

Akademia Wychowania Fizycznego

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Wydział Wychowania Fizycznego

Dominika Piłkuła

**WPLYW TRENINGU STABILIZACJI CENTRALNEJ
NA ELEMENTY TECHNIKI PLYWANIA
ORAZ EFEKTYWNOŚĆ
WYŚCIGU PLYWACKIEGO**

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

**Promotor:
dr hab. Arkadiusz Stanula, prof. AWF**

**Promotor pomocniczy:
dr Jakub Karpiński**

Katowice 2021

Spis treści

| | |
|---|----|
| Wstęp | 4 |
| 1. Trening lądowy pływaków | 6 |
| 2. Trening stabilizacji centralnej..... | 13 |
| 2.1. Anatomiczne i funkcjonalne aspekty stabilizacji centralnej | 17 |
| 2.2. Rola stabilizacji centralnej w pływaniu | 21 |
| 3. Problem badawczy w świetle literatury | 26 |
| 4. Cel pracy i założenia badawcze | 36 |
| 5. Materiał i metody badawcze | 38 |
| 5.1. Podmiot badań..... | 38 |
| 5.2. Przebieg i organizacja badań..... | 39 |
| 5.3. Narzędzia oraz techniki badawcze | 43 |
| 5.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej..... | 45 |
| 6. Wyniki | 47 |
| 6.1. Skok startowy – dystans 50 m..... | 47 |
| 6.2. Nawrót – dystans 50 m..... | 53 |
| 6.3. Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 50 m | 55 |
| 6.4. Wynik sportowy na dystansie 50 m stylem dowolnym | 59 |
| 6.5. Skok startowy – dystans 200 m..... | 60 |
| 6.6. Nawrót – dystans 200 m..... | 66 |
| 6.7. Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 200 m | 68 |
| 6.8. Wynik sportowy na dystansie 200 m stylem dowolnym | 80 |
| 7. Dyskusja..... | 84 |
| 7.1. Wpływ treningu stabilizacji centralnej na efektywność skoku startowego | 85 |
| 7.2. Wpływ treningu ukierunkowanego na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej na efektywność wykonania nawrotu | 91 |
| 7.3. Wpływ treningu stabilizacyjnego na kinematyczne parametry techniki pływania oraz wynik sportowy | 94 |

| | |
|--|-----|
| 6. Wnioski..... | 102 |
| 7. Piśmiennictwo..... | 104 |
| 8. Aneks | 118 |
| 8.1. Szczegółowe wyniki analizy statystycznej (tabele) | 118 |
| 8.2. Fotografie przedstawiające ćwiczenia realizowane w czasie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej | 136 |

Wstęp

Celem pływania sportowego jest pokonanie określonego dystansu w możliwie jak najkrótszym czasie (Barbosa i in., 2005; Lätt i in., 2009). Efektywność pływania zależy od umiejętności generowania mocy napędowej oraz minimalizacji oporu stawianego przez ciało w wodzie (Lätt i in., 2009; Schneider i Meyer, 2005). Pływanie jest aktywnością, która angażuje 80% masy mięśniowej człowieka oraz prowadzi do symetrycznego i zrównoważonego rozwoju ludzkich mięśni. Dodatkowo w przypadku pływania sportowego zawodnik rozwija umiejętności techniczne oraz zdolności motoryczne, takie jak: koordynacja, moc, wytrzymałość, szybkość, częstotliwość i rytmizacja ruchów (Bozdogan, 1986; Gencer, 2018; Odabaş, 2003). Międzynarodowa Federacja Pływania (FINA) wyróżnia pięć stylów pływackich: styl dowolny, grzbietowy, klasyczny, motylkowy oraz zmienny. Kraul na piersiach jest najszybszą techniką pływania, najczęściej wybieraną przez zawodników rywalizujących w konkurencjach stylu dowolnego (Hannula i Thornton, 2001; Yapıcı i in., 2016). Doskonałość w rejestracji wyników sportowych wymaga od pływaków jeszcze większej precyzji i rygoru w realizowaniu specjalistycznego szkolenia, które z biegiem lat uległo znacznej poprawie, dzięki wciąż rozwijającej się nauce o sporcie (Morouço, 2009; Toussaint, 2006).

Siła i moc mięśniowa stanowią główny czynnik decydujący o sukcesie w sporcie pływackim, dlatego też w szkoleniu pływaków zaleca się prowadzenie specjalistycznego treningu na lądzie, który przyczynia się do poprawy efektywności pływania (Aspenes i Karlsen, 2012; Trappe i Pearson, 1994). W sportach siłowo-szybkościowych szczególnie ważną rolę odgrywa moc mięśniowa, zależna od siły eksplozywnej, podczas gdy w dyscyplinach wymagających przeciwstawiania się dużym oporom zewnętrznym siła jest decydująca. Ponadto odpowiedni poziom siły ma duże znaczenie w prewencji urazów (Adach i Naczka, 2019). Siłowy trening lądowy ma na celu zwiększenie wyjściowej mocy maksymalnej poprzez trening (przeciążenie) mięśni funkcjonalnie związanych z pływaniem (Tanaka i in., 1993). Trening na lądzie może, także mieć znaczenie w poprawie techniki pływania (EW Maglischo, 2003). Im krótszy dystans, tym sumaryczna liczba cykli wykonana przez zawodnika zmniejsza się, dlatego też siłę uważa się za główny czynnik, który może zwiększyć prędkość pływania (Toussaint i Vervoorn, 1990). Optymalny poziom siły i mocy mięśniowej jest niezbędny do pokonywania dystansu z wysoką efektywnością (Newton i in., 2002),

ponieważ to siła i moc prowadzi do maksymalizacji zdolności generowania siły napędowej oraz minimalizowania oporu stawianego przez środowisko wodne (Vilas-Boas i in., 2010).

Pomimo powszechnego przekonania o słuszności prowadzenia lądowego treningu oporowego w szkoleniu pływaków, niektórzy badacze nie znaleźli związku pomiędzy treningiem realizowanym na lądzie, a poprawą wyniku sportowego w wodzie (Tanaka i in., 1993; Tanaka i Swensen, 1998). W ostatnich latach niektórzy naukowcy podjęli próbę oceny wpływu treningu stabilizacji centralnej na wynik, która wydaje się mieć zasadnicze znaczenie w czynnościach sportowych zawodników różnych dyscyplin (Bilici i Selçuk, 2018; Clark i in., 2018; Dingley i in., 2015; Paper i in., 2017; Patil i in., 2014; Saeterbakken i in., 2011; Weston i in., 2015). Prac z zakresu wpływu treningu stabilizacyjnego na efektywność pływania jest niewiele. Ponadto powszechnie dostępne badania zawierają wiele luk, a wnioski z nich płynące są niejednoznaczne. Istnieje zatem silna potrzeba kontynuowania badań w tym zakresie. W związku z niestabilnym środowiskiem w jakim pływacy pokonują dystans wyścigu, jak również stałą potrzebą utrzymywania opływowej pozycji ciała dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna w pływaniu wydaje się być niezwykle istotna (Salo i Riewald, 2008). Wyścig pływacki składa się z trzech głównych elementów: startu, nawrotów oraz pływania na dystansie. Wymienione składowe wyścigu są bardzo złożone pod kątem techniki wykonania, jak również znacząco różnią się od siebie (Chow i Knudson, 2011; Veiga i in., 2013). Zatem wpływ dodatkowego szkolenia może mieć różny skutek w odniesieniu do poszczególnych elementów wyścigu. W celu dokładnego zrozumienia wpływu treningu stabilizacji centralnej na efektywność działań sportowych pływaków w niniejszej pracy, poza rezultatem końcowym jakim jest wynik sportowy, uwzględniono również poszczególne elementy wyścigu pływackiego (skok startowy, nawroty i pływanie na dystansie).

1. Trening lądowy pływaków

Siła mięśniowa to zdolność motoryczna, która wykorzystywana jest we wszystkich czynnościach ruchowych człowieka. Zarówno czynniki biologiczne, jak i osobnicze mają wpływ na wielkość wytwarzanej siły mięśniowej. Siła maksymalna w głównej mierze zależy od ilości aktywnej tkanki mięśniowej, przekroju poprzecznego mięśnia oraz od możliwości układu nerwowego i jego umiejętności do aktywowania szybkokurczliwych włókien mięśniowych, w szczególności włókien typu FTx (Zajac i in., 2009). Optymalny poziom siły mięśniowej jest niezwykle istotny w sporcie, jak również w życiu codziennym. Sportowcy posiadający wyższą siłę maksymalną są w stanie uzyskać lepsze rezultaty sportowe. W związku z tym pływacy muszą uwzględnić w całorocznym programie szkoleniowym trening siłowy na lądzie, aby utrzymać lub zwiększyć siłę i moc oraz zmniejszyć ryzyko wystąpienia kontuzji (Newton i in., 2002). Całościowy program szkoleniowy pływaków składa się z dwóch głównych składników – podstawowego szkolenia w wodzie (trening wytrzymałościowy) oraz szkolenia lądowego realizowanego na brzegu basenu lub w siłowni (trening siłowy) (Girolid i in., 2007).

Powtarzalny charakter pływania predysponuje pływaków do zaburzeń równowagi mięśniowej. Skutkuje to nie tylko nierównowagą siły, lecz również prowadzić może do nadmiernego rozciągania poszczególnych grup mięśniowych i wad postawy, czego wynikiem może być wyższe ryzyko wystąpienia kontuzji oraz zahamowanie optymalnej wydajności. Zatem trening lądowy pływaków w rozgrzewce oraz po zakończeniu jednostki treningowej charakteryzuje się stosowaniem ćwiczeń rozciągających (*stretching*) (McLeod, 2010). Dla przykładu Australijski Instytut Sportu za cel programu oporowego dla pływaków wskazuje zwiększenie siły i mocy oraz redukcję ryzyka wystąpienia kontuzji związanej z zaburzeniami równowagi mięśniowej (Newton i in., 2002). McLeod (2010) wskazuje dwie koncepcje, które wpływają na wybór ćwiczeń stosowanych w treningu wykonywanym na lądzie. Pierwsza koncepcja to tzw. przeniesienie (*transference*), którą dzieli się na przeniesienie bezpośrednie i pośrednie. Polega na zastosowaniu ćwiczeń, które w sposób bezpośredni imitują ruch (lub element ruchu), bądź pozycję pływaka w określonej technice pływania. Przykładem może być utrzymywanie pozycji torpedowej na piłce gimnastycznej. Przeniesienie pośrednie obejmuje ćwiczenia angażujące wybrane grupy mięśniowe, podobne do tych, które aktywowane są w trakcie wykonywania określonej

fazy ruchu podczas pływania. Drugim aspektem jest tzw. izolacja (*isolation*) polegająca na wyborze ćwiczenia, które wzmacnia mięsień, bądź grupę mięśniową osłabioną z powodu braku równowagi mięśniowej lub jest ważna w prewencji urazów albo została zidentyfikowana jako obszar, który powoduje pogorszenie techniki pływania.

Skuteczność treningu siłowego w pływaniu zależy jest od dokładnej identyfikacji grup mięśniowych i aktywności stawów biorących udział w danej technice pływania w celu wyboru najbardziej odpowiednich ćwiczeń. Określenie najbardziej optymalnych ćwiczeń dla pływaków możliwe jest dzięki jakościowej, biomechanicznej analizie każdego stylu pływackiego, która składa się z ustalenia zakresu ruchu w stawie, zaangażowanych mięśni, typu i szybkości skurczu, a także rodzaju siły (siła maksymalna, moc maksymalna, szybki rozwój siły) (Newton i Kraemer., 1994). Ponadto wybór odpowiedniego zestawu ćwiczeń lądowych dokonywany być powinien z uwzględnieniem następujących reguł: zapobieganie zaburzeniom równowagi mięśniowej, prewencja urazów w obszarach szczególnie narażonych na kontuzje np. obręcz barkowa, poprawa stabilizacji centralnej wraz ze wzrostem siły rotacyjnej tułowia, zapewnienie różnorodności oraz dostosowanie do poziomu wyszkolenia zawodnika (Newton i in., 2002). Co więcej, projektując lądowy trening siłowy dla pływaków należy zwrócić uwagę na dostępny sprzęt, liczbę zawodników oraz ich wiek (McLeod, 2010). Inny aspekt stanowi wybór metody treningowej. W zależności od celu jednostki treningowej stosuje się różne rodzaje treningu siłowego. W różnych dyscyplinach sportu najczęściej stosowanymi są metody dynamiczne, takie jak metoda ciężkoatletyczna, body building, obwodowa i plyometryczna. Ze względu na utrudnioną dostępność do specjalistycznych urządzeń, rzadziej wykorzystuje się metodę izokinetyczną i inercyjną. W kształtowaniu siły mięśniowej stosuje się także trening izometryczny (statyczny) lub elektrostymulację mięśni (Adach i Naczk, 2019).

Tabela 1. Charakterystyka metod treningu siły i ich wpływ na organizm
(Adach i Naczk, 2019)

| Metoda | Charakterystyka | Wpływ na organizm |
|--|---|--|
| Izometryczna (statyczna) | Wykonywanie skurczów mięśniowych bez zmiany długości mięśni (skurcze izometryczne). 60%-100% CM (ciężaru maksymalnego) 4-6 serii 3-10 powtórzeń 5 s przerwa 5-10 s czas trwania jednego powtórzenia 30-180 s przerwy między seriami | Poprawa siły mięśniowej. Znacząca hipertrofia mięśni. Największy przyrost siły występuje przy ustawieniu stawu po kątami zbliżonymi do stosowanych w treningu. Negatywnym skutkiem mogą być bóle mięśni, zasłabnięcia. Duża siła rozwijana w warunkach statyki nie musi być odzwierciedlana w warunkach dynamiki. Wykorzystywana jako trening uzupełniający oraz w okresie rehabilitacji. |
| Cieżkoatletyczna (maksymalnych obciążeń) | W czasie jednostki treningowej zaleca się wykonanie 6-8 ćwiczeń. 80%-100% CM 4-7 serii 1-3 powtórzeń 2-4 min przerwa bierna | Poprawa siły związanej z hipertrofią mięśni (głównie FTX). Wzrost liczby miofibrili i zawartości fosfokreatyny. Wysoki spoczynkowy tonus mięśni. Wzrost mineralizacji kości. Długie i jednostajne stosowanie tej metody doprowadzić może do pogorszenia koordynacji ruchowej. Negatywnymi skutkami mogą być niedotlenienie, utrata przytomności wskutek wydłużonego bezdechu, urazy mięśni i stawów. |
| Kulturyistyczna | W czasie jednostki treningowej zaleca się wykonanie 8-10 ćwiczeń. 60%-80% CM 3 serie (początkowo) 6-9 serii (doświadczony zawodnik) 8-12 powtórzeń (w pierwszych dwóch seriach, w ostatniej do granicznego zmęczenia) 2 min przerwa bierna | Znaczny wzrost siły mięśniowej, głównie poprzez hipertrofię (włókna FTX, FTA). Zwiększenie liczby miofibrili. Wzrost tonusu mięśniowego oraz zawartości fosfokreatyny i glikogenu w mięśniach. Rozwój masy, siły i mocy mięśniowej. Wzrost gęstości tkanki kostnej oraz sprężystości i siły aparatu więzadłowego. |
| Obwodowa | 8-12 stacji 20-40 powtórzeń 50% CM 2-3 min przerwa bierna pomiędzy obwodami ćwiczebnymi. Pomędzy ćwiczeniami na stacjach brak przerw wypoczynkowych. 2-4 ilość powtórzeń pełnego obwodu Tempo szybkie | Poprawa zdolności mięśni do długotrwałej pracy, poprzez wzrost kapilaryzacji (szczególnie włókien FTA, ST). Znaczny wzrost odporności na zmęczenie i skutków przemiany materii (zwiększenie rezerw alkalicznych). Wzrost zasobów energetycznych w mięśniach. Usprawnianie funkcjonowania układu krążenia i oddechowego. |

| | | |
|-------------------------|---|---|
| Wytrzymałościowo-siłowa | <p>Rodzaj treningu obwodowego charakteryzujący się długotrwałym wysiłkiem wykonywanym w wolnym tempie, bez przerw. Obciążenia mniejsze, niż w treningu obwodowym. Liczba powtórzeń w serii przekracza 30. Stosowany głównie w okresie przygotowawczym i sportach wytrzymałościowych, w których znacząca jest umiejętność do długotrwałego pokonywania niewielkich oporów (np. wioślarstwo).</p> | <p>Podtrzymanie poziomu siły mięśniowej. Usprawnienie funkcji krążeniowo-oddechowych. Wzrost VO_{2max}.</p> |
| Plyometryczna | <p>Brak szczegółowej metodyki treningu. Cel to wzrost siły, głównie mocy względnej, bez znaczącego przyrostu masy mięśniowej. Stosowany powinien być jako forma treningu wspomagającego rozwój siły. Ćwiczenia polegają na gwałtownym rozciągnięciu mięśnia (faza ustępująca/ekscentryczna), a następnie szybkim skurczu (faza pokonująca/koncentryczna), np. przeskoki obunóż przez płotki w jak najkrótszym czasie.</p> | <p>Wzrost siły mięśni poprzez wzmocnienie odruchu z proprioreceptorów mięśniowych oraz zmniejszenie pobudliwości organów ścięgnistych Golgiego. Skutkiem tego jest możliwość zmagazynowania i spożytkowania większej ilości energii sprężystej, a także szybkie przejście z fazy ekscentrycznej do koncentrycznej. Wzrost dynamiki rozwoju siły, poprzez krócenie czasu trwania cyklu rozciągnięcie-skurcz. Może prowadzić do powstawania kontuzji.</p> |
| Inercyjna | <p>Odmiana metody plyometrycznej, polegająca na użyciu siły bezwładności pokonywanego obciążenia, z wykorzystaniem trenażerów inercyjnych. Mała masa obciążnika i duża prędkość ćwiczenia wpływa na kształtowanie mocy mięśniowej. Duża masa i mała prędkość prowadzi do wzrostu siły i hipertrofii. Ćwiczenia powodują naprzemienną pracę fazy koncentrycznej i ekscentrycznej.</p> | <p>Poprawa siły i mocy mięśni, poprzez poprawę koordynacji nerwowo-mięśniowej i cyklu rozciągnięcie-skurcz. Hipertrofia mięśni. Wzrost dynamiki narastania siły.</p> |
| Izokinetyczna | <p>Specjalistyczny sprzęt narzucający prędkość ćwiczenia, rozwijając pożądaną poziom siły. 3-5 serii 10-15 powtórzeń 2-4 min przerwa bierna</p> | <p>Znaczny wzrost siły mięśniowej w całym zakresie ruchu. Metoda bezpieczna, nieurazowa.</p> |

W pływaniu tradycyjne formy treningu siłowego na lądzie zawierające określoną liczbę serii, powtórzeń, czasu przerwy stosowane są głównie u zawodników po 16. roku życia. Powszechną formą wykorzystywaną w trakcie treningu lądowego jest metoda obwodowa, która wykonywana być może na pływalni, w przypadku dużej liczby zawodników oraz w młodszych grupach wiekowych (McLeod, 2010). W treningu obwodowym niezwykle ważna jest odpowiednia kolejność wykonywanych po sobie ćwiczeń. Bardzo ważne jest, aby po rozgrzewce przejść do ćwiczeń stabilizacji centralnej oraz zapobiegających kontuzjom, a po zakończeniu zadania głównego dodatkowo wykonać ćwiczenia stabilizujące oraz rozciągające. W celu prewencji urazów w szkoleniu lądowym powinno kłaść się nacisk na stabilność stawu ramiennego, siłę rotacyjną tułowia, stabilizację centralną oraz segmentową. Pływacy spędzają wiele godzin w ciągu dnia w wodzie, czyli w stanie odciążenia. Niezwykle istotne jest zatem stworzenie u pływaków w pierwszej kolejności ogólnej siły całego ciała, co zmniejsza ryzyko wystąpienia kontuzji właśnie w trakcie siłowego treningu na lądzie (Layne, 1999; MacDougall, 1986; McLeod, 2010).

Zgodnie z wynikami badań, trening oporowy ma wpływ na zmiany w gęstości kości oraz tkanki łącznej (MacDougall, 1986; Layne i Nelson, 1999). Ponadto ćwiczenia z wykorzystaniem hantli, sztang i atlasów nie tylko zwiększają siłę głównych mięśni powodujących ruch, lecz również wzmacniają mięśnie stabilizujące stawy biorące udział w ruchu (Stone i Borden, 1997). Zwiększenie siły i mocy w specyficznych ruchach pływackich jest niezwykle ważne – nie należy jednak utożsamiać treningu siłowego pływaków ze znaczną hipertrofią mięśni. Panuje przekonanie, iż duży przerost mięśni oraz zmniejszenie elastyczności mogłyby spowodować zwiększony opór w wodzie, co wpłynęłoby negatywnie na efektywność pływania (Crowley i in., 2017). W związku z olbrzymimi ilościami treningów w wodzie i bardzo dużej liczbie ćwiczeń wytrzymałościowych jest mało prawdopodobne, by doszło do istotnej hipertrofii (Kraemer i in., 1995; Newton i in., 2002). Wzrost siły i mocy mięśniowej bez zwiększenia przekroju poprzecznego mięśnia jest możliwy, dzięki poprawie zdolności rekrutacji i synchronizacji jednostek motorycznych oraz zmianie czynników wewnątrzkomórkowych (skład ciężkiego łańcucha miozyny, aktywność enzymatyczna) (Adams i in., 1993; Hather i in., 1991; Sale, 1992;). To właśnie te zmiany adaptacyjne powinny stanowić podstawę treningu oporowego pływaków. Istnieją jednak przypadki, jak na przykład wśród pływaków o niskiej masie

mięśniowej, albo pływaków o małym umięśnieniu górnej części ciała, u których przyrost masy mięśniowej jest pożądany. Pomimo, iż adaptacja układu nerwowego oraz zmiany wewnątrzkomórkowe doprowadzą do rozwoju siły i mocy, to wzrost ten może być znacząco wyższy po zwiększeniu masy mięśniowej (Newton i in., 2002).

Cel treningu oporowego (hipertrofia, maksymalna siła, maksymalna moc, wytrzymałość siłowa) jest różny w zależności od okresu w makrocyklu. Trening lądowy w sporcie pływackim jest niezwykle istotny, dlatego stosowany jest również u dzieci. U młodych zawodników trening oporowy przygotowuje do obciążeń w wodzie, ma także szczególne znaczenie w rozwoju mocy, wytrzymałości mięśniowej, siły całkowitej, stabilizacji stawów oraz gęstości mineralnej kości (McLeod, 2010). Program treningu na lądzie w pływaniu dla kobiet i mężczyzn z odpowiednim obciążeniem zazwyczaj jest taki sam. Indywidualizacja następuje najczęściej w przypadku powstałych urazów lub zaburzeń równowagi mięśniowej. Ćwiczenia w szkoleniu na lądzie różnią się w zależności od specjalizacji stylowej zawodników (Newton i in., 2002). Ważne jest, aby wszyscy pływacy wykonywali trening oporowy, w celu zwiększenia siły i mocy, która prowadzi do poprawy efektywności pływania oraz zapewnia im odpowiednią siłę do sprostaną wymogom treningowym w wodzie. Program musi uwzględniać wszelkie zaburzenia równowagi mięśniowej i wcześniej powstałe urazy, aby wykluczyć u sportowca ból i zmniejszyć ryzyko wystąpienia kontuzji (Newton i in., 2002).

Mięśnie w trakcie pływania funkcjonują przede wszystkim jako ruchome części ciała, albo jako stabilizatory segmentu ciała. Przykładem mięśnia, który działa jako napęd jest mięsień najszerzy grzbietu, przesuający ramię w wodzie podczas fazy napędowej wszystkich czterech technik pływania. Niemal stała aktywność mięśni brzucha jest doskonałym przykładem grupy mięśni funkcjonujących jako mechanizm stabilizujący. Obie funkcje mają zasadnicze znaczenie dla właściwej techniki i skutecznego przemieszczania się w wodzie (McLeod, 2010). Integralną częścią wielu programów treningowych są ćwiczenia wzmacniające mięśnie stabilizacji centralnej (Hibbs i in., 2008; Reed i in., 2012), dlatego iż wzmożona praca mięśni stabilizacyjnych może stanowić podstawę do generowania większej siły przez górne i dolne kończyny (Willardson, 2007). Zdarza się, iż w programach szkoleniowych zawodnicy przykładają zbyt dużą wagę do treningu mięśni kończyn górnych i dolnych, zaniedbując tym samym trening całego ciała. Większość czynności sportowych to ruchy całego ciała

wymagające skoordynowanego działania stawów i poszczególnych grup mięśniowych tworzących łańcuch kinematyczny. Przerwanie łańcucha kinematycznego przez słabe mięśnie środka spowoduje nieefektywne wzorce ruchowe (Chang, 2014). Utrata siły, koordynacji, zakresu ruchu w łańcuchu kinematycznym może spowodować, iż zawodnik nie osiągnie potencjalnego, zadawalającego wyniku sportowego (Dingley i in., 2015; Roy, 2008; Sanders i in., 2011), a deficyty w elastyczności mięśni i stawów, stabilizacji centralnej, kontroli mięśniowej mogą prowadzić do spadku efektywności i zwiększenia ryzyka wystąpienia kontuzji (Blanch, 2000; Dingley i in., 2015). Trening stabilizacji centralnej, niegdyś stosowany w medycynie w celach rehabilitacji, aktualnie wykorzystywany jest w treningu sportowym (Chang, 2014).

2. Trening stabilizacji centralnej

Trening stabilizacji centralnej skoncentrowany jest głównie na mięśniach stabilizujących – powierzchownych oraz głębokich, których główną funkcją jest przekazywanie siły, koordynacja i kontrola mięśniowa. Silne mięśnie umożliwiają efektywną stabilizację, umiejętność utrzymywania równowagi oraz zdolność do przekazywania energii z korpusu do różnych części ciała. W celu poprawy stabilizacji centralnej stosuje się trening wzmacniający siłę mięśni tego obszaru. Oznacza to, iż stabilizacja centralna jest zależna od siły mięśni stabilizujących i oba te czynniki są nierozłączne (Chang, 2014). Jednakże stabilizacja kręgosłupa zależy nie tylko od siły mięśniowej, ale również od właściwego bodźca sensorycznego, który ostrzega centralny układ nerwowy o interakcji między ciałem a środowiskiem, zapewniając stałą informację zwrotną i umożliwiając udoskonalenie ruchu (Hodges, 2003). Zatem kompletny program treningowy ukierunkowany na poprawę stabilizacji centralnej powinien uwzględniać czuciowe i motoryczne komponenty związane z układem nerwowym, mięśniowym i kostno-stawowym w celu optymalnej stabilizacji kręgosłupa (Akuthota i in., 2008). Brak odpowiedniej koordynacji mięśniowej prowadzić może do spadku efektywności ruchu i wzorców kompensacyjnych powodując dodatkowe forsowanie mięśni i zwiększenie ryzyka wystąpienia kontuzji. Zatem poznanie motoryczne odpowiednich mięśni może być ważniejsze, niż wzmacnianie zwłaszcza u osób cierpiących na przewlekły ból odcinka lędźwiowego oraz inne urazy mięśniowo-szkieletowe. Podstawowy program ćwiczeń stabilizacji centralnej powinien rozpoczynać się od przywrócenia normalnej długości mięśni i mobilności, aby skorygować wszelkie istniejące zaburzenia równowagi mięśniowej. Odpowiednia długość i elastyczność mięśni są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania stawów i efektywności ruchu. Zaburzenia równowagi mięśniowej mogą wystąpić, gdy mięśnie agonistyczne stają się dominujące, podczas gdy antagonistyczne zostają zahamowane i słabsze. W takim przypadku program treningowy powinien rozpocząć się od aktywacji mięśni głębokich odpowiednimi ćwiczeniami stabilizacyjnymi. Po opanowaniu podstawowych pozycji można wprowadzić bardziej zaawansowane ćwiczenia z wykorzystaniem piłki gimnastycznej. Ostatecznie należy przejść do pozycji stojącej, która umożliwia wykonywanie funkcjonalnych ćwiczeń, kształtujących równowagę i koordynację ruchów

precyzyjnych. Celem zaawansowanego treningu stabilizacji centralnej jest trenowanie funkcjonalnych ruchów, a niżeli pojedynczych mięśni (Akuthota i in., 2008; Fredericson i Moore, 2005).

Trening stabilizacji centralnej podzielić można na kilka kategorii. Ze względu na środowisko zewnętrzne wyróżnia się trening z wykorzystaniem stabilnego lub niestabilnego podłoża. W zależności od kierunku ruchu ćwiczenia klasyfikuje się na jedno-, dwu- oraz trójpłaszczyznowe. W odniesieniu do obciążenia stosuje się trening z obciążeniem lub bez obciążenia. Biorąc pod uwagę metody szkoleniowe wyróżnia się statyczne, dynamiczne oraz mieszane ćwiczenia wzmacniające mięśnie stabilizujące (Chang, 2014). Według Chang (2014) wyróżnić można kilka rodzajów treningu stabilizacyjnego. Podstawowy trening siły mięśni stabilizujących realizowany jest bez użycia sprzętu. Przykładami tego rodzaju ćwiczeń mogą być: unoszenie bioder w leżeniu tyłem, pozycja odwróconej deski, naprzemienne unoszenie ramion w pozycji podporu przodem, skłony tułowia w leżeniu tyłem. Podstawowy trening stabilizacyjny charakteryzuje się ćwiczeniami wykonywanymi w pozycjach niskich, zatem doskonale sprawdza się w treningu pływaków w związku z horyzontalną pozycją ciała zawodników w wodzie. Innym rodzajem jest trening z wykorzystaniem prostego sprzętu, takiego jak na przykład piłka gimnastyczna, poduszka sensomotoryczna, piłka do balansowania (bosu), taśmy do ćwiczeń w zawieszeniu. Używając elementów niestabilnego podłoża w większym stopniu angażowane są mięśnie głębokie, których praca jest niezwykle istotna w trakcie pływania w związku z niestabilnym środowiskiem, w którym przemieszcza się pływak. Połączenie niestabilnego podparcia i odpowiedniej pozycji ćwiczeń powinno pozytywnie wpłynąć na utrzymanie przez zawodników opływowej pozycji ciała w wodzie oraz równowagi. Według Chang (2014) kolejnym rodzajem treningu stabilizacji centralnej jest trening na bazie przysiadów z użyciem elementów niestabilnego podparcia w trakcie, którego kręgosłup utrzymywany jest w pozycji wyprostowanej, prostopadle do podłoża. W celu zwiększenia stopnia trudności stosuje się dodatkowe obciążenie np. sztangę. Jeszcze inną formą jest trening w oparciu o pozycję stojąc (*standing training*) realizowany w połączeniu z zamykaniem i otwieraniem oczu. Głównym celem tego rodzaju szkolenia jest wykształcenie u sportowców umiejętności kontroli nerwowo-mięśniowej, dzięki której człowiek może utrzymać równowagę ciała.

