłości przyczynić się do poprawy efektywności holowania. Zadowalającym jest fakt, wskazania przez ratowników sposobu holowania oburącz za doły pachowe, jako sposobu najmniej obciążającego i powodującego najmniejsze odczucie ciężkości wysiłku, co dodatkowo ma odzwierciedlenie w wartościach wskaźników fizjologicznych. Współzależność pomiędzy wartościami wskaźników fizjologicznych ($\dot{V}O_2$, HR_{max} czy też La_{peak}), a subiektywną oceną zmęczenia wg skali Borga potwierdzono w wielu badaniach (Digitais i in., 2018; Psycharakis, 2011; Ueda & Kurokawa, 1995). Również w badaniach przeprowadzonych na ratownikach wodnych, u których analizowano wielkości $\dot{V}O_2$, HR, La_{peak} podczas pływania kraulem i kraulem ratowniczym z głową nad powierzchnią wody, zaobserwowano, że pomimo zwiększonej prędkości osiąganej podczas pływania kraulem, wartości $\dot{V}O_2$, HR, La_{peak} były porównywalne, co miało odniesienie w zbliżonej subiektywnej ocenie ciężkości wysiłku (Iglesias i in., 2021). Sousa i in., (2017) zaobserwowali także współzależność pomiędzy wskaźnikami fizjologicznymi, a subiektywnie odczuwalnym zmęczeniem przez ratowników biorących udział w symulowanej akcji ratunkowej w wodzie oraz jej kontynuacji na lądzie podczas prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Odmienne wnioski przedstawili Abelairas-Gómez i in., (2017), którzy zaobserwowali występującą zależność pomiędzy czasem i dystansem akcji ratunkowej bez sprzętu (odpowiednio: 319 s i 346 m), a odczuwalnym zmęczeniem ratowników. Podczas symulowanych akcji ratunkowych nie odnotowano istotnych statystycznie różnic ($p = 0,18$) pomiędzy odczuwalnym zmęczeniem ratowników, a prowadzeniem akcji ratunkowej bez sprzętu, w której średni odczuwalny poziom zmęczenia wg skali Borga wyniósł 7 pkt, natomiast z wykorzystaniem sprzętu ratunkowego 6 pkt. Przyczyną takich wyników może być różnica w przepłyniętym dystansie ratowników korzystających z płetw oraz pasa ratunkowego. Ratownicy używający sprzętu ratunkowego w porównaniu do ratowników pływających bez sprzętu przepłynęli około 20% krótszy dystans. Różnica ta została zarejestrowana za pomocą sygnału GPS, z którego wynika, że tor pływnięcia

ratowników korzystających ze sprzętu ratunkowego zbliżony był do linii prostej w przeciwieństwie do grupy płynącej bez sprzętu, u której zaobserwowano liczne odchylenia od linii prostej. Z badań wynika również, że płetwy wydają się być najlepszym wyborem sprzętu, który pozwala ratownikowi sprawnie pokonywać opór wody (Abelairas-Gómez i in., 2017). Zmęczenie ratownika często zależne jest od etapu akcji ratunkowej. Gdy ratownik płynie do tonącego ma możliwość przemieszczania się z mniejszym oporem wodnym. Sytuacja zmienia się po przejściu tonącego i próbie doholowania go do brzegu. Podczas tego etapu wysiłek ratownika zwiększa się nawet dwukrotnie. W jednym z dostępnych w literaturze badań odnotowano, że odczuwalne zmęczenie ratowników w symulowanej akcji ratunkowej (10 m bieg, 100 m płynięcie w płetwach, 100 m holowanie w płetwach) wyniosło średnio 8 pkt w skali Borga (Kalén i in., 2017). Wysokie wartości odczuwalnego zmęczenia przez ratowników na poszczególnych etapach akcji ratunkowej obrazują jak mocno obciążony jest organizm ratownika. Należy podkreślić, że najczęściej poszczególne etapy akcji ratowniczej następują zaraz po sobie (bieg, pływanie, podjęcie tonącego, holowanie, wyjście na brzeg, pierwsza pomoc), co może wskazywać, iż ratownik wykonuje wysiłek supramaksymalny. W celu poprawy skuteczności prowadzenia akcji ratunkowych przez ratowników wodnych, a także zwiększenia efektywności jej prowadzenia warto zastanowić się nad wprowadzeniem oceny subiektywnie odczuwanego zmęczenia przez ratowników wodnych oraz wprowadzić formę regeneracji powysiłkowej w formie rozbiegania lub rolowania mięśni (Kalén i in., 2017; Psycharakis, 2011; Sousa i in., 2017; Wallace i in., 2008).

W pływaniu na najwyższym poziomie zawodnicy i ich trenerzy prześcigają się w poprawie techniki pływania, optymalizacji i periodyzacji obciążeń treningowych, a wszystko w celu maksymalizacji wyniku sportowego, który zależny jest w dużym stopniu od zdolności pokonywania oporów wody oddziałujących na pływaka (Barbosa i in., 2010, 2013; Figueiredo i in., 2013; Wallace i in., 2008; Zamparo i in., 2000, 2011). Inaczej przedstawia się to w ratownictwie wodnym, w którym czas oraz prędkość nie są proporcjonalne do efektywności prowadzenia akcji ratunkowej, a bardziej korelują z sytuacją w jakiej znajduje się ratownik oraz warunkami pogodowymi (Kjendlie i in., 2018). Wyniki analizy wariancji ujawniły, iż prędkości osiągane przez ratowników podczas holowania sposobem jednorącz za żuchwę oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego różnią się istotnie statystycznie ($0,68 \pm 0,12 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ vs. $0,77 \pm 0,05 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$; $p \leq 0,05$). Zaobserwowano również istotną statystycznie różnicę ($p \leq 0,01$) pomiędzy prędkością uzyskaną podczas holowania z chwytem oburącz za doły pachowe, a także z ujęciem sposobem żeglarskim, a holowaniem z pasem ratunkowym (odpowiednio: $0,68 \pm 0,06 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ vs. $0,77 \pm 0,05 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ oraz $0,66 \pm 0,08 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ vs. $0,77 \pm 0,05 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$). Spadki

w prędkości pływania często można zaobserwować w zawodach sportowych w pływaniu, na co wpływ ma wiele czynników. Do tych czynników zaliczyć można m.in. technikę pływania, indywidualne predyspozycje fizyczne uwarunkowane anatomią ciała oraz dodatkowym sprzętem jakim jest strój pływacki, a w przypadku ratownika wodnego pomocniczy sprzęt ratunkowy (Morales i in., 2019). Znaczące różnice prędkości pływania zaobserwowano u ratowników płynących w basenie, morzu spokojnym oraz morzu wzburzonym. Różnice te wyniosły kolejno: 10-12% pomiędzy pływaniem w basenie i pływaniem w spokojnym morzu, natomiast aż 30-57% w porównaniu do pływania w morzu wzburzonym (Tipton i in., 2008). Redukcję prędkości na poziomie 8% na dystansie 200 m stylem klasycznym zaobserwowano podczas pływania w basenie bez fal, a w basenie z falami 30-40 cm (P. L. Kjendlie i in., 2013). Konkludując, można stwierdzić, że trening ratowników wodnych powinien być dostosowany do warunków w jakich odbywać się może akcja ratunkowa z uwzględnieniem rodzaju akwenu wodnego.

Spadek prędkości płynięcia, czy holowania nie jest uwarunkowany jedynie środowiskiem wodnym. Koreluje on z techniką pływania, liczbą zaangażowanych w napęd kończyn, długością kroku pływackiego, częstotliwością kopnięć nóg, jak również ułożeniem ciała oraz oporami wody z nim związanymi (Kjendlie i in., 2013, 2018; Swaine & Reilly, 1983; Toussaint & Beek, 1992; Zamparo i in., 2020). W niniejszej pracy holowanie z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” na pierwszej badanej długości odznaczało się znacznie wyższą prędkością ($0,77 \pm 0,05 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) w porównaniu do pozostałych sposobów. Najniższą prędkość prezentowali ratownicy holujący sposobem żeglarskim ($0,66 \pm 0,08 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$). Niska prędkość w holowaniu sposobem żeglarskim może wynikać z ułożenia manekina bezpośrednio nad ratownikiem, przez co kąt natarcia u ratowników wynosił średnio $36,06 \pm 7,26\%$ i miał odzwierciedlenie w prędkości podczas holowania tym sposobem. Podobny efekt występuje w pływaniu kraulem z głową nad lustrem wody, podczas którego prędkość jest znacząco niższa w porównaniu z kraulem z głową w wodzie ($0,96 \pm 0,17 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ vs $1,09 \pm 0,13 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) (Iglesias i in., 2021; Kjendlie i in., 2018). Zbliżone wnioski dotyczą stylu klasycznego, w którym permanentne pływanie z głową nad lustrem wody koreluje dodatnio ze wskaźnikami fizjologicznymi (Stallman i in., 2010). Parametry prędkości zmieniają się podczas holowania na drugiej długości dystansu. Analiza wariancji ujawniła istotną statystycznie różnicę ($p \leq 0,001$). Największe różnice zachodzą pomiędzy holowaniem oburącz za doły pachowe, a sposobem z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” ($0,56 \pm 0,04 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ vs $0,67 \pm 0,06 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$). Należy wspomnieć, że we wszystkich sposobach odnotowano regres prędkości na poziomie $0,10 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, który koreluje ujemnie z liczbą wykonanych ruchów kończyn górnych

