

**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
Prof. dr hab. Arkadiusz Stanula

Katowice 2023

Spis treści

WSTĘP.....	3
1. Cel pracy i założenia badawcze.....	4
2. Materiał i metody badań.....	6
2.1. Grupa badawcza	6
2.2. Ogólny schemat badań.....	7
2.3. Narzędzia oraz techniki badawcze.....	8
2.3.1. Pomiary antropometryczne.....	8
2.3.2. Pomiary parametrów kinematycznych holowania	10
2.3.3. Pomiary fizjologiczne	10
2.3.4. Pomiary biochemiczne	12
2.3.5. Pomiar mocy kończyn dolnych	12
2.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej	12
3. Wyniki badań.....	13
3.1. Czas holowania manekina na dystansie 50 m	13
3.2. Czas oraz prędkość holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru.....	14
3.3. Praca ramion podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru.....	16
3.4. Praca nóg podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	18
3.5. Kąt natarcia (ataku) podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru	19
3.6. Wskaźnik spadku prędkości podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru.....	21
3.7. Wskaźniki fizjologiczne uzyskane na podstawie testu pływackiego 7 × 200 m.....	22
3.8. Ocena wielkości poboru tlenu podczas holowania manekina	23
3.9. Ocena częstości skurczów serca podczas holowania manekina	25
3.10. Ocena wysycenia krwi tlenem po zakończeniu holowania manekina.....	26
3.11. Ocena wielkości wydatkowanej energii podczas holowania manekina	28
3.12. Ocena ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania manekina	29
3.13. Ocena związków między budową somatyczną i mocą kończyn dolnych a uzyskaną prędkością podczas holowania manekina.....	30
4. Podsumowanie i wnioski	34
5. Bibliografia:	38

Wykaz skrótów stosowanych w pracy badawczej

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 VCO ₂ / VO ₂)
RR	.....	kończyny górne
SpO ₂	.....	saturacja krwi
VO ₂	.....	pobór tlenu
VO _{2max}	.....	maksymalne pochłanianie tlenu (pułap tlenowy)
VE/VO ₂	.....	równoważnik wentylacyjny dla tlenu
VE/VCO ₂	.....	równoważnik wentylacyjny dla dwutlenku węgla
VCO ₂	.....	wydalanie dwutlenku węgla
VE	.....	wentylacja minutowa
% VO 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. 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. Zróżnicowanie 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.

2. Materiał i metody badań

2.1. 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).

2.2. 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).

2.3. Narzędzia oraz techniki badawcze

2.3.1. 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 podeszwy 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 Bożiłow, 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 Bożiłow, 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 Bożiłow, 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 (*symphision*). Pomiaru dokonano przy ścianie w pozycji stojącej za pomocą antropometru (Drozdowski, 1998; Malinowski i Bożiłow, 1997; Stupnicki, 2016).

2.3.2. 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).

2.3.3. 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 wpierw 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 $\dot{V}O_{2\max}$ 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.

2.3.4. Pomiary biochemiczne

Pomiar stężenia mleczanu odbywał się na podstawie krwi kapilarnej pobieranej w objętości 20 μ l 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).

2.3.5. 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.

2.4. 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).

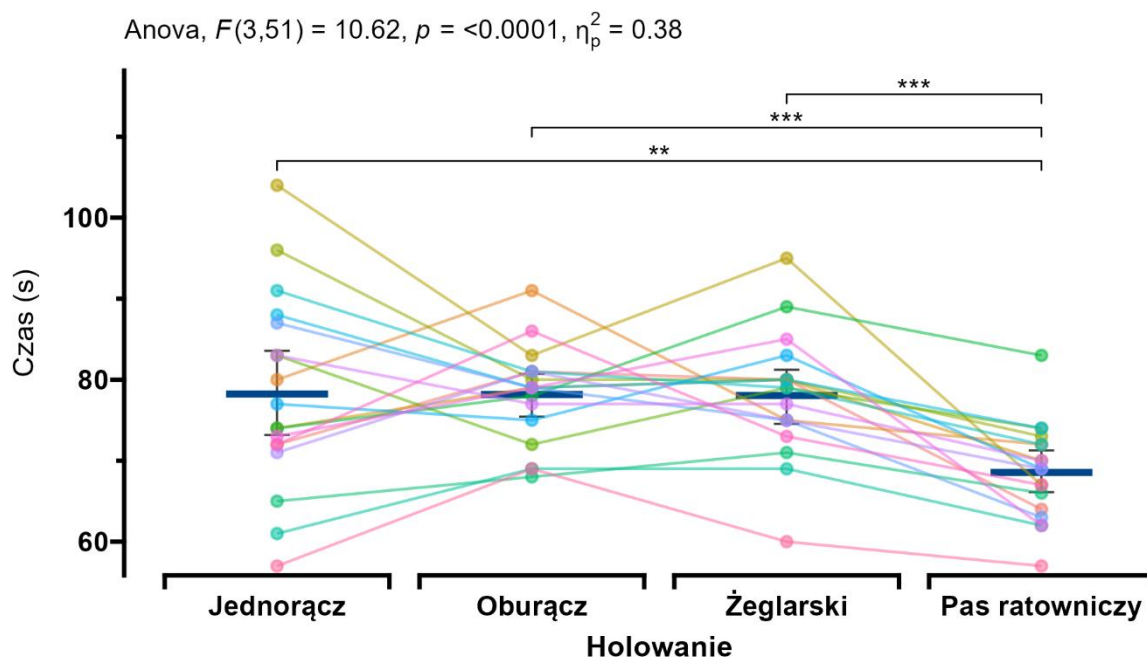
3. Wyniki badań

3.1. Czas holowania manekina na dystansie 50 m

Analiza wariancji, której wyniki przedstawiono na Ryc. 1 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)