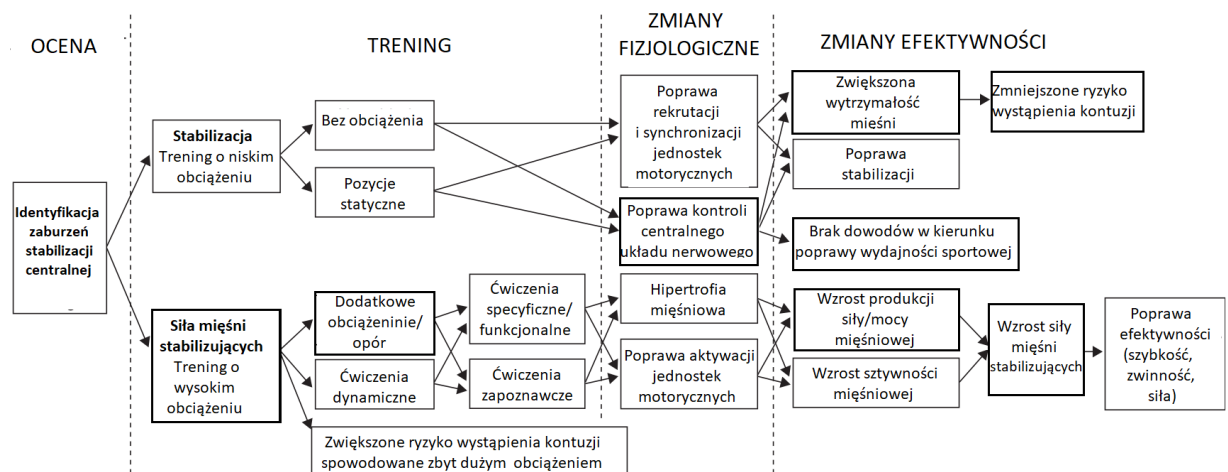
Według Akuthoty i in. (2008) jednostka treningowa powinna rozpoczynać się rozgrzewką składającą się z rozciągania mięśni brzucha i grzbietu stosując tzw. „kocie grzbiety” („*cat*”, „*camel*” *stretches*) oraz krótkiej części aerobowej. Ćwiczenia stabilizacji centralnej należy zacząć od rozpoznania naturalnej pozycji kręgosłupa, będącej najbardziej optymalną dla generowania mocy i równowagi ciała, co pozwala na uzyskiwanie wzorcowych rezultatów w wielu dyscyplinach sportowych (Akuthota i Nadler, 2004). Pierwszy etap treningu stabilizacyjnego obejmuje naukę aktywacji muskulatury brzucha poprzez jego wciąganie i napinanie (Grenier i McGill, 2007). Następnie osoba początkująca może włączyć w program treningowy trzy ćwiczenia zaproponowane przez McGilla (2004) („*big 3*”): unoszenie klatki piersiowej w górę w pozycji leżenia tyłem (*curl-up*), deska bokiem (*side bridge*), naprzemienne unoszenie ramion i nóg w pozycji klęku podpartego („*bird dog*”). Na tym etapie odpowiednim ćwiczeniem będzie także deska przodem oraz unoszenie bioder w pozycji leżenia tyłem z ugiętymi nogami w stawach kolanowych (*bridging*). Wznosy miednicy mają szczególne znaczenie w aktywacji mięśni przykręgosłupowych (Arokoski i in., 2004; Fredericson i Moore, 2005).

Początkowo ćwiczenia powinny być wykonywane w pozycji leżenia, leżenia z nogami ugiętymi w kolanach i klęku podpartego z zachowaniem naturalnej pozycji kręgosłupa. Należy także zwracać uwagę na prawidłowy oddech przeponowy. W kolejnym etapie powinno się zwiększyć stopień trudności ćwiczeń stosując między innymi piłkę gimnastyczną. Warto podkreślić, iż podstawowe ćwiczenia stabilizacyjne wykonywane bez obciążenia mogą nie przekładać się na poprawę wyników sportowych zawodników. W związku z tym sportowcy powinni szybko przejść do treningu o charakterze funkcjonalnym, realizowanym w pozycjach siedzącej, stojącej oraz chodu (Akuthota i in., 2008; Stanton i in., 2004).

W miarę postępów, w początkowych etapach szkolenia należy zwracać szczególną uwagę na rozwijanie równowagi i koordynacji w trakcie wykonywania różnych wzorców ruchowych w trzech głównych płaszczyznach: strzałkowej, czołowej i poprzecznej. Program stabilizacji centralnej na poziomie zaawansowanym powinien opierać się na ćwiczeniach w pozycjach stojących i odzwierciedlać ruchy funkcjonalne oraz zawierać elementy stabilizacji dynamicznej, kontroli i regulacji postawy (Fredericson i Moore, 2005). Przed wykonaniem ćwiczeń w pozycji stojąc należy każdorazowo zastosować technikę napinania brzucha w celu aktywacji odpowiednich

grup mięśniowych. Ważne jest także wstępne szkolenie z techniki chodu, podkreślające prawidłowe ustawienie stopy. Następnie można przejść do wypadów w przód na niestabilną powierzchnię z uwzględnieniem kontroli pozycji kręgosłupa. Wielokierunkowe wypadki wykonywać można w różnych płaszczyznach ruchu. Kolejną progresją mogą być skoki jedno- i obunóż, co prowadzi do stymulacji aktywności mózdzku i pomaga w tworzeniu automatycznej kontroli postawy ciała (Akuthota i in., 2008; Fredericson i Moore, 2005).

Podsumowując, gdy sportowiec opanuje prawidłową aktywację i kontrolę okolicy lędźwiowo-miednicznej, powinien przejść od stabilnej powierzchni do ćwiczeń z wykorzystaniem niestabilnego podłoża. Kolejnym etapem progresji może być trening z dodatkowym obciążeniem zewnętrznym. Ponadto ćwiczenia wykonywane być muszą we wszystkich płaszczyznach ruchu. Ważne jest, aby z czasem włączyć trening proprioceptywny (równowagi), należy uwzględnić ćwiczenia dynamiczne, takie jak skoki w różnych kierunkach (trening plyometryczny), a także wdrożyć specyficzne elementy techniki sportowej (Bliss i Teeple, 2005). Hibbs i in. (2008) stworzyli schemat przedstawiający potencjalne korzyści stosowania treningu stabilizacji centralnej na podstawie przeprowadzonych badań w zależności od stosowanego obciążenia (Rycina 1).



Rycina 1. Trening stabilizacji centralnej i jego wpływ na efektywność sportową w zależności od rodzaju stosowanych ćwiczeń na podstawie dotychczasowych badań (Hibbs i in., 2008).

2.1. Anatomiczne i funkcjonalne aspekty stabilizacji centralnej

W literaturze znaleźć można różnorodne definicje określające stabilizację centralną i często zależą one od kontekstu, w którym są stosowane (Sharrock i in., 2011). Według Tse i in., (2005) obszar stabilizacji centralnej obejmują mięśnie tułowia i miednicy, które odpowiedzialne są za utrzymanie stabilności kręgosłupa i miednicy oraz umożliwiają transfer energii z korpusu do kończyn w trakcie wykonywania aktów ruchowych. Kibler i in. (2006) definiują stabilizację centralną jako zdolność do kontrolowania położenia i ruchu tułowia nad miednicą w celu umożliwienia optymalnej produkcji, transferu i kontroli siły oraz ruchu do końcowego segmentu ciała w zintegrowanych ćwiczeniach sportowych. W związku z tym powszechnie uważa się, iż słabe mięśnie stabilizacji centralnej, nawet w przypadku silnych mięśni ramion i nóg spowodują mniejszą produkcję siły oraz nieefektywne wzorce ruchowe w konsekwencji zmniejszonego sumowania energii w korpusie (Bott i in., 2008; Fekete, 1998; Geladas i in., 2005; Sharrock i in., 2011).

Według Panjabi (1992) stabilizację centralną osiąga się poprzez integrację aktywnych stabilizatorów kręgosłupa (mięśni), pasywnych stabilizatorów (kręgosłup) oraz kontroli nerwowej, które działają razem, aby kontrolować zakres ruchów stawu międzykręgowego w celu umożliwienia wykonywania czynności życia codziennego. Biorąc pod uwagę anatomię, wielu autorów opisuje obszar odpowiadający za stabilizację centralną jako swoisty cylinder, który obejmuje środkową część ciała i łączy ze sobą kończyny górne i dolne (Salo i Riewald, 2008). Z przodu cylinder ten tworzą mięśnie brzucha, tył stanowią mięśnie prostownika grzbietu oraz pośladki, dach formuje przepona, po bokach występują mięśnie skośne, a dół ograniczają mięśnie obręczy miednicznej (Akuthota i Nadler, 2004; Hibbs i in., 2008; Richardson i in., 1999). Ten mięśniowy gorset funkcjonuje jako jednostka stabilizująca ciało i kręgosłup, w trakcie i poza aktywnością kończyn (Akuthota i Nadler, 2004).

Anatomicznie, obszar stabilizacji centralnej obejmuje region tali, miednicy i bioder. Stanowi centralną część struktury ciała, którą można dokładnie zdefiniować jako całą powierzchnię od bioder do barków, wraz z miednicą (Chang, 2014). Chang (2014) wyróżnia w tym obszarze 32 grupy mięśniowe, głównie odnoszące się do pleców, brzucha, wszystkich mięśni tworzących miednicę i małych grup mięśniowych leżących głęboko w tych częściach. Mięśnie stabilizujące zbudowane są

z dwóch typów włókien mięśniowych: wolnokurczliwych i szybkokurczliwych. Włókna wolnokurczliwe tworzą przede wszystkim lokalny system mięśniowy (warstwę mięśni głębokich). Mięśnie te są krótsze i odpowiadają za kontrolowanie ruchu międzysegmentowego oraz reagowanie na zmiany w postawie ciała, a także obciążenia zewnętrzne. Kluczowe mięśnie lokalne obejmują mięsień poprzeczny i skośny wewnętrzny brzucha, wielodzielny, mięśnie poprzeczno-kolcowe oraz dna miednicy (Akuthota, 2008). Włókna szybkokurczliwe formują globalny system mięśniowy, tworząc powierzchowną warstwę mięśniową. Mięśnie te są dłuższe i posiadają długie ramię dźwigni, dzięki czemu produkować mogą znaczny moment obrotowy i generują obszerne ruchy. System globalny składa się głównie z mięśni prostownika grzbietu, skośnych zewnętrznych i prostego brzucha oraz mięśnia czworobocznego lędźwi (McGill, 2001). Naukowcy zajmujący się badaniami w sporcie sugerują, iż obszar stabilizacji centralnej obejmuje wszystkie mięśnie pomiędzy mostkiem, a kolanami, ze szczególnym uwzględnieniem dolnego odcinka kręgosłupa, bioder oraz brzucha (Fig, 2005). Sugerowano również, że obszar stabilizacji centralnej powinien obejmować mięśnie ramion i miednicy, ponieważ mają one decydujące znaczenie w przenoszeniu sił na całe ciało (Gracovetsky i in., 1981). Efektem treningu wzmacniającego mięśnie stabilizujące jest wydajna stabilizacja centralna, a ponadto siła tych mięśni jest ściśle związana z siłą generowaną przez kończyny (Chang, 2014).

W medycynie alternatywnej obszar stabilizacji centralnej definiowany jest jako „elektrownia” („*powerhouse*”), fundament albo silnik wszystkich ruchów kończyn (Akuthota i Nadler, 2004). W celu zrozumienia działania stabilizacji centralnej należy poznać funkcje poszczególnych mięśni mających w niej udział. Za kontrolowanie pozycji kręgosłupa i miednicy zaangażowane są przede wszystkim mięśnie brzucha składające z mięśnia poprzecznego i prostego brzucha oraz mięśni skośnych zewnętrznych i wewnętrznych (Cresswell i in., 1994; Oddsson, 1990). Mięsień poprzeczny brzucha, którego włókna biegną poziomo (z wyjątkiem najgłębiej położonych włókien, które ułożone są równoległe do mięśnia skośnego wewnętrznego) tworzy pas wokół brzucha i stanowi istotny składnik stabilizacji centralnej (Akuthota i Nadler, 2004). „Wciąganie brzucha” („*hollowing in*”) powoduje wyizolowaną aktywację mięśnia poprzecznego brzucha. Wykazano, iż aktywuje się on bezpośrednio przed ruchem kończyn u zdrowych ludzi (30 ms przed ruchem kończyny górnej i 110 ms przed ruchem kończyny dolnej), teoretycznie w celu stabilizacji kręgosłupa

łędźwiowego (Hodges i Richardson, 1996). Mięsień poprzeczny zwiększa ciśnienie śródbrzusze, a tym samym napręża powięź piersiowo-łędźwiową, podczas gdy mięśnie brzucha wspólnie kurczą się, tworząc sztywny cylinder stabilizujący kręgosłup (Cresswell i in., 1994; Oddsson, 1990). Powięź piersiowo-łędźwiowa łączy górne i dolne kończyny dzięki czemu integruje górne i dolne oraz prawe i lewe części łańcucha kinematycznego. Dodatkowo powięź ta połączona jest z mięśniami skośnymi wewnętrznymi oraz poprzecznym brzucha, co zapewnia kolejną cylindryczną stabilizację kręgosłupa (Young i in., 1996). Powięź piersiowo-łędźwiowa składa się z trzech warstw, z których warstwa tylna pełni najważniejszą rolę we wspieraniu części łędźwiowej kręgosłupa oraz mięśni brzucha. Wraz ze skurczem mięśni powięź piersiowo-łędźwiowa działa jako aktywny proprioreceptor dostarczając informacji zwrotnej na temat pozycji tułowia oraz pełniąc funkcję podobną do pasa podtrzymującego kręgosłup stosowanego w podnoszeniu ciężarów (Akuthota i in., 2008; Akuthota i Nadler, 2004). Mięsień skośny zewnętrzny jest największym i najbardziej powierzchownym mięśniem brzucha, który kontroluje przodopochylenie miednicy. Działa również ekscentrycznie w trakcie wyprostu i skrętu w odcinku łędźwiowym (Porterfield i DeRosa, 1998). Stabilność kręgosłupa łędźwiowego jest możliwa dzięki sztywności biernej poprzez struktury kostne i więzadłowe, jak i sztywności czynnej poprzez mięśnie. Sam kręgosłup, bez przyczepionych mięśni nie byłby w stanie wytrzymać dużego obciążenia ściskającego (McGill, 2002). Kręgosłup stałby się mechanicznie niestabilny przy obciążeniu siłą ściskającą wynoszącą zaledwie 90 N, co stanowi znacznie mniejsze obciążenie, niż ciężar górnej części ciała (Crisco i in., 1992). Aktywną stabilizację lub sztywność osiąga się dzięki odpowiedniemu napięciu mięśni (kokontrakcji), co umożliwia transfer sił generowanych w tułowiu do kończyn poprzez układ powięziowy brzucha. W niektórych pozycjach literaturowych proces ten nosi nazwę „efektu serape”. Efekt serape, ponadto, zawiera koncepcję przenoszenia zmagazynowanej energii na energię potencjalną (Konin i in., 2003). Wydaje się, iż do optymalnej stabilizacji kręgosłupa konieczny jest skoordynowany skurcz wszystkich (głębokich i powierzchownych) mięśni stabilizujących (Akuthota i Nadler, 2004).

Wykazano również, że przepona pomaga w stabilizacji kręgosłupa poprzez skurcz przed ruchami kończyn niezależnie od oddychania (Ebenbichler i in., 2001). Skurcz przepony powoduje wzrost ciśnienia wewnątrzbrzusznego, co prowadzi

do ustabilizowania odcinka lędźwiowego. Mięśnie dna miednicy służą jako podparcie mięśniowego cylindra, dodatkowo są aktywowane poprzez skurcz mięśnia poprzecznego brzucha (Akuthota i Nadler, 2004). Według Hodgesa (2003) w mięśniach miednicy i tułowia istnieją synergistyczne wzorce aktywacji mięśniowej. Mięśnie obręczy biodrowej biorą udział w stabilizacji tułowia, a także w wytwarzaniu siły i mocy w czasie pracy kończyn dolnych. W celu efektywnego wykonania czynności ruchowej mięśnie stabilizacji centralnej aktywowane być muszą w precyzyjnych wzorcach, aby generować i absorbować siłę, jednocześnie stabilizując tułów (Sharrock i in., 2011). Mięśnie obręczy biodrowej odgrywają znaczącą rolę w przenoszeniu sił z kończyn dolnych do miednicy i tułowia, funkcjonując jako jedno z ogniw łańcucha kinematycznego (Akuthota i Nadler, 2004; Lyons i in., 1983). Stabilizacja korpusu następuje w konsekwencji zintegrowania strategii czuciowych, motorycznych i biomechanicznych połączonych z wyuczonymi reakcjami i zdolnością do przewidywania zmian (Comerford i Mottram, 2001). Zatem ciało musi kontrolować tułów w odpowiedzi na wewnętrzne i zewnętrzne siły generowane przez dystalne kończyny, jak również spodziewane lub nieoczekiwane zmiany stabilności (Borghuis i in., 2008). Antycypacyjna korekta stabilizacji centralnej zależna jest od wcześniej zaprogramowanej aktywacji mięśniowej (Kibler in., 2006).

Stabilizacja i ruch są wysoce zależne od koordynacji wszystkich mięśni otaczających odcinek lędźwiowy kręgosłupa. Pomimo niektórych badań wskazujących na znaczenie tylko kilku mięśni stabilizujących (w szczególności mięsień poprzeczny brzucha, mięsień wielodzielny) praca wszystkich mięśni stabilizacji centralnej jest niezbędna do optymalnej stabilizacji i wydajności (Akuthota i Nadler, 2004). W teorii silne mięśnie stabilizujące pozwalają na transfer siły z dolnych części ciała na górne partie z minimalnym rozproszeniem energii w korpusie (Bompa, 1999; McGill, 2009). Liczne badania ukierunkowane na określenie wzorców aktywacji mięśni w trakcie wykonywania różnorodnych aktywności sportowych potwierdzają tę teorię. Wykazano, że w odpowiedzi na szybkie ruchy ramion, wzorce aktywacji mięśniowej rozpoczynają się w dolnej kończynie i przechodzą w górę przez tułów i ramię (Cordo i Nashner, 1982). Rozwój siły od podłoża poprzez korpus do kończyny górnej został ukazany między innymi w tenisie (Kibler, 1996), baseballu (Hirashima i in., 2002) i czynnościach kopnych (Putnam, 1993). Wygenerowana moc, która nie zostanie przeniesiona wpłynie negatywnie na efektywność czynności ruchowych

(np. w bieganiu, skokach, rzutach). W przypadku specyficznych umiejętności sportowych zawodników, mięśnie głębokie funkcjonują jako podstawa do generowania ruchu i produkcji energii, co prowadzi do poprawy efektywności (Bott i Farmer, 2008; Damsgaard i in., 2001). Silne mięśnie stabilizacji centralnej umożliwiają sportowcom wykonywanie bardziej wydajnych i szybkich ruchów, a tym samym prowadzą do lepszej dystrybucji siły z tułowia do górnych i dolnych partii ciała (Kibler i in., 2006; Patil i in., 2014). Aktualna literatura ukazuje istotność posiadania silnego centrum w odniesieniu do statycznej i izokinetycznej wytrzymałości oraz łagodzenia bólu odcinka lędźwiowego (Akuthota i in., 2008) i prewencji urazów (Arab i in., 2007; Durall i in., 2009; Evans i in., 2005; McGill, 2001), jak również badacze wskazują na poprawę wydajności sportowej zawodników (Akuthota i Nadler, 2004; Kibler i in., 2006; King, 2000; McGill, Childs i Liebenson, 1999; Roetert i in., 1996).

2.2. Rola stabilizacji centralnej w pływaniu

Wszystkie techniki pływania wymagają od sportowców pracy całego ciała – wykonywania ruchów kończynami górnymi i dolnymi. Aby, każda część ciała poruszała się prawidłowo, układ mięśniowo-szkieletowy musi być wysoce zaangażowany w celu maksymalizacji skuteczności wykonywanych ruchów w wodzie. Każdy segment ciała stanowi ogniwo łańcucha kinematycznego, dlatego też każdy ruch danego segmentu wpływa na pozostałe połączone ze sobą części łańcucha kinematycznego. Jeżeli jedno ogniwo w łańcuchu jest słabe spowoduje ono utratę transferu mocy, ruchy mogą stać się nieskoordynowane, a ryzyko wystąpienia kontuzji może wzrosnąć. W istocie sportowiec jest tak silny jak jego najslabsze ogniwo (Bliss i Teeple, 2005; McLeod, 2010). Skoordynowane ruchy ramion i nóg pozwalają na efektywne pokonywanie dystansu w wodzie. Kluczem do ich skoordynowanej pracy jest silny środek ciała, którego główny komponent stanowią mięśnie brzucha. Oprócz pomocy w łączeniu ruchów górnych i dolnych części ciała, mięśnie brzucha biorą udział w rotacji tułowia w kraulu na piersiach i grzbiecie. Odpowiadają także za faliste ruchy korpusu w pływaniu stylem klasycznym, motylkowym oraz w przypadku podwodnych kopnięć delfinowych (McLeod, 2010).

Ściana mięśni brzucha składa się z czterech grup mięśniowych rozciągających się od klatki piersiowej do miednicy. Mięśnie te dzielą się na dwie grupy – pojedynczą przednią oraz dwie boczne odzwierciedlające się nawzajem. Grupę przednią stanowi mięsień prosty brzucha, który podzielony jest na prawą i lewą połowę przez linię środka ciała. Dwie boczne grupy mięśniowe zawierają pozostałe trzy pary mięśniowe – skośne wewnętrzne, skośne zewnętrzne oraz mięsień poprzeczny brzucha. Mięśnie brzucha w czasie podstawowych czynności ruchowych oraz w sporcie pełnią dwie główne funkcje. Po pierwsze powodują zgięcie tułowia w przód i na boki oraz rotację, po drugie stabilizują dolną część pleców i tułów. Skurcz górnych włókien mięśnia prostego brzucha skutkuje pochyleniem górnej części korpusu w dół, podczas gdy praca dolnych włókien wywołuje ciągnięcie miednicy w stronę klatki piersiowej. Mięśnie skośne zewnętrzne formują warstwę powierzchowną. Skurcz jednej strony skutkuje rotacją w przeciwną stronę, natomiast obopólna praca powoduje zgięcie tułowia w przód – podobnie jak skurcz położonych głębiej mięśni skośnych wewnętrznych, z różnicą w skurczu jednej strony, która prowadzi do rotacji tułowia w tym samym kierunku. Mięsień poprzeczny stanowi najgłębiej położoną warstwę mięśni brzucha i nie powoduje znaczącego ruchu tułowia. Przyczynia się natomiast do stabilizacji korpusu, pełniąc rolę swoistego gorsetu (McLeod, 2010; Schunke i in., 2013).

Zgięcie tułowia w trakcie wykonywania nawrotów koziółkowych zainicjowane jest przez górne partie mięśnia prostego brzucha przy wsparciu dolnych włókien oraz mięśni skośnych. Zginacze tułowia biorą również udział w falujących ruchach ciała w stylu motylkowym i klasycznym. Mięśnie skośne odpowiadają między innymi za efektywną rotację tułowia w pływaniu stylem dowolnym i grzbietowym, a także pełnią zasadniczą rolę w zwiększaniu prędkości w czasie wykonywania nawrotów odkrytych (otwartych) w stylu klasycznym i motylkowym. Funkcja wcześniej wspomnianego gorsetu zapewnia wydajną stabilizację, a ta pełni rolę sztywnej podstawy do generowania napędu przez kończyny górne i dolne. Mięśnie prostownika grzbietu są bardzo istotne w utrzymaniu horyzontalnej pozycji ciała pływaka w wodzie, zwłaszcza w stylu grzbietowym. Podobnie jak mięśnie brzucha, grupa mięśni prostownika grzbietu bierze udział w falistych ruchach ciała w pływaniu stylem klasycznym i motylkowym, a także podczas podwodnych kopnięć delfinowych. Mięśnie prostownika grzbietu przyczyniają się także do efektywności skoku startowego, ponieważ stanowią główną grupę, która powoduje przyjęcie przez zawodnika w trakcie

fazy startu pozycji torpedowej. W przypadku startu w stylu grzbietowym odpowiada za wygięcie tułowia zawodnika w łuk, co pozwala na szybkie opuszczenie platformy startowej i odpowiednie wejście do wody (McLeod, 2010).

Dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna w pływaniu jest niezbędna z powodu niestabilnego charakteru środowiska wodnego. W trakcie każdego cyklu ruchowego wytwarzana jest siła napędowa przez kończyny górne, która powoduje dynamiczną reakcję wzdłuż osi obrotowych kręgów, co z kolei generuje ruchy ciała na boki oraz nadmierną pracę kończyn dolnych, tym samym zmniejszając efektywność ruchów napędowych. Ze względu na tę niestabilność, siła i wytrzymałość mięśni stabilizujących jest wymagana do absorbowania powstających sił (Crowley i in., 2017). Jednym z kluczowych czynników poprawiających efektywność pływania jest utrzymanie opływowej pozycji ciała oraz równowagi w wodzie, która z kolei zależy od siły mięśni stabilizacji centralnej. Kontrola pozycji swojego ciała przez pływaka zwiększa efektywność, a także pozwala na pokonanie dystansu z jak najmniejszym oporem (Salo i Riewald, 2008). Zgodnie z aktualną literaturą dobrze funkcjonujące mięśnie stabilizujące (siła, kontrola) w pływaniu przyczyniać się będą do utrzymania opływowej pozycji ciała w wodzie, która jest istotna w trakcie pokonywania całego dystansu. Słaby środek ciała spowoduje opadanie bioder i nóg, co w konsekwencji wywołać może większy opór, który pływak musi pokonać (Salo i Riewald, 2008).

Często występującym problemem są nadaktywne górne partie mięśni brzucha w porównaniu do słabszych, niżej położonych włókien mięśniowych, co prowadzi do braku kontroli pozycji miednicy powodując złe ułożenie ciała w wodzie (Dingley i in., 2015). Odpowiednia pozycja ciała, czyli praktycznie liniowe ułożenie poszczególnych jego części (ramion, głowy, tułowia, bioder, nóg, stóp) pozwala na szybsze pokonywanie dystansu bez dodatkowych start energetycznych. W przypadku słabej stabilizacji centralnej, powodującej złe ułożenie ciała w wodzie zwiększa się opór, pogarsza się technika, co prowadzi do spadku efektywności. Wzmocnione mięśnie stabilizacyjne zwiększą zdolność pływaka do utrzymywania prawidłowej techniki przez cały wyścig (Santana, 2005). Dobra stabilizacja centralna w dużym stopniu oddziałuje na generowanie siły napędowej przez kończyny górne i dolne. W sportach uprawianych na lądzie w kontakcie ciała z podłożem sportowcy generują siłę powodując ruch, ponadto interakcja zawodników z podłożem pozwala na wyzwalamie dużej mocy mięśniowej w przeciwieństwie do pływania, w którym nie występuje sztywna podstawa

(Salo i Riewald, 2008; Santana, 2005). Zatem funkcję solidnej podstawy do wykonywania efektywnej pracy ramion i nóg pełni wzmocniona stabilizacja centralna, którą można uznać za fundament, na którym zbudowane są mięśnie dolnej i górnej części ciała. W celu wizualizacji tego aspektu powiedzieć można, iż nawet silny i dobrze zaprojektowany dom, w końcu zniszczy się, jeśli jego fundament będzie słaby (McLeod, 2010). Silna stabilizacja centralna odpowiada również za utrzymywanie równowagi w wodzie. Słabe mięśnie korpusu spowodują, iż balans zachowany będzie dzięki wzmożonej pracy kończyn, co związane jest z osłabieniem techniki oraz nieefektywnym tworzeniem siły napędowej (Salo i Riewald, 2008).

Kolejnym pozytywnym aspektem, na który wpływa dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna jest poprawa efektywności kopnięć. Sztywne połączenie pomiędzy dolną, a górną partią ciała pozwoli na przepychanie ciała pływaka po wodzie za pomocą pracy nóg. Słabe połączenie spowoduje stratę energii, a tym samym ciągnięcie ciała dzięki nasilonej pracy ramion (Salo i Riewald, 2008; Fig, 2005; Patil i in., 2014). Przerwanie łańcucha kinematycznego spowodować może zmniejszenie generowanej siły, słabą kontrolę mięśniową, szybsze zmęczenie, zablokowanie przepływu energii pomiędzy kończynami dolnymi, korpusem, a ramionami. Skutkiem tego może być zwiększenie aktywności mniejszych grup mięśniowych, takich jak mięśnie ramion, co prowadzi do ryzyka wystąpienia kontuzji. Wydajność pracy kończyn górnych (pociągnięcie i odepchnięcie) oraz pracy kończyn dolnych (kopnięcia) zależna jest również od umiejętności odpowiedniego rotowania tułowia w trakcie pokonywania dystansu. Rotacja tułowia w kraulu na piersiach i grzbiecie zachodzi częściowo dzięki pracy nóg, jednakże znaczna część rotacji tułowia pochodzi z mięśni stabilizacji centralnej, a głównie z mięśni skośnych brzucha (Salo i Riewald, 2008). Rotacja zachodzi, dzięki wspólnej pracy mięśni jako jednostki, co nazywane jest Efektem Serape. Mięśnie, które wywołują ten efekt to mięsień równoległoboczny, zębaty przedni i mięśnie skośne wewnętrzne i zewnętrzne brzucha, które pozwalają na generowanie wydajnego ruchu rotacyjnego. Dodatkowo stabilizacja centralna pozwala na generowanie napędu poprzez kopnięcie i przenoszenie energii na górne partie mięśniowe w stylu klasycznym oraz motylkowym. Mięśnie głębokie wpływać będą również na kontrolowanie ciała pod względem wykonywania ruchów bioder na boki (bujania biodrami). Słaby środek ciała spowodować może niepotrzebne poruszanie biodrami do boków przy każdym ruchu ramion, a tym samym stworzyć większy opór

(Salo i Riewald, 2008). Silna stabilizacja centralna umożliwia efektywny transfer energii z korpusu na elementy techniki pływania takie jak pociągnięcie (ramiona) i kopnięcie (nogi). Słabe mięśnie stabilizacyjne spowodują wyciek energii, co prowadzi do słabszego pociągnięcia i kopnięcia. Zatem rozwijanie dobrze funkcjonującej, silnej stabilizacji centralnej jest niezwykle istotne w pływaniu (Santana, 2005).