i dolnych zmierzonych w pięciometrowej strefie pomiarowej. Również w badaniach Strzała & Krężałek, (2010) zaobserwowano spadek prędkości w pływaniu kraulem na dystansach 2000 m ($1,35 \pm 0,07 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$), 400 m ($1,42 \pm 0,07 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) i 50 m ($1,73 \pm 0,12 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$), co jest zależne od kąta umieszczenia ręki w wodzie przez pływaka i jest to statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,01$. Na prędkość płynięcia ma wpływ wiele składowych, spośród których wyróżnić należy ważny aspekt, jakim jest budowa somatyczna pływaka. Zaobserwowano wpływ długości ciała oraz rozpiętości ramion na prędkość mierzoną na dystansie 100 m ($1,63 \pm 0,10 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) i 25 m ($1,73 \pm 0,12 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) (Strzała & Tyka, 2009). Podobnie jak w niniejszej pracy, zauważalna jest zależność spadku prędkości od długości dystansu, warto jednak zaznaczyć, iż podczas holowania na drugiej długości liczba wykonanych cykli pracy kończyn dolnych i górnych wzrasta. Analizując sposób holowania oburącz za doły pachowe liczba cykli wzrosła z $8,39 \pm 1,4$ do $9,03 \pm 1,31$. W kolejnych sposobach również zauważono wzrost liczby wykonywanych cykli odpowiednio: jednorącz za żuchwę $8,69 \pm 1,72$ do $9,47 \pm 1,4$, żeglarski $8,69 \pm 1,72$ do $9,47 \pm 1,4$ oraz z pasem ratunkowym typu „węgorz” $7,5 \pm 1,52$ do $8,39 \pm 1,63$, natomiast u pływaków tendencja była odwrotna i liczba cykli malała wraz z wydłużającym się dystansem (Strzała & Krężałek, 2010; Strzała & Tyka, 2009). Przyczyną wzrostu liczby wykonanych cykli w pięciometrowej strefie pomiarowej może być wysokie obciążenie układu krążeniowo-oddechowego, na skutek którego wykonywane ruchy stały się mniej efektywne. Wpływ na spadek prędkości oraz wzrost liczby wykonanych ruchów może mieć również indywidualna technika pływania, zwiększający się kąt natarcia, co wiąże się z konieczności pokonania większego oporu wody (Holmér, 1974; Kolmogorov & Duplishcheva, 1992; Stanula, Strzała, Ostrowski, Niegot, i in., 2015; Strzała & Krężałek, 2010). Istotny wpływ na prędkość, opory wody oraz ekonomię pływania ma koordynacja między kończynami górnymi i dolnymi. Koordynacja ta różni się w zależności od pokonywanego dystansu 200, 100, czy 50 m, co hipotetycznie może mieć przełożenie podczas holowania różnymi sposobami w ratownictwie wodnym (Chollet i in., 2004; Komar i in., 2014; Leblanc i in., 2005, 2010; Seifert & Chollet, 2005; Takagi i in., 2004).

Opory wody oraz wydajność napędu pływaka należą do najbardziej istotnych determinantów wydatku energetycznego pływaka oraz jego lokomocji w środowisku wodnym (Zamparo i in., 2020). Warto podkreślić pojawiającą się zależność między kątem natarcia ciała ratownika, a oporami wody, która bezpośrednio wpływa na czas, prędkość oraz liczbę wykonanych ruchów podczas holowania sposobami oburącz za doły pachowe, jednorącz za żuchwę, żeglarskim oraz z użyciem pasa ratunkowego. Najniższą wartość w kącie natarcia prezentowali ratownicy holujący sposobem oburącz za doły pachowe ($23,12 \pm 4,68\%$). Wartym

zaznaczenia jest fakt, iż w sposobach holowania jednorącz za żuchwę, żeglarskim oraz oburącz za doły pachowe odnotowano zbliżoną prędkość podczas holowania na dystansie 50 m, pomimo zaangażowania większej liczby kończyn w sposobach jednorącz za żuchwę i żeglarskim. Może to wynikać z oporu wody, jaki musi pokonać ratownik podczas holowania oraz techniki kopnięć, która w stylu klasycznym pozwala uzyskać większą prędkość ($0,8 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) w porównaniu do pływania stylem klasycznym z użyciem wyłącznie ramion ($0,5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) (Holmér, 1974). W sposobach holowania jednorącz za żuchwę, żeglarskim oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” ratownik holując wykonuje ruch zagarniający ugiętą ręką w łokciu. Zaobserwowano przewagę w napędzie podczas pływania kraulem z ruchem wzorcowym, a pływaniem kraulem z ręką ugiętą w łokciu pod kątem 90° w fazie podwodnej równoległe do ciała, co zbliżone jest do lokomocji aktywnej ręki podczas holowania i może mieć wpływ na prędkość oraz pokonywany opór w wodzie przez ratownika (Alley, 1952). Najwyższy wzrost kąta natarcia pomiędzy pierwszą, a drugą długością holowania odnotowano w sposobie z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Zaobserwowana wielkość różnicy tego kąta przyjmują średnio o 12% wyższe wartości w porównaniu do pozostałych poddanych analizie sposobów holowania (oburącz za doły pachowe: 2%, jednorącz za żuchwę: 3%; żeglarski: 2%). Tak znacząca dyferencja może być spowodowana spadkiem efektywności ruchów napędowych oraz nadmiernym obciążeniem układu krążeniowo-oddechowego ratownika. W sposobie holowania z użyciem pasa ratunkowego zaobserwowano również najkrótszy czas pokonania dystansu 50 m, co oczywiście korelowało z największą osiąganą prędkością i było współzależne z wielkością pokonywanego oporu podczas holowania. Zwiększając prędkość holowania ratownicy zwiększali również opory, działające nie tylko na ciało ratownika, ale również na manekina, co miało przełożenie na obciążenie fizjologiczne badanego, a finalnie na efektywność lokomocji (Pendergast i in., 2003; Strzała & Krężalek, 2010; Zamparo i in., 2006, 2011, 2020).

Na podstawie wyników badań przedstawionych w niniejszej pracy ilustrujących zmiany fizjologiczne u ratowników wodnych podczas holowania czterema sposobami, tj. jednorącz za żuchwę, oburącz za doły pachowe, żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratowniczego można stwierdzić, iż niezależnie od zastosowanego sposobu, holowanie tonącego jest istotnie obciążającym etapem akcji ratunkowej. Na podstawie wartości częstości skurczów serca zarejestrowanych podczas holowania czterema sposobami, analiza wariancji ujawniła istotny statystycznie efekt czynnika głównego związanego ze sposobem holowania ($F_{(3,51)} = 23,27$; $p \leq 0,001$), co należy rozumieć, że sposób holowania istotnie wpływa na wielkość częstości skurczów serca wśród badanych ratowników. Biorąc pod uwagę częstość skurczów serca

najbardziej obciążającym układ krążeniowo-oddechowy ratownika okazał się sposób żeglarski, przy którym podczas holowania średnie wartości HR w badanej grupie ratowników wyniosły $176,33 \pm 7,46 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$. Znacznie mniej obciążający organizm ratownika okazał się sposób oburącz za doły pachowe, przy którym podczas holowania średnie wartości częstości skurczów serca wyniosły $167,39 \pm 8,53 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$, a jego dalsza analiza za pomocą testów post-hoc wykazała istotne statystycznie różnice w wartościach HR (a także %HRmax) w porównaniu do ratowników holujących pozostałymi sposobami ($p \leq 0,001$). Wyniki niniejszych badań okazały się zupełnie odmienne w porównaniu do pracy badawczej Kula i in., 2015, w której stwierdzono, że holowanie sposobem oburącz za doły pachowe najbardziej obciążało ratownika ($\text{HR} = 139 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$). Podobne wyniki zaobserwowano w holowaniu sposobem żeglarskim, który we wcześniejszych badaniach okazał się najmniej obciążającym ($\text{HR} = 130 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$). Przyczyną tak diametralnych rozbieżności może być bardziej precyzyjny protokół badawczy, w wyższym stopniu zaawansowane narzędzia badawcze, większa liczba badanych, a przede wszystkim różnica w poziomie wytrenowania ratowników. Kolejnym istotnym czynnikiem może być fakt, iż w badaniach Kuli i in., (2015) grupę badawczą stanowili czynni pływacy AZS AWF Katowice, posiadający licencję ratownika wodnego, których ułożenie ciała podczas pływania, czucie wody, pamięć ruchowa oraz ekonomia poruszania się w wodzie jest lepsza w porównaniu z ratownikami wodnymi nie mającymi stażu treningowego w pływaniu. Dysproporcje w obciążeniu fizjologicznym ratownika mogą pojawić się nawet w przypadku zmiany techniki kopnięć, co zaobserwowano podczas holowania oburącz za doły pachowe przy użyciu płetw i dwóch różnych technik pracy nogami (do kraula na piersiach i delfina) (Rejman i in., 2012). Odnotowano, że średnie wartości HR podczas holowania z chwytem za doły pachowe przy użyciu płetw z nogami do kraula istotnie różniły się w porównaniu do wartości częstości skurczów serca podczas holowania z pracą nóg „delfinową” ($142,8 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$ vs. $154 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$) (Rejman i in., 2012). Przeprowadzone w niniejszej pracy badania pozwoliły także zaobserwować, że obciążenie układu krążeniowo-oddechowego ratowników holujących z użyciem pasa ratowniczego było bardziej obciążające w porównaniu do sposobu holowania bez sprzętu tj. oburącz za doły pachowe ($175,83 \pm 5,38 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$ vs. $167,39 \pm 8,53 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$; $p \leq 0,001$). W badaniach Daniel & Klauck (1992) oraz Prieto Saborit i in. (2010) zaobserwowano zbliżone średnie wartości HR w grupie ratowników holujących (odpowiednio: $170,1 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$ oraz $175,5 \text{ ud/min}$), natomiast wartości HR_{max} sięgały nawet $195 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$, co obrazuje jak mocno obciążony jest układ krążeniowo-oddechowy ratownika podczas holowania. Wyższe średnie wartości HR zaobserwowano również u ratowników holujących z wykorzystaniem płetw ($177 \pm 14 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$) oraz z wykorzystaniem płetw i pasa ratunkowego ($178 \pm 10 \text{ ud} \times$

min⁻¹), które bardziej obciążały układ krążeniowo-oddechowy ratownika niż holowanie sposobem żeglarskim (176,33 ± 7,46 ud × min⁻¹) (Salvador i in., 2014). Potwierdzono, że odpowiednie ułożenie ciała na wodzie oraz prawidłowa technika pracy ramion i nóg podczas holowania sprzyjają obniżeniu obciążenia podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe, podczas którego średnie wartości HR wyniosły 155,1 ud × min⁻¹ i okazały się najmniej obciążać układ krążeniowo-oddechowy ratownika (Michniewicz i in., 2008). Warto również wskazać, że holowanie na plecach z użyciem bojki SP z chwytem oburącz, podczas którego średnie wartości HR wyniosły 159,7 ud × min⁻¹ były zbliżone do średnich wartości częstości skurczów serca podczas holowania z bojką SP używając jednej ręki (160,6 ud × min⁻¹) (Michniewicz i in., 2008). Wyniki opisanych powyżej badań potwierdzają rezultaty osiągane przez ratowników holujących z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz” w niniejszej pracy. Średnie wartości HR ratowników podczas holowania z użyciem sprzętu wskazują na brak pozytywnego wpływu na odciążenie układu krążeniowego ratownika, można więc stwierdzić, że użycie sprzętu nie jest równoznaczne ze zmniejszeniem wysiłku fizycznego do jakiego dochodzi podczas akcji ratunkowej. Dodatkowo warto wskazać, że liczba zaangażowanych kończyn w holowaniu tonącego wpływa na zwiększenie obciążenia układu krążeniowo-oddechowego ratownika.