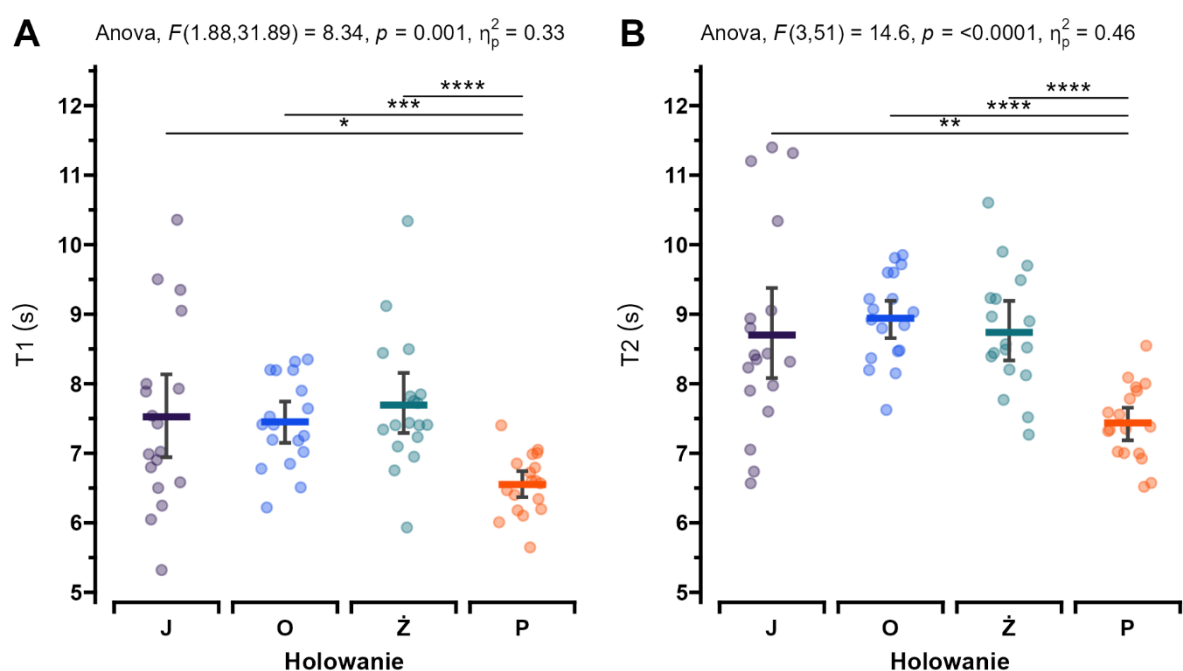
Ryc. 1. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wartości czasów podczas holowania manekina na dystansie 50 m sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome (granatowe) linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają 95% przedziały ufności dla średnich, kolorowe linie obrazują dynamikę zmian w czasach holowania różnymi sposobami dla badanych ratowników; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

3.2. Czas oraz prędkość holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Przeprowadzona analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem (**Ryc. 2**) 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 jednoręcz za żuchwę (odpowiednio: $p < 0,001$ i $p < 0,0001$) oraz do holowania sposobem „żeglarskim” (odpowiednio: $p < 0,0001$ i $p < 0,0001$).

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 ($n = 18$)

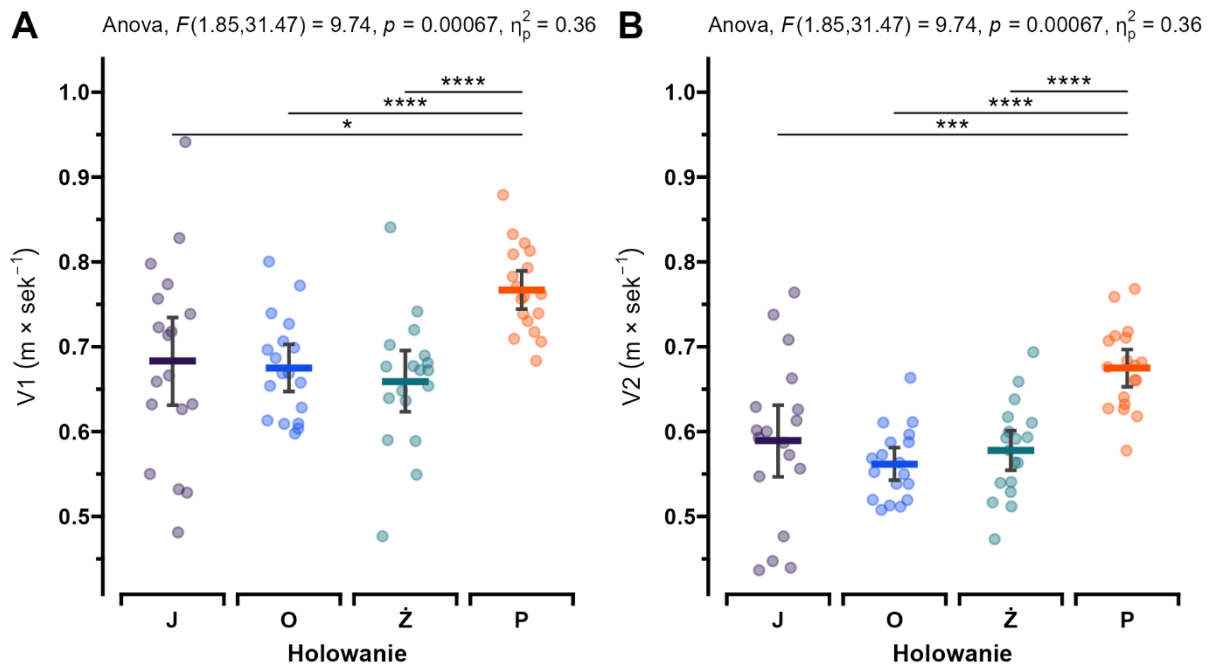
ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
T1 [s]	7,45 ± 0,64 (6,2 – 8,4)	7,53 ± 1,33 (5,3 – 10,4)	7,69 ± 0,97 (5,9 – 10,3)	6,55 ± 0,43 (5,7 – 7,4)
T2 [s]	8,94 ± 0,64 (7,6 – 9,9)	8,82 ± 1,53 (6,6 – 11,4)	8,74 ± 0,86 (7,3 – 10,6)	7,52 ± 0,64 (6,5 – 8,9)
V1 [m × s ⁻¹]	0,68 ± 0,06 (0,6 – 0,8)	0,68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



Ryc. 2. 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 powtarzaniem pomiarem dla zmierzonych prędkości holowania w pięciometrowej strefie pomiaru (Ryc. 3) 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. 3. 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; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