3. Problem badawczy w świetle literatury

Stabilizacja centralna i równowaga są kluczowe dla niemal wszystkich dyscyplin sportowych. Wynika to z trójwymiarowej struktury wielu czynności ruchowych w sporcie, które wymagają od zawodników posiadania silnych mięśni obręczy biodrowej i tułowia, w celu zapewnienia skutecznej stabilizacji centralnej. Niektóre sporty wymagają dobrej równowagi, inne generowania siły lub odpowiedniej budowy ciała, wszystkie natomiast potrzebują wydajnej stabilizacji centralnej w trzech płaszczyznach ruchu (Roetert, 2001). Istnieje wiele prac badawczych dotyczących wpływu treningu stabilizacji centralnej na sprawność zawodników z różnych dyscyplin sportowych. Uzyskiwane wyniki są natomiast niejednoznaczne i prowadzą do niespójnych wniosków. Eksperyment przeprowadzony przez Stantoną i in. (2004) mający na celu ocenę wpływu sześciotygodniowego treningu z wykorzystaniem piłki gimnastycznej na wydajność mięśni głębokich oraz ekonomię biegu wykazał znaczącą poprawę stabilizacji centralnej. Pomimo wzrostu wydajności tego parametru, nie zaobserwowano zmian w ekonomice biegu oraz postawie sportowców w trakcie biegania. Badacze zwracają uwagę na dobór odpowiednich ćwiczeń wzmacniających mięśnie stabilizacji centralnej zgodnych ze specyfiką danego sportu. Tse i in. (2005) zbadali skuteczność ośmiotygodniowego treningu ukierunkowanego na poprawę wytrzymałości mięśni stabilizujących wśród młodych wioślarzy. Badano efektywność poszczególnych funkcjonalnych parametrów, takich jak wyskok pionowy, skok w dal, bieg wahadłowy, sprint na dystansie 40 m, rzut piłką lekarską, 2000 m test z wykorzystaniem ergometru wioślarskiego. Trening zaproponowany przez autorów wpłynął na poprawę wybranych parametrów wytrzymałości mięśni stabilizacji centralnej, natomiast nie stwierdzono żadnych istotnych zmian w aspekcie wydajności funkcjonalnej. Do zupełnie odmiennych wniosków doszli Saeterbakken i in., (2011), którzy przeprowadzili eksperyment oceniający wpływ treningu stabilizacji centralnej na prędkość piłki po wykonaniu rzutu w grupie piłkarek ręcznych. Program szkoleniowy realizowany był w postaci dwóch jednostek treningowych na tydzień przez sześć tygodni i składał się z sześciu niestabilnych ćwiczeń w zamkniętym łańcuchu kinematycznym. Maksymalna prędkość piłki wzrosła istotnie statystycznie w grupie eksperymentalnej, podczas gdy w grupie kontrolnej nie odnotowano zmian. Badacze wyjaśniają, iż silniejszy i bardziej stabilny kompleks lędźwiowo-miedniczny może

przyczynić się do wytworzenia wyższej siły obrotowej w ruchach wielosegmentowych, co sprzyjać może skuteczniejszym wzorcom nerwowo-mięśniowym powodując zwiększoną produkcję siły. Wyniki niniejszej pracy sugerują, iż odpowiednio dobrane ćwiczenia wzmacniające mięśnie stabilizacji centralnej mogą doprowadzić do poprawy efektywności sportowej. Do podobnych wniosków doszli Bilici i Selçuk (2018), którzy za cel swojego eksperymentu ustanowili ocenę wpływu treningu mięśni stabilizacji centralnej na długość wyskoku pionowego oraz wybrane zdolności motoryczne siatkarek. Interwencja autorów polegała na wprowadzeniu dziesięciodniowego treningu stabilizacji centralnej, składającego się z trzech jednostek treningowych na tydzień. Analiza wykazała poprawę w wyskoku w górę, sile kończyn górnych i dolnych oraz sile mięśni tułowia w grupie ćwiczeniowej. Dodatkowo wśród zawodniczek zaobserwowano spadek udziału procentowego tkanki tłuszczowej. Wyniki uzyskane w pracy sugerują, iż dziesięciodniowy trening stabilizacji centralnej pozytywnie wpływa na wydajność sportową (Bilici i Selçuk, 2018). Niewolna i Zwierko (2016) przeprowadzili badanie mające na celu ocenę wpływu dwuletniego szkolenia obejmującego trening stabilizacji centralnej i ćwiczeń funkcjonalnych na wybrane parametry siły i szybkości piłkarek nożnych. Analizowano szybkość biegową, jak również siłę maksymalną ośmiu głównych grup mięśniowych. Po dwuletnim okresie szkoleniowym zaobserwowano istotny statystycznie wzrost siły mięśnia czworogłowego, mięśni skośnych brzucha, obręczy barkowej i klatki piersiowej. Wykazano również znaczącą redukcję czasu pokonania dystansu 30 m sprintem. Badacze sugerują, iż wzrost szybkości spowodowany był poprawą koordynacji nerwowo-mięśniowej, która wpłynęła na zmiany w zakresie transferu energii. Ruchy wykonywane z maksymalną szybkością stały się bardziej ekonomiczne, przez co prędkość sprintu wzrosła. Autorzy wskazują na pozytywny wpływ długoterminowego treningu stabilizacji centralnej i ćwiczeń funkcjonalnych na wydajność sportowców. Sadeghi i in. (2013) przeprowadzili badanie oceniające wpływ treningu stabilizacji centralnej na równowagę dynamiczną siatkarki. Szkolenie realizowano przez okres ośmiu tygodni w postaci trzech jednostek treningowych na tydzień. Analizy równowagi dokonywano za pomocą specjalnego testu równowagi – *Star Excursion Balance*. Wykazano znaczące różnice wartości uzyskanych w teście przed i po interwencji. Badacze wnioskują, iż wzmocnione mięśnie stabilizacyjne mogą istotnie poprawić dynamiczną kontrolę posturalną siatkarki w trakcie lądowania. Shinkle i in. (2012) zbadali wpływ siły mięśni stabilizujących na poziom wytwarzanej

mocy przez kończyny wśród piłkarzy nożnych. Analizowano dynamiczną siłę mięśni stabilizacyjnych poprzez rzuty piłką lekarską w różnym ustawieniu, dynamiczne i statyczne, w różnych kierunkach. Wyniki rzutów piłką lekarską porównano z wybranymi parametrami wydajności sportowej, takimi jak: przysiad, wyciskanie na ławeczce, skok pionowy, sprint na dystansie 40 m, zwinność. Do pomiaru przenoszenia sił przez ciało zastosowano wyciśnięcie sztangi nad głową z użyciem nóg (*push press power*). Stwierdzono kilka korelacji, zarówno w statycznych, jak i dynamicznych rzutach piłką lekarską w porównaniu z pomiarami parametrów wydajności. Badacze wnioskują, iż silna stabilizacja centralna ma znaczący wpływ na zdolność sportowca do generowania i przenoszenia sił na kończyny.

Badania w zakresie wpływu treningu lądowego na wydajność pływania obejmują ćwiczenia siłowe z ciężarami, ćwiczenia z piłkami lekarskimi, trening plyometryczny, ćwiczenia wzmacniające obszar core, trening z wykorzystaniem ciężaru własnego ciała, ze specjalistycznym sprzętem, takim jak: ergometr pływacki (*vasa trainer*), ćwiczenia z oporem elastycznym (taśmy *thera band*) i w zawieszeniu (*trx*), z rollerami i wiele innych realizowanych w różnych okresach czasowych (Yapıcı i in., 2016). W literaturze odnaleźć można wiele prac dotyczących wpływu treningu lądowego na wydajność w sporcie pływackim, jednakże wyniki tych badań nie są spójne. Na podstawie wielu badań autorzy nie byli w stanie wyciągnąć pełnych wniosków dotyczących związku między poprawą siły na lądzie, a wydajnością pływaków w wodzie (Martens i in., 2011). Tanaka i Swensen (1998) sugerują, iż zwiększenie siły poprzez oporowy trening lądowy nie wpływa na siłę napędową pływaka w wodzie, w związku z czym nie poprawia wydajności pływania. Aspenes i in. (2009) wykazali 20,3% wzrost siły na lądzie w wyniku jedenastotygodniowego treningu siłowego oraz poprawę wydajności na dystansie 400 m kraulem na piersiach. Pomimo tych zmian nie zaobserwowano wzrostu efektywności na dystansie 50 i 100 m. Wynikiem treningu obwodowego, zaprojektowanego przez Song i in. (2009), składającego się z ćwiczeń angażujących górne i dolne części ciała oraz ćwiczeń stabilizacyjnych był wzrost mocy, najprawdopodobniej będący skutkiem adaptacji nerwowej. Badacze nie stwierdzili jednak znaczących zmian w zakresie wydajności pływania. Tinto i in. (2017) zbadali wpływ treningu stabilizacji centralnej realizowanego w zawieszeniu przez okres sześciu miesięcy (dwie jednostki treningowe na tydzień) w grupie pływek synchronicznych. Analizowano siłę mięśni skośnych

i poprzecznego brzucha za pomocą urządzenia „Stabilizer Pressure Biofeedback” oraz izotoniczną wytrzymałość mięśni mierzoną testem McGilla. Wykazano znaczący wzrost większości analizowanych parametrów w grupie eksperymentalnej. Badacze wnioskują, iż trening wzmacniający mięśnie stabilizacji centralnej realizowany w zawieszeniu wpływa korzystnie na siłę i stabilizację centralną wśród młodych zawodniczek uprawiających pływanie synchroniczne. Pomimo znaczącej poprawy mierzonych parametrów, badacze nie zbadali wpływu szkolenia na wydajność pływaczek w wodzie, co wydaje się być konieczne w ocenie poprawy efektywności sportowej. Wiele eksperymentów dowodzi jednak, iż lądowe programy szkoleniowe o niskiej objętości i wysokiej intensywności prowadzą do poprawy efektywności pływania. Trappe i Pearson (1994) stwierdzili, iż sześciotygodniowy oporowy trening na lądzie skutkuje znaczącą poprawą wydajności sprintu kraulem na piersiach. Grupa eksperymentalna przez okres sześciu tygodni w postaci dwóch jednostek treningowych na tydzień wykonywała ćwiczenia siłowe z wykorzystaniem maszyny wspomagającej pracę kończyn górnych (*weight assisted dip and pull up training device*), angażującą mięsień najszerzy grzbietu i triceps. Druga grupa w tym samym czasie realizowała trening z wolnymi ciężarami ukierunkowany na wzmacnianie tych samych grup mięśniowych. W pierwszej grupie odnotowano znaczącą poprawę w mocy generowanej na biokinetycznej ławce pływackiej (*biokinetic swim bench*) oraz poprawę w czasie na dystansie 22,9 m kraulem na piersiach. W obu grupach zaobserwowano znaczące skrócenie czasu (około 4%) na dystansie 365,8 m stylem dowolnym. Girolid i in. (2007) przeprowadzili eksperyment, którego celem było porównanie wpływu siłowego treningu lądowego oraz treningu realizowanego w wodzie z wykorzystaniem gum pływackich montowanych do słupków, tworzących dodatkowy opór i nadprędkość. Szkolenie trwało dwanaście tygodni i obie grupy realizowały sześć odpowiednich jednostek treningowych na tydzień. Po zakończeniu dwunastotygodniowego szkolenia zaobserwowano znaczący wzrost prędkości pływania w obu grupach. Wykazano 2,8% wzrost wydajności na dystansie 50 m w grupie realizującej lądowy trening oporowy, jak również 2,3% poprawę w grupie trenującej z gumami w basenie. Podobne wyniki uzyskał Strass (1988) po przeprowadzeniu sześciotygodniowego treningu siłowego na lądzie w grupie pływaków. Szkolenie odbywało się cztery razy w ciągu tygodnia, a ćwiczenia wykonywane były z wykorzystaniem sztang. Po zakończeniu szkolenia zaobserwowano istotną statystycznie poprawę na dystansie 25 m ($4,4 \pm 1,3s$) oraz 50 m ($2,1 \pm 0,4s$) stylem dowolnym. Na obu dystansach częstotliwość zmniejszyła się,

wzrosła natomiast długość kroku pływackiego. Wyniki tego eksperymentu wyraźnie wykazują korzystny wpływ treningu realizowanego na lądzie na wydajność pływaków w wodzie.

Trening stabilizacji centralnej zyskał w ostatnim czasie dużą popularność i zajmuje ważne miejsce w programach szkoleniowych (Riewald, 2003). Istnieje niewiele dowodów na to, iż siła mięśni stabilizujących w znaczącym stopniu przekłada się na poprawę czasu pokonywania określonego dystansu (Strass, 1988). Dla przykładu Scibek i in. (2001) przeprowadzili eksperyment, którego celem była ocena wpływu treningu wzmacniającego mięśnie stabilizujące z wykorzystaniem piłki terapeutycznej na efektywność pływania. Stwierdzono poprawę stabilizacji centralnej w ćwiczeniach statycznych wykonywanych na lądzie, która nie przełożyła się na efektywność pływania. Kilka badań na temat lądowego treningu stabilizacji centralnej dowiodło jednak pozytywnego wpływu na wyniki sprinterskie w pływaniu (Costill, 1999; Pichon i in., 1995; Strass, 1988). Istnieją również prace, które wykazały, że występuje silna pozytywna korelacja pomiędzy siłą mięśni stabilizacji centralnej, pływalnością, a w ostateczności wydajnością pływania. Badania mające na celu stwierdzenie, czy istnieją rzeczywiste korzyści wynikające ze specyficznej stabilizacji centralnej lub ćwiczeń wzmacniających mięśnie *core* w aktywacji mięśniowej w trakcie wykonywania czynności sportowych są ograniczone i prowadzą do niespójnych wniosków z powodu szerokiej gamy metod gromadzenia danych, różnorodnych technik ćwiczeń oraz zróżnicowaniu grup badawczych (Patil i in., 2014). Nie istnieje jedno ćwiczenie, które aktywuje i wzmacnia wszystkie mięśnie biorące udział w stabilizacji centralnej. W związku z tym wymagana jest kombinacja ćwiczeń, aby uzyskać odpowiednią stabilizację centralną i wzmocnienie siły u poszczególnych osób (Akuthota i Nadler, 2004; Hibbs i in., 2008; Patil i in., 2014).

Patil i in. (2014) przeprowadzili badanie, którego celem była ocena wpływu wzmocnienia mięśni stabilizacji centralnej na wydajność pływania młodych zawodników. Zadaniem uczestników było pokonanie w jak najszybszym czasie dystansu 50 m stylem dowolnym. Dodatkowo w celu monitorowania zmian zastosowano test wydajności siły mięśni *core* (*Functional Core Muscle Strength Performance*). Analizowanymi parametrami były czas pokonania dystansu, częstotliwość i długość kroku pływackiego (*stroke rate, stroke length*) oraz indeks będący wskaźnikiem wydajności pływania (*stroke index*). Interwencja badaczy

polegała na wprowadzeniu w grupie eksperymentalnej sześciotygodniowego treningu wzmacniającego mięśnie głębokie w postaci trzech dodatkowych jednostek treningowych na tydzień. Obie grupy (eksperymentalna i kontrolna) w czasie trwania eksperymentu realizowały podstawowe szkolenie w wodzie. Analiza mierzonych parametrów wykazała istotną statystycznie poprawę w czasie pokonywania dystansu 50 m stylem dowolnym pod koniec czwartego i szóstego tygodnia szkolenia w grupie eksperymentalnej, podczas gdy w grupie kontrolnej nie wykazano zmian. Pomimo znaczącej poprawy w czasie nie odnotowano istotnych statystycznie zmian w częstotliwości oraz długości kroku pływackiego. Jednakże, warto podkreślić, iż procentowa różnica w częstotliwości pomiędzy wyjściowymi pomiarami, a końcowymi w grupie eksperymentalnej wyniosła 1,55%, podczas gdy w grupie kontrolnej wystąpiła poprawa o 1,24%. Odnotowano również zmiany w długości kroku na poziomie 4,37% w grupie treningowej i 2,22% w grupie kontrolnej. Można, więc wnioskować, iż pomimo braku istotnie statystycznych różnic trening stabilizacji centralnej wpłynął pozytywnie na frekwencję oraz długość kroku pływackiego w związku z większymi procentowymi zmianami zaobserwowanymi w grupie eksperymentalnej w stosunku do wyników grupy kontrolnej. Wypadkową zaobserwowanych zmian było stwierdzenie istotnej statystycznie różnicy w prędkości pływania oraz wskaźniku skuteczności pływania (*SI – Stroke Index*) odnotowanej w grupie eksperymentalnej. Dodatkowo w grupie ćwiczeniowej doszło do poprawy wydajności mięśni stabilizacyjnych w teście wydajności siły tego obszaru (*Functional Core Muscle Strength Performance*), co stanowi dowód na skuteczność realizowanego treningu. W tym badaniu, zgodnie z oczekiwaniami autorów dobrze zaplanowany, specjalistyczny trening wzmacniający mięśnie stabilizacji centralnej zdecydowanie doprowadził do znacznej poprawy w czasie pokonywania dystansu 50 m stylem dowolnym. Według badaczy racjonalnym wyjaśnieniem tego może być większe zaangażowanie systemu motorycznego oraz zwiększona aktywność mięśni głębokich, które utrzymują opływową pozycję ciała, a tym samym pozwalają na efektywną pracę kończyn (generowanie dużej siły napędowej), co doprowadziło do poprawy czasu pokonania całego dystansu.

Podobne badania zostały przeprowadzone przez Westona i in. (2015). Celem ich pracy była ocena wpływu dwunastotygodniowego programu treningowego angażującego mięśnie stabilizacji centralnej na czas pokonywania dystansu 50 m stylem

dowolnym oraz pomiar aktywności mięśni funkcjonalnie związanych z pływaniem. Uczestnicy mieli za zadanie pokonanie w jak najszybszym czasie dystansu 50 m stylem dowolnym. W celu kontroli skuteczności interwencji autorów zastosowano test wydajności pracy ramion w płaszczyźnie strzałkowej, angażujący mięsień najszerszy grzbietu (*straight-arm latissimus dorsi pull-down test*), która jest integralną częścią stylu dowolnego. Aby, zweryfikować zmiany w wytrzymałości mięśni core uczestnicy wykonali czasowy test polegający na utrzymaniu jak najdłużej pozycji deski, która ściśle związana jest z pozycją horyzontalną zawodnika utrzymywaną w trakcie pływania. W celu dostarczenia dodatkowych informacji na temat adaptacji nerwowo-mięśniowej przeanalizowano aktywność EMG niektórych mięśni korpusu (mięśnie skośne zewnętrzne, mięsień wielodzielny, najszerszy grzbietu) w trakcie wykonywania określonych czynności. Maksymalne sygnały EMG reprezentują przewodzenie sieci neuronowej (Felici, 2006) i zmiany uważane są za adaptacje systemu nerwowego, a także wydają się odgrywać rolę w wyjaśnianiu przyrostu siły (Kallinen i in., 1998). Interwencja badaczy (Weston i in., 2015) polegała na wprowadzeniu w grupie eksperymentalnej trzech dodatkowych jednostek treningowych na tydzień. Program szkoleniowy składał się z siedmiu ćwiczeń angażujących mięśnie *core*, a w szczególności obszar dolnego odcinka kręgosłupa, kompleks lędźwiowo-miedniczny i górny odcinek rozciągający się do łopatek. W trakcie eksperymentu pływacy z obu grup realizowali także podstawowe szkolenie w wodzie. Analiza mierzonych parametrów wykazała znaczącą poprawę (2%) w czasie pokonywania dystansu 50 m stylem dowolnym w grupie eksperymentalnej. Zaobserwowano małą do umiarkowanej poprawę w testach wytrzymałości mięśni stabilizacji centralnej oraz teście wydajności pracy ramion. Badanie EMG wykazało wzrost (umiarkowany do dużego) maksymalnej aktywności mięśniowej najszerszego grzbietu, mięśni skośnych zewnętrznych oraz prostownika grzbietu. Wyniki wyraźnie wskazują na korzystny wpływ zastosowanego treningu mięśni stabilizujących na funkcjonowanie stabilizacji centralnej oraz wzrost wydajności pływackiej na krótkim dystansie (Weston i in., 2015).

Gencer (2018) przeprowadził badanie, którego celem była ocena wpływu ćwiczeń angażujących mięśnie stabilizujące na wybrane cechy fizyczne i zdolności motoryczne oraz wydajność pływania stylem dowolnym w grupie młodych zawodniczek. Eksperyment polegał na wprowadzeniu ćwiczeń wzmacniających mięśnie

stabilizacji centralnej o niskiej intensywności. Dodatkowe szkolenie realizowane było przez 8 tygodni, 5 razy w tygodniu, przez 20 minut przed każdą jednostką treningową w wodzie. Analizowano następujące parametry: masę ciała, wzrost i BMI pływaczek, siłę chwytu prawej i lewej dłoni, dystans skoku w dal i w górę, moc anaerobową kończyn dolnych, czas biegu na dystansie 30 m, czas wykonania 10 „pompek” oraz czas sprintu na dystansie 25 m i 50 m stylem dowolnym. Pomiary wykonywane były przed wprowadzeniem dodatkowego treningu oraz po ośmiu tygodniach. Wśród zawodniczek z grupy eksperymentalnej zaobserwowano istotną statystycznie poprawę w odległości skoku w przód oraz wysokości w górę, mocy anaerobowej kończyn dolnych, czasu biegu na dystansie 30 m oraz czasu wykonania 10 „pompek”. Odnotowano również istotną statystycznie poprawę w czasie pokonywania dystansu 25 oraz 50 m kraulem na piersiach. Niemniej jednak wyniki niniejszego eksperymentu nie są jednoznaczne, ponieważ analiza wykazała istotne statystycznie pozytywne zmiany w poszczególnych parametrach również w grupie kontrolnej. Podobnie jak w przypadku pływaczek z grupy szkoleniowej znaczące pozytywne zmiany zaobserwowano w skoku poziomym i pionowym, mocy anaerobowej kończyn dolnych oraz w czasie pokonania dystansu 50 m. Autorzy dodatkowo przeprowadzili analizę porównawczą uzyskanych rezultatów pomiędzy grupami (kontrolną i eksperymentalną), która nie ujawniła żadnych istotnych zmian. W związku z tym, iż w grupie kontrolnej nie odnotowano poprawy w czasie wykonywania „pompek”, biegu na 30 m oraz pływaniu na dystansie 25 m badacze uważają, że pływaczki z grupy kontrolnej rozwinęły się mniej w zakresie tych parametrów w stosunku do zawodniczek z grupy realizującej trening mięśni core. Biorąc pod uwagę efektywność pływania, a mianowicie czas pokonania dystansu 50 m stylem dowolnym w grupie eksperymentalnej zaobserwowano dużo wyższe wartości poprawy tego parametru (1-2 s) w stosunku do grupy kontrolnej. Skrócenie czasu na krótkim dystansie w granicach 1s, zwłaszcza w przypadku najszybszej techniki pływania jaką jest kraul na piersiach ma fundamentalne znaczenie, gwarantujące sukces sportowy. W związku ze znaczną poprawą czasu w grupie ćwiczeniowej autor twierdzi, iż trening mięśni stabilizacji centralnej o niskiej intensywności może pozytywnie wpłynąć na wydajność pływania stylem dowolnym.

Do podobnych wniosków doszli Gönener i in. (2017), którzy po przeprowadzeniu badań stwierdzili, iż trening z wykorzystaniem taśm Thera-Band (elastyczny opór) wpływa na poprawę wydajności pływaków. Eksperyment autorów

polegał na wprowadzeniu dodatkowego treningu siłowego z taśmami elastycznymi w postaci 3 jednostek na tydzień. Program treningowy trwał 8 tygodni, a każda jednostka realizowana była w czasie 45 min. Ćwiczenia obejmowały górną, środkową oraz dolną partię ciała, jednakże mięśnie stabilizacji centralnej angażowane były praktycznie we wszystkich pozycjach. Analizowano czas osiągnięty przez zawodników na dystansie 100 m stylem dowolnym. Zaobserwowano istotne statystycznie zmiany w czasie pokonywania dystansu 100 m w grupie eksperymentalnej, podczas gdy w grupie kontrolnej nie doszło do poprawy wyniku. Badacze wnioskujeją zatem, iż dobrze zaplanowany trening z zastosowaniem elastycznego oporu, angażujący odpowiednie partie mięśniowe pozytywnie wpływa na efektywność pływania.

Iizuka i in. (2016) zaprojektowali badanie, którego celem była ocena bezpośredniego efektu ćwiczeń stabilizacyjnych w pierwszej fazie wyścigu pływackiego (startu). W eksperymencie wzięło udział dziewięciu pływaków wysokiej klasy. Zadaniem uczestników było dwukrotne wykonanie skoku startowego z poślizgiem. Interwencja badaczy polegała na wprowadzeniu w drugiej próbie bezpośrednio przed wykonaniem skoku ćwiczeń stabilizacji centralnej. Dokonywano pomiaru dystansu, czasu i prędkości pływaka w czasie fazy lotu oraz prędkości zawodnika w wodzie do przekroczenia linii 5 m. Zaobserwowano istotną statystycznie różnicę w sumarycznym czasie obu faz, pomimo iż nie wykazano znaczącego skrócenia czasu fazy lotu oraz fazy podwodnej oddzielnie. Prędkość pływaka w fazie lotu nie uległa zmianie, natomiast doszło do wzrostu prędkości zawodnika pod wodą. Naukowcy przypuszczają, iż zastosowane ćwiczenia stabilizacyjne nie wpłynęły na przeniesienie siły napędowej na płytę bloku startowego. Mogły mieć jednak wpływ na aktywację mięśni głębokich tułowia, które z kolei zapewniają stabilną pozycję opływową ciała, co zapobiega niepotrzebnym ruchom tułowia w trakcie wejścia do wody. Dzięki temu opór zostaje zminimalizowany, co pozwala na zachowanie wysokiej prędkości. Redukcja prędkości po wejściu pływaka do wody znacznie obniżyła się (5,2%, $p=0,036$). Dystans fazy lotu nie zmienił się. Badacze wnioskujeją, iż ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie mogą prowadzić do skrócenia czasu trwania startu (do linii 5 m), a tym samym przyczynić się mogą do ogólnej poprawy wydajności pływania.

Dingley i in. (2015) przeprowadzili badania mające na celu ocenę wpływu oporowego treningu lądowego na siłę i moc oraz wydajność pływania w grupie

paraolimpijczyków. Interwencja badaczy polegała na wprowadzeniu programu szkoleniowego obejmującego ćwiczenia angażujące główne grupy mięśniowe, specyficzne dla ruchów pływackich w trakcie startu i nawrotu, posturalnej kontroli w wodzie oraz pociągnięcia (faza podwodna pracy ramion) i kopnięć (praca kończyn dolnych). Pływacy realizowali trening przez okres sześciu tygodni w postaci trzech jednostek treningowych na tydzień. Ćwiczenia skierowane były na dolną partię ciała w celu rozwoju kontroli i mocy poprzez mięśnie pośladkowe, górną część ciała celem wzmocnienia stabilności obręczy barkowej oraz tułowia dla aktywacji i kontroli stabilizacji centralnej. Dodatkowo na zakończenie każdej sesji treningowej zawodnicy wykonywali dodatkowe dwa ćwiczenia mięśni brzucha: skręty tułowia w siadzie równoważnym (*russian twist*) oraz boczne wznosy bioder na ławeczce (*bench oblique crunches*). Celem tego było połączenie wszystkich elementów strukturalnych i funkcjonalnych, aby doprowadzić do efektywnego przenoszenia sił w łańcuchu kinematycznym. Po sześciotygodniowym okresie szkoleniowym zaobserwowano skrócenie czasu na dystansie 50 m. Stwierdzono również zmniejszenie czasu pływania pod wodą na dystansie 5 i 15 m po odbiciu od ściany. Nie zaobserwowano zmian w poziomie siły i mocy generowanej na ergometrze pływackim, natomiast wystąpił duży wzrost mocy w trakcie testów skoczności. Badacze twierdzą, iż poprawa siły i kontroli mięśniowej była widoczna w zdolności utrzymywania bardziej stabilnej pozycji ciała w wodzie i generowania większej mocy w trakcie poślizgu (faza startu). Sugerują również, iż zaproponowany trening poprawił sekwencję aktywacji mięśniowej stosowanej przez paraolimpijczyków. Autorzy tłumaczą, iż w przypadku tego eksperymentu do poprawy wydajności sprinterskiej doprowadził bardziej wydajny start, prowadzący do skrócenia czasu na dystansach 5 i 15 m, a w ostateczności do poprawy w czasie pokonania całego dystansu. Badacze wnioskują, iż odpowiednio zaprogramowany trening lądowy, uwzględniający ćwiczenia górnej i dolnej części ciała oraz ćwiczenia stabilizacyjne, które pozwolą na utrzymywanie opływowej pozycji ciała w wodzie może wpłynąć na wzrost wydajności wyścigu pływackiego.

4. Cel pracy i założenia badawcze

Dotychczas zostało przeprowadzonych kilka badań oceniających wpływ treningu mięśni stabilizacji centralnej na efektywność pływania. Badania te za wskaźnik efektywności stosowały czas pokonania określonego dystansu, niektóre uwzględniały również prędkość, częstotliwość i długość kroku pływackiego. Według naszej wiedzy nie ma opracowania, które ocenia efektywność pływania nie tylko przez pryzmat końcowego efektu, jakim jest wynik sportowy, a szczegółowo analizuje poszczególne elementy wyścigu pływackiego (skok startowy, nawrót, pływanie na dystansie). Mimo powszechnego uznania, iż silne mięśnie stabilizacji centralnej wpływają na efektywność pływania istnieją prace, które wykazują jedynie marginalne znaczenie treningu stabilizacji centralnej na wynik (Reed i in., 2012; Weston i in., 2015). W związku z licznymi publikacjami, a także niejednoznacznymi wynikami badań zachodzi potrzeba kontynuowania prac w zakresie oceny wpływu treningu wzmacniającego mięśnie stabilizacji centralnej na efektywność pływania.

W niniejszym opracowaniu głównym celem badawczym jest określenie wpływu treningu wzmacniającego mięśnie stabilizacji centralnej na czas pokonania dystansu oraz efektywność wybranych elementów wyścigu pływackiego. Wyznacznikiem efektywności wybranych elementów wyścigu pływackiego będzie zwiększenie długości dystansu oraz prędkości w fazie lotu podczas skoku startowego, zwiększenie prędkości poślizgu na dystansie 5 m po odbiciu od ściany nawrotowej, a także wydłużenie kroku pływackiego lub zwiększenie frekwencji pracy ramion. Celem aplikacyjnym pracy jest opracowanie wytycznych dla trenerów i instruktorów odpowiedzialnych za szkolenie zawodników uprawiających pływanie umożliwiających racjonalnie i bezpiecznie prowadzić trening siłowy przyczyniający się do podniesienia poziomu sportowego pływaków.

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

1. Jak trening ukierunkowany na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej wpływa na wynik w pływaniu stylem dowolnym na dystansie 50 i 200 m?
2. Jak trening wzmacniający mięśnie stabilizacji centralnej wpływa na kinematyczne parametry techniki pływania kraulem na piersiach na dystansie 50 i 200 m, takie jak długość i częstotliwość kroku pływackiego oraz wskaźnik skuteczności pływania?
3. Jak trening ukierunkowany na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej wpływa na efektywność elementów składających się na skok startowy?
4. Jak trening ukierunkowany na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej wpływa na efektywność wykonania nawrotów?

Sformułowano także następujące **hipotezy badawcze**:

1. Program treningowy ukierunkowany na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej wpływa na poprawę wyniku sportowego na dystansach 50 i 200 m stylem dowolnym.
2. Ukierunkowany trening mięśni stabilizacji centralnej ma wpływ na poprawę efektywności parametrów kinematycznych techniki pływania kraulem na piersiach, przyczyniając się do wydłużenia kroku pływackiego lub zmiany frekwencji pracy ramion.
3. Ukierunkowany trening na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej przyczynia się do poprawy skuteczności skoku startowego poprzez zwiększenie odległości oraz prędkości w fazie lotu, a także skrócenie czasu trwania skoku startowego.
4. Ukierunkowany trening na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej przyczynia się do poprawy efektywności wykonania nawrotów poprzez skrócenie czasu pokonania pierwszych 5 m po odbiciu od ściany nawrotowej.

5. Materiał i metody badawcze

5.1. Podmiot badań

W badaniach uczestniczyło 14 pływaków sekcji sportowej AZS AWF Katowice posiadających I i wyższą klasę sportową oraz będących członkami Kadry Narodowej Seniorów i Młodzieżowców. Zawodnicy charakteryzowali się minimum 10-letnim doświadczeniem treningowym, a ich najlepsze wyniki oscylowały w granicach 800 punktów zgodnie z klasyfikacją FINA. Uczestnicy eksperymentu byli w tym samym okresie przygotowania do zawodów, tj. w podokresie przygotowania specjalnego. Zawodników poddano randomizacji na grupę eksperymentalną (E), która obejmowała 7 pływaków (n=7) oraz grupę kontrolną (K) obejmującą 7 zawodników (n=7). Pływacy z obu grup realizowali ten sam program treningowy (10 jednostek treningowych w wodzie i 2 treningi na siłowni w tygodniu). Pływaków z grupy E poddano dodatkowemu treningowi wzmacniającemu mięśnie stabilizacji centralnej, który odbywał się 3 razy w tygodniu przez okres 6 tygodni. Grupa K realizowała ten sam plan treningowy nie wykonując dodatkowego treningu stabilizacyjnego. Dla obu grup treningi w wodzie odbywały się w standardowych godzinach porannych (od 6.00 do 8.00) oraz popołudniowych (od 17.00 do 19.00). Trening siłowy wykonywany był w dniach, w których zawodnicy nie realizowali dodatkowego treningu stabilizacji centralnej. Zarówno trening siłowy jaki i trening eksperymentalny przeprowadzany był po porannej jednostce treningowej w wodzie. Trening wykonywany na potrzeby eksperymentu nie zaburzył właściwego procesu przygotowania pływaków do startu w zawodach. Wszyscy uczestnicy posiadali aktualne badania lekarskie oraz wykluczono u nich jakiegokolwiek przeciwwskazania do udziału w badaniach. Zawodnicy nie palili papierosów oraz nie stosowali niedozwolonych używek, narkotyków, żaden z pływaków nie przyjmował leków lub suplementów wpływających na wydolność fizyczną organizmu. W trakcie trwania eksperymentu wszyscy pływacy stosowali zbilansowaną dietę. Kaloryczność ustalana była indywidualnie na bazie pomiaru składu masy ciała oraz objętości i intensywności programu treningowego. Pływacy wyrazili także pisemną zgodę na udział w eksperymencie. Wszystkim zawodnikom przedstawiono cele, przewidywany czas trwania i przebieg badań. Sportowców poinformowano także o możliwości zrezygnowania z udziału w eksperymencie na każdym jego etapie. Projekt badań uzyskał aprobatę Uczelnianej Komisji

Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (Nr 8/2018). Dane antropometryczne zawodników przedstawiono w Tabeli 2. Pomiar wysokości ciała wykonano antropometrem (Seca 213, Seca GmbH & Co, Hamburg, Germany) z dokładnością do 0,5 cm, natomiast masę ciała oraz jego skład oznaczono metodą bioimpedancji elektrycznej przy pomocy urządzenia InBody 220 (Biospace Co. Japonia).