Rozpatrując wielkości $\dot{V}O_2$ u badanych ratowników podczas holowania sposobami bez sprzętu i ze sprzętem można zaobserwować, że wskaźnik ten, wyrażony zarówno w wartościach absolutnych (l × min⁻¹), jak i w odniesieniu do masy ciała badanych (ml × kg⁻¹ × min⁻¹) jest istotnie statystycznie niższy. Największe różnice zaobserwowano podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe (3,30 ± 0,44 l × min⁻¹ i 45,58 ± 5,04 ml × kg⁻¹ × min⁻¹) w porównaniu do pozostałych sposobów holowania, tj. do holowania z chwytem jednorącz za głowę (3,60 ± 0,41 l × min⁻¹ i 49,59 ± 3,89 ml × kg⁻¹ × min⁻¹; p ≤ 0,001), do holowania z chwytem sposobem żeglarskim (3,58 ± 0,44 l × min⁻¹ i 49,46 ± 4,66 ml × kg⁻¹ × min⁻¹; p ≤ 0,001) oraz do holowania z wykorzystaniem pasa ratunkowego „węgorz” (3,59 ± 0,39 l × min⁻¹ i 49,62 ± 4,99 ml × kg⁻¹ × min⁻¹; p ≤ 0,001). Osiągnięte wartości $\dot{V}O_2$ w holowaniu z pasem ratunkowym „węgorz” wskazują, że jest to najbardziej obciążający układ krążeniowo-oddechowy ratownika sposób holowania. Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic w $\dot{V}O_2$ pomiędzy sposobami holowania z chwytem jednorącz za żuchwę, sposobem żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego. Zbliżone bezwzględne wartości $\dot{V}O_2$ odnotowano w pracy Prieto Saborit i in., 2010, dla holowania bez sprzętu (3,4 l × min⁻¹) i podczas holowania z użyciem sprzętu (3,3 l × min⁻¹). Przybliżone wartości osiągnęli również ratownicy holujący w morzu, u których $\dot{V}O_2$ wyniosło w wartościach bezwzględnych i względnych odpowiednio: 3,2 l × min⁻¹ i 40,4 ml ×

$\text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, podczas wysiłku trwającego minimum 4 minuty, natomiast 5% ratowników używających deski ratowniczej osiągnęło dwukrotnie niższą wartość względnego $\dot{V}\text{O}_2$ ($20,3 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), co zdecydowanie pozwala na efektywne prowadzenie akcji ratunkowej z perspektywy obciążenia układu krążeniowo-oddechowego ratownika (Reilly, Wooler, i in., 2006). Wpływ na osiąganą prędkość holowania oraz obciążenie ratowników w trakcie badań mogą mieć czynniki zewnętrzne. Odmienny protokół badawczy w postaci pobieranej gazometrii podczas całkowitego czasu trwania wysiłku może tłumaczyć pojawiające się różnice w prędkościach holowania uzyskanych w niniejszych badaniach w odniesieniu do pobieranej gazometrii podczas ostatniej minuty wysiłku (Reilly, Wooler, i in., 2006). Dla porównania wyżej opisanych badań, w drugiej fazie prowadzonych symulowanych akcji ratunkowych, ratownicy poddawani byli ocenie poboru tlenu podczas pływania, holowania oraz wiosłowania na desce ratowniczej w śluzie basenowej. W wyniku czego ustalono, że podczas wiosłowania na desce wskaźnik $\dot{V}\text{O}_2$ jest najniższy ($26,9 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$). Co ciekawe, wartości osiągnięte podczas pływania oraz holowania były zbliżone (wynosiły odpowiednio: $39,9 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ i $39,6 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), co świadczy o podobnym obciążeniu układu krążeniowo-oddechowego ratownika (Reilly, Iggleden, i in., 2006). Dyferencja wyników osiągniętych przez ratowników w pracach (Prieto Saborit i in., 2010; Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Reilly & Tipton, 2016) oraz niniejszej pracy może być spowodowana różnicą w wydolności ratowników, co obrazuje przeprowadzony test 7×200 , w którym $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ratowników wyniosło $56,1 \pm 4,96 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, maksymalna częstość skurczów serca $191,4 \pm 5,16 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$, natomiast w teście IPTL (Incremental Pool Test for Lifeguards) wartości wskaźników fizjologicznych u ratowników były niższe i wynosiły: $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}} = 45,40 \pm 5,36 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, a $\text{HR}_{\text{max}} = 184,90 \pm 9,84 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$ (Ruibal-Lista i in., 2019). W niniejszej pracy zachowana była podobna zależność, gdzie wyższym wartościom $\dot{V}\text{O}_2$ u ratowników podczas holowania towarzyszyły wyższe wartości HR. Najniższe wartości wskaźników HR i $\dot{V}\text{O}_2$ zaobserwowano u ratowników holujących sposobem oburącz za doły pachowe, który wydaje się najmniej obciążać układ krążeniowo-oddechowy ratownika. Bezwzględne wartości minutowego poboru tlenu osiągnane przez ratowników w holowaniu sposobem oburącz za doły pachowe ($1 \times \text{min}^{-1}$) różniły się istotnie statystycznie ($p < 0,001$) i co ciekawe, były niższe od sposobu holowania bez sprzętu ($3,4 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$). Uzyskane w niniejszej pracy wyniki są zbieżne ze wskaźnikami zaobserwowanymi w badaniach, gdzie podczas holowania z wykorzystaniem sprzętu pochłanianie tlenu wynosiło $3,3 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ i było znacząco wyższe w porównaniu do holowania z wykorzystaniem deski ratunkowej ($2,1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$), gdzie 5% ratowników osiągnęło wartość poniżej $1,5 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Powodem znacznie niższych wartości

wskaźnika $\dot{V}O_2$ może być fakt, iż ratownik holujący przy pomocy deski ratunkowej nie jest zanurzony w wodzie, przez co nie doświadcza tak dużych oporów, jak ratownik holujący bez sprzętu lub z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz” (Reilly, Iggleden, i in., 2006; Reilly, Wooler, i in., 2006; Reilly & Tipton, 2016). Należy również podkreślić, że badania przeprowadzone na pływalni nie odzwierciedlają w pełni warunków, jakie panują podczas prowadzenia akcji ratunkowej na wodach otwartych, czego skutkiem mogą być różnice występujące w wartościach wskaźników fizjologicznych pomiędzy ratownikami odbywającymi badania na pływalni, a ratownikami holującymi w akwenach otwartych.

Sugeruje się, że pulsoksymetria jest prostą, dość dokładną i nieinwazyjną techniką badania kondycji fizycznej sportowców wykonujących wysiłek fizyczny (Martín-Escudero i in., 2021), dlatego analizując obciążenie układu krążeniowo-oddechowego ratownika podczas holowania sposobami oburącz za doły pachowe, jednorącz za żuchwę, żeglarskim oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz” uwzględniono pomiar saturacji krwi (SpO_2). Analiza wariancji nie ujawniła istotnie statystycznych różnic wartości procentowego wysycenia krwi tlenem wśród ratowników po zakończeniu holowania sposobami holowania bez i ze sprzętem ($F_{(3,51)} = 1,02$; $p < 0,390$) w porównaniu do zmieniających się wskaźników HR_{max} ($F_{(3,51)} = 23,27$; $p < 0,001$) czy $\dot{V}O_2$ ($F_{(3,51)} = 20,63$; $p < 0,001$). Najwyższe wartości SpO_2 zaobserwowano po zakończeniu holowania sposobem oburącz za doły pachowe ($90,22 \pm 5,82\%$), natomiast najniższe wartości osiągnęli ratownicy po zakończeniu holowania sposobem żeglarskim ($87,17 \pm 4,99\%$). Różnice wynikające z pozycji ciała ratownika podczas holowania mogą warunkować wartości mierzonej saturacji krwi, warto dodać, że podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe ratownik w sposób komfortowy pobiera tlen, natomiast w sposobie żeglarskim pobór tlenu jest utrudniony. Zważając na brak istotnych statystycznie różnic w wysyceniu krwi tlenem u badanych ratowników po zakończeniu holowania poszczególnymi sposobami warto podkreślić, że najmniejszy spadek saturacji zaobserwowano po zakończeniu holowania sposobem oburącz za doły pachowe. Świadczy to, że podczas holowania tym sposobem dochodzi do najmniejszego zużycia tlenu przez organizm ratownika. Zatem na podstawie oceny saturacji krwi oraz wskaźników HR_{max} i $\dot{V}O_2$ można potwierdzić wcześniej wysunięte wnioski, że holowanie sposobem oburącz za doły pachowe najmniej obciąża układ krążeniowo-oddechowy ratownika wodnego.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wskaźniki fizjologiczne oraz parametry kinematyczne mają wpływ na prędkość oraz zmęczenie ratownika podczas prowadzenia akcji ratunkowej. Kolejnym determinantem mającym wpływ na przebieg holowania jest budowa somatyczna ratownika wodnego (Kaca i in., 2011; Sokołowski i in., 2021; Stanula i in., 2019;

Strzała i in., 2019, 2020). Wyraźny związek pomiędzy prędkością holowania, a cechami budowy somatycznej ratownika zaobserwowano podczas holowania z pasem ratunkowym typu „węgorz”. Do najbardziej skorelowanych cech somatycznych z prędkością holowania zaliczono: Masę ciała ($r = 0,55$), Długość stopy ($r = 0,54$), Długość dłoni ($r = 0,53$) oraz Długość nóg ($r = 0,51$), które w skali wielkości efektu są „duże” ($ES > 0,5$). Podobne cechy korelowały z prędkością holowania sposobem z chwytem jednorącz za żuchwę: Długość stopy ($r = 0,57$) i Masa ciała ($r = 0,53$). Zbliżoną tendencję zaobserwowano w sportowym ratownictwie wodnym, w którym najlepsze wyniki sportowe osiągnęli ratownicy z większą masą ciała, dłuższymi dłońmi oraz stopami (Stanula i in., 2019). Niski współczynnik korelacji zaobserwowano pomiędzy prędkością holowania, a wysokością ciała badanych ratowników (Kaca i in., 2011; Stanula i in., 2019). Podsumowując, cechy somatyczne ratownika determinują prędkość holowania oraz mogą mieć wpływ na objęcie kontroli nad tonącym i komfort ratownika podczas holowania. Dalsza analiza skupiająca się na ocenie budowy somatycznej ratowników wodnych może być pomocna w uzyskaniu odpowiedzi jaki powinien być wzorcowy budowa somatyczna ratownika wodnego.