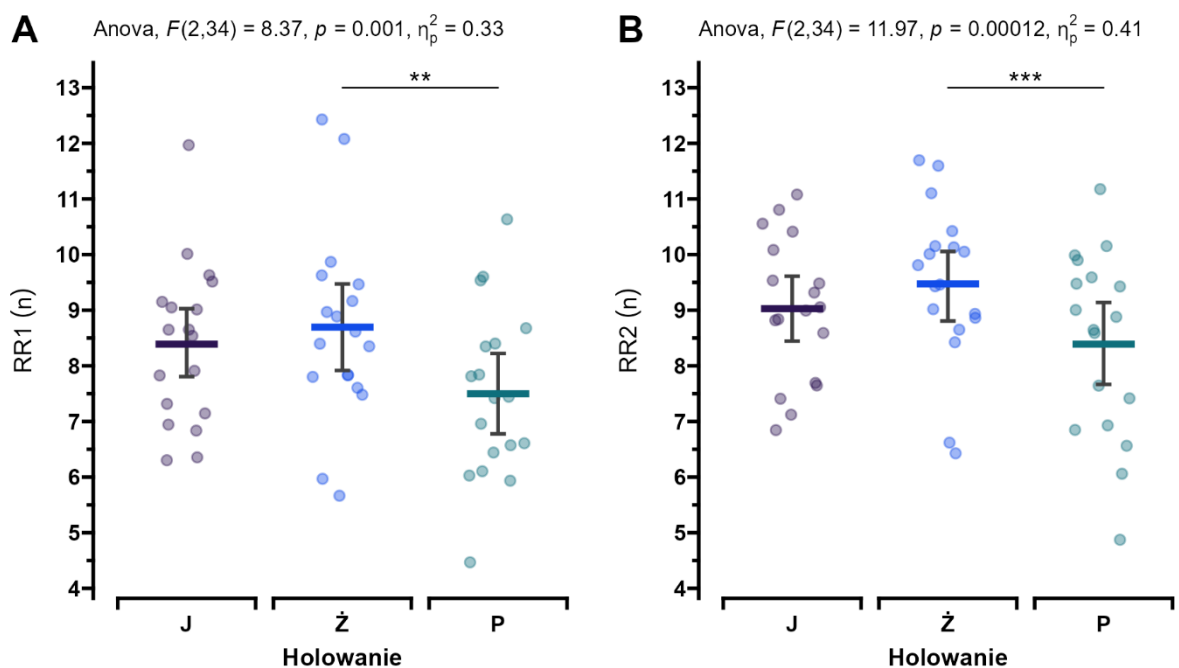
3.3. Praca ramion podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Analiza wariancji z powtarzanym pomiarem (Ryc. 4, A) ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzanym 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

8, 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”.

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 ± 1,4 (6,5 – 12)	8,69 ± 1,72 (5,5 – 12,5)	7,5 ± 1,52 (4,5 – 10,5)
RR2 [n]	nie dotyczy	9,03 ± 1,31 (7 – 11)	9,47 ± 1,4 (6,5 – 11,5)	8,39 ± 1,63 (5 – 11)



Ryc. 4. 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.

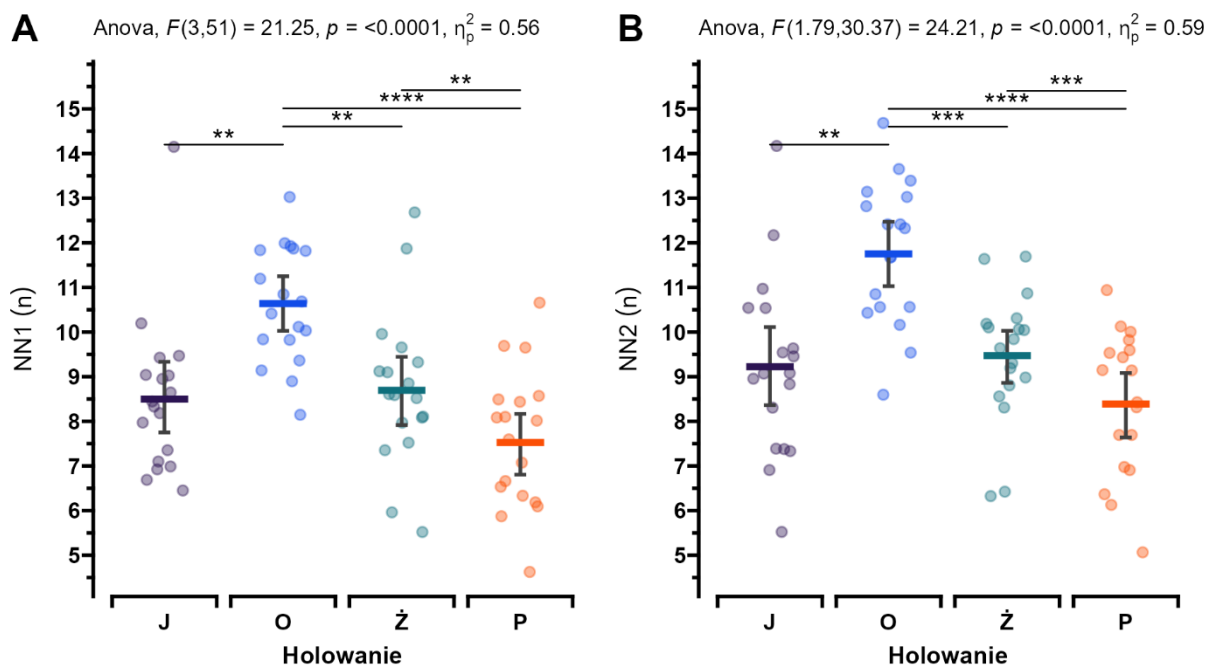
3.4. Praca nóg podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Analiza wariancji (**Ryc. 5, 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 żuchwę ($p < 0,01$), 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. 5, 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 ($p < 0,001$).

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 ± 1,34 (8 – 13)	8,5 ± 1,74 (6,5 – 14)	8,69 ± 1,72 (5,5 – 12,5)	7,53 ± 1,53 (4,5 – 10,5)
NN2 [n]	11,75 ± 1,61 (8,5 – 14,5)	9,22 ± 1,96 (5,5 – 14)	9,47 ± 1,4 (6,5 – 11,5)	8,39 ± 1,63 (5 – 11)



Ryc. 5. 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.