Tabela 2. Wiek, cechy somatyczne oraz punkty FINA badanych pływaków w podziale na grupę eksperymentalną i kontrolną

| Zmienne | E | K | Różnica (%) | Wartość p |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| Wiek (lata) | 22,4 ± 0,79 | 21,6 ± 0,98 | 0,8 (3,8%) | 0,096 |
| Masa ciała (kg) | 80,3 ± 6,25 | 75,9 ± 5,93 | 4,4 (5,4%) | 0,207 |
| Wysokość ciała (cm) | 185,6 ± 3,60 | 182,5 ± 3,16 | 3,1 (1,6%) | 0,120 |
| Tkanka tłuszczowa (%) | 6,4 ± 1,72 | 8,4 ± 2,60 | -2,0 (-30,1%) | 0,127 |
| Beztłuszczowa masa tułowia (kg) | 30,5 ± 1,20 | 29,3 ± 1,40 | 1,2 (4,0%) | 0,107 |
| FINA (pkt) | 772,3 ± 60,90 | 717,4 ± 58,78 | 54,9 (7,1%) | 0,112 |

5.2. Przebieg i organizacja badań

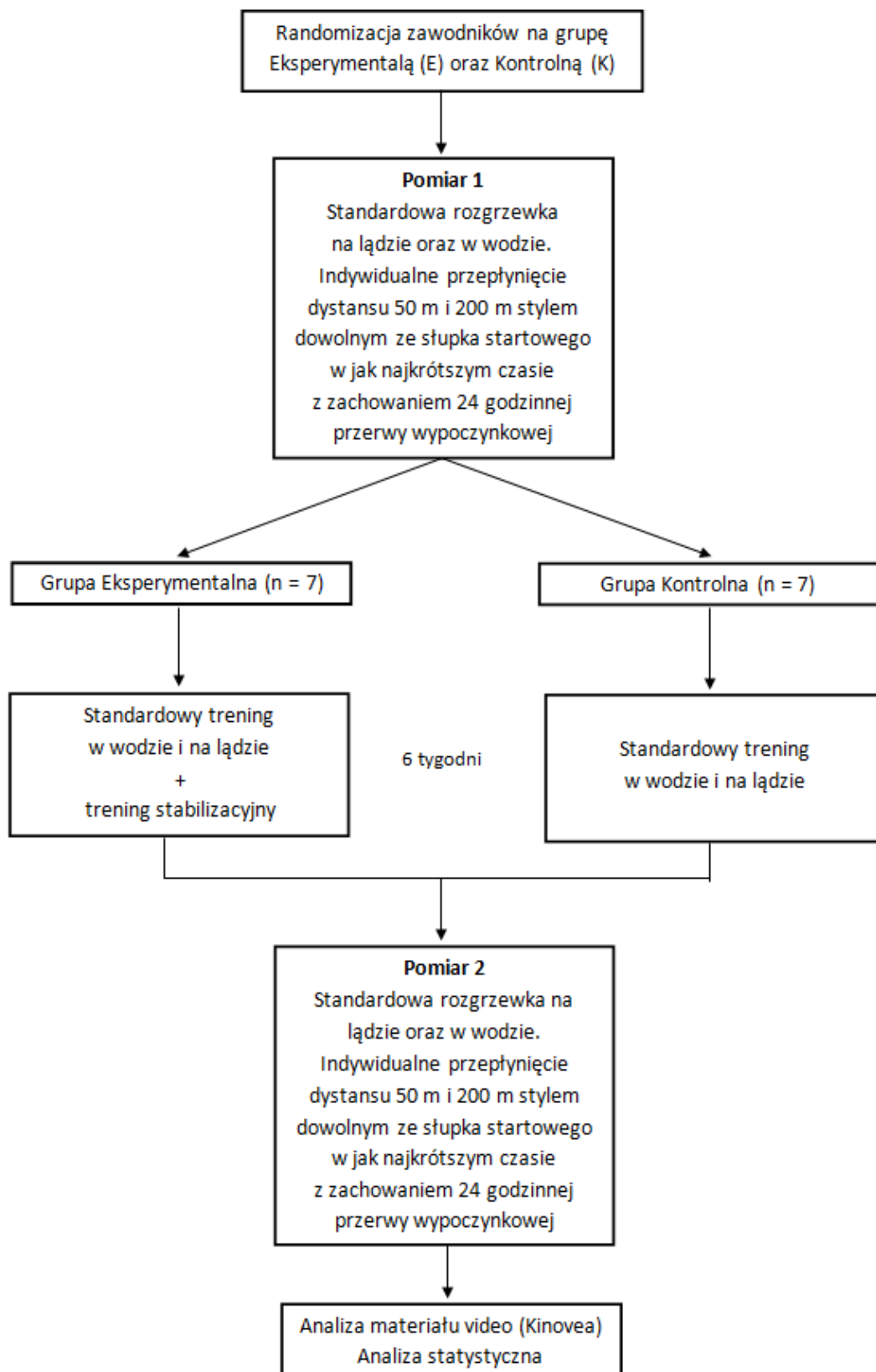
Program treningowy trwający sześć tygodni składał się z 18 jednostek ukierunkowanego treningu na lądzie. Czas trwania części głównej jednostki nie przekraczał 25 minut. Zgodnie z celem badań opracowany program treningowy obejmował ćwiczenia angażujące mięśnie stabilizujące (obszar tułowia), inaczej zwane mięśniami core, których niezwykle istotną część stanowią mięśnie głębokie, które biorą udział w stabilizacji całego ciała oraz zapewniają funkcjonalną stabilizację odcinka lędźwiowego i miednicy (Bishop i in., 2013; Hibbs i in., 2008; Karpiński i Gołaś, 2018; Weston i in., 2015). Każda jednostka treningowa składała się z czterech ćwiczeń: nożyc pionowych, scyzoryków do jednej nogi, wyprostów tułowia na piłce gimnastycznej oraz skrętów tułowia („*russian twist*”). Progresja polegała na zmianie pozycji ułożeniowej, dodaniu elementu ruchu, niestabilnego podłoża lub zwiększeniu obciążenia. Te same jednostki treningowe realizowano 3 razy w tygodniu. W zależności od ćwiczenia

progresję stosowano w odstępach tygodniowych lub dwutygodniowych. W sytuacji, gdy pływak nie był w stanie wykonać ćwiczenia z danym oporem, wracał do obciążenia z poprzedniego mikrocyklu. Wszystkie ćwiczenia wykonywano w 4 seriach w układzie 40 sekund pracy – 20 sekund przerwy pomiędzy seriami. Czas trwania szkolenia oraz liczba serii zostały ustalone na podstawie doświadczeń trenerskich szkoleniowców, ale są one również uzasadnione w literaturze. Wielu autorów sugeruje wdrożenie ćwiczeń stabilizacyjnych i określoną liczę serii (Sweetenham i Atkinson, 2003; Salo i Riewald, 2008). Szczegółowy program treningowy przedstawiono w Tabeli 3. Ilustracje ćwiczeń z uwzględnieniem progresji zamieszczono w aneksie.

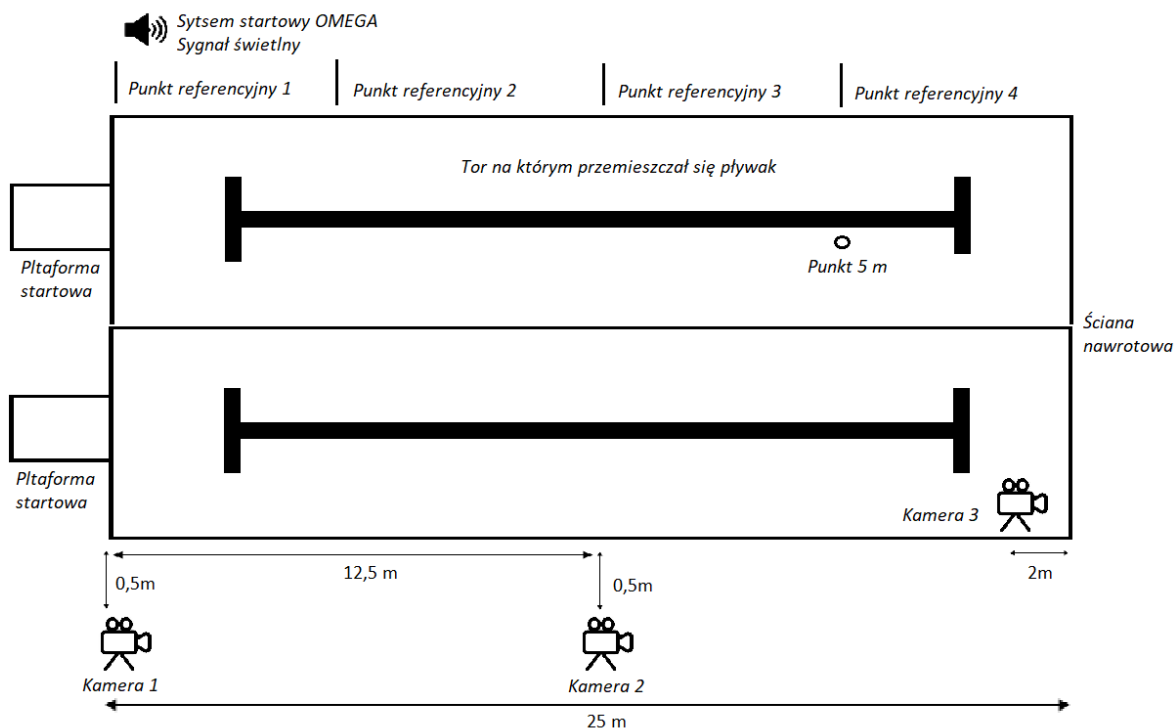
Tabela 3. Harmonogram sześciotygodniowego programu treningowego

| | Nożyce pionowe | Scyzoryki do jednej nogi | Wyprosty tułowia na piłce gimnastycznej | Skręty tułowia w pozycji siadu równoważnego |
|-------------------|--|--|---|---|
| 1. tydzień | Ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej | Bez dodatkowego obciążenia | Ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej bez dodatkowego obciążenia | Bez dodatkowego obciążenia |
| 2. tydzień | Ramiona w pozycji torpedowej | Bez dodatkowego obciążenia | Ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej bez dodatkowego obciążenia | Bez dodatkowego obciążenia |
| 3. tydzień | Ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej + obciążniki na kostkach | Hantelki trzymane w obu dłoniach | Piłka lekarska trzymana w rękach przy klatce piersiowej | Kettlebell trzymany w obu dłoniach |
| 4. tydzień | Ramiona w pozycji torpedowej + obciążniki na kostkach | Hantelki trzymane w obu dłoniach | Piłka lekarska trzymana w rękach przy klatce piersiowej | Kettlebell trzymany w obu dłoniach |
| 5. tydzień | Ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej + obciążniki na kostkach + poduszka sensomotoryczna | Hantelki trzymane w obu dłoniach + obciążnik na kostce | Wyprost tułowia + wyrzut piłki lekarskiej w przód | Kettlebell trzymany w obu dłoniach + poduszka sensomotoryczna |
| 6. tydzień | Ramiona w pozycji torpedowej + obciążniki na kostkach + poduszka sensomotoryczna | Hantelki trzymane w obu dłoniach + obciążnik na kostce | Wyprost tułowia + wyrzut piłki lekarskiej w przód | Kettlebell trzymany w obu dłoniach + poduszka sensomotoryczna |

Badania składały się z dwóch etapów: poprzedzających eksperyment oraz wykonanych po zakończonym eksperymencie. Zastosowano w nich identyczną procedurę badawczą, tę samą porę dnia oraz kolejność zawodników. Pomiary przeprowadzono na 25. metrowej pływalni (Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach) trzy dni przed rozpoczęciem i po zakończeniu wprowadzonego treningu mięśni stabilizacji centralnej. Podczas pomiarów temperatura powietrza wynosiła $\sim 25^{\circ}\text{C}$, temperatura wody $\sim 27^{\circ}\text{C}$, pH wody $\sim 6,93$, a względna wilgotność powietrza oscylowała na poziomie $\sim 60\%$. Zadaniem pływaków było indywidualne przepłynięcie dystansów 50 i 200 m stylem dowolnym ze słupka startowego w jak najkrótszym czasie, z zachowaniem 24-godzinnej przerwy wypoczynkowej pomiędzy oboma startami. Przed przystąpieniem do startu każdy zawodnik odbył standardową rozgrzewkę na lądzie oraz w wodzie. Kolejne etapy eksperymentu przedstawiono na Rycinie 2.



Rycina 2. Schemat blokowy przedstawiający kolejne etapy eksperymentu.



Rycina 3. Ustawienie kamer na pływalni w czasie pomiarów wykonywanych przed (Pomiar 1) i po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej (Pomiar 2).

5.3. Narzędzia oraz techniki badawcze

W celu zapewnienia dokładnych pomiarów czasów uzyskanych przez uczestników użyto elektronicznego systemu pomiaru czasu Omega (OMEGA S.A., Switzerland). Wyścig pływacki rejestrowany był za pomocą dwóch cyfrowych kamer video (JVC GC-PX100BE, Japan) z ustawieniem czasu otwarcia migawki 1/1000 przy częstotliwości odświeżania 50 Hz. Jedną z kamer ustawiono 1,5 m nad wodą w odległości 2 m od ściany startowej prostopadle do kierunku drogi pokonywanej przez pływaka w celu rejestracji wszystkich nadwodnych elementów skoku startowego. Drugą kamerę umieszczono 1,5 m nad wodą, dokładnie w połowie długości pływalni (12,5 m od ściany startowej), aby zarejestrować pływanie na dystansie. Obie kamery zamontowane zostały na statywach ustawionych 0,5 m od krawędzi niecki basenowej, prostopadle do kierunku poruszania się pływaka. W celu rejestracji poślizgu po nawrocie trzecią kamerę (Sony FDR-X3000, Japan) umieszczono pod wodą w odległości 2 m od ściany nawrotowej na głębokości 1 m na ścianie bocznej niecki

basenowej. Obiektyw kamery umieszczonej w wodzie obejmował ścianę, na której zawodnicy wykonywali nawrót oraz znacznik wskazujący odległość 5 m od ściany. W celu zapewnienia dokładnej analizy czasowo-ruchowej na całej długości obszaru, w którym przemieszczał się pływak ustawiono referencyjne tyczki o znanych długościach. Analizowano następujące parametry skoku startowego: dystans fazy lotu (cm), czas odbicia i fazy lotu (s), czas na słupku (czas reakcji) (s), czas fazy lotu (s), prędkość pływaka w fazie lotu ($m \cdot s^{-1}$), kąt wejścia do wody ($^{\circ}$). Zmierzono czas na dystansie 5 metrów po nawrocie, a następnie wyliczono prędkość jaką uzyskuje zawodnik po odbiciu od ściany nawrotowej na dystansie pierwszych 5 metrów od ściany. Ponadto, na podstawie danych dotyczących prędkości pływania i czasu trwania trzech pełnych cykli ruchowych wyliczono częstotliwość oraz długość kroku pływackiego, a także wskaźnik skuteczności pływania. Szczegółowy opis wszystkich mierzonych parametrów zamieszczono w Tabeli 4. Analiza zapisu video dokonywana była 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 wyścigów zostało ocenionych za pomocą współczynnika korelacji międzyklasowej (ICC). Wynik współczynnika ICC zawierał się w przedziale od 0.979 (95% PU, 0.972–0.984) do 0.994 (95% PU, 0.983–0.997).

Tabela 4. Szczegółowy opis parametrów mierzonych przy wykorzystaniu programu Kinovea

| | |
|--|---|
| Dystans fazy lotu (m) | Odległość od ściany startowej do miejsca pierwszego kontaktu dłoni pływaka z wodą, mierzona równolegle do tafli wody (długość fazy lotu) |
| Czas odbicia i fazy lotu (s) | Czas od momentu sygnału startowego do pierwszego kontaktu dłoni pływaka z wodą |
| Czas reakcji (s) | Czas od momentu sygnału startowego do ostatniego kontaktu stopy ze słupkiem startowym |
| Czas fazy lotu (s) | Czas od momentu ostatniego kontaktu stopy ze słupkiem startowym do pierwszego kontaktu dłoni pływaka z wodą |
| Prędkość zawodnika w fazie lotu ($m \cdot s^{-1}$) | Pozioma prędkość zawodnika w czasie fazy lotu, mierzona na podstawie długości fazy lotu oraz czasu zawodnika w powietrzu (do pierwszego kontaktu dłoni pływaka z wodą) |
| Kąt wejścia do wody (stopnie) | Kąt wejścia pływaka do wody mierzony w momencie pierwszego kontaktu zawodnika z lustrem wody. Kąt zawarty między osią środkową ciała, a taflą wody |
| Czas 5 metrów po nawrocie (s) | Czas pokonania przez pływaka dystansu 5 m po odbiciu od ściany nawrotowej (pomiar czasu wykonany od momentu ostatniego kontaktu stóp pływaka ze ścianą nawrotową do przekroczenia przez dłonie pływaka linii 5 m) |

| | |
|---|--|
| Prędkość po nawrocie ($m \cdot s^{-1}$) | Prędkość uzyskana przez zawodnika na dystansie 5 m po odbiciu od ściany nawrotowej |
| Prędkość pływania ($m \cdot s^{-1}$) | Prędkość mierzona na podstawie czasu pokonania przez pływaka dystansu 5 m w środkowym sektorze pływalni (10 m do 15 m). Pomiar dokonywany na każdym odcinku pokonywanego dystansu 50 i 200 m. |
| Czas 3 cykli (s) | Czas trzech pełnych cykli ruchowych mierzony od pierwszego kontaktu dłoni z wodą do czwartego kontaktu tej samej dłoni z taflą wody wykonanych w środkowym sektorze pływalni (10 m do 15 m). Czas trzech cykli zmierzono na każdym odcinku pokonywanego dystansu 50 i 200 m. |
| Częstotliwość kroku SR ($1 \cdot s^{-1}$) | Ilość wykonanych cykli w czasie sekundy ($SR = 60 \times 3 / \text{czas 3 cykli}$). |
| Długość kroku SL (m) | Długość kroku pływackiego, czyli odległość jaką pływak pokonuje w trakcie jednego cyklu ruchowego ($SL = \text{prędkość} \times 60 / SR$). |
| Wskaźnik skuteczności pływania WS | Wskaźnik skuteczności pływania wyliczany jako iloczyn średniej prędkości pływania na dystansie oraz średniej długości kroku pływackiego ($SI = V_{SR} \times SL_{SR}$). |

3.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej

Zebrany materiał badawczy został opracowany narzędziami analizy statystycznej, w wyniku których obliczone zostały podstawowe miary statystyczne, tj. średnie arytmetyczne (\bar{X}), 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. Ocena efektów zastosowanego treningu mięśni stabilizacji centralnej dla dystansu 50 m oraz wybranych parametrów dla dystansu 200 m została dokonana za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji w układzie powtarzanych pomiarów. Pierwszy międzygrupowy czynnik doświadczalny stanowiła grupa badawcza z dwoma poziomami: Eksperymentalna i Kontrolna. Czynnik powtarzanych pomiarów stanowił czas przeprowadzenia testów, tj. Przed wprowadzeniem treningu stabilizacji centralnej oraz Po zakończeniu realizacji tegoż treningu. W przypadku oceny efektów dla parametrów rejestrowanych na każdej długości pływalni podczas pokonywania dystansu 200 m zastosowano wielowymiarową analizę wariancji z powtórnie powtarzanym pomiarem. Pierwszym międzygrupowym czynnikiem doświadczalnym była grupa badawcza z dwoma poziomami:

Eksperymentalna i Kontrolna, natomiast czynnikami powtarzanych pomiarów były: czas przeprowadzenia testów, tj. Przed wprowadzeniem treningu stabilizacji centralnej oraz Po zakończeniu realizacji tegoż treningu, a także kolejny 25 m odcinek z dystansu 200 m. Do weryfikacji hipotezy zerowej użyto testu F, a procedurę porównań wielokrotnych – uwzględniającą statystyczną istotność zmiennej zależnej oparto na teście Tukeya, na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Przed przystąpieniem do analizy wariancji zostały zweryfikowane założenia do jej wykonania, tj. ocena normalności rozkładu dla wszystkich zmiennych oraz sprawdzenie założenia sferyczności wykonane za pomocą testu Mauchly'a (Stanisz 2006). W przypadku braku spełnienia założenia o sferyczności (wyniki testu Mauchly'ego, $W < 0,001$, $p < 0,001$) stosowano na dalszych etapach analizy rozwiązanie polegające na korekcie stopni swobody w teście F za pomocą obliczonego w tym celu współczynnika Greenhouse – Geissera (ϵ G-G).

W celu oceny procentowego zakresu zmian wyników zarejestrowanych w każdej z grup po zakończeniu eksperymentu w stosunku do wyników zarejestrowanych przed eksperymentem zastosowana została formuła: różnica względna ($\Delta\%$) = ((wynik Po – wynik Przed)/wynik Przed) \times 100. Ponadto dla określenia wielkości różnicy pomiędzy tymi parametrami obliczono standaryzowaną wielkość efektu (*Cohen's d effect size*) przy użyciu: średniego odchylenia standardowego wyliczonego z pomiarów parametrów zarejestrowanych Przed wprowadzeniem treningu stabilizacji centralnej oraz Po zakończeniu realizacji tegoż treningu (w mianowniku) i różnicy między tymi parametrami (w liczniku). Wielkości efektów były oceniane jako: efekt trywialny $<0,2$; mały $\geq 0,2$ & $<0,6$; średni $\geq 0,6$ & $<1,2$; duży $\geq 1,2$ & <2 ; oraz bardzo duży ≥ 2 według progów określonych przez Hopkinsa i in., (2009).

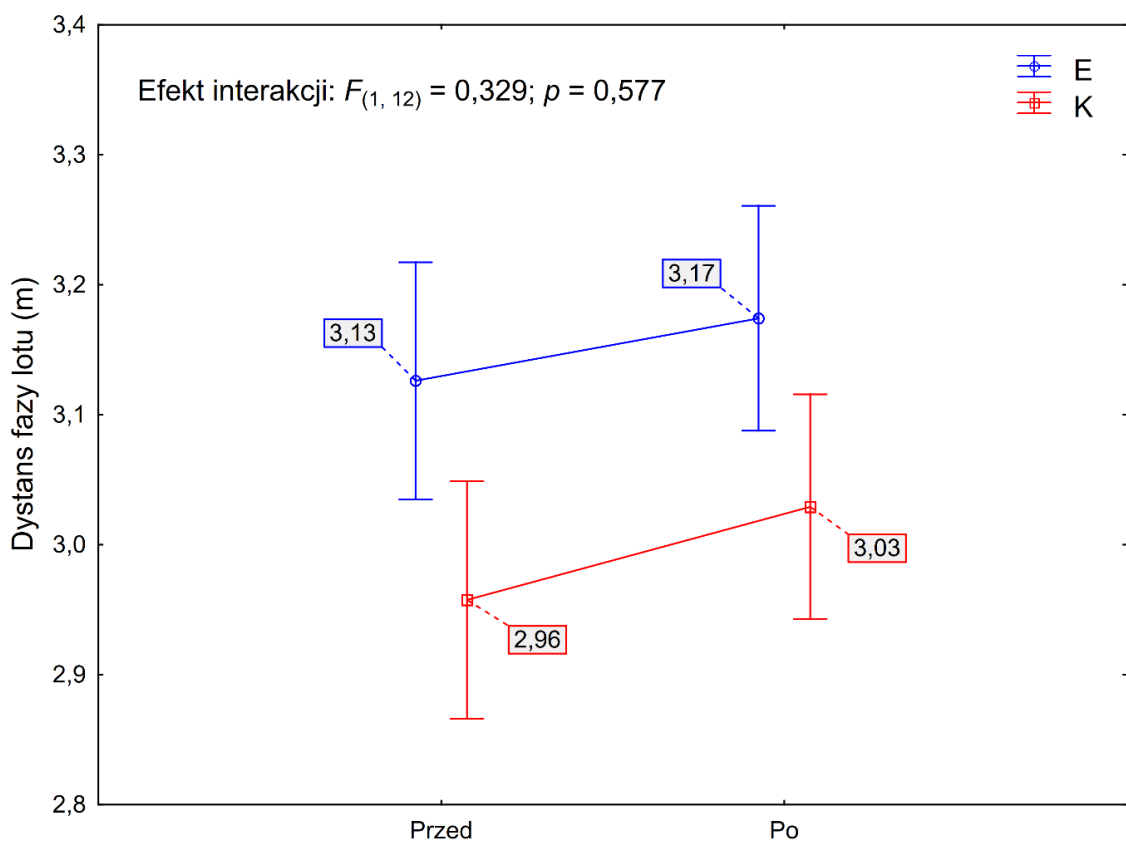
Wszystkie obliczenia zostały wykonane z pomocą pakietu statystycznego STATISTICA ver. 13 PL firmy TIBCO Software Inc. (2017). Do opracowania graficznego wyników wykorzystano także program Excel z pakietu Microsoft Office ver. 2019 firmy Microsoft®.

6. Wyniki

6.1. Skok startowy – dystans 50 m

Dystans fazy lotu

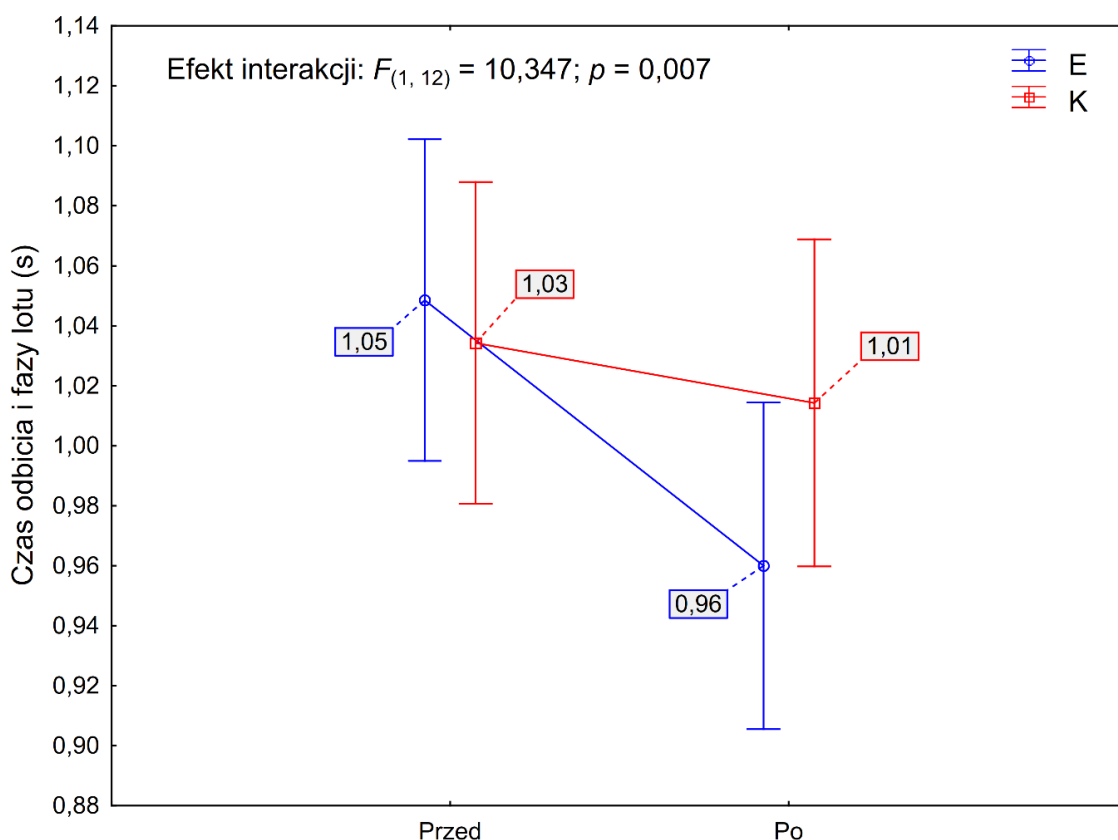
Zaobserwowano istotną statystycznie różnicę w długości dystansu fazy lotu w pomiarach wykonywanych przed interwencją pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną ($3,13 \pm 0,08$ m vs. $2,96 \pm 0,14$ m; $p = 0,013$). W obu grupach stwierdzono wydłużenie dystansu fazy lotu. W grupie eksperymentalnej dystans ten wydłużył się o 0,05 m ($3,13 \pm 0,08$ m vs. $3,17 \pm 0,08$ m; $\Delta = 0,05$ (1,54%); $p = 0,18$; ES = umiarkowany), podczas gdy w grupie kontrolnej dystans fazy lotu zwiększył się o 0,07 m i była to różnica istotna statystycznie ($2,96 \pm 0,14$ m vs. $3,03 \pm 0,12$ m; $\Delta = 0,07$ (2,42%); $p = 0,032$; ES = mały) (Aneks - Tab. 1).



Rycina 4. Zmiany długości fazy lotu w czasie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 50 m.