8. Podsumowanie i wnioski

Wypadki utonięć stanowią poważny problem w skali międzynarodowej. Na tle Unii Europejskiej, Polska wyróżnia się wysoką statystyką liczby utonięć oraz wypadków nad wodą, dlatego ważne jest zwiększenie świadomości społeczeństwa odnośnie bezpiecznego zachowania nad wodą. W celu zmniejszenia skali wypadków oraz utonięć prowadzone są liczne badania mające na celu ujednoczenie systemu szkolenia ratowników wodnych, co może być pomocne w ograniczeniu liczby wypadków, do których dochodzi w miejscach do uprawiania wodnej rekreacji i sportu.

Przeprowadzone badania miały na celu pogłębienie wiedzy z zakresu zmian zachodzących w organizmie ratownika w trakcie przebiegu poszczególnych etapów akcji ratowniczej, ze szczególnym uwzględnieniem najtrudniejszego etapu, jakim jest holowanie tonącego. Wyniki badań niniejszej pracy mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności ratowników podczas akcji ratunkowej, a finalnie pozytywnie wpłynąć na skrócenie czasu trwania akcji ratowniczej oraz jej skutecznego zakończenia. Ocenę efektywności holowania dokonano na podstawie szczegółowej analizy kinematycznej oraz fizjologicznej ratowników wodnych holujących manekina sposobami bez sprzętu (z chwytem jednoręcz za żuchwę, oburęcz za doły pachowe, żeglarskim) oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Podczas holowania obserwowano wskaźniki fizjologiczne ($\dot{V}O_2$, HR_{max} , SpO_2 , EE), oceniono subiektywnie odczuwane zmęczenie przez ratownika wg 10° skali Borga oraz poddano analizie parametry kinematyczne tj. czas i holowania, spadek prędkości, kąt natarcia, liczbę wykonanych cykli RR i NN.

Do najbardziej istotnych wyników niniejszej pracy należy wykazanie sposobu holowania z chwytem oburęcz za doły pachowe jako najmniej obciążającego układ krążeniowo-oddechowy ratownika. Wpływ na takie wyniki może mieć zaobserwowany najmniejszy kąt natarcia podczas holowania, co zmniejsza opory wody oddziaływujące na ratownika. Stały dostęp ratownika do pobierania powietrza, również mógł mieć wpływ na niskie wartości fizjologiczne podczas holowania sposobem oburęcz za doły pachowe, co wynikać może z faktu, że głowa ratownika podczas holowania znajdowała się nad wodą, natomiast w pozostałych sposobach np. żeglarskim, głowa ratownika większość czasu przebywała pod lustrem wody. Ratownicy potwierdzili subiektywnie odczuwane zmęczenie fizjologiczne, podczas holowania sposobem z chwytem oburęcz za doły pachowe, jako najniższe spośród analizowanych. Nie wykazano natomiast różnicy w wydatku energetycznym pomiędzy analizowanymi sposobami, co może być spowodowane zbyt krótkim czasem trwania

wysiłku. Do ważnych wyników niniejszej pracy należy wskazanie sposobu holowania z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” jako najlepszego w ocenie parametrów kinematycznych (czas, prędkość, liczba cykli RR i NN, spadek prędkości). Analiza wskaźników fizjologicznych i kinematycznych umożliwiła wskazanie najbardziej efektywnych sposobów holowania, do których należy holowanie sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Z uwagi na zaobserwowane niskie wskaźniki fizjologiczne u ratowników holujących sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe oraz parametrów kinematycznych warunkujących efektywne holowanie z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”, rekomenduje się, aby ratownik w zależności od zaistniałej sytuacji oraz dostępności sprzętu ratowniczego korzystał z obu sposobów holowania.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Podczas holowania manekina przez ratowników bez użycia sprzętu oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” zaobserwowano różnicę w wartościach parametrów kinematycznych. Analizując parametry kinematyczne stwierdzono, że najlepszym sposobem okazał się sposób holowania z użyciem pasa ratunkowego, podczas którego ratownicy osiągnęli największe prędkości, wykonali najmniejszą liczbę cykli RR i NN. Najmniejszy kąt natarcia ciała ratownika zaobserwowano u ratowników holujących sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe. Wyniki potwierdzają hipotezę o wpływie chwytu manekina oraz użycia przez ratownika pasa ratunkowego na parametry kinematyczne.
2. We wszystkich sposobach holowania w niniejszej pracy zaobserwowano spadek prędkości podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiędzy pierwszą, a drugą długością holowania. Najwyższy spadek zaobserwowano u ratowników holujących sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe ($FI=20,44 \pm 8,77$), z kolei najniższy podczas holowania sposobem żeglarskim ($FI=14,11 \pm 7,64$) oraz z pasem ratunkowym typu „węgorz” ($FI=14,98 \pm 9,39$). Tym samym potwierdzono wcześniej postawioną hipotezę badawczą o wpływie pasa ratunkowego na prędkość holowania manekina przez ratowników wodnych.
3. Zaobserwowano różnice w wskaźnikach fizjologicznych ($\dot{V}O_2$, HR_{max} , SpO_2) podczas holowania sposobami bez sprzętu oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Najniższe wartości średniego $\dot{V}O_2$ oraz HR_{max} , zaobserwowano u ratowników

podczas holowania sposobem z chwytem oburącz za doły pachowe, które wyniosły odpowiednio: $45,58 \pm 5,04 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ oraz $167,39 \pm 8,53 \text{ ud} \times \text{min}^{-1}$. Najwyższą saturację krwi odnotowano również podczas holowania sposobem oburącz za doły pachowe ($90,22 \pm 5,82\%$), natomiast nie wykazano istotnych statystycznie różnic w wydatku energetycznym ratowników podczas holowania badanymi sposobami. Powyższe wyniki negują hipotezę, jakoby użycie sprzętu podręcznego przez ratownika (pas ratunkowy typ „węgorz”) wymagało niższego wydatku energetycznego niż holowanie bez użycia sprzętu.

4. Uwzględniając subiektywne odczuwanie zmęczenia przez ratowników wodnych wyrażonych na 10° skali Borga, należy podkreślić, że najbardziej obciążającym sposobem holowania u ratowników jest sposób żeglarski ($6,78 \pm 1,8$ [mediana = 7]) pkt, a najmniej obciążającym sposób z chwytem oburącz za doły pachowe ($5,72 \pm 1,9$ [6]). Użycie dodatkowego sprzętu ratunkowego nie spowodowało znacznego zmniejszenia odczuwalnego zmęczenia u ratowników, co potwierdzają pośrednie wartości zaobserwowane podczas holowania ratowników z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” ($6,33 \pm 1,85$ [7]) pkt. Wyniki uzyskane za pomocą skali Borga po zakończeniu holowania analizowanymi sposobami nie potwierdzają hipotezy badawczej o większym subiektywnie odczuwalnym zmęczeniu podczas holowania bez sprzętu.
5. Budowa somatyczna ratownika ma istotny wpływ na jego prędkość holowania. Wśród czynników wpływających znacząco na wzrost prędkości holowania bez sprzętu oraz z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” wyróżnić należy: Masę ciała ($r=0,55$), Długość stopy ($r=0,54$), Długość dłoni ($r=0,53$) oraz Długość nóg ($r=0,51$), które w skali wielkości efektu były „duże” ($ES>0,5$). Potwierdzono zatem hipotezę o wpływie parametrów długościowych ciała ratowników wodnych na prędkość holowania manekina.
6. Odnotowano niski współczynnik korelacji pomiędzy parametrami mocy kończyn dolnych, a prędkością holowania manekina z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz” ($r = 0,12$; $ES = 0 - 0,1$). Silniejszy związek (umiarkowany) oraz wyższą korelację zaobserwowano podczas holowania bez sprzętu sposobami z chwytem jednorącz za żuchwę ($r = 0,44$; $ES = 0,3 - 0,5$), oburącz za doły pachowe ($r = 0,37$; $ES = 0,3 - 0,5$) i żeglarskim ($r = 0,31$; $ES = 0,3 - 0,5$). Wyniki parametrów mocy kończyn dolnych determinują prędkość holowania ratownika bez sprzętu ratunkowego, co potwierdza wcześniej postawioną hipotezę

badawczą. Brak wpływu mocy kończyn dolnych zaobserwowano podczas holowania z użyciem pasa ratunkowego typu „węgorz”, co z kolei neguje hipotezę o wpływie mocy kończyn dolnych na prędkość holowania.

9. Bibliografía

1. Abelairas-Gómez, C., Barcala-Furelos, R., Mecías-Calvo, M., Rey-Eiras, E., López-García, S., Costas-Veiga, J., Bores-Cerezal, A., & Palacios-Aguilar, J. (2017). Prehospital Emergency Medicine at the Beach: What Is the Effect of Fins and Rescue Tubes in Lifesaving and Cardiopulmonary Resuscitation After Rescue? *Wilderness and Environmental Medicine*, 28(3), 176–184.
2. Abelairas Gómez, C., Romo Pérez, V., Barcala Furelos, R., & Palacios Aguilar, J. (2013). Effect of lifeguard fatigue on the first 4 minutes of cardiopulmonary resuscitation after water rescue. *Emergencias*, 25(3), 184–190.
3. Abraldes, J. A., Fernandes, R. J., Soares, S., Lima, A. B., & Vilas-Boas, J. P. (2010). Assessment of A Lifesaver`s Instantaneous Velocity in Mannequin Carry using Different Types of Fins. *The Open Sports Sciences Journal*, 3(1), 19–21.
4. Abraldes, J. A., Lima, A. B., Soares, S., Fernandes, R. J., & Vilas-boas, J. P. (2010). Mannequin Carry Effort By Lifesavers Using Different Types of Fins. *Physical Education and Sport*, 8(2), 115–124.
5. Abraldes, J. A., Soares, S., Lima, A. B., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2007). The Effect of Fin Use on the Speed of Lifesaving Rescues. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1(4), 329–340.
6. Abraldes, J. A., Suárez, N. R., Ferragut, C., Helena, M., & Suárez, V. (2014). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo en deportistas de élite de salvamento. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2041(26), 66–70.
7. Alley, L. E. (1952). An analysis of water resistance and propulsion in swimming the crawl stroke. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 23(3), 253–270.
8. Arazi, H., Faraji, H., & Mohammadi, S. M. (2011). Anthropometric and Physiological Profiles of Elite Iranian Junior Rowers. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 9(2), 162–166.
9. Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262–269.
10. Barbosa, T. M., Morouço, P. G. F., Jesus, S., Feitosa, W. G., Costa, M. J., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Garrido, N. D. (2013). The interaction between intra-cyclic variation of the velocity and mean swimming velocity in young competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 34(2), 123–130.
11. Barcala-Furelos, R., Abelairas-Gomez, C., Romo-Perez, V., & Palacios-Aguilar, J. (2013). Effect of physical fatigue on the quality CPR: A water rescue study of lifeguards: Physical fatigue and quality CPR in a water rescue. *American Journal of*