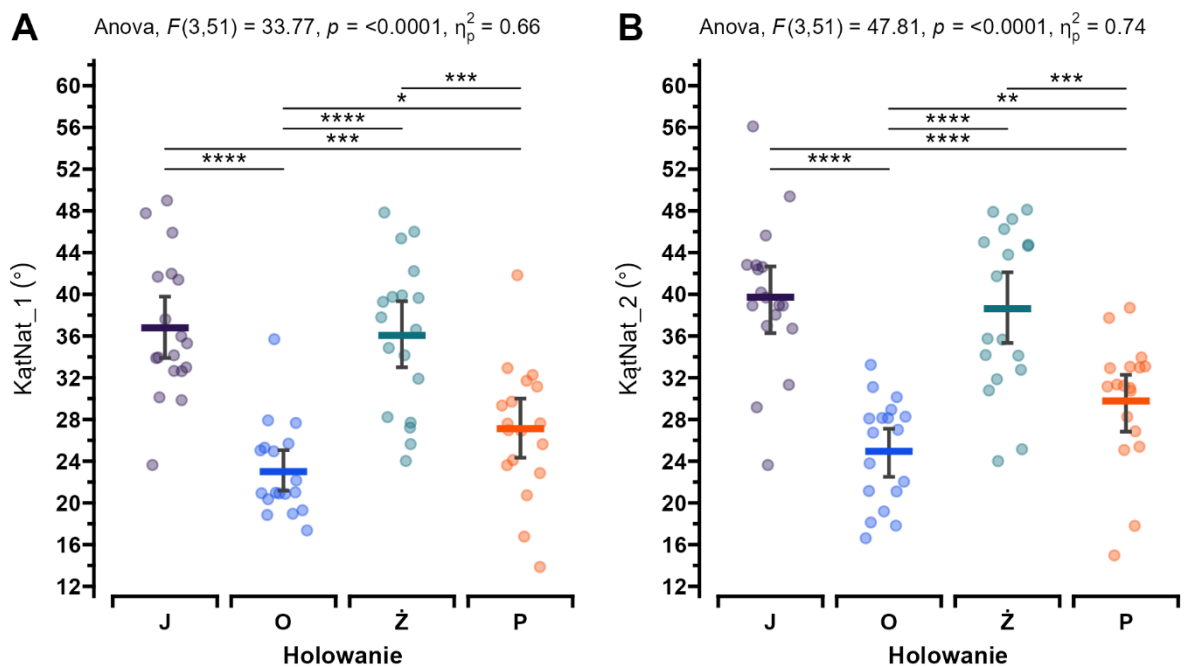
3.5. Kąt natarcia (ataku) podczas holowania manekina w pięciometrowej strefie pomiaru

Analiza wariancji dla wielkości kąta natarcia zarejestrowanego w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni ujawniła istotny efekt czynnika głównego związanego z powtarzaniem pomiarem (**Ryc. 6, 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 ($p < 0,001$).

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 ± 4,56 (17 – 36)	36,78 ± 6,68 (24 – 49)	36,06 ± 7,26 (24 – 48)	27,11 ± 6,33 (14 – 42)
KątNat_2 [°]	24,94 ± 5,00 (17 – 33)	39,72 ± 7,22 (24 – 56)	38,61 ± 7,87 (24 – 48)	29,78 ± 6,1 (15 – 39)



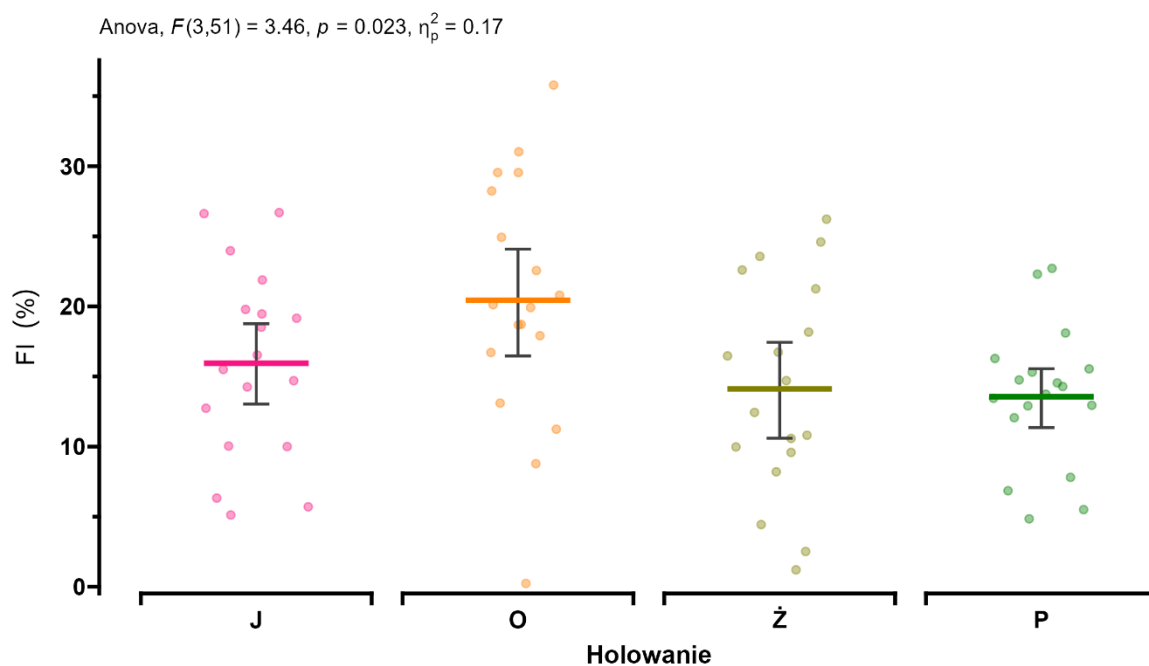
Ryc. 6. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości kąta natarcia (ataku) odnotowanych w pięciometrowej strefie pomiaru podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem na pierwszej (A) i drugiej (B) długości pływalni. Poziome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

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

Przeprowadzona analiza wariancji (**Ryc. 7**) 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.

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 ± 8,77 (0,2 – 35,8)	17,57 ± 10,27 (5,1 – 48,8)	14,11 ± 7,64 (1,2 – 26,2)	14,98 ± 9,39 (4,8 – 48,1)



Ryc. 7. 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.