Czas odbicia i fazy lotu

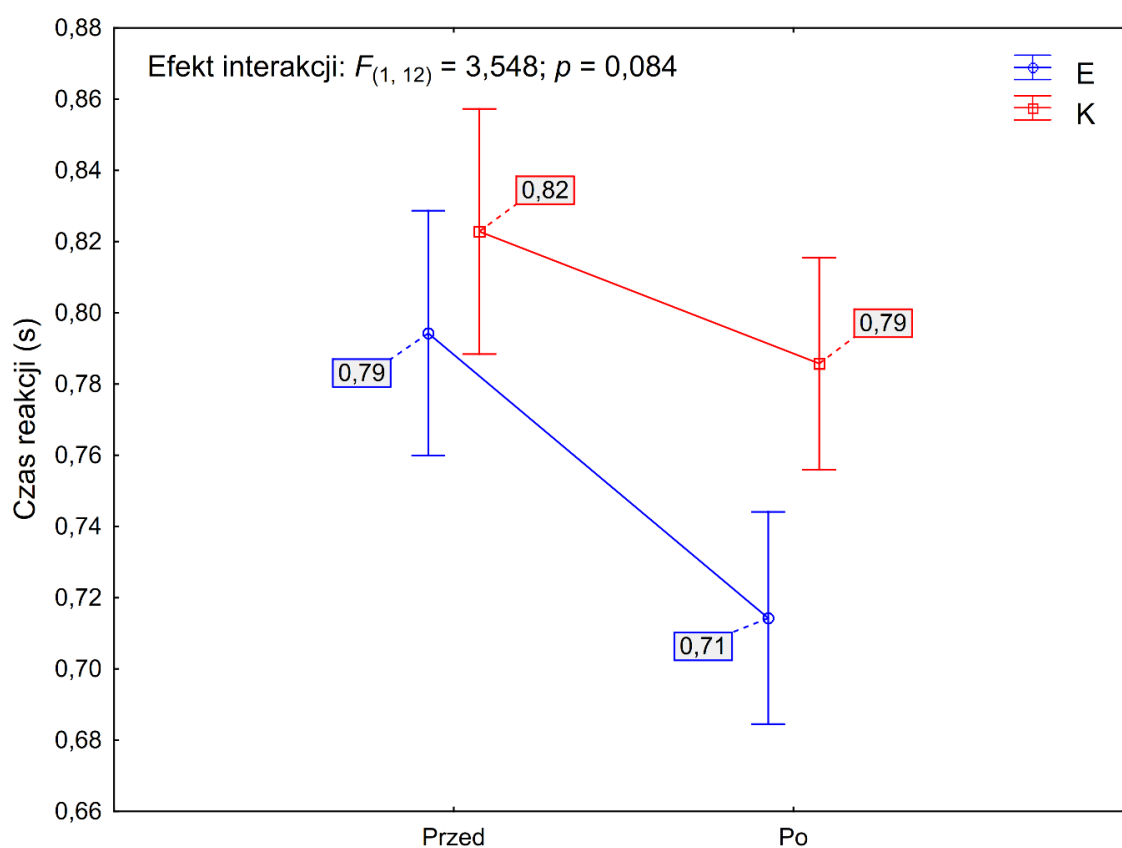
Nie stwierdzono różnic w czasie odbicia i fazy lotu pomiędzy grupami (E i K) zarówno w pomiarach wykonywanych na początku eksperymentu oraz po okresie sześciu tygodni. Odnotowano istotny spadek czasu w grupie eksperymentalnej po wprowadzonym treningu stabilizacji centralnej ($1,05 \pm 0,03$ s vs. $0,96 \pm 0,05$ s; $\Delta = -0,09$ (-8,45%); $p = 0,002$; ES = bardzo duży), podczas gdy w grupie kontrolnej nie odnotowano istotnej statystycznie różnicy ($1,03 \pm 0,09$ s vs. $1,01 \pm 0,08$ s; $\Delta = -0,02$ (-1,93%); $p = 0,197$; ES = mały). W związku z dużą zmianą w czasie odbicia i fazy lotu w grupie eksperymentalnej oraz niewielką różnicą w grupie kontrolnej odnotowano istotną statystycznie interakcję ($p = 0,007$) (Aneks - Tab. 1).



Rycina 5. Zmiany czasu trwania odbicia i fazy lotu w trakcie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 50 m.

Czas reakcji

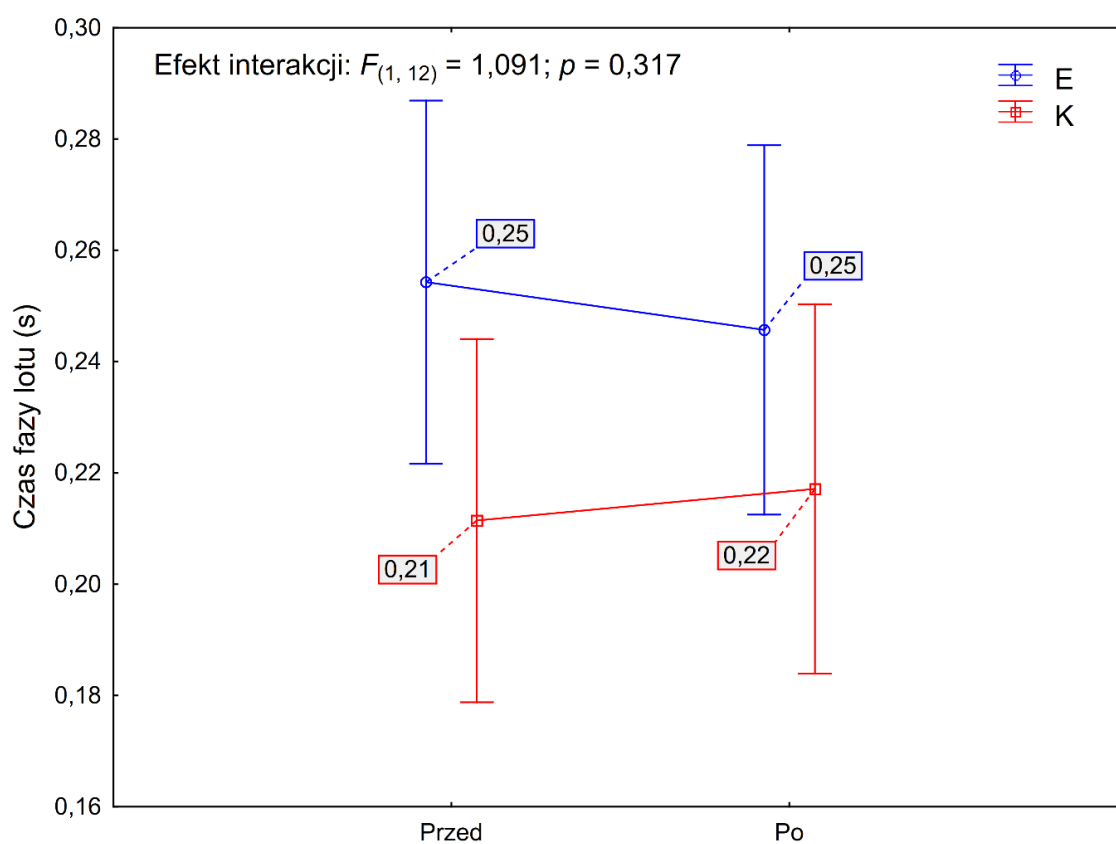
Na podstawie wyników pomiaru czasu reakcji zawodników (czas od momentu sygnału startowego do ostatniego kontaktu stopy ze słupkiem startowym) nie stwierdzono różnicy pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach wstępnych ($0,79 \pm 0,03$ s vs. $0,82 \pm 0,05$ s), jednakże odnotowano istotną statystycznie różnicę między grupami ($p = 0,015$) po zakończeniu szkolenia ($0,71 \pm 0,03$ s vs. $0,79 \pm 0,04$ s). W obu grupach odnotowano skrócenie czasu reakcji po okresie sześciu tygodni. W grupie eksperymentalnej uzyskana wartość czasu reakcji stanowi poprawę o 10,07% ($0,79 \pm 0,03$ s vs. $0,71 \pm 0,03$ s; $\Delta = -0,08$ (-10,07%); $p = 0,003$; ES = bardzo duży), natomiast w grupie kontrolnej o 4,51% ($0,82 \pm 0,05$ s vs. $0,79 \pm 0,04$ s; $\Delta = -0,04$ (-4,51%); $p=0,060$; ES = umiarkowany) (Aneks - Tab. 1).



Rycina 6. Zmiany czasu reakcji zawodników z grupy eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w trakcie skoku startowego na dystansie 50 m.

Czas fazy lotu

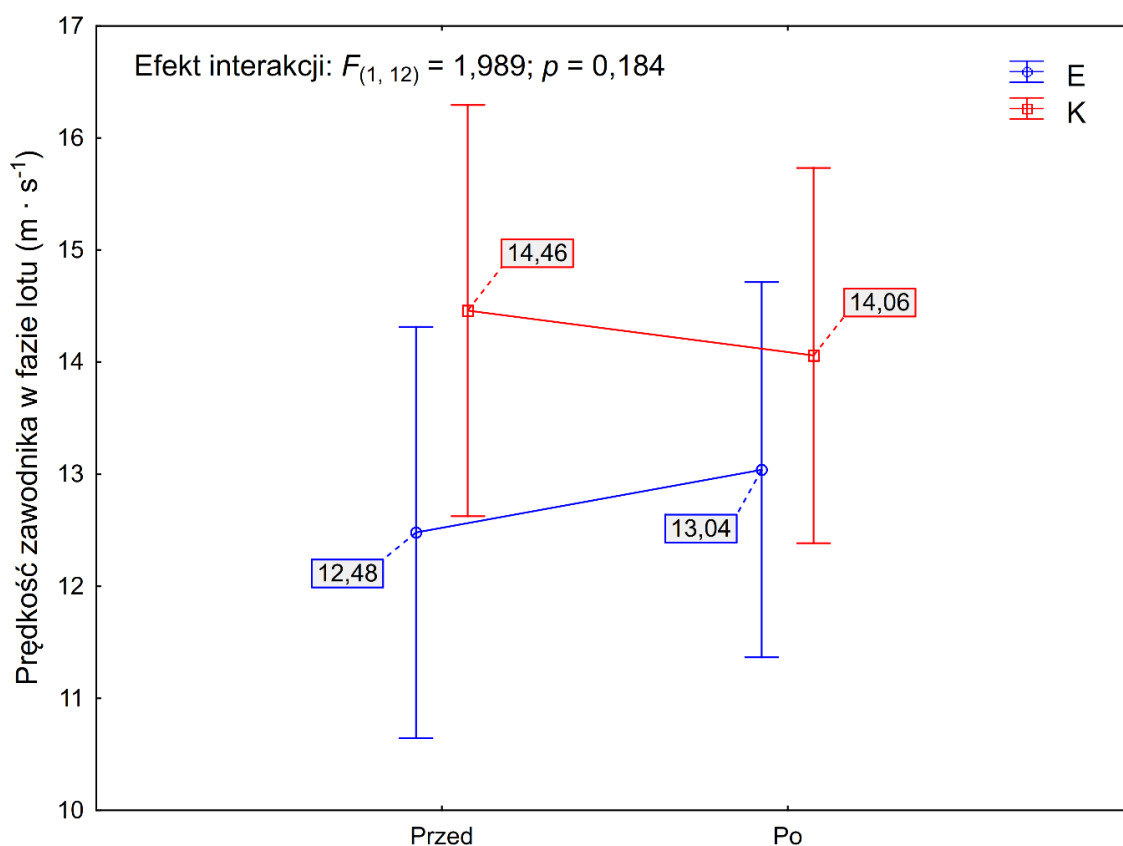
Czas uzyskiwany przez pływaków w fazie lotu w obu grupach nie zmienił się istotnie statystycznie po zakończeniu eksperymentu, jednakże w grupie realizującej dodatkowy trening doszło do niewielkiego skrócenia czasu trwania lotu ($0,25 \pm 0,04$ s vs. $0,25 \pm 0,03$ s; $\Delta = -0,01$ (-3,37%); $p = 0,289$; ES – mały), natomiast w grupie kontrolnej odnotowano minimalne wydłużenie tej fazy ($0,21 \pm 0,04$ s vs. $0,22 \pm 0,05$ s; $\Delta = 0,01$ (2,7%); $p = 0,637$; ES – trywialny). Zarówno w pomiarach przed i po okresie treningowym nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami (E i K) (Aneks - Tab.1).



Rycina 7. Zmiany czasu trwania fazy lotu w trakcie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 50 m.

Prędkość zawodnika w fazie lotu

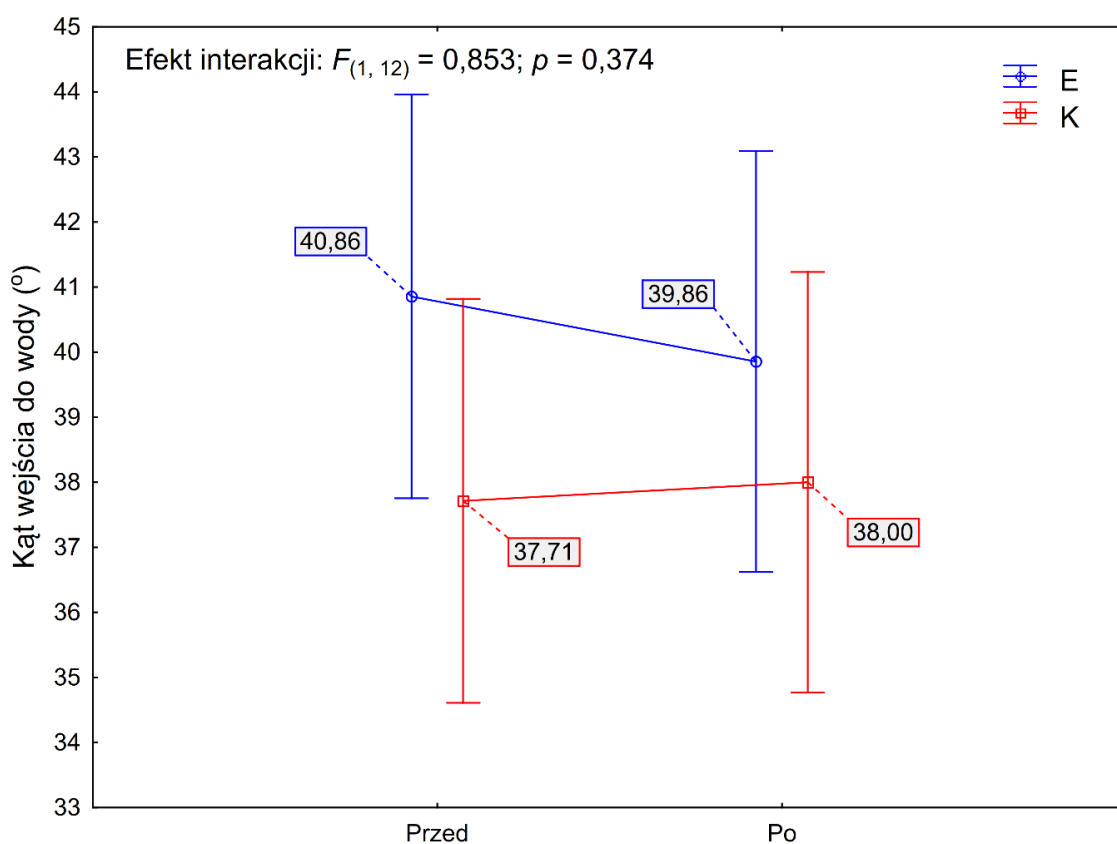
Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w pomiarach prędkości zawodnika w fazie lotu prowadzonych przed i po sześciotygodniowej interwencji w postaci treningu stabilizacji centralnej. Zaobserwowano istotny statystycznie wzrost prędkości pływaków w fazie lotu w grupie eksperymentalnej po treningu ($12,48 \pm 1,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $13,04 \pm 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 0,56$ (4,49%); $p = 0,045$; ES = mały), podczas gdy w grupie kontrolnej nie odnotowano istotnej różnicy ($14,46 \pm 2,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $14,06 \pm 2,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = -0,4$ (-2,78%); $p = 0,556$; ES = trywialny) (Aneks - Tab. 1).



Rycina 8. Zmiany prędkości osiągananej przez zawodników w czasie fazy lotu w trakcie skoku startowego na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K).

Kąt wejścia do wody

Kąt wejścia do wody nie zmienił się istotnie w obu grupach po okresie dodatkowego szkolenia, jednakże w grupie eksperymentalnej zmniejszył się ($40,86 \pm 4,14$ vs. $39,86 \pm 4,56$; $\Delta = -1$ (-2,45%); $p = 0,491$; ES = mały), podczas gdy w grupie kontrolnej doszło do minimalnego zwiększenia kąta wejścia ($37,71 \pm 3,35$ vs. $38 \pm 3,16$; $\Delta = 0,29$ (0,76%); $p = 0,356$; ES = trywialny). Nie odnotowano różnic w wartościach kąta wejścia do wody pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach wykonywanych na początku i końcu eksperymentu (Aneks - Tab.1).

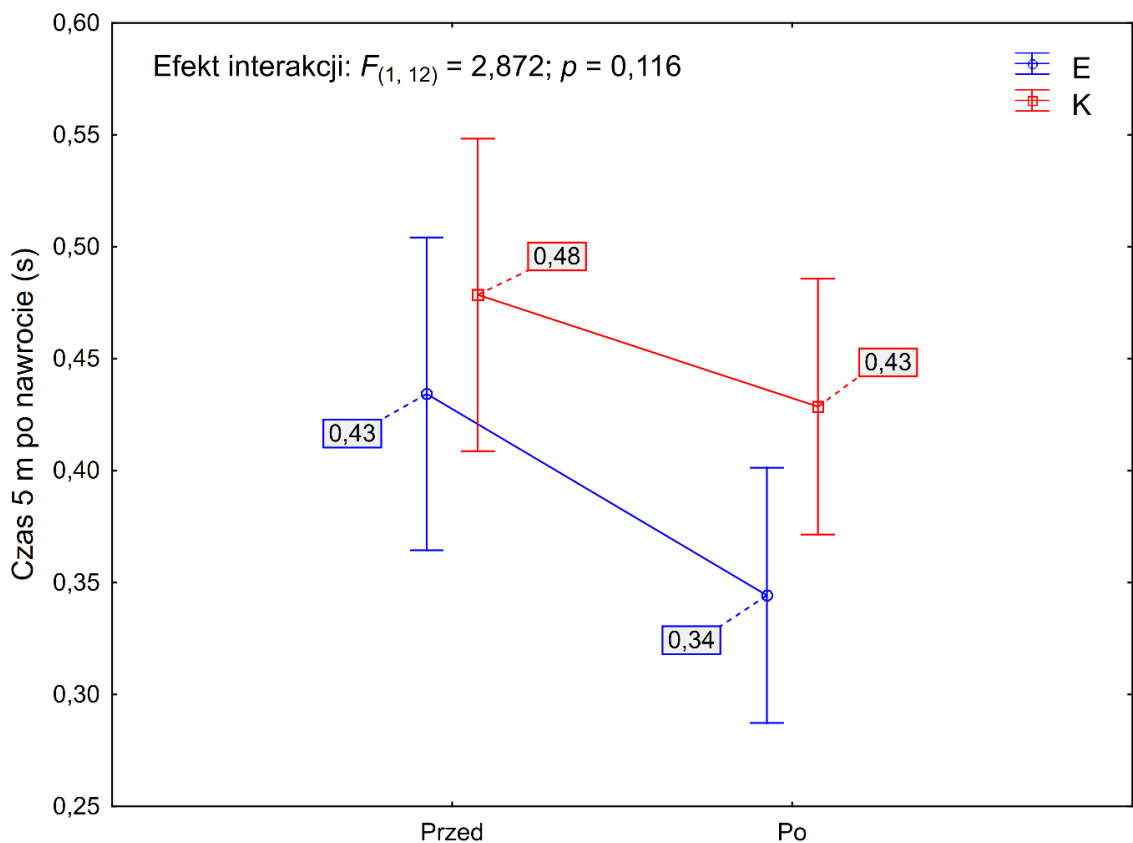


Rycina 9. Zmiany wartości kąta wejścia do wody zawodników z grupy eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w trakcie skoku startowego na dystansie 50 m.

6.2. Nawrót – dystans 50 m

Czas 5 m po nawrocie

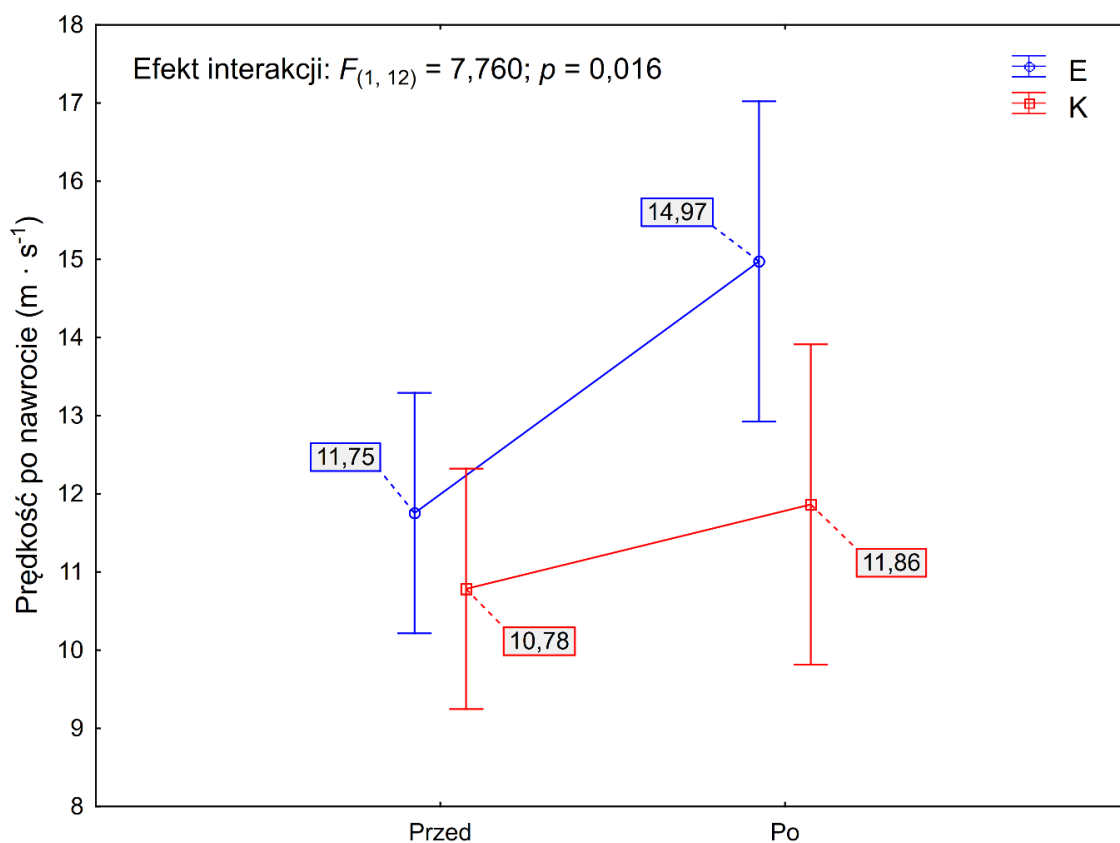
Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w czasie pokonania dystansu 5 m bezpośrednio po nawrocie pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w testach wykonanych przed i po sześciotygodniowym treningu stabilizacji centralnej. W grupie ćwiczeniowej odnotowano istotne statystycznie skrócenie czasu pokonania dystansu 5 m po okresie treningu stabilizacyjnego ($0,43 \pm 0,07$ s vs. $0,34 \pm 0,06$ s; $\Delta = -0,09$ (-20,72%); $p = <0,001$; ES = duży). W grupie kontrolnej nie zaobserwowano istotnej statystycznie różnicy po okresie sześciu tygodni, jednak czas pokonania dystansu 5 m po nawrocie w tej grupie skrócił się ($0,48 \pm 0,1$ s vs. $0,43 \pm 0,07$ s; $\Delta = -0,05$ (-10,45%); $p = 0,056$; ES = mały) (Aneks -Tab. 2).



Rycina 10. Zmiany w czasie osiąganym przez zawodników na dystansie 5 m bezpośrednio po nawrocie z grupy eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 50 m.

Prędkość po nawrocie

Nie odnotowano istotnej statystycznie różnicy w uzyskanej prędkości pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach przeprowadzonych przed i po okresie sześciu tygodni. Stwierdzono istotny statystycznie wzrost prędkości na dystansie 5 m bezpośrednio po nawrocie w grupie eksperymentalnej po zakończeniu treningu stabilizacji centralnej ($11,75 \pm 1,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $14,97 \pm 2,82 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 3,22$ (27,4%); $p = 0,001$; ES = duży). W grupie kontrolnej nie zaobserwowano istotnej statystycznie zmiany, jednak doszło do minimalnego wzrostu prędkości ($10,78 \pm 1,93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $11,86 \pm 2,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 1,08$ (10,03%); $p = 0,084$; ES = mały). W związku z dużym wzrostem prędkości w grupie eksperymentalnej i niewielkiej zmianie w grupie kontrolnej odnotowano istotną statystycznie interakcję ($p = 0,016$) (Aneks -Tab. 2).

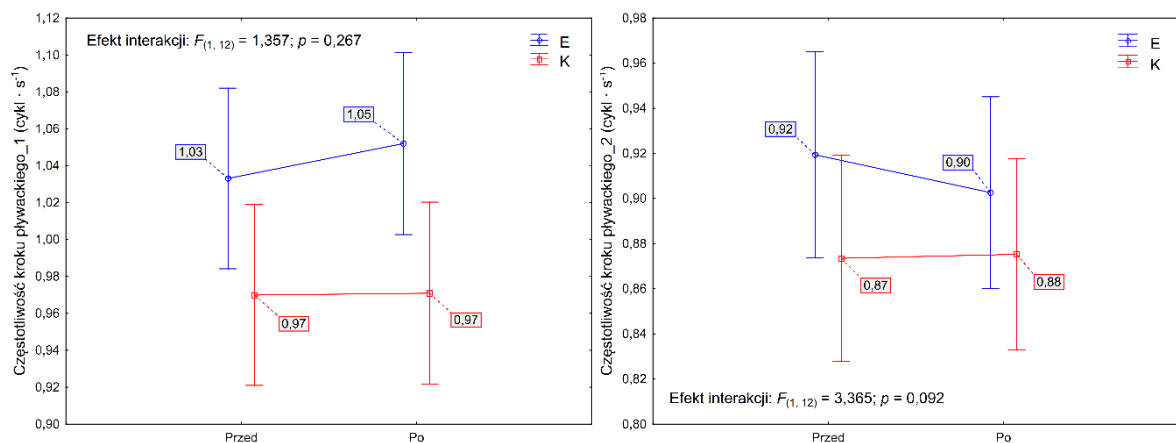


Rycina 11. Zmiany prędkości osiągniętej przez pływaków na dystansie 5 m po nawrocie w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w konkurencji 50 m.

6.3. Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 50 m

Częstotliwość kroku pływackiego

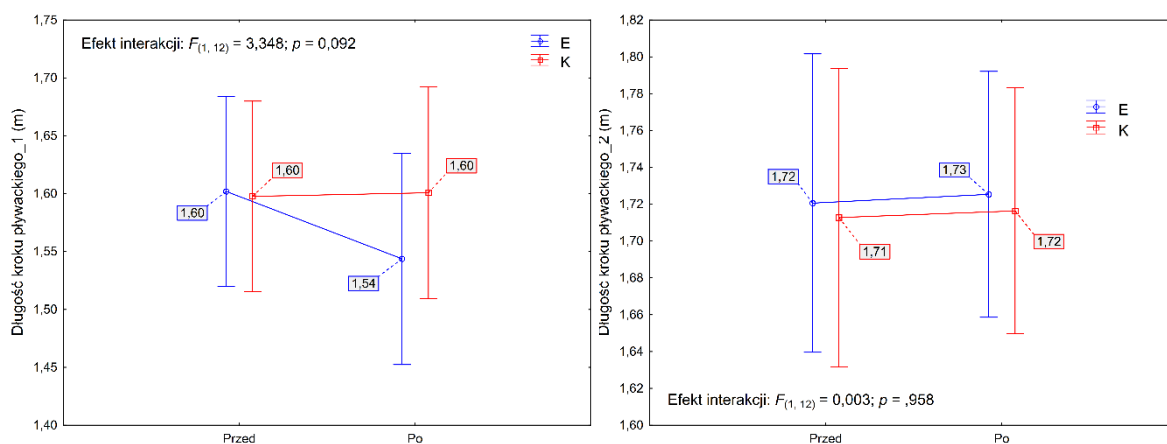
Nie zaobserwowano istotnych różnic w częstotliwości kroku pływackiego pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w pomiarach wykonywanych przed i po okresie sześciu tygodni. W obu grupach nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w częstotliwości kroku pływackiego po zakończeniu dodatkowego treningu stabilizacji centralnej (grupa E: pierwszy odcinek: $1,03 \pm 0,07 \text{ s}^{-1}$ vs. $1,05 \pm 0,07 \text{ s}^{-1}$; $\Delta = 0,02$ (1,83%); $p = 0,196$; ES = mały; drugi odcinek: $0,92 \pm 0,06 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,90 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$; $\Delta = -0,02$ (-1,82%); $p = 0,132$; ES = mały; grupa K: pierwszy odcinek: $0,97 \pm 0,04 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,97 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$; $\Delta = 0$ (0,1%); $p = 0,914$; ES = trywialny; drugi odcinek: $0,87 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,88 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$; $\Delta = 0$ (0,2%); $p = 0,591$; ES = trywialny). Zarówno w grupie eksperymentalnej, jak i kontrolnej odnotowano wyższą frekwencję na pierwszym odcinku (25 m) w stosunku do częstotliwości kroku pływackiego uzyskiwanej w trakcie pokonywania drugiego odcinka 50 m (25 m) w pomiarach przed i po interwencji treningowej (grupa E przed: $1,03 \pm 0,07 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,92 \pm 0,06 \text{ s}^{-1}$; grupa E po: $1,05 \pm 0,07 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,90 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$; grupa K przed: $0,97 \pm 0,04 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,87 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$; grupa K po: $0,97 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$ vs. $0,88 \pm 0,05 \text{ s}^{-1}$) (Aneks -Tab. 3).



Rycina 12. Zmiany częstotliwości kroku pływackiego na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Wykres z lewej strony przedstawia wartości częstotliwości uzyskane na pierwszym 25 m odcinku konkurencji 50 m, po prawej zamieszczono zmiany częstotliwości kroku pływackiego z drugiego odcinka.

Długość kroku pływackiego

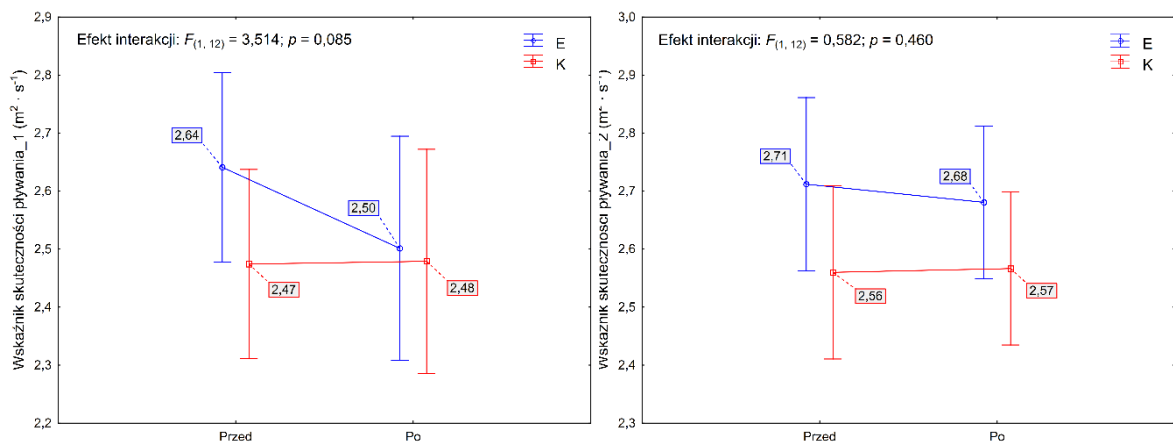
Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w długości kroku pływackiego pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach przeprowadzonych na początku i końcu eksperymentu. Nie zaobserwowano zmiany długości kroku pływackiego zarówno w grupie eksperymentalnej (pierwszy odcinek: $1,6 \pm 0,13$ m vs. $1,54 \pm 0,13$ m; $\Delta = -0,06$ (-3,64%); $p = 0,115$; ES = mały; drugi odcinek: $1,72 \pm 0,12$ m vs. $1,73 \pm 0,09$ m; $\Delta = 0$ (0,28%); $p = 0,831$; ES = trywialny), jak i kontrolnej (pierwszy odcinek: $1,6 \pm 0,06$ m vs. $1,6 \pm 0,08$ m; $\Delta = 0$ (0,2%); $p = 0,787$; ES = trywialny; drugi odcinek: $1,71 \pm 0,07$ m vs. $1,72 \pm 0,08$ m; $\Delta = 0$ (0,21%); $p = 0,472$; ES = trywialny) po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej. W obu grupach odnotowano dłuższy krok pływacki w trakcie pokonywania drugiego odcinka dystansu 50 m w stosunku do długości kroku zaobserwowanego na pierwszym odcinku w pomiarach przed i po wprowadzeniu dodatkowego bodźca treningowego (grupa E przed: $1,6 \pm 0,13$ m vs. $1,72 \pm 0,12$ m; grupa E po: $1,54 \pm 0,13$ m vs. $1,73 \pm 0,09$ m; grupa K przed: $1,6 \pm 0,06$ m vs. $1,71 \pm 0,07$ m; grupa K po: $1,6 \pm 0,08$ m vs. $1,72 \pm 0,08$ m) (Aneks -Tab. 3).