- Emergency Medicine*, 31(3), 473–477.
12. Barcala-Furelos, R., Szpilman, D., Palacios-Aguilar, J., Costas-Veiga, J., Abelairas-Gomez, C., Bores-Cerezal, A., López-García, S., & Rodríguez-Nuñez, A. (2016). Assessing the efficacy of rescue equipment in lifeguard resuscitation efforts for drowning. *American Journal of Emergency Medicine*, 34(3), 480–485.
 13. Bielec, G., & Dondziło, Ł. (2008). Wykorzystanie „Testu Fińskiego” do oceny wydolności ratowników wodnych. *Sporty Wodne Ii Ratownictwo*, 2/3, 4–9.
 14. Bilzon, J. L. J., Scarpello, E. G., Smith, C. V., Ravenhill, N. A., & Rayson, M. P. (2001). Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard royal navy fire-fighting tasks. *Ergonomics*, 44(8), 766–780.
 15. Brander, R. W., Warton, N., Franklin, R. C., Shaw, W. S., Rijksen, E. J. T., & Daw, S. (2019). Characteristics of aquatic rescues undertaken by bystanders in Australia. *PLoS ONE*, 14(2), 1–20.
 16. Chan, J. S. E., Ng, M. X. R., & Ng, Y. Y. (2018). Drowning in swimming pools: Clinical features and safety recommendations based on a study of descriptive records by emergency medical services attending to 995 calls. *Singapore Medical Journal*, 59(1), 44–49.
 17. Chollet, D., Seifert, L., Leblanc, H., Boulesteix, L., & Carter, M. (2004). Evaluation of arm-leg coordination in flat breaststroke. *International Journal of Sports Medicine*, 25(7), 486–495.
 18. Ciabiada, B., Dziankowska-Zaborszczyk, E., Pikala, M., Bryła, M., & Maniecka-Bryła, I. (2015). Metody statystyczne zastosowane w analizie umieralności w publikacjach autorów polskich. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 96(3), 565–569.
 19. Claesson, A., Karlsson, T., Thorén, A. B., & Herlitz, J. (2011). Delay and performance of cardiopulmonary resuscitation in surf lifeguards after simulated cardiac arrest due to drowning. *American Journal of Emergency Medicine*, 29(9), 1044–1050.
 20. Dahl, A. M., & Miller, D. I. (1979). Body contact swimming rescues - what are the risks? *American Journal of Public Health*, 69(2), 150–152.
 21. Daniel, K., & Klauck, J. (1992). Physiological and biomechanics load parameters in life-saving. W D. MacLaren, T. Reilly, & A. Lees (Red.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (ss. 275–280).
 22. Denisiuk, L. (1972). Okresowe badania postępu motorycznego. W T. Ciecierska-Szabuniewicz & M. Krawczyk (Red.), *Proces wychowania fizycznego* (ss. 295–314).
 23. Digitais, B., Digitalis, U. C., Pombalina, U. C., Impactum, U. C., Digitais, B., Digitalis, U. C., Pugliese, L., Porcelli, S., Bonato, M., Pavei, G., La Torre, A., Maggioni, M. A., Bellistri, G., Marzorati, M., Chatard, J. C., Stewart, A. M., Dekerle, J., Baron, B., Faude, O., ... Outts, A. A. J. C. (2018). Effect of Incremental and Submaximal Constant Load. *Journal of Applied Physiology*, 81(11), 906–912.
 24. Driscoll, T. R., Harrison, J. A., & Steenkamp, M. (2004). Review of the role of alcohol

- in drowning associated with recreational aquatic activity. *Injury Prevention*, 10(2), 107–113.
25. Drozdowski, Z. (1984). *Antropologia Sportowa*. Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
 26. Drozdowski, Z. (1992). *Antropologia w wychowaniu fizycznym*. Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
 27. Eston, R., & Reilly, T. (2009). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data* (R. Eston & T. Reilly (red.)). Routledge.
 28. Fernandes, R. J., Sousa, M., MacHado, L., & Vilas-Boas, J. P. (2011). Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 940–946.
 29. Figueiredo, P., Toussaint, H. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 651–659.
 30. Gilewicz, Z. (1964). *Teoria wychowania fizycznego*. Sport i Turystyka.
 31. Górski, J. (2015). Podstawy fizjologii wysiłku. W *Fizjologia wysiłku i treningu fizycznego* (ss. 15–85). PZWL.
 32. Górski, J., & Celichowski, J. (2008). *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego : podręcznik dla studentów akademii wychowania fizycznego i akademii medycznych*. Wydaw. Lekarskie PZWL.
 33. Gracz, J., & Zalewski, T. (2011). Bezpieczna aktywność sportowo-rekreacyjna w środowisku wodnym wyznacznikiem współczesnej cywilizacji. W *Sport i Rekreacja a wyzwania współczesnej cywilizacji* (ss. 97–112). Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego.
 34. Graham, D. (2005). A critical comparison and analysis of lifesaving in France and the United Kingdom. *A Parliamentary Bulletin of The Royal Life Saving Society*, 25(10).
 35. Gulbin, J. P., Fell, J. W., & Gaffney, P. T. (1996). A physiological profile of elite surf ironment, full time lifeguards and patrolling surf life savers. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(3), 86–90.
 36. Gwiazdziński, T. (1980). *Ratownictwo Wodne bez tajemnic*. Sport i Turystyka, Warszawa.
 37. Halik, R., Poznańska, A., Seroka, W., & Wojtyniak, B. (2014). Wypadkowe utonięcia w Polsce w latach 2000-2012. *Przegl Epidemiol*, 591–594.
 38. Hanon, C., Lepretre, P. M., Bishop, D., & Thomas, C. (2010). Oxygen uptake and blood metabolic responses to a 400-m run. *European Journal of Applied Physiology*, 109(2), 233–240.
 39. Heimburg, E. D., Rasmussen, A. K. R., & Medbø, J. I. (2006). Physiological responses of firefighters and performance predictors during a simulated rescue of hospital patients.

- Ergonomics*, 49(2), 111–126.
40. Holmér, I. (1974). Propulsive efficiency of breaststroke and freestyle swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 33(2), 95–103.
 41. Hornsby, W. G., Gentles, J. A., Haff, G. G., Stone, M. H., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2018). What is the impact of muscle hypertrophy on strength and sport performance? *Strength and Conditioning Journal*, 40(6), 99–111.
 42. Howland, J., & Hingson, R. (1988). Alcohol as a risk factor for drownings: A review of the literature (1950-1985)*. *Accident Analysis and Prevention*, 20(1), 19–25.
 43. Iglesias, F., Feitosa, W. G., Daniele, C., Trindade, Z., Correia, R. D. A., Beal, L., Menin, L., & Castro, F. A. D. S. (2021). Lifeguard's Swimming : Front-crawl's and Up-head Front Crawl's Energetics. *Apunts Educacion Fisica Y Deportes*, October, 78–85.
 44. Jaskólski, A., & Jaskólska, A. (2006). *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka*. Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
 45. Kaca, M., Kuciec-Czyszczoń, K., & Dybińska, E. (2011). Wybrane determinanty morfologiczne sprawności specjalnej w sporcie ratowniczym. W M. Napierała, A. Skaliy, & W. Żukow (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku* (ss. 71–92). University of Economy, str. Garbary 2, 85-229, Bydgoszcz, Poland.
 46. Kalén, A., Pérez-Ferreirós, A., Barcala-Furelos, R., Fernández-Méndez, M., Padrón-Cabo, A., Prieto, J. A., Ríos-Ave, A., & Abelairas-Gómez, C. (2017). How can lifeguards recover better? A cross-over study comparing resting, running, and foam rolling. *American Journal of Emergency Medicine*, 35(12), 1887–1891.
 47. Kamińska, E., Socha, T., Fredyk, A., & Kamiński, T. (2019). Typ budowy somatycznej i udział tkanki tłuszczowej u 10-letnich dziewcząt rozpoczynających naukę w szkole baletowej. W *Teoretyczno-praktyczne i empiryczne aspekty tańca*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
 48. Kjendlie, P. L., Pedersen, T., & Stallman, R. (2018). The Effect of Waves on the Performance of Five Different Swimming Strokes. *The Open Sports Sciences Journal*, 11(1), 41–49.
 49. Kjendlie, P. L., Pedersen, T., Thoresen, T., Setlo, T., Moran, K., & Stallman, R. K. (2013). Can you swim in waves? Children's swimming, floating, and entry skills in calm and simulated unsteady water conditions. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 7(4), 301–313.
 50. Kolmogorov, S. V., & Duplishcheva, O. A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25(3), 311–318.
 51. Komar, J., Sanders, R. H., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Do qualitative changes in interlimb coordination lead to effectiveness of aquatic locomotion rather than