3.7. 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 **Tabela 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

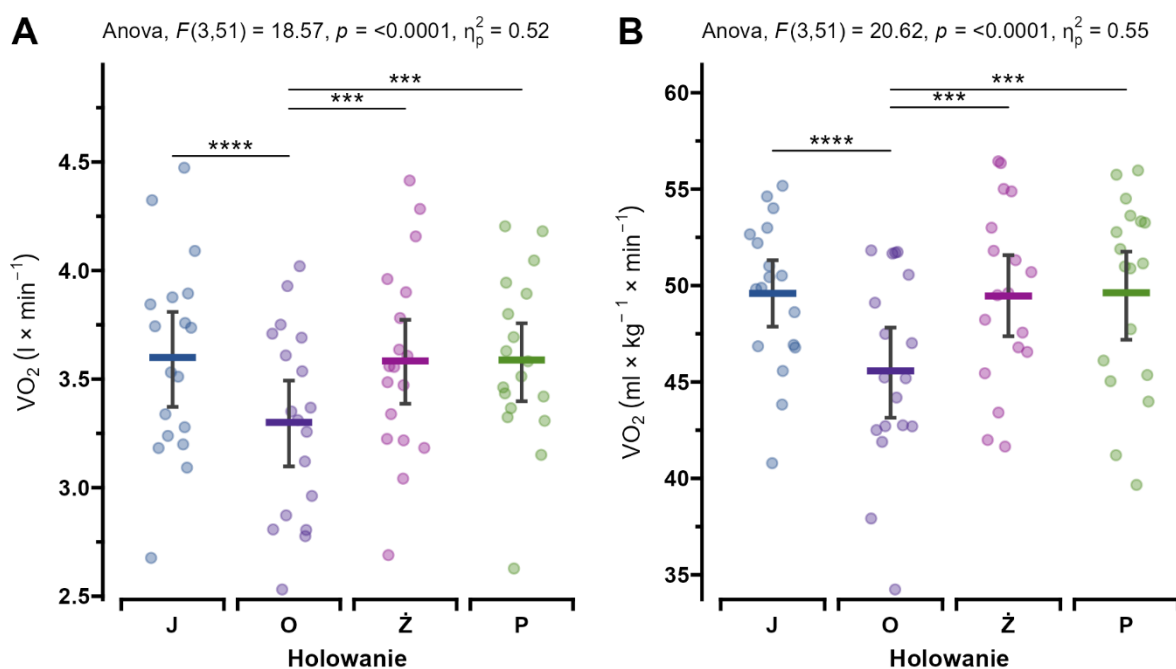
m – średnia arytmetyczna; s – odchylenie standardowe; Me – mediana; min–max – zakres wartości w grupie; V – współczynnik zmienności; As – wskaźnik skośności (asymetria); Ku – wskaźnik skupienia (kurtoza).

3.8. Ocena wielkości poboru tlenu podczas holowania manekina

Przeprowadzona analiza wariancji, której wyniki zaprezentowano na **Ryc. 8** 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.

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).

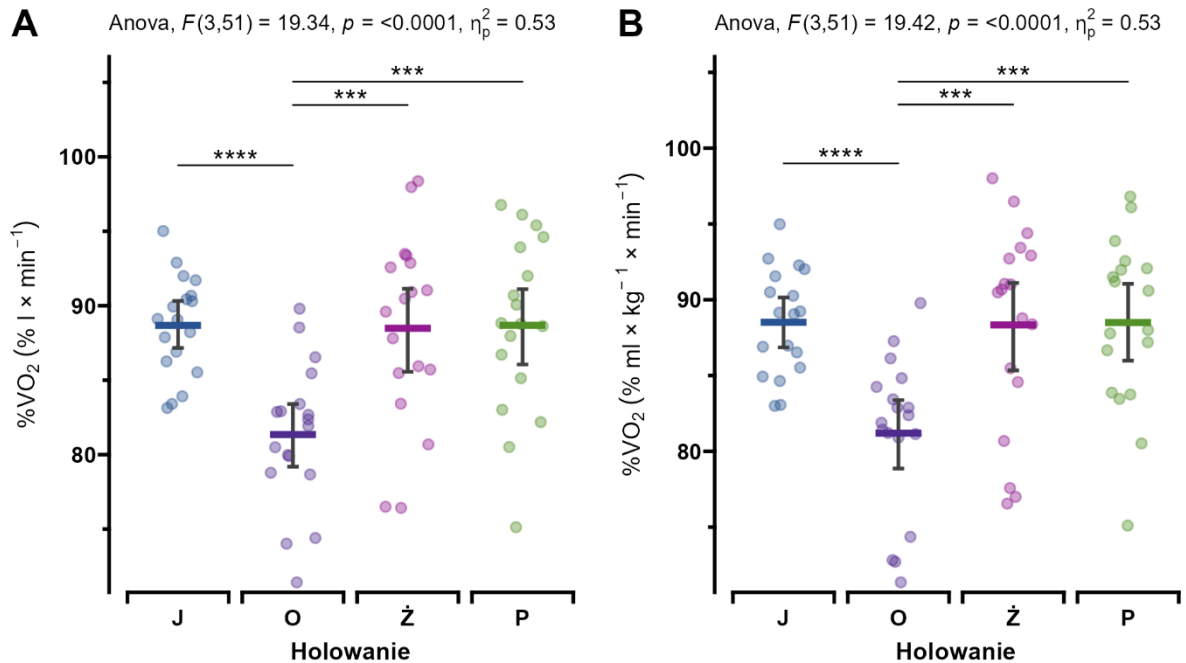
ZMIENNE	Oburącz	Jednorącz	Żeglarski	Pas ratowniczy
$\dot{V}O_2$ [l \times min ⁻¹]	3,30 \pm 0,44 (2,53 – 4,02)	3,60 \pm 0,4 (2,68 – 4,47)	3,58 \pm 0,44 (2,69 – 4,41)	3,59 \pm 0,39 (2,63 – 4,20)
$\dot{V}O_2$ [ml \times kg ⁻¹ \times min ⁻¹]	45,58 \pm 5,04 (34,2 – 51,8)	49,59 \pm 3,89 (40,8 – 55,2)	49,46 \pm 4,66 (41,6 – 56,4)	49,62 \pm 4,99 (39,7 – 56)
% $\dot{V}O_2$ [% l \times 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)
% $\dot{V}O_2$ [% ml \times kg ⁻¹ \times 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)



Ryc. 8. 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 (**Ryc. 8**) 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” ($p < 0,001$).