Rycina 13. Zmiany długości kroku pływackiego na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Wykres z lewej strony przedstawia wartości długości kroku zarejestrowane na pierwszym 25 m odcinku konkurencji 50 m, po prawej zamieszczono zmiany długości kroku pływackiego z drugiego odcinka.

Wskaźnik skuteczności pływania

Nie stwierdzono różnic w wartościach wskaźnika skuteczności pływania pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w obu testach przed i po interwencji. Nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w grupie eksperymentalnej i kontrolnej po okresie sześciotygodniowego szkolenia w zakresie wskaźnika skuteczności pływania (grupa E: $2,68 \pm 0,22$ vs. $2,59 \pm 0,21$; $\Delta = -0,09$ (-3,18%); $p = 0,164$; ES = mały; grupa K: $2,52 \pm 0,12$ vs. $2,52 \pm 0,14$; $\Delta = 0,01$ (0,23%); $p = 0,624$; ES = trywialny) (Aneks -Tab. 3).

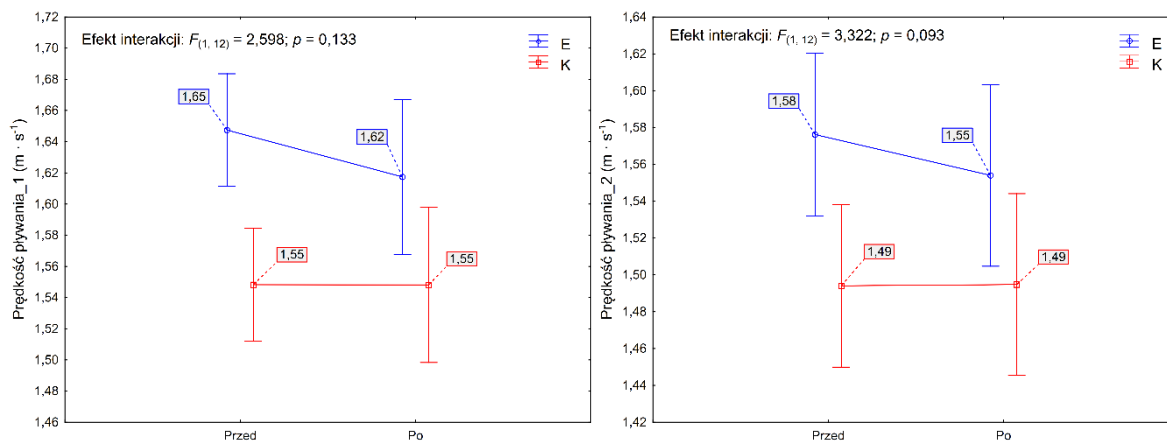


Rycina 14. Zmiany wartości wskaźnika skuteczności pływania na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Wykres z lewej strony przedstawia wartości wskaźnika skuteczności pływania na pierwszym 25 m odcinku konkurencji 50 m, po prawej stronie przedstawiono zmiany odnotowane na drugim odcinku.

Prędkość pływania

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w prędkości pływania pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach przed i po. Nie odnotowano istotnych statystycznie zmian w prędkości pływania zarówno w grupie eksperymentalnej, jak i kontrolnej po zakończeniu dodatkowego treningu stabilizacji centralnej, jednakże w grupie eksperymentalnej prędkość minimalnie obniżyła się (pierwszy odcinek: $1,65 \pm 0,05$ m·s⁻¹ vs. $1,62 \pm 0,07$ m·s⁻¹; $\Delta = -0,03$ (-1,82%); $p = 0,15$; ES = mały; drugi odcinek: $1,58 \pm 0,04$ m·s⁻¹ vs. $1,55 \pm 0,05$ m·s⁻¹; $\Delta = -0,02$ (-1,41%); $p = 0,069$; ES = mały), podczas gdy w grupie kontrolnej nie zmieniła się (pierwszy odcinek: $1,55 \pm 0,04$ m·s⁻¹

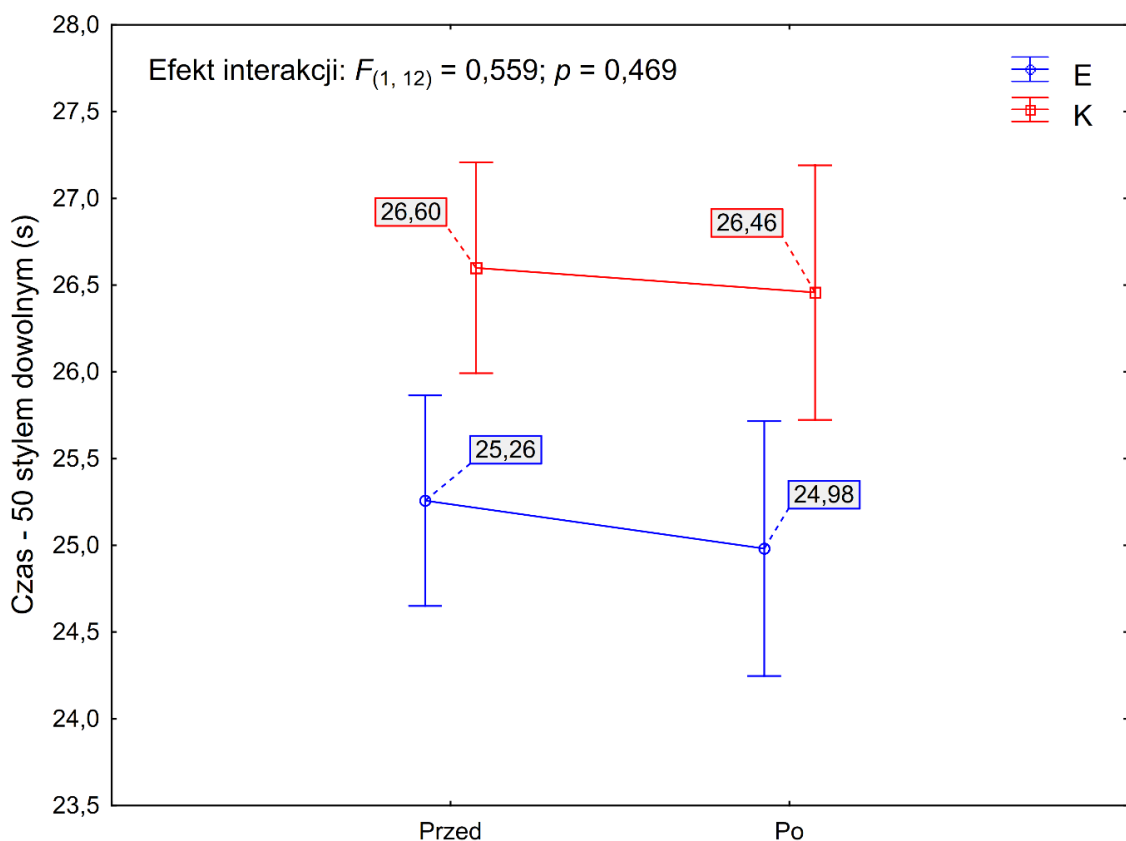
vs. $1,55 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 0$ (-0,01%); $p = 0,98$; ES = trywialny; drugi odcinek: $1,49 \pm 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $1,49 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 0$ (0,05%); $p = 0,929$; ES = trywialny). W obu grupach zaobserwowano wyższą prędkość osiąganą przez zawodników na pierwszym odcinku dystansu 50 m w stosunku do wartości prędkości odnotowanej na drugim odcinku w pomiarach wykonywanych przed i po interwencji treningowej (Aneks -Tab. 3).



Rycina 15. Zmiany prędkości uzyskiwanej przez pływaków w trakcie pływania na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Wykres z lewej strony dotyczy prędkości zarejestrowanej na pierwszym 25 m odcinku konkurencji 50 m, po prawej stronie przedstawiono zmiany odnotowane na drugim odcinku.

6.4. Wynik sportowy na dystansie 50 m stylem dowolnym

Zaobserwowano istotną statystycznie różnicę w czasie pokonania całego dystansu 50 m pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w pomiarach przeprowadzonych po okresie sześciu tygodni ($24,98 \pm 0,51$ s vs. $26,46 \pm 1,15$ s; $p = 0,006$), podczas gdy nie wykazano różnicy między grupami (E i K) w testach wykonanych przed wprowadzeniem dodatkowego treningu. Odnotowano istotne statystycznie skrócenie czasu pokonania całego dystansu w grupie eksperymentalnej zarejestrowanego po zakończeniu eksperymentu ($25,26 \pm 0,37$ s vs. $24,98 \pm 0,51$ s; $\Delta = -0,28$ (-1,09%); $p = 0,004$; ES = średni). W grupie kontrolnej nie stwierdzono zmian w całkowitym czasie pokonania dystansu 50 m ($26,6 \pm 0,97$ s vs. $26,46 \pm 1,15$ s; $\Delta = -0,14$ (-0,54%); $p = 0,426$; ES = trywialny) (Aneks - Tab. 4).

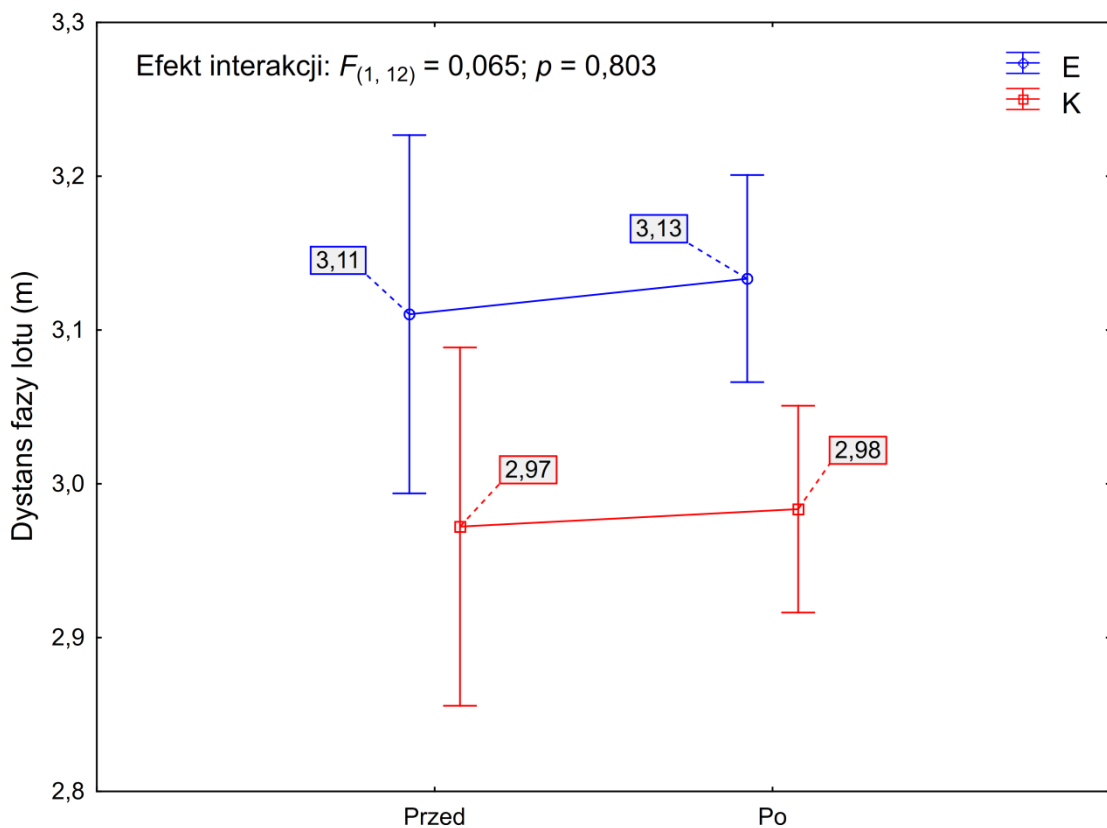


Rycina 16. Zmiany wyniku sportowego na dystansie 50 m (czas pokonania dystansu) w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K).

6.5. Skok startowy – dystans 200 m

Dystans fazy lotu

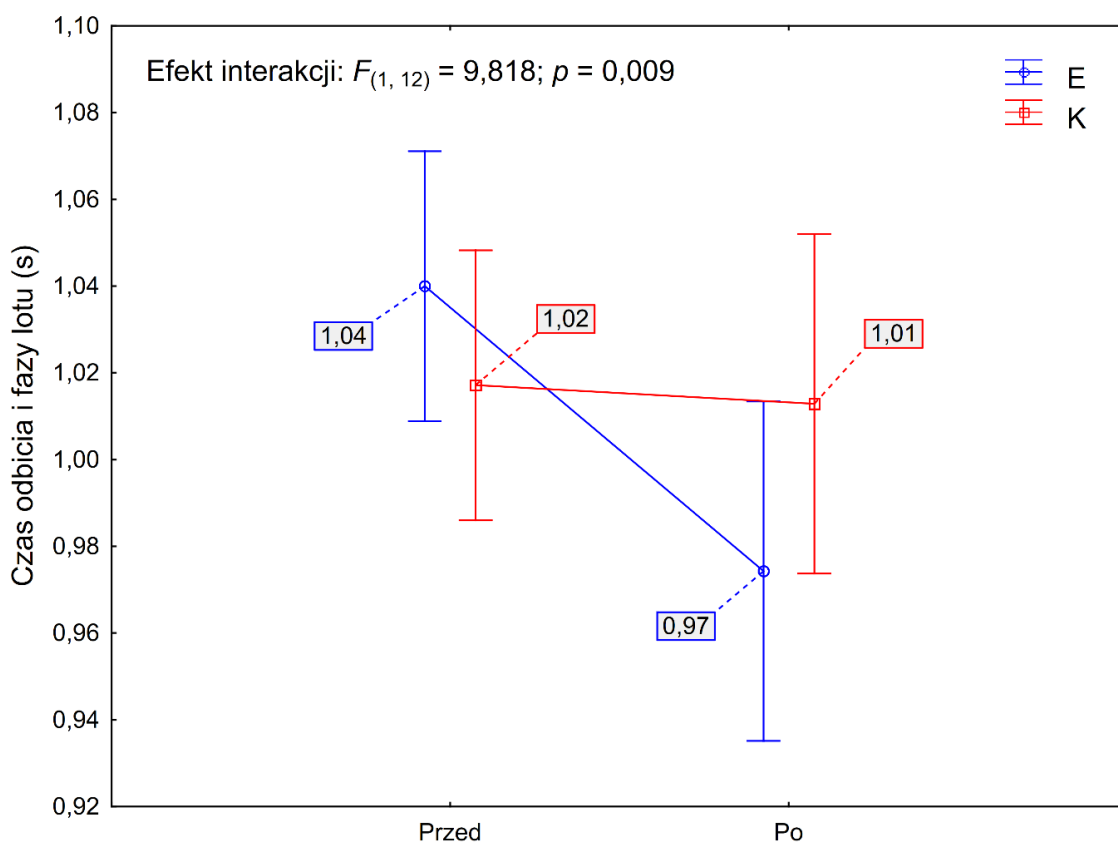
Stwierdzono istotną statystycznie różnicę w długości dystansu fazy lotu pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w pomiarach wykonywanych po zrealizowaniu dodatkowego treningu stabilizacji centralnej ($3,13 \pm 0,09$ m vs. $2,98 \pm 0,07$ m; $p = 0,005$), w przeciwieństwie do wyników uzyskanych w badaniach przeprowadzonych przed wprowadzeniem bodźca treningowego ($3,11 \pm 0,11$ m vs. $2,97 \pm 0,17$ m; $p = 0,093$). W obu grupach po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji zaobserwowano niewielkie wydłużenie dystansu fazy lotu, jednakże zmiany te nie są istotne statystycznie. W grupie eksperymentalnej odnotowano wydłużenie dystansu o $0,02$ m ($3,11 \pm 0,11$ m vs. $3,13 \pm 0,08$ m; $\Delta = 0,02$ m (0,75%); $p = 0,445$; ES = mały), podczas gdy w grupie kontrolnej różnica wyniosła $0,01$ m ($2,97 \pm 0,16$ m vs. $2,98 \pm 0,07$ m; $\Delta = 0,01$ m (0,38%); $p = 0,766$; ES = trywialny) (Aneks - Tab. 5).



Rycina 17. Zmiany długości fazy lotu w czasie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 200 m.

Czas odbicia i fazy lotu

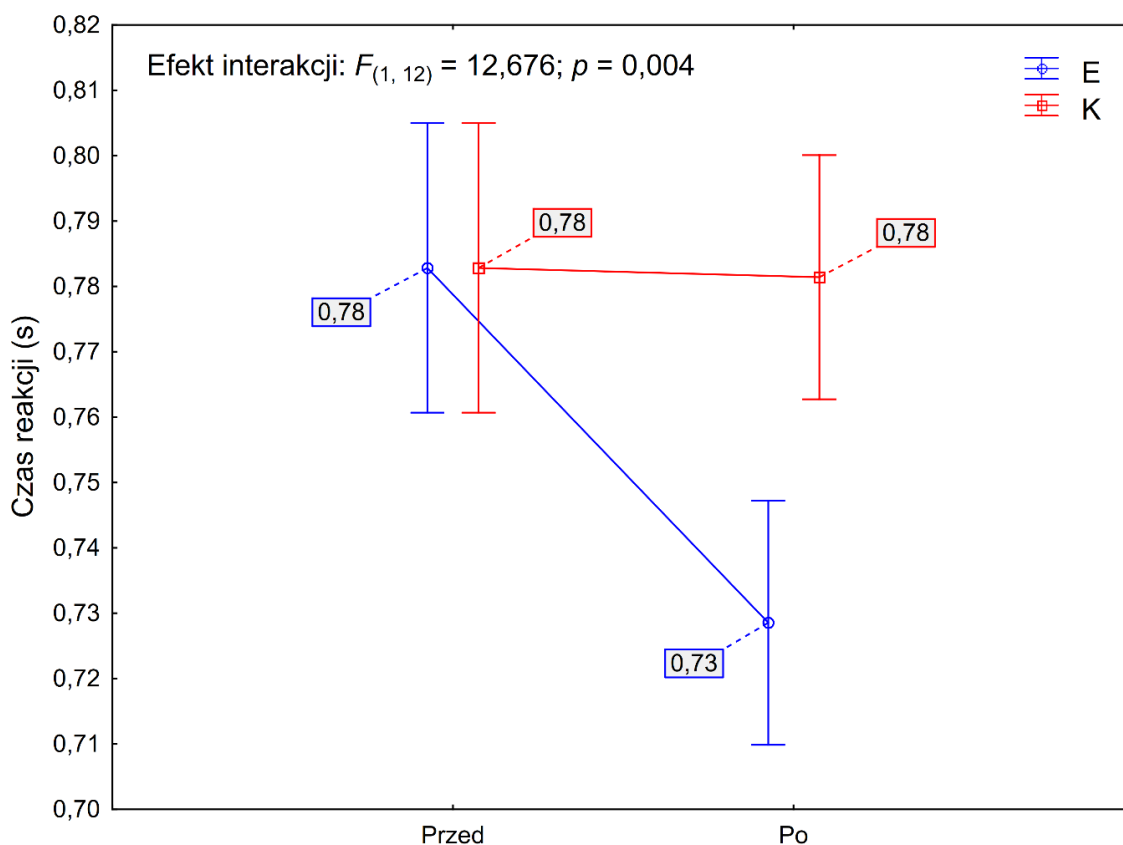
Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy grupami (E i K) w pomiarach wykonywanych na początku eksperymentu i po okresie sześciu tygodni. Odnotowano istotne statystycznie skrócenie czasu trwania odbicia i fazy lotu w grupie eksperymentalnej po zrealizowaniu dodatkowego treningu stabilizacji centralnej ($1,04 \pm 0,04$ s vs. $0,97 \pm 0,05$ s; $\Delta = -0,07$ (-6,35%); $p = 0,006$; ES = duży). W grupie kontrolnej nie stwierdzono znaczącej różnicy ($1,02 \pm 0,04$ s vs. $1,01 \pm 0,05$ s; $\Delta = 0$ (-0,39%); $p = 0,732$; ES = trywialny). W związku z dużą zmianą odnotowaną w grupie eksperymentalnej i trywialną różnicą w grupie kontrolnej zaobserwowano istotną statystycznie interakcję ($p = 0,009$) (Aneks - Tab. 5).



Rycina 18. Zmiany czasu trwania odbicia i fazy lotu w trakcie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 200 m.

Czas reakcji

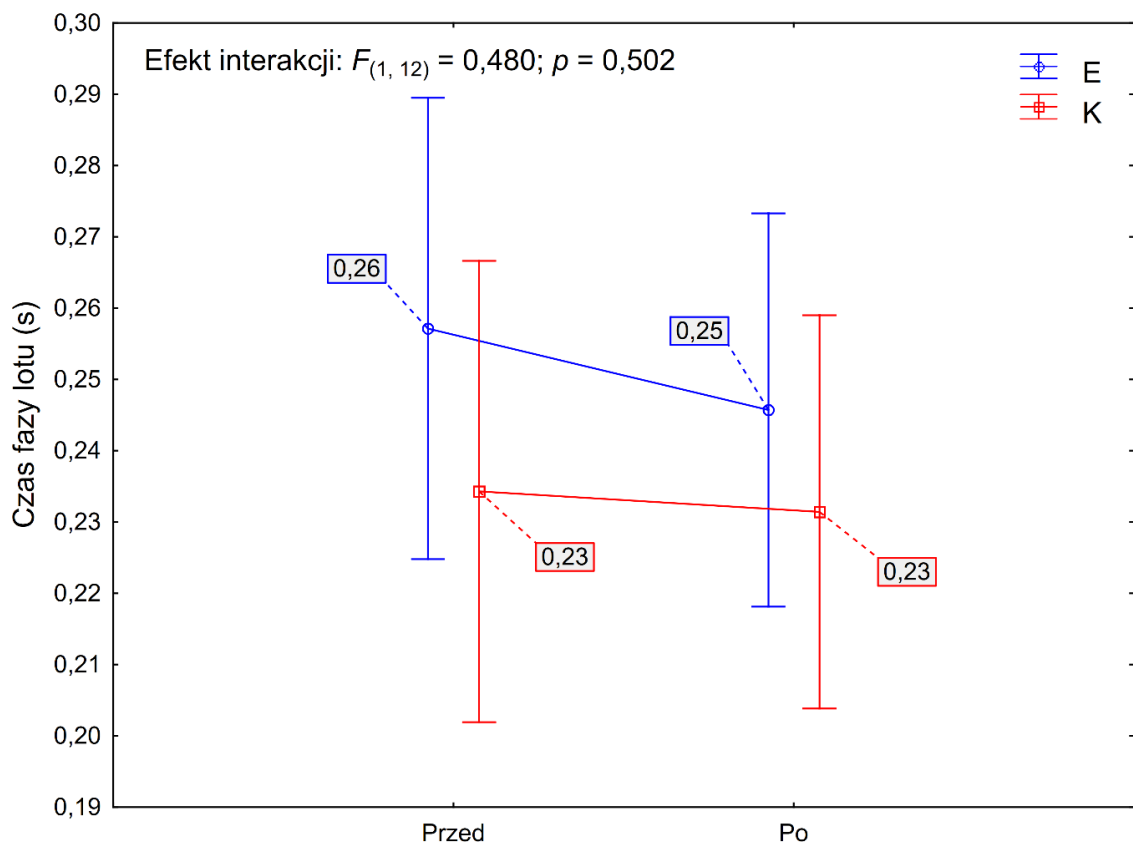
Nie odnotowano istotnej różnicy pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w pomiarach początkowych ($0,78 \pm 0,03$ s vs. $0,78 \pm 0,02$ s; $p = 1$), jednakże zaobserwowano istotną statystycznie różnicę w czasie reakcji pomiędzy grupami (E i K) po wprowadzeniu dodatkowego bodźca treningowego ($0,73 \pm 0,03$ s vs. $0,78 \pm 0,02$ s; $p < 0,001$). W grupie ćwiczeniowej zarejestrowano istotną statystycznie zmianę (skrócenie czasu) w uzyskanym przez pływaków czasie reakcji ($0,78 \pm 0,03$ s vs. $0,73 \pm 0,03$ s; $\Delta = -0,05$ (-6,9%); $p = 0,004$; ES = duży). W grupie kontrolnej czas reakcji nie zmienił się ($0,78 \pm 0,02$ s vs. $0,78 \pm 0,02$ s; $\Delta = 0$ (0,26%); $p = 0,873$; ES = trywialny). W wyniku powyższych zmian w czasie reakcji odnotowano istotną statystycznie interakcję ($p = 0,004$) (Aneks - Tab. 5).



Rycina 19. Zmiany czasu reakcji zawodników z grupy eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w trakcie skoku startowego na dystansie 200 m.

Czas fazy lotu

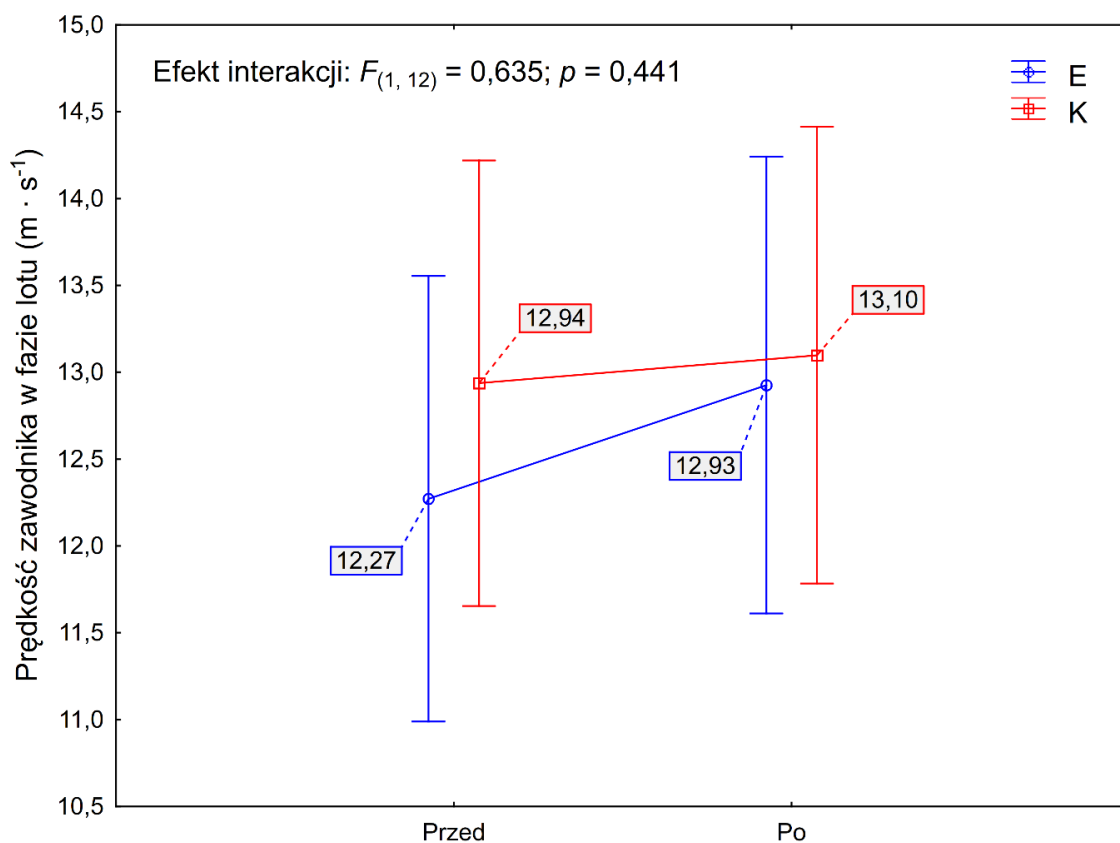
Nie stwierdzono istotnych różnic w czasie trwania fazy lotu pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną, zarówno w pomiarach przeprowadzonych przed i po okresie sześciu tygodni. Po sześciotygodniowym okresie szkoleniowym w grupie eksperymentalnej odnotowano skrócenie czasu fazy lotu na poziomie 0,01 s, jednak nie stanowi ona zmiany istotnej statystycznie ($0,26 \pm 0,04$ s vs. $0,25 \pm 0,03$ s; $\Delta = -0,01$ (-4,28%); $p = 0,231$; ES = mały). W grupie kontrolnej nie zaobserwowano zmian ($0,23 \pm 0,04$ s vs. $0,23 \pm 0,03$ s; $\Delta = 0$ (-1,28%); $p = 0,76$; ES = trywialny) (Aneks - Tab. 5).



Rycina 20. Zmiany czasu trwania fazy lotu w trakcie skoku startowego w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) na dystansie 200 m.

Prędkość zawodnika w fazie lotu

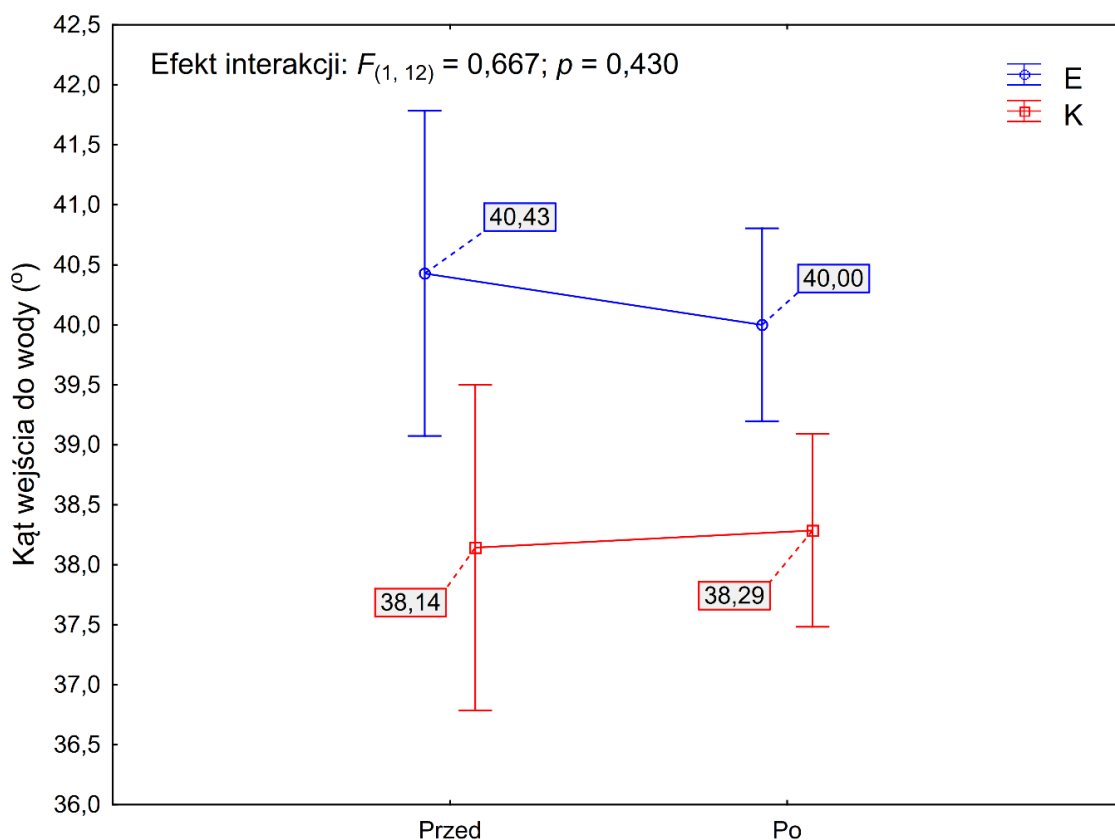
Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami (E i K) w osiągniętej przez zawodników prędkości w trakcie fazy lotu w pomiarach wykonywanych na początku eksperymentu oraz po zrealizowanych dodatkowych jednostkach treningowych w okresie sześciu tygodni przez grupę eksperymentalną. W obu grupach odnotowano wzrost prędkości pływaków w fazie lotu, jednak zarówno w grupie eksperymentalnej ($12,27 \pm 1,44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $12,93 \pm 1,57 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 0,65$ (5,33%); $p = 0,151$; ES = mały), jak i kontrolnej ($12,94 \pm 1,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $13,10 \pm 1,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\Delta = 0,16$ (1,25%); $p = 0,745$; ES = trywialny) uzyskane zmiany nie stanowią różnic istotnych statystycznie. Należy podkreślić, iż większą różnicę stwierdzono w grupie eksperymentalnej (Aneks - Tab. 5).