- efficiency? *Journal of Applied Biomechanics*, 30(2), 189–196.
52. Konturek, S., & Brzozowski, T. (2003). *Fizjologia człowieka tom I Fizjologia ogólna, krew i mięśnie*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
 53. Kosiński, M., & Przybylski, S. (2011). Czy mogę być mistrzem w sportowym ratownictwie wodnym? W M. Napierała, A. Skaliy, & W. Żukow (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku* (ss. 63–70). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 54. Kula, A., Sadowski, W., & Stanula, A. (2015). Efektywność holowania wybranymi technikami. W *Stan, Perspektywy i Rozwój Ratownictwa, Kultury Fizycznej i Sportu W XXI Wieku Tom I* (ss. 67–80). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 55. Kula, A., Stanula, A., Karpiński, J., & Kozlov, V. (2016). Identyfikacja czynników wpływających na przebieg akcji ratunkowej w wodzie. W U. Szmatlan-Gabryś & A. Stanula (Red.), *Trening Sportowy II - Planowanie, kontrola, sterowanie* (ss. 59–72). Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. rtm. Witolda Pileckiego, Oświęcim.
 56. Kwaśna, A., Chrobot, M., & Jabłoński, A. (2015). Porównanie indywidualnej akcji ratunkowej w płetwach długich z pasem ratowniczym a pasem typu „Węgorz”. W M. Napierała & A. Skaliy (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku Tom I* (ss. 55–66). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 57. Leblanc, H., Seifert, L., Baudry, L., & Chollet, D. (2005). Arm-leg coordination in flat breaststroke: A comparative study between elite and non-elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26(9), 787–797.
 58. Leblanc, H., Seifert, L., & Chollet, D. (2010). Does floatation influence breaststroke technique? *Journal of Applied Biomechanics*, 26(2), 150–158.
 59. Lemaître, F., Seifert, L., Polin, D., Juge, J., Tourny-Chollet, C., & Chollet, D. (2009). Apnea training effects on swimming coordination. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1909–1914.
 60. Malina, R. M. (1984). Kinanthropometric Research in Human Auxology. W J. Borms, R. Hauspie, A. Sand, C. Susanne, & M. Hebbelinck (Red.), *Human Growth and Development* (ss. 437–452).
 61. Martín-Escudero, P., Cabanas, A. M., Fuentes-Ferrer, M., & Galindo-Canales, M. (2021). Oxygen saturation behavior by pulse oximetry in female athletes: Breaking myths. *Biosensors*, 11(10), 1–19.
 62. Michniewicz, R., & Michniewicz, I. (2013). Analiza wybranych, problemowych przepisów prawa w ratownictwie wodnym. W M. Napierała, A. Skaliy, & W. Żukow (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku* (ss. 19–29). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 63. Michniewicz, R., Walczuk, T., & Rostkowska, E. (2008). An Assessment of the effectiveness of various variants of water rescue. *Kinesiology*, 40, 96–106.
 64. Morales, A. T., Tamayo Fajardo, J. A., & González-García, H. (2019). High-Speed

- Swimsuits and Their Historical Development in Competitive Swimming. *Frontiers in Psychology*, 10(December), 1–11.
65. Morgan, D., & Ozanne-Smith, J. (2013). Surf lifeguard rescues. *Wilderness and Environmental Medicine*, 24(3), 285–290.
 66. Osiński, W. (2003). *Antropomotoryka* (Numer 2). Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
 67. Ostrowski, A., Juskiewicz, M., Strzała, M., Stanula, A., & Ziara, W. (2013). Ocena działalności Wodnego Ochotniczego Pogotwia Ratowniczego w latach 2003-2012 na tle zachodzących zmian społecznych. W M. Napierała, A. Skaliy, & W. Zukow (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku* (ss. 116–128). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 68. Ostrowski, A., Strzała, M., Stanula, A., Juskiewicz, M., & Skaliy, A. (2015). Szkolenie ratowników wodnych na tle zmieniających się uwarunkowań prawnych. W M. Napierała & A. Skaliy (Red.), *Stan, Perspektywy i Rozwój Ratownictwa, Kultury Fizycznej i Sportu W XXI Wieku*. (ss. 101–128). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 69. Parnicki, F., Długołęcka, B., & Siłakiewicz, P. (1999). Struktura Bezpośredniej akcji ratowniczej w wodzie w wykonaniu ratowników WOPR-studentów AWF. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 4, 267–271.
 70. Pendergast, D., Zamparo, P., di Prampero, P. E., Capelli, C., Cerretelli, P., Termin, A., Craig, A., Bushnell, D., Paschke, D., & Mollendorf, J. (2003). Energy balance of human locomotion in water. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3–4), 377–386.
 71. Platanou, T. (2009). Cardiovascular and metabolic requirements of water Polo. *Serbian Journal of Sport Science*, 3, 85–97.
 72. Poliszczuk, T., & Mosakowska, M. (2010). Antropometryczny profil elitarnych badmintonistów z Polski. *Medycyna Sportowa*, 26(1), 45–55.
 73. Prieto Saborit, J. A., del Valle Soto, M., Déz, V. G., Sanclement, M. A. M., Hernández, P. N., Rodríguez, J. E., & Rodríguez, L. S. (2010). Physiological response of beach lifeguards in a rescue simulation with surf. *Ergonomics*, 53(9), 1140–1150.
 74. Prieto Saborit, J. A., González, V., Del Valle, M., & Nistal, P. (2013). The influence of age on aerobic capacity and health indicators of three rescue groups. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(1), 19–27.
 75. Przewęda, R. (1985). *Uwarunkowania poziomu sprawności fizycznej polskiej młodzieży szkolnej*. Wydawnictwo AWF.
 76. Psycharakis, S. (2011). Alongitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 420–426.
 77. Reilly, T., Iggleden, C., Gennser, M., & Tipton, M. (2006). Occupational fitness standards for beach lifeguards. Phase 2: The development of an easily administered fitness test. *Occupational Medicine*, 56(1), 12–17.

78. Reilly, T., & Tipton, M. (2016). Occupational fitness and strength standards for beach lifeguarding. W M. Tipton & A. Wooler (Red.), *The Science of beach lifeguarding* (ss. 221–232). CRC Press.
79. Reilly, T., Wooler, A., & Tipton, M. (2006). Occupational fitness standards for beach lifeguards. Phase 1: The physiological demands of beach lifeguarding. *Occupational Medicine*, 56(1), 6–11.
80. Rejman, M., Wiesner, W., Silakiewicz, P., Klarowicz, A., & Abraldes, J. A. (2012). Comparison of temporal parameters of swimming rescue elements when performed using dolphin and flutter kick with fins - Didactical approach. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(4), 682–689.
81. Ruibal-Lista, B., Palacios-Aguilar, J., Prieto, J. A., López-García, S., & Cecchini-Estrada, J. A. (2019). Validation of a new incremental swim test as a tool for maximum oxygen uptake analysis in lifeguards. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 11(3).
82. Sadowski, W., Kula, A., Karpiński, J., & Stanula, A. (2015). Ocena poziomu sportowego zawodników ratownictwa wodnego w Polsce. W M. Napierała & A. Skaliy (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku* (ss. 182–193). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
83. Salvador, A. F., Penteado, 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.
84. Scanlan, A., & Dascombe, B. (2011). The anthropometric and performance characteristics of high-performance junior life savers. *Serbian Journal of Sports Science*, 5(2), 61–66.
85. Schmidt, A. C., Sempstrott, J. R., Hawkins, S. C., Arastu, A. S., Cushing, T. A., & Auerbach, P. S. (2019). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Treatment and Prevention of Drowning: 2019 Update. *Wilderness and Environmental Medicine*, 30(4S), 70–86.
86. Seidel, W., Szafranec, R., & Pukalski-pukała, P. (2012). Analiza wybranych parametrów antropometrycznych pełnosprawnych i niepełnosprawnych pływaków. W *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu* (ss. 78–83).
87. Seifert, L., & Chollet, D. (2005). A new index of flat breaststroke propulsion: A comparison of elite men and women. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 309–320.
88. Sharkey, B. J. (1990). Physiology of fitness. *Human Kinetics*, 432.
89. Sikora, M., & Telak, O. (2020). Uwarunkowania prawno-organizacyjne bezpieczeństwa i wypadki utonięcia osób w zbiornikach wodnych. W J. Telak, D. Skalski, E. Zieliński, & D. Czarnecki (Red.), *Bezpieczeństwo, zarządzanie, medycyna i kultura fizyczna* (T. 4, ss. 70–80). AWF Gdańsk.
90. Skalski, D. (2018). *Zarządzanie kryzysowe i bezpieczeństwo wodne : wybrane aspekty*

ratownictwa wodnego = Crisis management and water ssafety : selected aspects of water rescue. Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk.

91. Skalski, D., Makar, P., Waade, B., Pęczek-Graczyk, A., & Przybylski, S. (2016). *Współczesny system szkolenia ratowników wodnych w Polsce. Wybrane zagadnienia metodyczne.* Bydgoska Szkoła Wyższa w Bydgoszczy przy udziale Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego.
92. Skalski, D., Przybylski, S., & Przybylski, J. (2015). System szkolenia ratowników wodnych. W E. Zieliński & J. Telak (Red.), *Ratownictwo i Medycyna* (ss. 19–40). University of Health Sciences in Bydgoszcz.
93. Sokołowski, K., Strzała, M., Stanula, A., Kryst, Ł., Radecki-Pawlik, A., Krężałek, P., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2021). Biological age in relation to somatic, physiological, and swimming kinematic indices as predictors of 100 m front crawl performance in young female swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11).
94. Sousa, A., Fernandes, R. J., Rodríguez, N., & Abraldes, J. A. (2017). Influence of a 100-M Simulated In-Water Rescue on Cardiopulmonary Parameters. *Prehospital Emergency Care*, 21(3), 301–308.
95. Sozański, H. (1999). Podstawowe zasady programowania szkolenia sportowego dzieci i młodzieży. W *Podstawy teorii treningu sportowego* (ss. 20–30). Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
96. Stallman, R. K., & Hindmarch, T. (2012). *Lifesaving Competition : Speed vs Safety Conflict of Interest ?* 1–14.
97. Stallman, R. K., Major, J., Hemmer, S., & Haavaag, G. (2010). Movement Economy in Breaststroke Swimming: A Survival Perspective. *XIth International Symposium for Biomechanics & Medicine in Swimming*, 11, 379–381.
98. Stanisław, A. (2007). *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL Tom 2: Modele liniowe i nieliniowe.* StatSoft, Kraków.
99. Stanula, A. (2005). *Poradnik instruktora WOPR.* ZW WOPR, Katowice.
100. Stanula, A. (2008). Wpływ zmęczenia indywidualną akcją ratowniczą na skuteczność zabiegów resuscytacyjnych. *Sporty Wodne i Ratownictwo*, 2–3, 49–55.
101. Stanula, A., Michalak, A., Swinarew, A., Wybański, M., Baron, J., Mikrut, G., & Skalski, D. (2019). Budowa somatyczna zawodników uprawiających sportowe ratownictwo wodne. W W. Moska, P. Makar, & D. Skalski (Red.), *Ratownictwo Wodne, Sport Pływacki i Kultura Fizyczna w Teorii i Praktyce Tom 6* (ss. 11–26). Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk.
102. Stanula, A., Ostrowski, A., Rocznik, R., & Żurawik, A. (2013). Kompetencje zawodowych ratowników wodnych województwa śląskiego. W M. Napierała, A. Skaliy, & W. Zukow (Red.), *Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i*