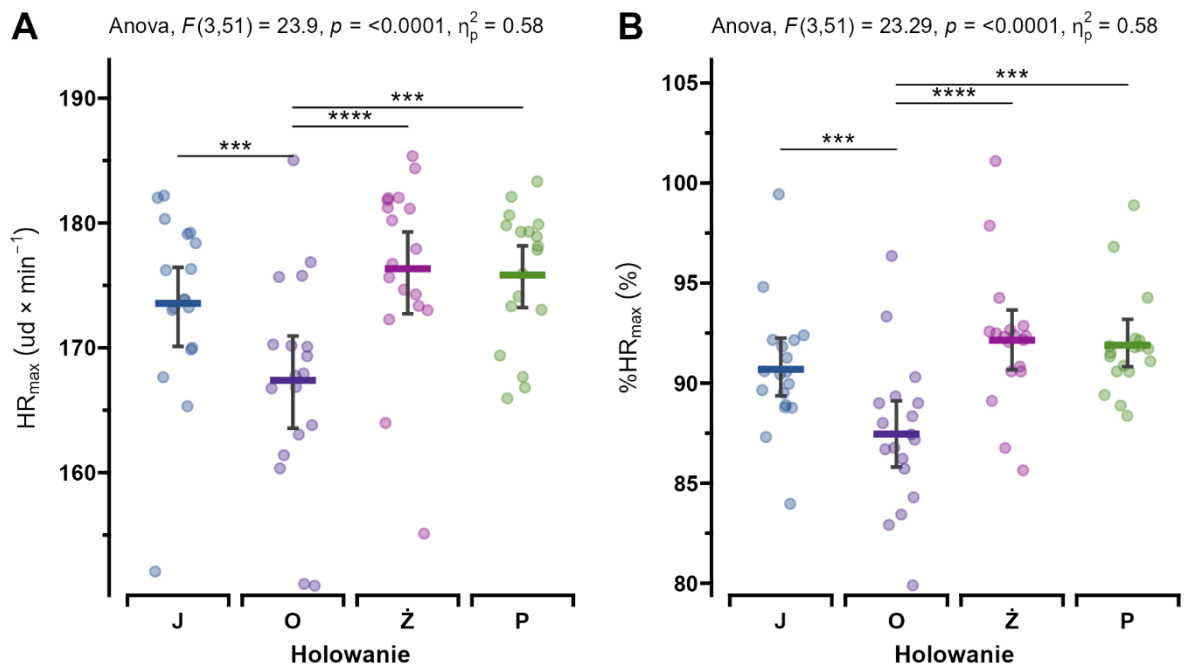
Ryc. 9. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości pobieranego tlenu wyrażonych w procentach w stosunku do wartości maksymalnych poboru tlenu w l × min⁻¹ (A) oraz w ml × kg⁻¹ × min⁻¹ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich ±95CI.

3.9. Ocena częstości skurczów serca podczas holowania manekina

Analiza wariancji, której wyniki przedstawiono na **Ryc. 10** 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 ($p < 0,001$).

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)



Ryc. 10. 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 $\pm 95CI$.

3.10. Ocena wysycenia krwi tlenem po zakończeniu holowania manekina

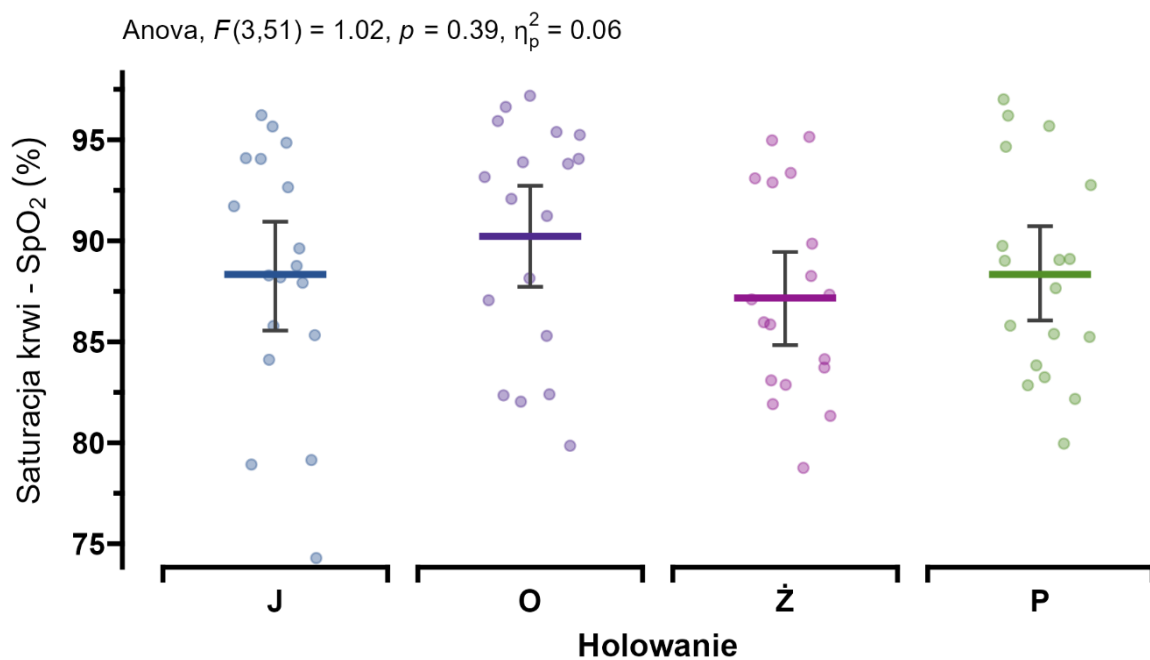
Zarówno przed jak i po zakończeniu każdego ze sposobów holowania badanym dokonywano pomiaru saturacji krwi tlenem przy pomocy pulsoksymetru. Na podstawie wyników zaprezentowanych w **Tabela 10** można stwierdzić, iż najwyższe wartości tego wskaźnika odnotowano po holowaniu sposobem z chwytem oburącz ($90,22 \pm 5,82\%$), 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 (**Ryc. 11**) nie ujawniła istotnie statystycznego efektu czynnika w zakresie powtarzanego pomiaru, a związanego ze sposobem holowania ($F_{(3,51)} = 1,02$; $p < 0,390$).