Rycina 21. Zmiany prędkości osiągniętej przez zawodników w czasie fazy lotu w trakcie skoku startowego na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K).

Kąt wejścia do wody

Odnotowano istotną statystycznie różnicę w kącie wejścia pływaków do wody pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w wynikach pomiarów wstępnych, gdzie $p = 0,023$ ($40,43 \pm 1,4$ vs. $38,14 \pm 1,86$), jak również zaobserwowano istotną różnicę pomiędzy grupami (E i K) w wynikach pomiarów realizowanych po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej, gdzie $p = 0,007$ ($40 \pm 0,82$ vs. $38,29 \pm 1,11$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w wartościach kąta wejścia do wody zarówno w grupie eksperymentalnej ($40,43 \pm 1,4$ vs. $40 \pm 0,82$; $\Delta = -0,43$ (-1,06%); $p = 0,448$; ES = mały), jak i kontrolnej ($38,14 \pm 1,86$ vs. $38,29 \pm 1,11$; $\Delta = 0,14$ (0,37%); $p = 0,766$; ES = trywialny) po interwencji treningowej (Aneks - Tab. 5).

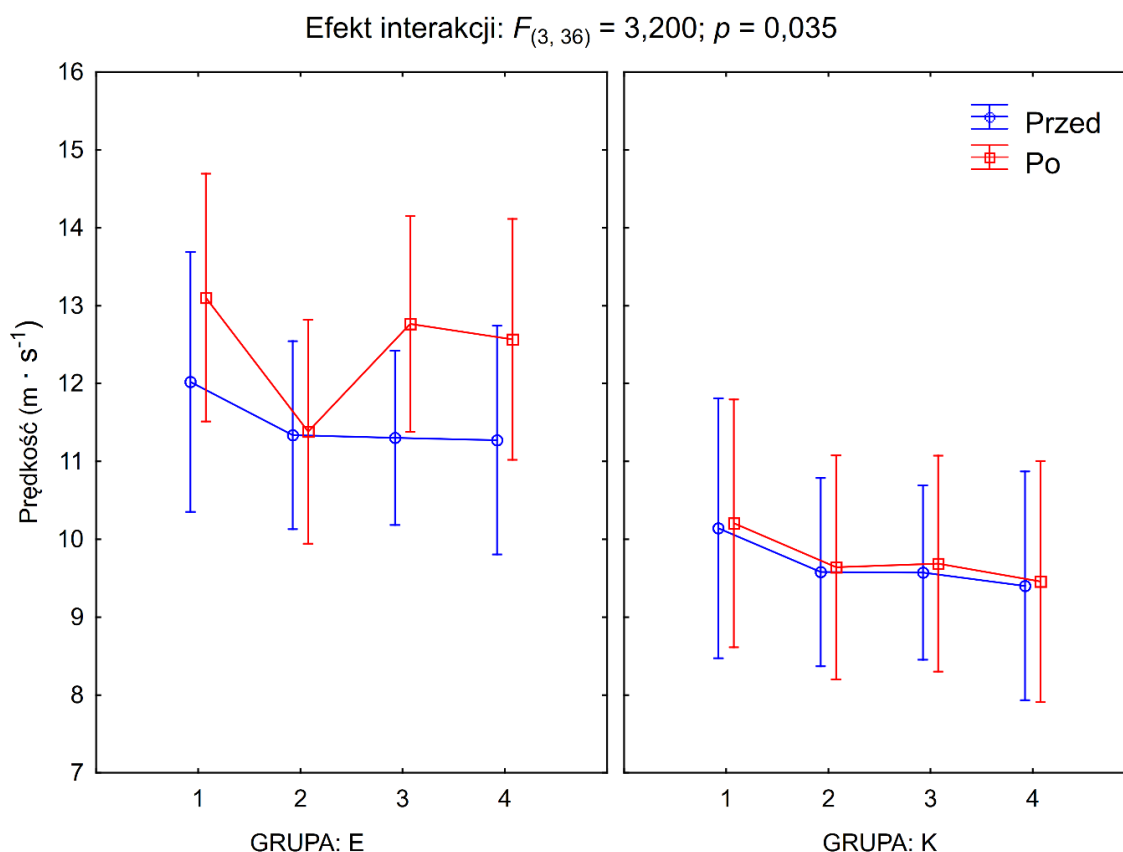


Rycina 22. Zmiany wartości kąta wejścia do wody zawodników z grupy eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w trakcie skoku startowego na dystansie 200 m.

6.6. Nawrót – dystans 200 m

Prędkość po nawrocie

Rozkład prędkości uzyskiwanej przez pływaków z grupy eksperymentalnej bezpośrednio po odbiciu od ściany nawrotowej przedstawiono na Rycinie 23. Dane przedstawione na wykresie (Rycina 23) wskazują, iż w pomiarach 1, prędkość zawodników spada, następnie stabilizuje się. Wyniki z badań realizowanych po okresie sześciu tygodni sugerują, iż prędkość zawodników w czasie poślizgu, podobnie jak w przypadku pomiarów 1, maleje, jednak następnie obserwuje się jej wzrost. Wieloczynnikowa analiza wariancji z powtarzanym pomiarem ujawniła istotny statystycznie efekt czynnika głównego Pomiar, Dystans, a także wskazała istotną interakcję pomiędzy oboma czynnikami.



Rycina 23. Zmiany prędkości osiągananej przez pływaków na dystansie 5 m po nawrocie w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K) w konkurencji 200 m. Cyframi od 1 – 4 oznaczono kolejne nawroty wykonywane ze strony ściany nawrotowej (1 – po 25 m, 2 – po 75 m, 3 – po 125 m, 4 – po 175 m). Na wykresie po lewej stronie

zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Odnotowany istotny efekt czynnika głównego Pomiar ($F_{1,6}=41,35$, $p=0,001$), świadczy o istotnej statystycznie zmianie prędkości pływaków po nawrocie w pomiarach przeprowadzonych po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej. Stwierdzono istotny statystycznie wzrost prędkości poślizgu 1, 2 oraz 4 (post-hoc: $p=0,008$, $p<0,001$, $p=0,002$ odpowiednio) (Aneks - Tab. 6).

Istotny statystycznie efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{3,18}= 8,56$, $p=0,001$), wynika z faktu, iż prędkość po nawrocie w pomiarach przeprowadzonych po okresie sześciotygodniowego treningu wzmacniającego siłę i wytrzymałość mięśni stabilizacji centralnej różniła się od siebie w układzie kolejnych nawrotów 1-2 ($p<0,001$), 2-3 ($p=0,002$) oraz 2-4 ($p=0,011$).

Zaobserwowana istotna statystycznie interakcja pomiędzy czynnikami Pomiar \times Odcinek ($F_{3,18}= 5,11$, $p=0,01$) związana jest z dużym wzrostem prędkości po zakończeniu dodatkowego szkolenia w grupie eksperymentalnej (Aneks - Tab. 6).

Analizując prędkość w czasie poślizgu po odbiciu od ściany nawrotowej osiąganą przez zawodników z grupy kontrolnej, stwierdzić można, iż prędkość nieznacznie maleje po 3 nawrocie, a następnie stabilizuje się, zarówno w pomiarach przed wprowadzeniem dodatkowego szkolenia, jak i po. Analiza wariancji nie wykazała istotnych efektów czynników głównych Pomiar, Dystans, a także nie ujawniła interakcji pomiędzy nimi.

Zgodnie z wynikami przedstawionymi na Rycinie 23 i widocznym brakiem zmian w prędkości po nawrocie po okresie sześciu tygodni w grupie kontrolnej, wieloczynnikowa analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem nie ujawniła efektu głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,23$, $p=0,649$) (Aneks - Tab. 6).

Brak efektu głównego Odcinek ($F_{3,18}= 1,56$, $p=0,235$), wyjaśnić można utrzymaniem prędkości po odbiciu od ściany nawrotowej na bardzo podobnym poziomie w przypadku wszystkich mierzonych poślizgów, zarówno w pomiarach 1, jak i 2 (Aneks - Tab. 7).

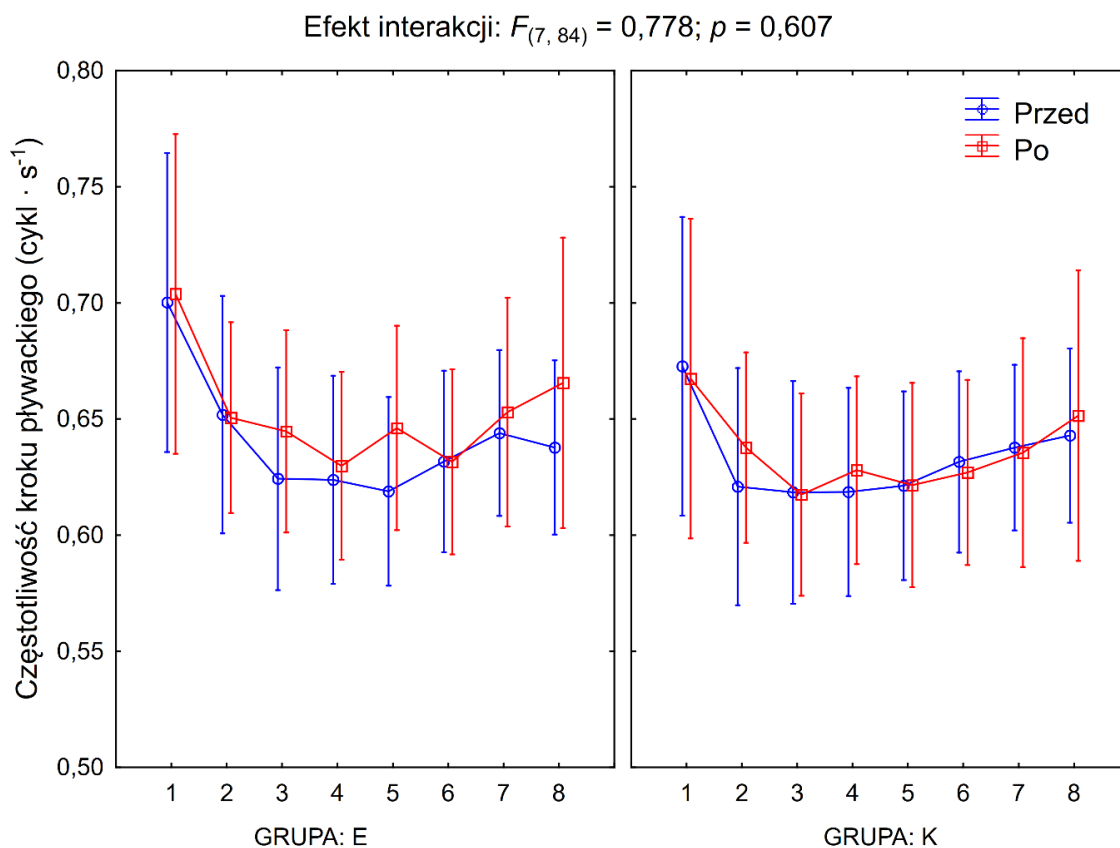
Analiza wariancji nie ujawniła istotnej interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{3,18} = 0,016$, $p = 0,997$), co związane jest z brakiem zmian w prędkości poślizgu w badaniach przeprowadzonych po zakończeniu sześciotygodniowej interwencji badaczy w stosunku do wyników osiągniętych przez pływaków z grupy kontrolnej w pomiarach 1 (Aneks - Tab. 6).

Analiza wariancji ujawniła istotny statystycznie efekt w zakresie interakcji czynników głównych (Grupa \times Pomiar \times Odcinek; $F_{3,36} = 3,20$, $p = 0,035$), co związane jest z osiągnięciem znacznie wyższej prędkości po nawrocie w pomiarach przeprowadzonych po okresie sześciu tygodni w grupie ćwiczeniowej w odniesieniu do wartości prędkości pływaków z grupy kontrolnej (Aneks - Tab. 6).

6.7. Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 200 m

Częstotliwość kroku pływackiego

Analizując częstotliwość kroku pływackiego z jaką zawodnicy z grupy eksperymentalnej pokonywali dystans 200 m stylem dowolnym zauważyć można, iż częstotliwość na początku dystansu obniżała się, następnie stabilizowała i na końcowym etapie delikatnie wzrosła, przy czym w pomiarze 2 częstotliwość na kilku odcinkach była wyższa, co zaprezentowane jest na Rycinie 24. Widoczne na wykresie (Rycina 24) różnice częstotliwości na poszczególnych odcinkach stanowią wyjaśnienie ujawnienia w analizie efektu głównego czynnika Odcinek. Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem nie wykazała istotnego efektu w obszarze czynnika głównego Pomiar oraz w zakresie interakcji czynników głównych.



Rycina 24. Zmiany częstotliwości kroku pływackiego na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Cyfry 1 – 8 oznaczają kolejne 25 m odcinki konkurencji 200 m stylem dowolnym. Na wykresie po lewej stronie zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Pomimo zauważalnych na Rycinie 24 różnic w częstotliwości kroku pływackiego, pomiędzy pomiarem 1, a pomiarem wykonywanym po zakończeniu treningu stabilizacji centralnej nie stwierdzono istotnego efektu głównego. Pomiar ($F_{1,6}=0,44$; $p=0,53$), co oznacza, iż zaistniałe zmiany są niewielkie. Warto podkreślić, iż w Pomiarze 2 częstotliwość kroku pływackiego osiągnęła wyższą wartość na odcinku 3, 5 i 8. W pozostałych przypadkach utrzymała się na tym samym poziomie, co przed wprowadzeniem bodźca treningowego, bądź była minimalnie wyższa (Rycina 24) (Aneks - Tab. 8).

Zarówno w pomiarach 1, jak i przeprowadzonych po okresie sześciu tygodni częstotliwość pływania na kolejnych 25 m odcinkach dystansu 200 m różniła się istotnie statystycznie, o czym świadczy efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{7,42}=4,19$;

ε $G-G_{1,52}=0,22$; $p=0,05$). Różnice te w przypadku pomiarów wykonywanych w pierwszym terminie odnosiły się do układu odcinków 1-3 ($p=0,001$), 1-4 ($p=0,001$), 1-5 ($p<0,001$), 1-6 ($p=0,006$), 1-8 ($p=0,0118$). Podobną zależność odnotowano w wynikach analizy w zakresie pomiarów realizowanych po okresie 6 tygodni. Zaobserwowane różnice wystąpiły w zestawieniu odcinków 1-3 ($p=0,03$), 1-4 ($p=0,002$), 1-5 ($p=0,039$), 1-6 ($p=0,003$) (Aneks - Tab. 9).

Analiza wariancji nie ujawniła istotnej interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=0,59$; ε $G-G_{2,37}=0,34$; $p=0,59$), co wytłumaczyć można nieznacznymi zmianami częstotliwości w pomiarach po zakończeniu treningu stabilizacyjnego (Aneks - Tab. 8).

Dokonując analizy częstotliwości kroku pływackiego w grupie kontrolnej w obu pomiarach zaobserwować można, iż częstotliwość spada gwałtownie na początku dystansu 200 m, następnie stabilizuje się i rośnie w końcowym etapie wyścigu. Przeprowadzona analiza ujawniła istotny efekt czynnika głównego Odcinek, nie wykazała, natomiast istotnego efektu w obszarze czynnika głównego Pomiar, a także nie ujawniła interakcji pomiędzy nimi.

Odnotowany istotny statystycznie efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{7,42}=21,92$; ε $G-G_{2,22}=0,32$; $p<0,001$) w grupie kontrolnej związany jest z istotnym zróżnicowaniem częstotliwości kroku pływackiego na poszczególnych odcinkach dystansu 200 m w trakcie pierwszego i drugiego pomiaru. Testy post-hoc wykazały istotne różnice w układzie odcinków 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, gdzie $p=0$ oraz 1-8 ($p=0,001$), 3-8 ($p=0,018$), 4-8 ($p=0,019$) w pomiarach przeprowadzonych przed wprowadzeniem sześciotygodniowego treningu oraz w zestawieniu długości 1-2 ($p=0,002$), 1-3 ($p=0$), 1-4 ($p=0$), 1-5 ($p=0$), 1-6 ($p=0$), 1-7 ($p=0,001$), 3-8 ($p=0$), 4-8 ($p=0,028$), 5-8 ($p=0,001$), 6-8 ($p=0,18$) w pomiarach 2 (Aneks - Tab. 9).

Analiza wariancji nie ujawniła efektu głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,26$; $p=0,63$), co oznacza, iż nie doszło do istotnych statystycznie zmian w częstotliwości kroku pływackiego w pomiarach wykonywanych po sześciotygodniowym okresie szkoleniowym (Aneks - Tab. 8).

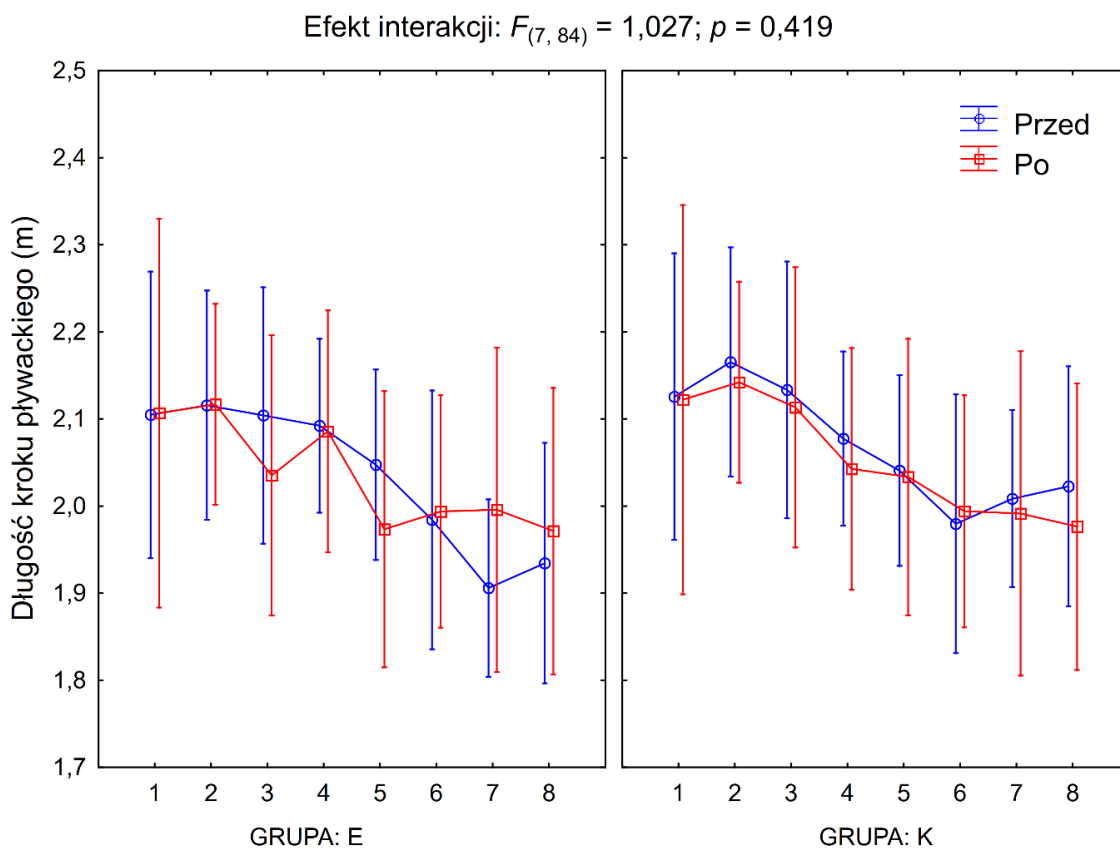
Brak interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=1,71$; ε $G-G_{2,67}=0,38$; $p=0,21$) wynika z faktu, iż częstotliwość kroku pływackiego w grupie

kontrolnej pozostała na tym samym poziomie w pomiarach wykonywanych po zakończeniu interwencji badaczy jakim była w pomiarach wstępnych (Aneks - Tab. 8).

Analiza wariancji wykazała brak istotnego statystycznie efektu w obszarze interakcji czynników głównych (Grupa \times Pomiar \times Odcinek) ($F_{7,42} = 0,78$; ε G-G_{2,84} = 0,41; $p = 0,51$) zatem nie stwierdzono istotnej różnicy pomiędzy grupą Eksperymentalną i Kontrolą w zakresie częstotliwości kroku pływackiego na wszystkich odcinkach dystansu 200 m, w pomiarach wykonywanych przed, jak i po zrealizowaniu dodatkowego treningu wzmacniającego mięśnie głębokie (Aneks - Tab. 8).

Długość kroku pływackiego

Analizując długość kroku pływackiego, z jaką pływacy z grupy realizującej dodatkowy trening angażujący mięśnie głębokie pokonywali dystans 200 m stylem dowolnym, zauważyć można, iż w trakcie pomiaru 1 długość kroku ustabilizowana była do połowy dystansu, następnie stopniowo obniżała się. Wyniki drugiego pomiaru ukazują stabilizację długości kroku pływackiego w drugiej połowie wyścigu. Dwuczynnikowa analiza wariancji ujawniła istotny efekt główny czynnika Odcinek, nie odnotowano natomiast efektu głównego Pomiar oraz nie stwierdzono interakcji pomiędzy czynnikami głównymi Pomiar \times Odcinek.



Rycina 25. Zmiany długości kroku pływackiego na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Cyfry 1 – 8 oznaczają kolejne 25 m odcinki konkurencji 200 m stylem dowolnym. Na wykresie po lewej stronie zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Istotny statystycznie efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{7,42} = 7,68$; ϵ G-G_{1,98} = 0,28; $p = 0,01$) odnotowany w grupie eksperymentalnej wskazuje, iż widoczne na Rycinie 25 różnice w długości kroku pomiędzy poszczególnymi odcinkami dystansu 200 m w przypadku pomiaru 1 są różnicami istotnymi. Różnice te dotyczą zestawienia następujących odcinków: 1-7 ($p = 0,011$), 2-7 ($p = 0,006$), 2-8 ($p = 0,030$), 3-7 ($p = 0,011$), 4-7 ($p = 0,23$). W pomiarach wykonywanych w drugim terminie nie zaobserwowano istotnego zróżnicowania w długości kroku pływackiego, co wykazały testy post-hoc. Szczegółowe wyniki analizy zamieszczono w Tabeli 11 (Aneks).

Różnice w długości kroku pływackiego pomiędzy pomiarem 1 i 2 widoczne na Rycinie 25 nie stanowią zmian istotnych statystycznie, o czym świadczy brak istotnego efektu głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,001$; $p=0,98$) (Aneks - Tab. 10).

Analiza wariancji nie ujawniła istotnej interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=1,26$; ϵ G-G $_{2,49}=0,36$; $p=0,32$), co wytłumaczyć można faktem, iż długość kroku pływackiego w pomiarach przeprowadzonych po zakończeniu treningu stabilizacyjnego oscylowała w granicach długości kroku osiąganego przez pływaków w pomiarach przeprowadzonych przed wprowadzeniem dodatkowego treningu (Aneks - Tab. 10).

Przeprowadzając analizę długości kroku pływackiego w grupie kontrolnej, zauważyć można, iż długość kroku rośnie na samym początku dystansu 200 m, następnie stopniowo maleje, przy czym w Pomiarze 1 na ostatnich dwóch odcinkach dystansu obserwuje się niewielkie wydłużenie kroku pływackiego. Przeprowadzona analiza wariancji z powtarzaniem pomiaru ujawniła istotny efekt czynnika głównego Odcinek, nie stwierdzono jednak efektu głównego Pomiar oraz interakcji między czynnikami głównymi Pomiar \times Odcinek.

Przeprowadzona analiza wariancji ujawniła w grupie kontrolnej istotny efekt główny czynnika Odcinek ($F_{7,42}= 17,57$; ϵ G-G $_{2,59}= 0,37$; $p<0,001$). Testy post-hoc ukazały istotne statystycznie różnice w długości kroku pływackiego w zestawieniu odcinków 1-6 ($p=0,01$), 2-6 ($p=0,001$), 2-7 ($p=0,004$), 2-8 ($p=0,013$), 3-6 ($p=0,005$) w pomiarach 1 oraz w układzie odcinków 1-6 ($p=0,039$), 1-7 ($p=0,032$), 1-8 ($p=0,01$), 2-6 ($p=0,008$), 2-7 ($p=0,006$), 2-8 ($p=0,002$) i 3-8 ($p=0,019$) w pomiarach wykonanych w drugim terminie (Aneks - Tab. 11).

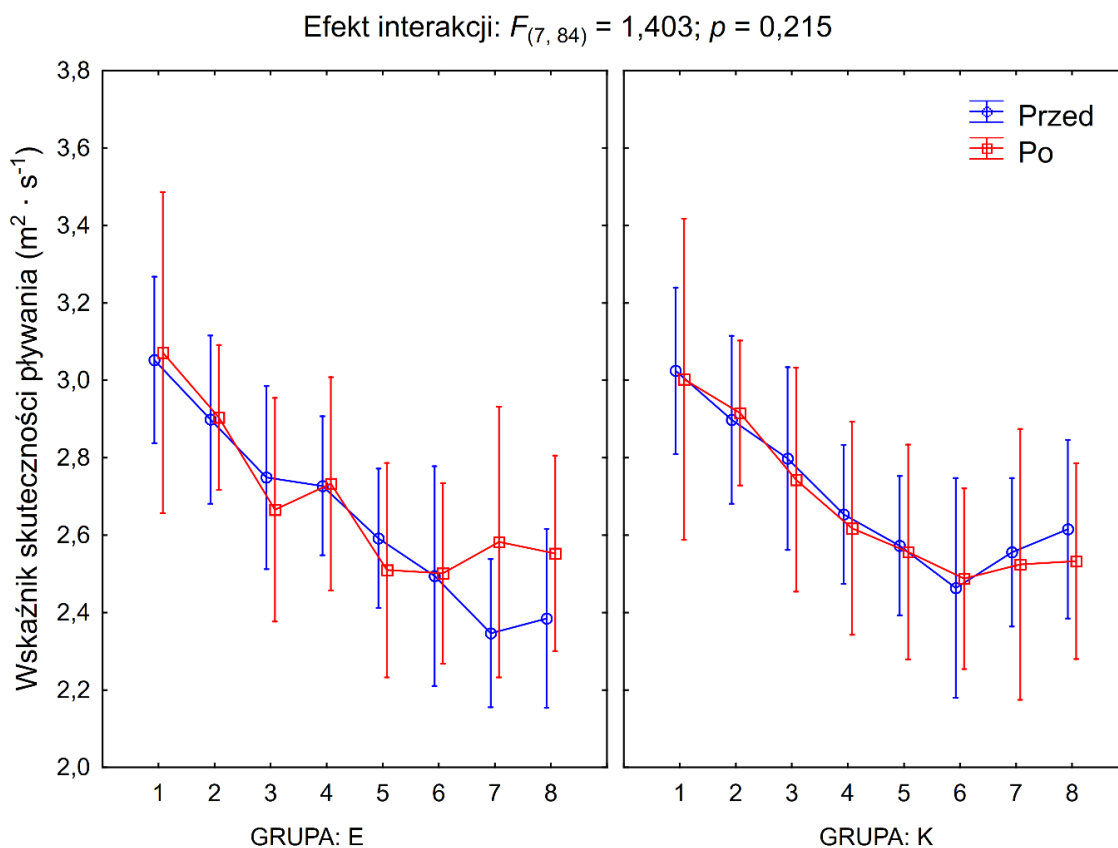
Fakt, iż przeprowadzona analiza wariancji nie wykazała istotnego efektu czynnika głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,69$; $p=0,44$) świadczy o braku istotnych statystycznie zmian w długości kroku pływackiego w pomiarach realizowanych po okresie sześciu tygodni, co zauważyć można na Rycinie 25 (Aneks - Tab. 10).

Brak interakcji czynników głównych Pomiar \times Dystans ($F_{7,42}=0,30$; ϵ G-G $_{2,68}=0,38$; $p=0,80$) wytłumaczyć można utrzymaniem długości kroku pływackiego przez zawodników z grupy kontrolnej na podobnym poziomie po zakończeniu interwencji badaczy (Aneks - Tab. 10).

Na podstawie wyników wieloczynnikowej analizy wariancji nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w osiągniętej przez zawodników długości kroku pływackiego na wszystkich badanych odcinkach pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną, zarówno w pomiarach wykonywanych przed przystąpieniem do treningu, jak i po (Grupa \times Pomiar \times Dystans; $F_{7,84} = 1,03$; $\epsilon G_{3,47} = 0,50$; $p = 0,40$) (Aneks - Tab. 10).

Wskaźnik skuteczności pływania

Analizując wskaźnik skuteczności pływania w grupie eksperymentalnej zaobserwować można, iż zarówno w pomiarach wykonywanych w pierwszym terminie, jak i po zakończeniu interwencji treningowej wskaźnik stopniowo obniża się, przy czym w pomiarze 2 na 7 odcinku delikatnie wzrasta, podczas gdy w pomiarze 1 nadal się obniżał. Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem ujawniła istotny statystycznie efekt główny czynnika Odcinek, nie ujawniła natomiast efektu głównego w zakresie czynnika Pomiar, a także nie wykazała interakcji pomiędzy czynnikami Pomiar \times Odcinek.



Rycina 26. Zmiany wartości wskaźnika skuteczności pływania na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Cyfry 1 – 8 oznaczają kolejne 25 m odcinki konkurencji 200 m stylem dowolnym. Na wykresie po lewej stronie zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Wyniki analizy wariancji wskazują, iż wskaźnik skuteczności pływania był różny w zależności od pokonywanego przez pływaka odcinka, o czym świadczy efekt główny czynnika Odcinek ($F_{7,42} = 16,26; \varepsilon G-G_{1,96} = 0,28; p < 0,001$). Istotnie statystycznie różnice w przypadku obu pomiarów w grupie eksperymentalnej odnotowano w następującym zestawieniu długości basenu: 1-3 ($p=0,013$ i $p=0$), 1-4 ($p=0,006$ i $0,003$), 1-5 ($p=0$ i $p=0$), 1-6 ($p=0$ i $p=0$), 1-7 ($p=0$ i $p=0$), 1-8 ($p=0$ i $p=0$), 2-5 ($p=0,012$ i $p=0$), 2-6 ($p=0$ i $p=0$), 2-7 ($p=0$ i $0,006$), 2-8 ($p=0$ i $p=0,002$ oraz dodatkowo tylko w pomiarze 1: 3-7 ($p=0$), 3-8 ($p=0,001$), 4-7 ($p=0,001$), 4-8 ($p=0,003$) (Aneks - Tab. 13).

Pomimo widocznych na wykresie różnic na ostatnich dwóch odcinkach dystansu 200 m analiza wariancji nie ujawniła istotnego efektu głównego czynnika Pomiar ($F_{1,6}=0,27$; $p=0,62$), co oznacza, iż zaistniałe zmiany nie stanowią zmian istotnych statystycznie (Aneks - Tab. 12).

W związku z brakiem istotnych statystycznie różnic pomiędzy pomiarem przed, a po analiza nie ujawniła w grupie eksperymentalnej interakcji pomiędzy czynnikami głównymi Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=2,36$; ε G-G $_{1,96}=0,28$; $p=0,14$) (Aneks - Tab. 12).