- sportu w XXI wieku* (ss. 174–181). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
103. Stanula, A., Ostrowski, A., Skalski, D., Żelasko, P., & Kula, A. (2016). Skuteczność posługiwania się rękawową rzutką ratowniczą przez zawodowych ratowników wodnych. W W. Moska, S. Przybylski, & D. Skalski (Red.), *Ratownictwo wodne i sport pływacki i kultura fizyczna w teorii i praktyce Tom 3* (ss. 145–157). Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego Gdańsk.
 104. Stanula, A., Strzała, M., Ostrowski, A., Jędrus, M., & Kula, A. (2015). Wpływ pogody na liczbę wypadków utonięć w Polsce w 2012 roku. W W. Moska, S. Przybylski, & D. Skalski (Red.), *Ratownictwo wodne, sport pływacki i kultura fizyczna w teorii i praktyce Tom 2* (ss. 86–98). Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk.
 105. Stanula, A., Strzała, M., Ostrowski, A., & Kula, A. (2015). Ilościowa oraz przyczynowa analiza wypadków utonięć w Polsce w latach 2005-2014. W M. Napierała & A. Skaliy (Red.), *Stan, Perspektywy i Rozwój Ratownictwa, Kultury Fizycznej i Sportu W XXI Wieku Tom I* (ss. 165–176). Uniwersytet Ekonomiczny, Bydgoszcz.
 106. Stanula, A., Strzała, M., Ostrowski, A., Niegot, M., & Sadowski, W. (2015). Rozkład tempa pływania na dystansie 200 M stylem dowolnym w latach 2000-2012. W W. Moska, S. Przybylski, & D. Skalski (Red.), *Sport pływacki i kultura fizyczna w teorii i praktyce Tom 2* (ss. 188–201). Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk.
 107. Strzała, M., & Krężałek, P. (2010). The body angle of attack in front crawl performance in young swimmers. *Human Movement, 11*(1), 23–28.
 108. Strzała, M., Stanula, A., Głab, G., Głodzik, J., Ostrowski, A., Kaca, M., & Nosiadek, L. (2014). Shaping physiological indices, swimming technique, and their influence on 200m breaststroke race in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine, 14*(1), 110–117.
 109. Strzała, M., Stanula, A., Krężałek, P., Ostrowski, A., Kaca, M., & Głab, G. (2019). Influence of Morphology and Strength on Front Crawl Swimming Speed in Junior and Youth Age-Group Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research, 33*(10), 2836–2845.
 110. Strzała, M., Stanula, A., Krężałek, P., Sadowski, W., Wilk, R., Pałka, T., Sokołowski, K., & Radecki-Pawlik, A. (2020). Body composition and specific and general strength indices as predictors of 100-m front crawl performance. *Acta of Bioengineering and Biomechanics, 22*(4), 51–60.
 111. Strzała, M., & Tyka, A. (2009). Physical Endurance, Somatic Indices and Swimming Technique Parameters as Determinants of Front Crawl Swimming Speed at Short Distances in Young Swimmers. *Medicina Sportiva, 13*(2), 99–107.
 112. Swaine, I., & Reilly, T. (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 15*(5), 370–375.

113. Szopa, J. (1998). Struktura zdolności motorycznych - identyfikacja i pomiar. *Antropomotoryka*, 79–86.
114. Szpilman, D., Bierens, J. J. L. M., Handley, A. J., & Orłowski, J. P. (2012). Drowning. *The New England Journal of Medicine*, 366(22), 2102–2110.
115. Szpilman, D., Webber, J., Quan, L., Bierens, J., Morizot-Leite, L., Langendorfer, S. J., Beerman, S., & Løfgren, B. (2014). Creating a drowning chain of survival. *Resuscitation*, 85(9), 1149–1152.
116. Tabaczek-Bejster, I. (2012). *Działalność Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (1962-1989)*. ZG WOPR, Warszawa.
117. Tabaczek-Bejster, I., Kiszka, J., & Konieczny, G. (2021). Changes Related to the First AID in Water Lifesaving in Poland (1962-2020). *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 36(4), 45–55.
118. Takagi, H., Sugimoto, S., Nishijima, N., & Wilson, B. (2004). Swimming: Differences in stroke phases, arm-leg coordination and velocity fluctuation due to event, gender and performance level in breaststroke. *Sports Biomechanics*, 3(1), 15–27.
119. Telak, J. (2017). *Przygotowanie ratowników w województwie świętokrzyskim do działań na rzecz bezpieczeństwa na obszarach wodnych*. Centrum Szkolenia Policji, Legionowo.
120. Telak, J., & Frąckowiak, M. (2020). Bezpieczeństwo osób przebywających na obszarach wodnych i terenach przywodnych, aspekt trzeźwości. W *Bezpieczeństwo, zarządzanie, medycyna i kultura fizyczna* (ss. 81–92). Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk.
121. Tellier, É., Simonnet, B., Gil-Jardiné, C., Castelle, B., Bailhache, M., & Salmi, L. R. (2019). Characteristics of drowning victims in a surf environment: A 6-year retrospective study in southwestern France. *Injury Epidemiology*, 6(1), 1–9.
122. TIBCO Software Inc. (2017). *Statistica (data analysis software system)*, version 13.
123. Tipton, M., Reilly, T., Rees, A., Spray, G., & Golden, F. (2008). Swimming performance in surf: The influence of experience. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 895–898.
124. Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 13(1), 8–24.
125. Ueda, T., & Kurokawa, T. (1995). Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 16(6), 385–389.
126. Waade, B., Makar, P., & Pęczek-Graczyk, A. (2015). Ocena sprawności specjalnej ratowników WOPR. W W. Moska, S. Przybylski, & D. Skalski (Red.), *Ratownictwo Wodne, Sport Pływacki I Kultura Fizyczna w Teorii I Praktyce Tom 2* (ss. 116–126).

127. Wallace, L., Coutts, A., Bell, J., Simpson, N., & Slattery, K. (2008). Using session-RPE to monitor training load in swimmers. *Strength and Conditioning Journal*, 30(6), 72–76.
128. Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. W R. Gentleman, K. Hornik, & G. Parmigiani (Red.), *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society* (Numer 2). Springer.
129. Wiesner, W. (2017). Wielopodmiotowa odpowiedzialność za tragiczny wypadek w wodzie. *Polish Hyperbaric Research*, nr 3(60).
130. Wiesner, W. (2020). Analiza zagrożeń i szacowanie ryzyka jako podstawa skutecznej edukacji dla bezpieczeństwa osób wypoczywających nad wodą. W A. Stanuła (Red.), *Pływanie i Ratownictwo Wodne w Teorii i Praktyce* (ss. 299–320). Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
131. Wiesner, W., & Niedziela, M. (2013). Skuteczność wykonania zadania pod wodą w sytuacji egzaminacyjnej. *Polish Hyperbaric Research*, 3(44), 79–96.
132. Williams, N. (2017). The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67(5), 404–405.
133. Wolański, N., & Parizkova, J. (1976). *Sprawność fizyczna a rozwój człowieka*. Sport i Turystyka, Warszawa.
134. World Health Organization. (2021, kwiecień 27). *Drowning*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drowning>
135. Zalewski, T. (2007). Natężenie prototypowych wymiarów sytuacyjnych w działaniach ratowników wodnych. W *Sporty Wodne I Ratownictwo* (T. 2, ss. 50–57).
136. Zamparo, P., Capelli, C., Cautero, M., & Nino, A. Di. (2000). Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 487–491.
137. Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. (2011). Energetics of swimming: A historical perspective. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 367–378.
138. Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 41–66.
139. Zamparo, P., Minetti, A., & Termin, B. (2006). Economy and efficiency of swimming at the surface with fins of different size and stiffness. *European Journal of Applied Physiology*, 459–470.
140. Zhu, Y., Jiang, X., Li, H., Li, F., & Chen, J. (2015). Mortality among drowning rescuers in China, 2013: A review of 225 rescue incidents from the press. *BMC Public Health*, 15(1), 1–8.

Streszczenie

Wypadki utonięć stanowią poważny problem w skali międzynarodowej. Podejmowanie odpowiednich środków profilaktycznych i prewencyjnych wobec osób uprawiających rekreację i sporty wodne poprzez upowszechnianie nauki pływania, a także właściwą organizację warunków do bezpiecznej kąpieli odbywającej się pod opieką dobrze wyszkolonej kadry ratownictwa wodnego, stanowią ważne ogniwo w przeciwdziałaniu utonięciom (Kula i in., 2016; Ostrowski i in., 2013; Skalski i in., 2015; Telak, 2017; *World Health Organization*, 2021). Utonięcia są zjawiskiem społecznym występującym na całym świecie i dość powszechnym (Wiesner, 2017), dlatego ważne jest opracowanie jednolitych metod szkolenia ratowników wodnych, co uzyskać można m.in. poprzez prowadzenie badań naukowych ukierunkowanych na analizę poszczególnych etapów akcji ratunkowych.

W niniejszym opracowaniu głównym celem badawczym jest ocena efektywności holowania manekina przez ratownika wodnego z uwzględnieniem sposobów holowania tonącego bez sprzętu (jednoręcz za żuchwę, oburęcz za doły pachowe, sposobem żeglarskim) oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Celem aplikacyjnym pracy jest opracowanie i rekomendacja instytucjom odpowiedzialnym za programy szkolenia ratowniczego najefektywniejszych, a zarazem najbardziej bezpiecznych sposobów holowania stosowanych w ratownictwie wodnym z uwzględnieniem różnego typu przypadków tonięcia.