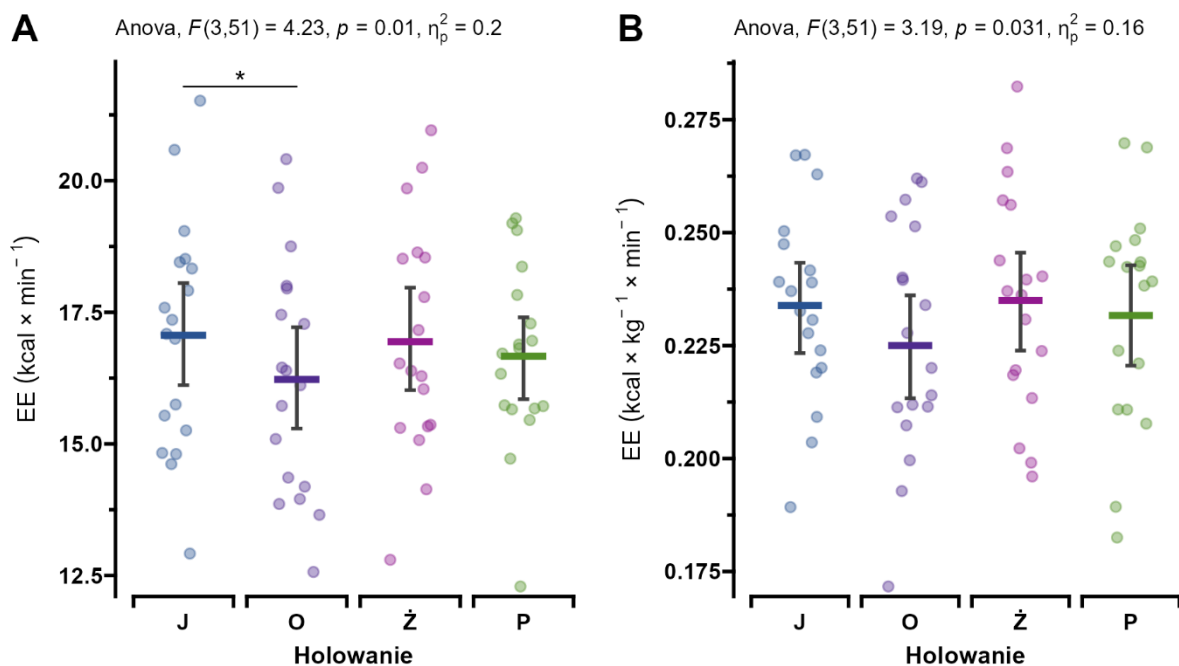
Ryc. 11. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych procentowych wielkości wysycenia krwi tlenem obserwowane bezpośrednio po zakończeniu holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich $\pm 95CI$.

3.11. Ocena wielkości wydatkowanej energii podczas holowania manekina

Analiza wariancji (Ryc. 12) 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 ($p < 0,05$).

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)



Ryc. 12. Wyniki analizy wariancji oraz testów porównań wielokrotnych wraz z charakterystyką indywidualnych wielkości wydatku energetycznego wyrażonych w $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$ (A) oraz w $\text{kcal} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ (B) podczas holowania manekina sposobami bez sprzętu oraz ze sprzętem. Poziome kolorowe linie wyrażają wartości średnie, pionowe linie wyrażają przedziały ufności dla średnich $\pm 95\text{CI}$.

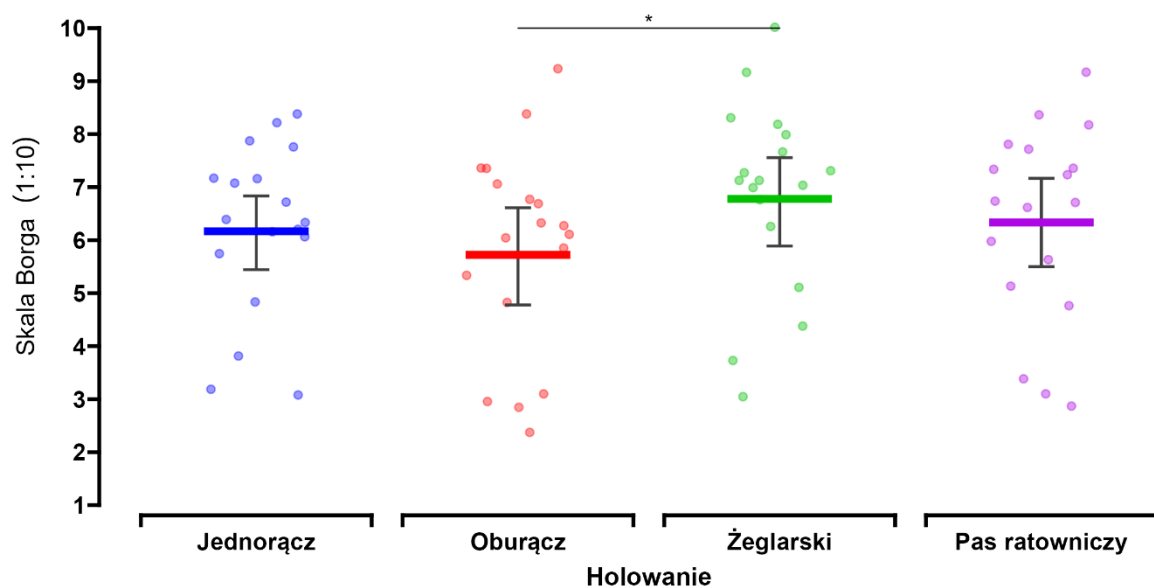
3.12. Ocena ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania manekina

Wyniki nieparametrycznej odmiany analizy wariancji z powtarzanym pomiarem (ANOVA Friedmana) dla ciężkości odczuwanego wysiłku podczas holowania sposobami bez oraz ze sprzętem ratowniczym przedstawiono na **Ryc. 13**. 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. $6,78 \pm 1,8$; $p < 0,05$).

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)

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



Ryc. 13. Wyniki analizy wariacji 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.