W badaniach udział wzięło 18 ratowników wodnych w wieku $16,8 \pm 1,29$ lat, masie i wysokości ciała wynoszącej, odpowiednio: $73,2 \pm 13,19$ kg i $177,7 \pm 9,57$ cm. Badania przebiegały w dwóch etapach. Podczas pierwszego etapu na podstawie pływackiego testu 7×200 m i przy wykorzystaniu analizatora gazowego określono maksymalny pułap tlenowy ($\dot{V}O_{2max}$), który dla badanych ratowników wyniósł $56,1 \pm 4,96$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹. Ponadto na podstawie materiału video zarejestrowanego przy pomocy kamer umieszczonych nad i pod powierzchnią wody wyodrębniono szereg wskaźników kinematycznych techniki holowania, takich jak: prędkość holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości 25 m pływalni (V1 i V2), które wyniosły kolejno (oburęcz za doły pachowe: $0,68 \pm 0,06$ i $0,56 \pm 0,04$ m \times s⁻¹, jednoręcz za żuchwę: $0,68 \pm 0,12$ i $0,58 \pm 0,1$ m \times s⁻¹, żeglarski: $0,66 \pm 0,08$ i $0,58 \pm 0,06$ m \times s⁻¹, z pasem ratunkowym typu „węgorz” $0,77 \pm 0,05$ i $0,67 \pm 0,06$ m \times s⁻¹). Dodatkowymi ocenianymi parametrami były: liczba ruchów ramion (nRR1 i nRR2), liczba ruchów nóg (nNN1 i nNN2), kąt natarcia (KątNat1 i KątNat2), indeks spadku prędkości (FI). Podczas holowania również dokonywano pomiarów wymiany gazowej, na podstawie

których oceniono takie wskaźniki fizjologiczne jak: częstość skurczów serca (HR), minutowy pobór tlenu ($\dot{V}O_2$), saturację krwi (SpO_2), wydatek energetyczny (EE), a także za pomocą 10-cio stopniowej skali Borga określono wielkość odczuwanego zmęczenia.

Do najważniejszych wyników w niniejszej pracy należy wykazanie istotnego wpływu wykorzystania sprzętu ratunkowego (pas ratunkowy typu „węgorz”) na czas oraz prędkość holowania ratowników wodnych. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że spośród wszystkich poddanych analizie sposobów holowania, holowania oburącz za doły pachowe najmniej obciąża układ krążeniowo-oddechowy, w przeciwieństwie do sposobu holowania z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Pomimo najmniejszego obciążenia fizycznego, jakie towarzyszy ratownikowi podczas holowania oburącz za doły pachowe, należy podkreślić, że sposób ten jest jednocześnie najwolniejszym spośród wszystkich analizowanych sposobów. Podsumowując, w przypadku ratowania bez możliwości użycia podręcznego sprzętu ratunkowego rekomenduje się sposób holowania z chwytem oburącz za doły pachowe, który w najmniejszym stopniu obciąża fizycznie ratownika. Finalnie, zaleca się korzystanie z podręcznego sprzętu ratunkowego, gdyż w przypadku nieprzewidzianych okoliczności podczas trwania akcji ratunkowej, bądź zasłabnięcia ratownika, zwiększone jest prawdopodobieństwo zakończenia akcji sukcesem.

Abstract

Drowning accidents are a serious problem on an international scale. Taking appropriate measures to support suitable behaviour by the water areas, such as promotion of swimming classes as well as creating proper conditions for safe bathing under the care of well-trained lifeguard staff, are an essential element in drownings prevention (Kula i in., 2016; Ostrowski i in., 2013; Skalski i in., 2015; Telak, 2017; World Health Organization, 2021). Drownings are unfortunately quite a common social phenomenon occurring all over the world, thus it is critical to develop uniform training methods for lifeguard staff; this aim can be achieved, among other things, by conducting continuous scientific research focused on the analysis of every individual rescue operation stage.

The main research objective in this study was to assess the effectiveness of towing a dummy by a lifeguard, taking into account towing without any equipment (using one hand by the jaw, with both hands by the armpits, sailing method) as well as with the use of the rescue tube. The purpose of this composition was to conduct an in-depth study of the most effective and safest methods of towing practices used in water rescue operations (taking into account various drowning scenarios) as well as recommend such practices to all institutions in charge of organising and conducting rescue training programmes.

A selected group of 18 male lifeguards participated in the study. The average age of the participants was $16,8 \pm 1,29$ years, weight and body height of the subjects were $73,2 \pm 13,19$ kg and $177,7 \pm 9,57$ cm respectively. The research was carried out in two stages. During the first stage, the maximum oxygen threshold ($\dot{V}O_{2max}$) was determined by conducting 7x200 meter swim test, using gas analysis system. The average $\dot{V}O_{2max}$ for all lifeguards was $56,1 \pm 4,96$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹. In addition to that, on the basis of video footage recorded with cameras placed both, above and below the water surface, a number of kinematic indicators of the towing techniques were distinguished. The towing speed was recorded in the five-meter measurement zone on the first and second length of 25 meter swimming pool (V1 and V2); the results for various techniques were the following:

- both hands by the armpits: 0.68 ± 0.06 and 0.56 ± 0.04 m \times s⁻¹
- one-hand by the jaw: 0.68 ± 0.12 and 0.58 ± 0.1 m \times s⁻¹
- sailing method: 0.66 ± 0.08 and 0.58 ± 0.06 m \times s⁻¹
- rescue tube 0.77 ± 0.05 and 0.67 ± 0.06 m \times s⁻¹

Additional assessed parameters during the exercise were: number of arm movements (nRR1 and nRR2), number of leg movements (nNN1 and nNN2), lunge angle (K_{at}Nat1 and K_{at}Nat2), deceleration index (FI). During towing examination, gas exchange measurements were also registered, which enabled determination of physiological indicators such as heart rate (HR), minute oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), blood saturation (SpO₂), energy expenditure (EE) as well as the fatigue index in accordance with 10-point Borg scale.

The results of the research confirmed that there is a significant positive impact the use of equipment (rescue tube) has on the time as well as the speed of lifeguards' towing. Out of all analyzed methods of towing, the conducted research shows that the method of towing with both hands by the armpits puts the least strain on the cardiorespiratory systems; in contrast, the towing method using the equipment (rescue tube), turned out to be one of the most physiologically demanding method of towing. Despite the smallest physical load generated by towing method with both hands by the armpits, it should be emphasized that it is also the slowest of all the analyzed methods.

To conclude, should there be no equipment available to the rescuer, it is recommended to tow a drowning person with both hands by the armpits, as it is the least physically exacting method. Finally, it is highly recommended to use available equipment, as it offers the highest rescue success ratio, even in the light of unforeseen negative circumstances.

Spis Tabel

Tabela 1. Charakterystyka ratowników biorących udział w badaniach ($n = 18$).....	31
Tabela 2. Charakterystyka czasów uzyskanych podczas holowania manekina na dystansie 50 m sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$); dane przedstawiono w postaci średnich (\pm odchylenie standardowe), a także wartości minimalnych i maksymalnych.....	39
Tabela 3. Czasy oraz prędkości uzyskane w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (T1, V1) i drugiej (T2, V2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)	40
Tabela 4. Liczba ruchów ramienia związanych z napędem wykonanych w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (RR1) i drugiej (RR2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$).....	43
Tabela 5. Liczba ruchów nóg związanych z napędem wykonanych w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (NN1) i drugiej (NN2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$).....	45
Tabela 6. Wielkości kąta natarcia (ataku) odnotowane w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (KątNat_1) i drugiej (KątNat_2) długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$)	47
Tabela 7. Wskaźnik spadku prędkości w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina wybranymi sposobami ($n = 18$).....	49
Tabela 8. Wskaźniki fizjologiczne uzyskane podczas wysiłku maksymalnego w teście pływakim 7×200 m kraulem na piersiach oceniającym maksymalny pobór tlenu ($n = 18$)	50
Tabela 9. Charakterystyka wielkości pobieranego tlenu podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$). Dane przedstawiono w postaci średnich \pm odchylenia standardowe oraz (Min – Max).	51
Tabela 10. Charakterystyka częstości skurczów serca (HR_{max}) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$).....	54
Tabela 11. Charakterystyka wysycenia krwi tlenem (SpO_2) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$).....	55
Tabela 12. Charakterystyka wydatku energetycznego (EE) podczas holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$).....	56
Tabela 13. Charakterystyka ciężkości odczuwanego wysiłku wyrażonej na skali Borga po zakończeniu holowania manekina sposobami bez wykorzystania sprzętu podręcznego oraz ze sprzętem ($n = 18$); dane przedstawiono w postaci średnich (\pm odchylenie standardowe) oraz mediany, a także wartości minimalnych i maksymalnych	58
Tabela 14. Wyniki pomiarów antropometrycznych, wysokości pionowego oraz prędkości uzyskanych podczas holowania w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej (/ 1) i drugiej długości pływalni (/ 2)	60

Spis Rycin

- Ryc. 1.** Zasady bezpiecznego postępowania podczas akcji ratunkowej (źródło: opracowanie własne).
..... 14
- Ryc. 2.** Podział sposobów holowania w zależności od stanu przytomności poszkodowanego (źródło: opracowanie własne)..... 15
- Ryc. 3.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości czasów podczas holowania manekina na dystansie 50 m sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome (granatowe) linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich, kolorowe linie obrazują dynamikę zmian w czasach holowania różnymi sposobami dla badanych ratowników; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ 39
- Ryc. 4.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości czasu pokonania pięciometrowej strefy pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$ 41
- Ryc. 5.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości prędkości uzyskanej w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$ 42
- Ryc. 6.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości dla liczby ruchów ramienia odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich..... 44
- Ryc. 7.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości dla liczby ruchów nóg odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich..... 46
- Ryc. 8.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości kąta natarcia (ataku) odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich..... 48
- Ryc. 9.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości Wskaźnika spadku prędkości obliczonego na podstawie różnicy prędkości w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej i drugiej długości pływalni podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich..... 49
- Ryc. 10.** Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości pobieranego tlenu wyrażonych w $l \times \text{min}^{-1}$ (A) oraz w $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times$

min ⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.....	52
Ryc. 11. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości pobieranego tlenu wyrażonych w procentach w stosunku do wartości maksymalnych poboru tlenu w l × min ⁻¹ (A) oraz w ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.	53
Ryc. 12. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości częstości skurczów serca wyrażonych w wartościach bezwzględnych [ud × min ⁻¹] (A) oraz w procentach w stosunku do wartości maksymalnych częstości skurczów serca podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.	54
Ryc. 13. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych procentowych wielkości wysycenia krwi tlenem obserwowane bezpośrednio po zakończeniu holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.	55
Ryc. 14. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości wydatku energetycznego wyrażonych w kcal × min ⁻¹ (A) oraz w kcal × kg ⁻¹ × min ⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.	57
Ryc. 15. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości ciężkości odczuwanego wysiłku wyrażonego na dziesięciostopniowej skali Borga podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich.	59
Ryc. 16. Wyniki analizy korelacji dla prędkości pływania uzyskanej podczas holowania czterema sposobami w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni a wybranymi cechami budowy somatycznej i wysokości wyskoku pionowego.....	61
Ryc. 17. Wyniki analizy korelacji dla prędkości pływania uzyskanej podczas holowania czterema sposobami w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni a wybranymi cechami budowy somatycznej i wysokości wyskoku pionowego.	63