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

Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacji **Ryc. 14** można zaobserwować, że w przypadku prędkości uzyskanej w pięciometrowej strefie pomiaru na pierwszej długości pływalni podczas holowania sposobem jednorącz za żuchwę najwyższej skorelowane cechy

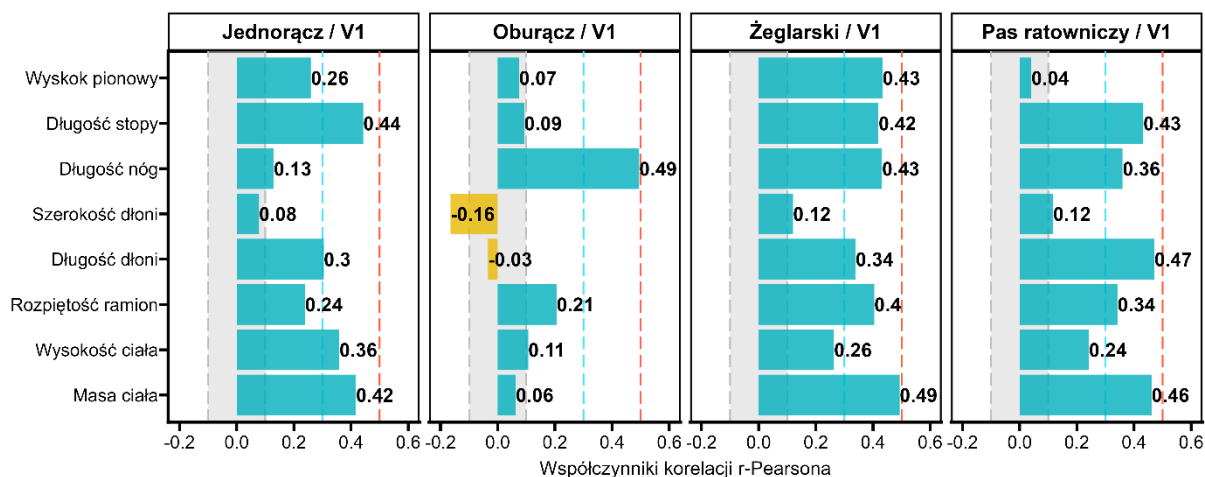
budowy somatycznej dotyczą Długości stopy ($r = 0,44$), Masy ciała ($r = 0,42$) oraz wysokości ciała ($r = 0,36$). Oceniając siłę tych związków w odniesieniu do wielkości efektu można stwierdzić, iż są to związki o „umiarkowanej” sile ($ES = 0,3 - 0,5$). Najniższe współczynniki korelacji odnotowano natomiast 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 Wyskoku 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 ($r = 0,11$). Wyskok 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 wyskoku 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 Wysokiem pionowym ($r = 0,04$).

Tabela 14. Wyniki pomiarów antropometrycznych, wysokości pionowej 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	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)

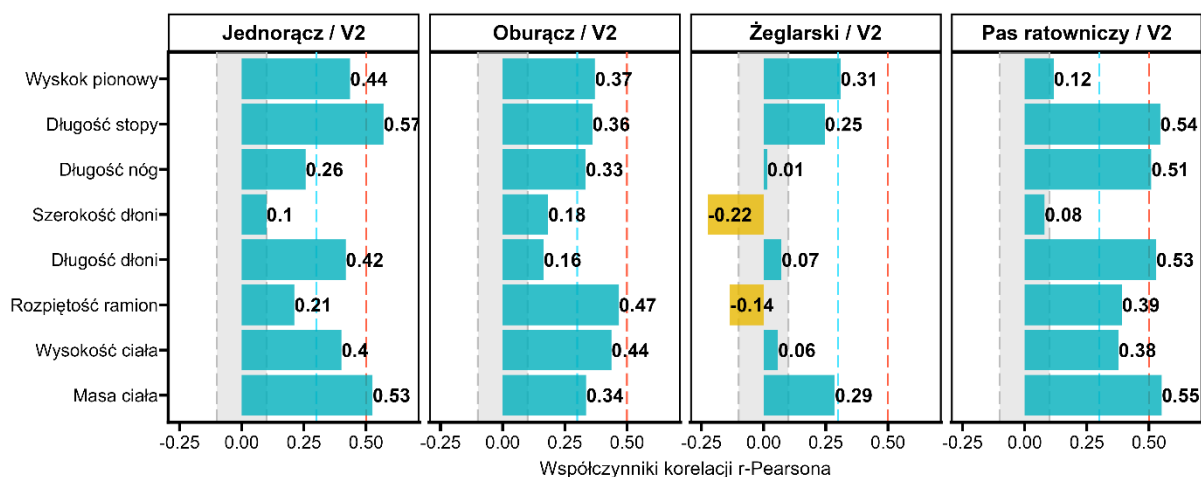
LEGENDA:

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



Ryc. 14. 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 wysokości pionowej.

Na Ryc. 15 przedstawiono wyniki analizy korelacji oceniającej związek pomiędzy prędkościami holowania czterema sposobami zarejestrowanymi w pięciometrowej strefie pomiaru na drugiej długości pływalni a cechami budowy somatycznej, a także Wysokiem pionowym. Można zaobserwować, że w przypadku holowania sposobem jednorącz 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 najwyżej 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 Wysokiem pionowym ($r = 0,12$) współczynniki korelacji przyjmują wartości o trywialnej i „małej” wielkości efektu (odpowiednio: $ES = 0 - 0,1$ i $ES = 0,1 - 0,3$).



Ryc. 15. 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.

4. Podsumowanie i wnioski

Wypadki utonięć stanowią poważny problem w skali międzynarodowej. Na tle Unii Europejskiej, Polska wyróżnia się wysoką statystką 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 ujednolicenie 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 (VO_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 oburącz 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 oburącz 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 oburącz 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 (VO_2 , HR_{max} , SpO_2) podczas holowania sposobami bez sprzętu oraz z wykorzystaniem pasa ratunkowego typu „węgorz”. Najniższe wartości średniego VO_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.

5. Bibliografia:

- 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.
- 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).
- Gwiaździński, T. (1980). *Ratownictwo Wodne bez tajemnic*. Sport i Turystyka, Warszawa.
- Inc, T. S. (2017). *Statistica (data analysis software system)* (Nr 13). Article 13.
- 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.
- 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.
- 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.
- Stallman, R. K., & Hindmarch, T. (2012). *Lifesaving Competition : Speed vs Safety Conflict of Interest ?* 1–14.
- Stanisz, A. (2007). *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL Tom 2: Modele liniowe i nieliniowe*. StatSoft, Kraków.
- Stanula, A. (2008). Wpływ zmęczenia indywidualną akcją ratowniczą na skuteczność zabiegów resuscytacyjnych. *Sporty Wodne i Ratownictwo*, 2–3, 49–55.
- 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.
- 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.
- Tabaczek-Bejster, I. (2012). *Działalność Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (1962-1989)*. ZG WOPR, Warszawa.
- Telak, J. (2017). *Przygotowanie ratowników w województwie świętokrzyskim do działań na rzecz bezpieczeństwa na obszarach wodnych*. Centrum Szkolenia Policji, Legionowo.
- 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.