Analizując wyniki grupy kontrolnej, zauważyć można, iż wskaźnik skuteczności obniżał się wraz z kolejnymi 25 m odcinkami dystansu 200 m, następnie na ostatnich dwóch odcinkach delikatnie wzrósł (więcej w przypadku pomiaru 1). Przeprowadzona analiza nie ujawniła efektu czynnika głównego Pomiar oraz nie wykazała interakcji pomiędzy czynnikami Pomiar \times Odcinek. Zaobserwowano, natomiast istotny efekt główny czynnika Odcinek.

Zgodnie z przedstawionym na wykresie (Rycina 26) rozkładem wskaźnika skuteczności, dokonana analiza ujawniła efekt główny czynnika Odcinek $F_{7,42}= 27,02$; ε G-G $_{2,13}= 0,30$; $p<0,001$, co wskazuje na to, iż widoczne różnice w zakresie obliczonego wskaźnika skuteczności pływania pomiędzy kolejnymi odcinkami dystansu 200 m stanowiły różnice istotne. W czasie pomiaru 1 w grupie kontrolnej różnice istotne statystyczne zaobserwowane zostały pomiędzy odcinkami: 1-4 ($p=0,003$), 1-5 ($p=0$), 1-6 ($p=0$), 1-7 ($p=0$), 1-8 ($p=0$), 2-5 ($p=0,015$), 2-6 ($p=0$), 2-7 ($p=0,008$), 3-6 ($p=0,11$), natomiast w trakcie pomiarów przeprowadzonych w drugim terminie pomiędzy: 1-4 ($p=0,002$), 1-5 ($p=0$), 1-6 ($p=0$), 1-7 ($p=0$), 1-8 ($p=0$), 2-4 ($p=0,038$), 2-5 ($p=0,005$), 2-6 ($p=0$), 2-7 ($p=0,001$), 2-8 ($p=0,002$) (Aneks – Tab. 13).

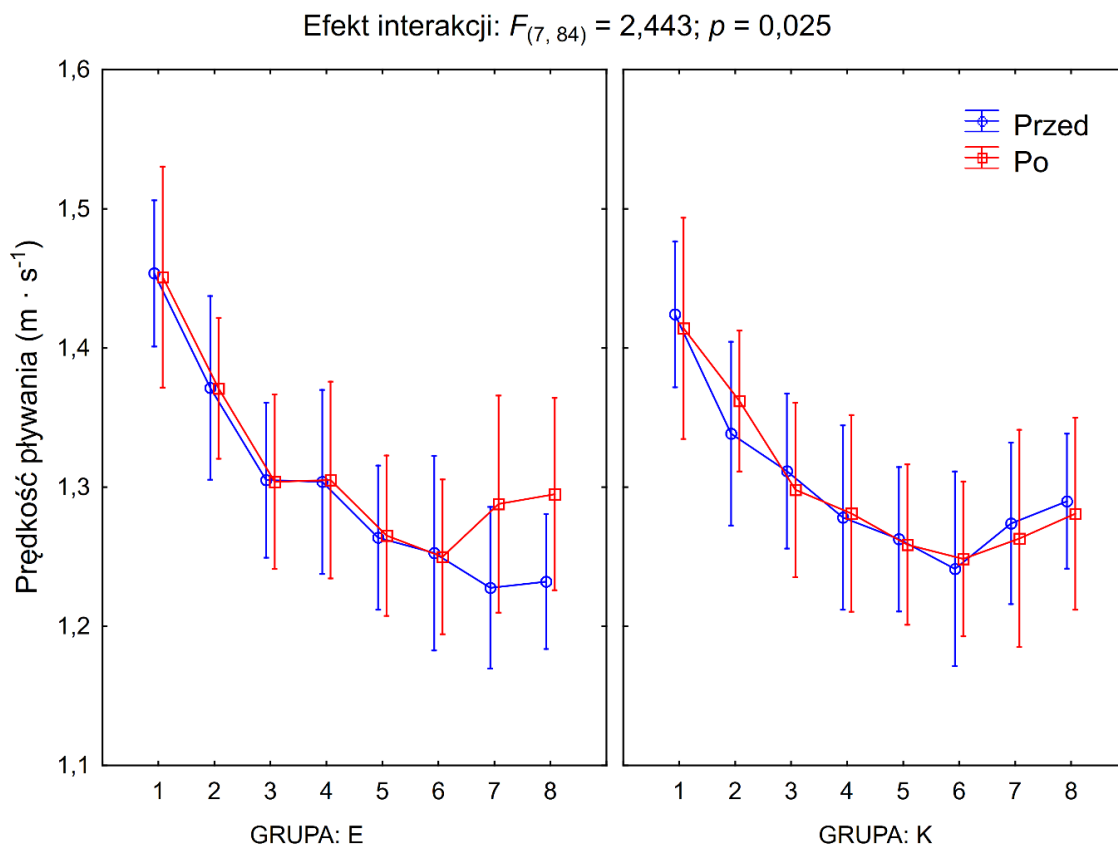
Brak efektu głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,53$; $p=0,49$), oznacza iż wskaźnik skuteczności pływania w grupie kontrolnej nie zmienił się istotnie statystycznie w pomiarach wykonywanych po okresie sześciu tygodni (Aneks - Tab. 12).

Przeprowadzona analiza nie ujawniła istotnego efektu w obszarze interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=0,19$; ε G-G $_{2,57}=0,37$; $p=0,87$), co można wytłumaczyć, brakiem zmian w wartościach wskaźnika skuteczności pływania w pomiarach przeprowadzonych po zakończeniu interwencji badaczy (Aneks - Tab. 12).

Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji (Grupa \times Pomiar \times Odcinek; $F_{7,84} = 1,40$; ε G-G $_{3,41} = 0,49$; $p = 0,25$) wskazują na brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami Eksperymentalną i Kontrolną w zakresie obliczonego wskaźnika skuteczności pływania na każdym odcinku dystansu 200m w czasie pomiarów początkowych oraz po okresie interwencji (Aneks – Tab. 12).

Prędkość pływania

Dokonując analizy prędkości pływania na dystansie 200 m, jaką osiągnęli zawodnicy z grupy eksperymentalnej na kolejnych długościach 25 m pływalni zauważyć można systematyczny spadek prędkości, przy czym w serii pomiarowej przeprowadzonej po zakończeniu treningu stabilizacji centralnej, zauważalny jest wzrost prędkości pływania na ostatnich 50 m z całego dystansu. Przeprowadzona analiza wariancji z powtarzanym pomiarem w układzie Pomiar \times 2, Prędkość (Odcinek) na kolejnych długościach pływalni \times 8 ujawniła istotne efekty główne w zakresie pierwszego i drugiego czynnika, jak również w zakresie ich interakcji.



Rycina 27. Zmiany prędkości pływania na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Cyfry 1 – 8 oznaczają kolejne 25 m odcinki konkurencji 200 m stylem dowolnym. Na wykresie po lewej stronie zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Istotny statystycznie efekt główny czynnika Pomiar ($F_{1,6}=11,18$; $p=0,016$) wytłumaczyć można istotnymi statystycznie różnicami na siódmym i ósmym odcinku dystansu 200 m ($1,23\pm 0,08$ vs. $1,29\pm 4,1$, $p<0,001$; $1,23\pm 0,05$ vs. $1,3\pm 2,42$, $p<0,001$ odpowiednio) (Aneks - Tab. 14).

Istotny statystycznie efekt główny czynnika Odcinek ($F_{7,42}=13,93$; ϵ G-G $_{1,55}=0,22$; $p<0,01$) wynika z faktu, iż prędkość pływania na drugim i trzecim odcinku dystansu, zarówno przed jak i po zakończeniu treningu stabilizacji centralnej obniżyła się istotnie (odcinki 1 -2: $1,45\pm 0,08$ vs. $1,37\pm 0,05$, $p<0,001$; odcinki 2-3: $1,37\pm 0,05$ vs. $1,31\pm 0,06$, $p<0,001$). Następnie na czwartym odcinku dystansu 200 m prędkość ustabilizowała się, po czym na piątym i szóstym odcinku prędkość ponownie

nieznacznie zmalała. Warto zauważyć, że podczas drugiej serii pomiarowej na dwóch ostatnich odcinkach 25 m prędkość wzrosła, podczas gdy w przypadku pomiarów przeprowadzonych w pierwszym terminie prędkość na 7 odcinku ponownie obniżyła się i została utrzymana przez pływaków do zakończenia wyścigu. Wszystkie różnice (wartości p) pomiędzy odcinkami w każdej możliwej konfiguracji przedstawiono w Tab. 15, zamieszczonej jest w Aneksie.

Istotną interakcję czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=6,16$; ε G-G_{2,10}=0,30; $p=0,013$) wyjaśnić można wzrostem prędkości pływania w drugiej serii pomiarowej i obniżeniem prędkości pływania podczas pierwszej serii pomiarowej na ostatnich 50 m dystansu 200 m (Aneks - Tab. 14).

Analiza prędkości pływania osiągananej przez pływaków z grupy kontrolnej na dystansie 200 m stylem dowolnym wykazuje regularne obniżanie prędkości uzyskiwanej przez zawodników na kolejnych 25 m odcinkach pływalni, jak również wskazuje na niewielki wzrost prędkości na ostatnich 50 m zarówno w pomiarach wykonywanych przed, jak i po okresie sześciu tygodni. Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem wykazała istotny statystycznie efekt w zakresie czynnika głównego Odcinek, nie ujawniła jednak istotnego efektu czynnika głównego Pomiar, a także nie okazała istotnej interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek (Aneks - Tab. 14).

Istotny statystycznie efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{7,42}=35,13$; ε G-G_{2,04}=0,29; $p<0,001$) odnotowany w grupie kontrolnej, podobnie jak w przypadku wyników uzyskanych przez pływaków z grupy eksperymentalnej związany jest ze zmianami prędkości w czasie pokonywania dystansu 200 m, które można zaobserwować na Rycinie 27. Prędkość pływania na drugim 25 m odcinku dystansu 200 m w przypadku pomiarów wykonywanych przed treningiem mięśni stabilizacji centralnej obniżyła się istotnie, podczas gdy w badaniach prowadzonych w drugim terminie odnotowany spadek prędkości na drugim odcinku nie był istotny statystycznie. Na kolejnych odcinkach (3 – 6) prędkość nieznacznie obniżała się, natomiast na ostatnich dwóch zaobserwowano nieznaczny wzrost prędkości w przypadku pomiaru 1 i 2. Szczegółowe wyniki analizy statystycznej umieszczono w Tabeli 15.

Na podstawie analizy wariancji z powtarzaniem pomiarem nie stwierdzono istotnego efektu czynnika głównego Pomiar ($F_{1,6}=0,06$; $p=0,81$), co świadczy

o braku istotnych statystycznie zmian w prędkości zawodników po zakończeniu okresu w którym realizowano trening stabilizacyjny, co potwierdzono również w testach post-hoc (Tab. 14).

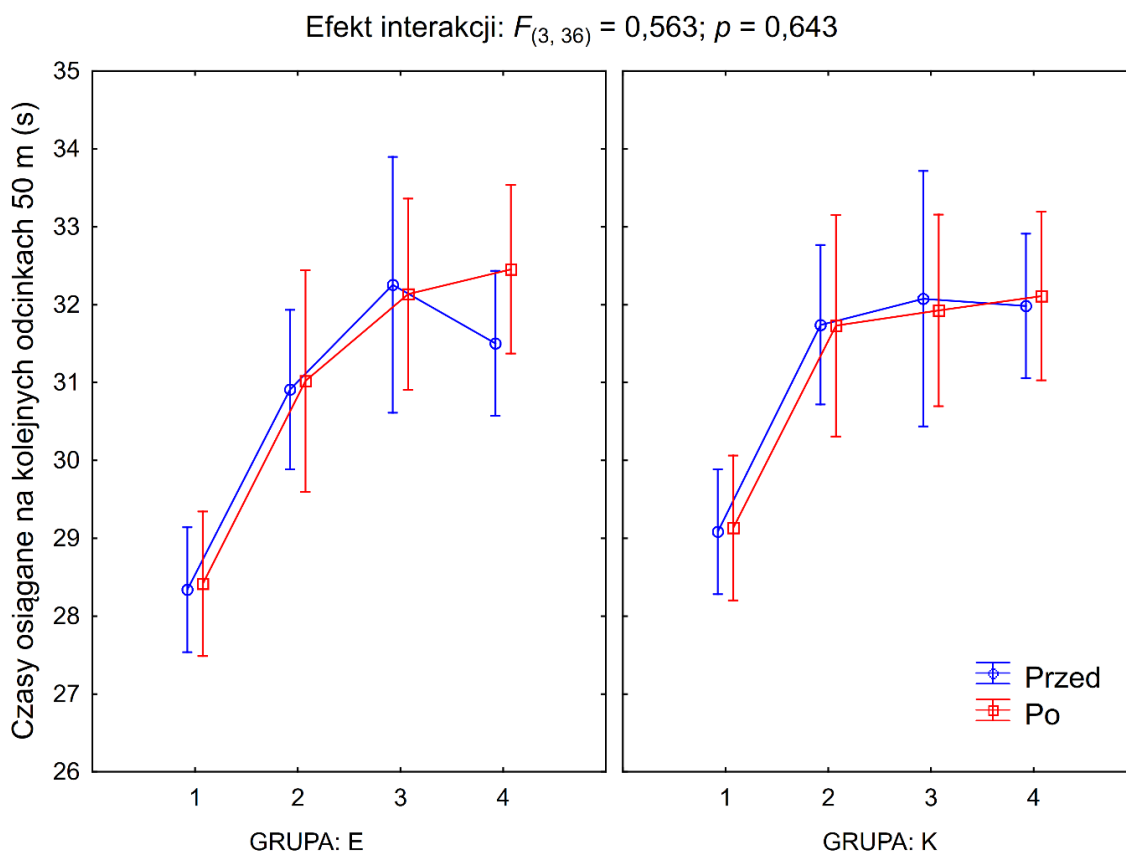
W związku z utrzymaniem prędkości na tym samym poziomie na każdym odcinku dystansu 200 m w pomiarach 2 nie odnotowano interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{7,42}=0,40$; ε G-G $_{2,56}=0,37$; $p=0,72$) (Aneks - Tab. 14).

Analiza wariancji nie ujawniła istotnego efektu w zakresie interakcji czynników głównych (Grupa \times Pomiar \times Prędkość), co należy interpretować, że nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi w grupach Eksperymentalnej oraz Kontrolnej w zakresie uzyskiwanej prędkości na poszczególnych odcinkach 25 metrowych, zarówno przed jak i po sześciotygodniowym treningu mięśni stabilizacji centralnej ($F_{7,84}=2,44$; ε G-G $_{2,76}=0,394$; $p=0,09$) (Aneks – Tab. 14).

6.8. Wynik sportowy na dystansie 200 m stylem dowolnym

Czasy osiągnięte na kolejnych odcinkach 50 m (1 – 4) na dystansie 200 m

Na Rycinie 28 zaprezentowano czasy osiągnięte na 50 m odcinkach dystansu 200 m (międzyczasy). Zauważyć można, iż wyniki uzyskiwane przez zawodników z grupy wykonującej dodatkowy trening stabilizacyjny zwiększają się wraz z kolejnymi odcinkami 50 m, przy czym w pomiarach przeprowadzonych po okresie sześciu tygodni pływacy poprawili czas na ostatnich 50 m. Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarem w układzie Pomiar \times 2 oraz Odcinek \times 4 ujawniła istotne efekty wymienionych czynników głównych, jednak nie wykazała interakcji pomiędzy czynnikami głównymi Pomiar \times Odcinek.



Rycina 28. Zmiany wyników (czasów) osiągniętych na 50 m odcinkach dystansu 200 m (międzyczasy) w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K). Cyfry 1 – 4 oznaczają kolejne 50 m odcinki konkurencji 200 m stylem dowolnym. Na wykresie po lewej stronie zaprezentowano wyniki grupy eksperymentalnej (E), po prawej przedstawiono wyniki grupy kontrolnej (K).

Efekt główny czynnika Pomiar ($F_{1,6}=8,52$; $p=0,03$) wytłumaczyć można istotnym statystycznie skróceniem czasu na ostatnim odcinku 50 m (post hoc: $p=0,03$). Szczegółowy rozkład międzyczasów przedstawiono w Tab. 16 (Aneks).

Widoczne na Rycinie 28 różnice w czasie osiąganym przez pływaków z grupy eksperymentalnej na kolejnych 50 m odcinkach, zarówno w pomiarach wykonywanych przed, jak i po zakończeniu treningu stabilizacji centralnej, stanowią różnice istotne statystycznie, o czym świadczy efekt główny czynnika Odcinek ($F_{3,18}=43,94$; $G-G_{1,42}=0,47$; $p<0,001$). Testy post-hoc wskazują na istotną różnicę w wynikach pomiędzy następującymi odcinkami 50 m w przypadku obu pomiarów: 1-2, 1-3, 1-4, gdzie wartość p w każdym porównaniu jest mniejsza od 0,001 (Aneks - Tab. 17).

Brak interakcji czynników głównych Pomiar \times Odcinek ($F_{3,18}=1,26$; ε G-G $_{1,18}=0,39$; $p=0,31$) może wynikać z faktu, iż zaistniałe zmiany, tj. poprawa wyniku na ostatnich 50 m w pomiarach 2 nie była wystarczająco duża, by zaistniała interakcja istotna statystycznie (Aneks - Tab. 16).

Analizując międzyczasy pływaków z grupy kontrolnej, dostrzec można, iż czasy uzyskiwane na kolejnych 50 m odcinkach, w przypadku obu pomiarów, wydłużają się na początku dystansu, po czym stabilizują i utrzymywane zostają na tym samym poziomie do końca wyścigu. Przeprowadzona analiza wykazała istotny efekt czynnika głównego Odcinek, nie ujawniła natomiast efektu głównego czynnika Pomiar, a także nie zaobserwowano interakcji pomiędzy czynnikami Pomiar \times Odcinek.

Podobnie jak w przypadku grupy eksperymentalnej widoczne różnice w osiągniętych przez zawodników wynikach w podziale na 50 m odcinki są istotne statystycznie, o czym stanowi odnotowany istotny efekt czynnika głównego Odcinek ($F_{3,18}=100,77$; ε G-G $_{1,53}=0,51$; $p<0,001$) (Aneks - Tab. 16). Testy post-hoc wykazały istotne różnice pomiędzy odcinkami: 1-2, 1-3, 1-4, gdzie $p<0,001$ wynosiło w każdej parze odcinków, zarówno w pomiarach przed, jak i po sześciotygodniowym okresie trwania eksperymentu (Aneks - Tab. 17).

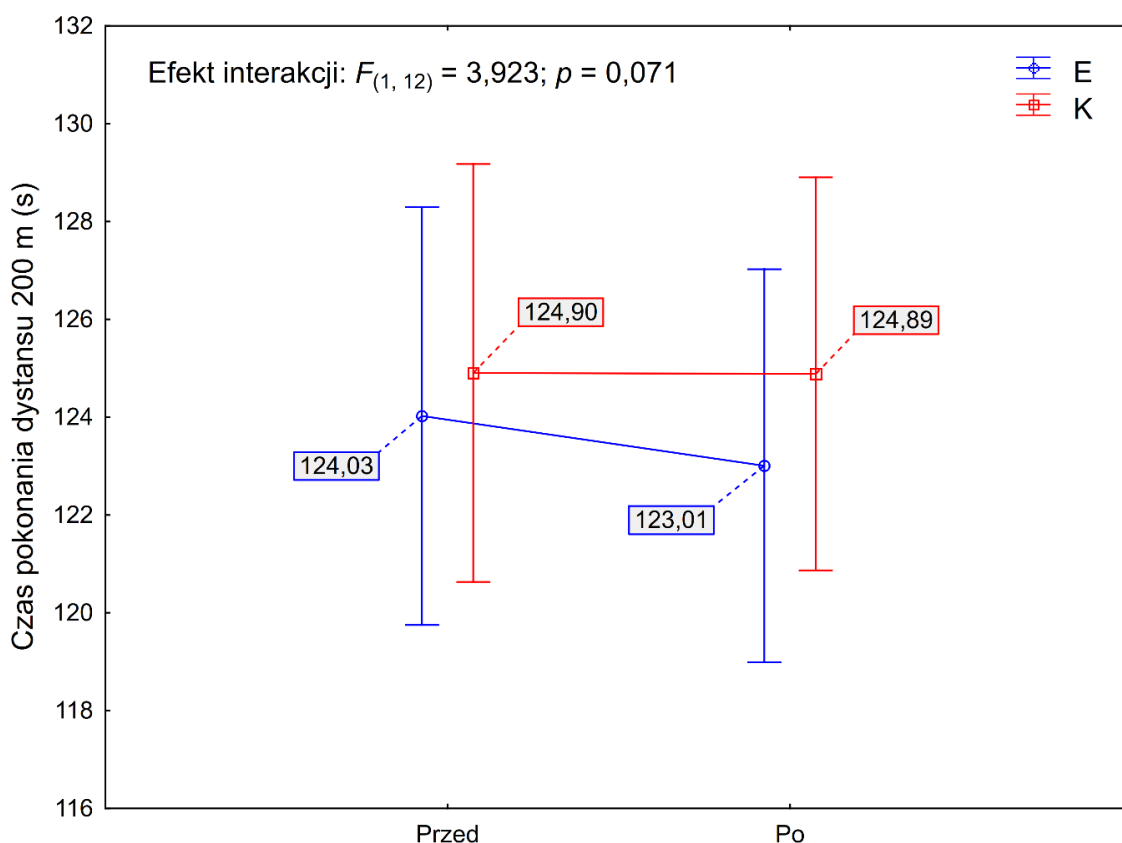
Analiza nie wykazała istotnego efektu głównego czynnika Pomiar ($F_{1,6}=0,002$; $p=0,97$), co wytłumaczyć można brakiem zmian w zakresie czasów osiągniętych na poszczególnych odcinkach 50 m po okresie sześciu tygodni w stosunku do wyników z pomiaru 1 (Aneks - Tab. 16).

Brak stwierdzonej interakcji pomiędzy czynnikami Pomiar \times Odcinek ($F_{3,18}=0,17$; ε G-G $_{1,31}=0,44$; $p=0,76$) wyjaśnić można utrzymaniem tego samego rozkładu czasów (z pomiaru 1) na kolejnych odcinkach 50 m, po zakończeniu trwania dodatkowego treningu stabilizacyjnego (Aneks - Tab. 16).

Analiza wariancji nie ujawniła istotnego efektu w obszarze interakcji czynników głównych (Grupa \times Pomiar \times Czas; $F_{3,36}=0,56$; ε G-G $_{1,74}=0,58$; $p=0,56$), co należy rozumieć, iż nie odnotowano istotnej różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi w grupach Eksperymentalnej i Kontrolnej w zakresie osiąganego czasu na poszczególnych odcinkach 50m, zarówno przed jak i po sześciotygodniowym treningu mięśni stabilizacji centralnej (Aneks - Tab. 16).

Czas pokonania dystansu 200 m (wynik sportowy)

Zarejestrowano istotną statystycznie poprawę w czasie pokonania dystansu 200 m w grupie eksperymentalnej po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej ($124,03 \pm 4,24$ s vs. $123,01 \pm 3,96$ s; $\Delta = 1,02$ (0,83%); $p = 0,027$; ES = mały). W grupie kontrolnej ostateczny wynik sportowy nie zmienił się ($124,9 \pm 5,99$ s vs. $124,89 \pm 5,65$ s; $\Delta = 0,02$ (0,01%); $p = 0,967$; ES = trywialny) (Tab. 8).



Rycina 29. Zmiany wyniku sportowego na dystansie 200 m (czas pokonania dystansu) w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K).

Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami (E i K) w czasie osiągniętym przez pływaków na dystansie 200 m, zarówno w pomiarach przeprowadzonych przed interwencją treningową, jak i po dodatkowym szkoleniu obejmującym wzmocnienie mięśni stabilizujących.

Szczegółowe wyniki analizy statystycznej przedstawiono w Tabeli 18 umieszczonej w Aneksie.

7. Dyskusja

Wynik w sporcie wyczynowym zdeterminowany jest przez czas potrzebny do pokonania dystansu wyścigu. Zgodnie z modelem deterministycznym (Chow i Knudson, 2011) dystans wyścigu jest sumą startu, pływania na dystansie oraz elementów nawrotów. Zatem, efektywność można określić na podstawie czasu powyższych składowych wyścigu (Veiga i in., 2013). Według wiedzy autora niniejsze badanie jest pierwszym, które w sposób szczegółowy analizuje poszczególne elementy wyścigu pływackiego jakimi są skok startowy, pływanie na dystansie oraz nawrót. Dotychczasowe prace obejmujące zagadnienie treningu stabilizacji centralnej i jego wpływu na efektywność pływania za wskaźnik wydajności stosowały wyłącznie czas pokonania określonego dystansu (Gencer, 2018; Weston i in., 2015). W niektórych opracowaniach uwzględniano również prędkość, częstotliwość i długość kroku pływackiego (Patil i in., 2014). Rzetelna analiza wszystkich elementów wyścigu pływackiego pozwoli jeszcze dokładniej ocenić i zrozumieć potencjalne zmiany wydajności pływaków. W związku ze zróżnicowanym charakterem oraz złożonością wszystkich etapów wyścigu pływackiego dokładna analiza skoku startowego, pływania na dystansie oraz nawrotów wydaje się uzasadniona. Każdy element wyścigu w sposób bezpośredni wpływa na ostateczny rezultat, jakim jest wynik sportowy. I tak w zależności od dystansu, procentowy udział czasu startu (mierzony od momentu sygnału startowego do osiągnięcia przez pływaka linii 15 m) stanowi od 0,8% do 26,1% wyniku sportowego (Cossor i Mason, 2001). Nawroty (wraz z poślizgami) mogą kompensować wolniejsze fazy pływania, a zatem mogą mieć decydujący wpływ na wynik sportowy (Zamparo i in., 2012). Blanksby i in. (1998) wykazali, iż w konkurencji 200 m stylem klasycznym stanowić mogą, aż jedną trzecią czasu całego dystansu. Ponadto, wraz ze wzrostem dystansu konkurencji z 50 m do 1500 m i cyklicznością fazy podwodnej nawroty mają jeszcze większe znaczenie (Burkett i in., 2010; Tourny-Chollet i in., 2002). Pływanie na dystansie stanowi główny element wyścigu pływackiego, zatem analiza poszczególnych parametrów kinematycznych pływania jest równie istotna.

W niniejszej pracy założono, iż sześciotygodniowy trening stabilizacji centralnej wpłynie pozytywnie na wszystkie wyszczególnione elementy wyścigu pływackiego,

co w efekcie doprowadzi do poprawy wyniku sportowego. Zdania autorów prac na temat wpływu treningu lądowego na efektywność pływania są podzielne. Niektóre badania nie wykazały związku pomiędzy treningiem realizowanym na lądzie, a poprawą wyniku sportowego. Jednakże, istnieje wiele prac badawczych świadczących o pozytywnym wpływie treningu lądowego na osiągnięty przez pływaków wynik w wodzie. Ponadto, siłowy trening lądowy jest powszechnie stosowany i zdaniem trenerów powinien stanowić nieodłączny element programów szkoleniowych pływaków, ponieważ to właśnie odpowiedni poziom siły i mocy mięśniowej prowadzi do maksymalizacji zdolności generowania siły napędowej w wodzie, a tym samym do poprawy efektywności pływania (Aspenes i in., 2012; Newton i in., 2002; Vilas-Boas i in., 2010).

7.1. Wpływ treningu stabilizacji centralnej na efektywność skoku startowego

Zgodnie z założeniami niniejszego eksperymentu jednym z analizowanych elementów był skok startowy, w którym wyróżnić można trzy etapy: na słupku, w locie oraz pod wodą (Cossor i Mason, 2001). W pracy przeanalizowano dwie pierwsze fazy i w tym miejscu należałoby zaznaczyć, iż zgodnie z oczekiwaniami autora, pływacy z grupy eksperymentalnej, w przypadku obu konkurencji, w sposób znaczący poprawili czas reakcji. W niniejszych badaniach nie analizowano czasu reakcji pod kątem indywidualnych zdolności nerwowomięśniowych zawodników, a parametr ten określono za pomocą pomiaru czasu na platformie startowej od momentu wystąpienia sygnału startowego do chwili utarty kontaktu stopy pływaka ze słupkiem. W grupie kontrolnej odnotowano skrócenie czasu reakcji na dystansie 50 m, jednak znacząco mniejsze w stosunku do zmiany w grupie realizującej trening stabilizacyjny, a w konkurencji 200 m czas reakcji w grupie kontrolnej nie zmienił się. Warto podkreślić, iż w badaniach Garcia-Hermoso i in. (2013) stwierdzono, że skrócenie czasu na platformie startowej prowadzi do zredukowania całkowitego czasu trwania startu (do osiągnięcia przez pływaka 15 m). Uzyskane wyniki są zgodne z pracą Rejmana i in. (2017), gdzie pod wpływem sześciotygodniowego treningu plyometrycznego zaobserwowano skrócenie czasu trwania skoku startowego ($\Delta = 0,14$ s), poślizgu ($\Delta = 0,16$ s), jak również odnotowano wzrost prędkości pływaków w fazie odbicia

(na słupku), lotu oraz w czasie poślizgu pod wodą. Podobne rezultaty uzyskano w badaniach Daviesa i in. (2001), w których dodatkowy trening plyometryczny doprowadził do skrócenia czasu trwania skoku startowego ($\Delta = 0,07$ s) oraz poślizgu ($\Delta = 0,09$ s). Prawdopodobnie w obu przypadkach dodatkowy trening plyometryczny spowodował wzrost wydajności funkcjonalnej nóg do generowania maksymalnej mocy mięśniowej, czego rezultatem była poprawa efektywności startu (Rejman i in., 2017). W przypadku niniejszych badań wydaje się, iż trening stabilizacji centralnej doprowadził do lepszej, bardziej optymalnej integracji mięśni kończyn dolnych i górnych oraz tułowia, co przełożyło się na efektywniejszy transfer energii na kolejne segmenty ciała, od kończyn dolnych poprzez tułów, do ramion, co związane jest z szybszym (bardziej efektywnym) przyjęciem pozycji torpedowej (startowej) (Kibler i in., 2006; Willardson, 2007). Ponadto, jednym z elementów przeprowadzonego treningu stabilizacji centralnej było ćwiczenie ukierunkowane na wzmocnienie mięśni prostownika grzbietu, które odpowiadają za gwałtowny wyprost tułowia w czasie skoku w celu jak najszybszego przyjęcia pozycji torpedowej.

Faza na słupku startowym wymaga kompromisu pomiędzy czasem, a siłą. Aby w pełni wykorzystać zmniejszony opór w stosunku do oporu w wodzie, skok startowy musi być skuteczny w taki sposób, aby wypchnąć ciało pływaka w kierunku lustra wody jak najdalej i jak najszybciej w powietrzu (Yang, 2018). W niniejszej pracy założono, iż trening stabilizacyjny doprowadzi do wydłużenia dystansu fazy lotu oraz do wzrostu prędkości pływaków w tej fazie. Zarówno w grupie eksperymentalnej, jak i kontrolnej w przypadku konkurencji 50 m i 200 m (marginalna zmiana) zaobserwowano wydłużenie dystansu fazy lotu w czasie skoku startowego, co świadczyć może o pozytywnym wpływie treningu prowadzonego w podokresie przygotowania specjalnego. Odnotowane zmiany nie stanowią zmian istotnych statystycznie, z wyjątkiem poprawy w grupie kontrolnej na dystansie 50 m ($\Delta = -0,07$ m (-2,42%); $p = 0,003$), jednakże w związku z wydłużeniem tej fazy w każdym przypadku zasadne wydaje się jej zaakcentowanie. Warto podkreślić, iż trening stabilizacji centralnej nie osłabił wartości tego parametru, a doprowadził dodatkowo do istotnego skrócenia czasu trwania skoku startowego mierzonego od momentu sygnału startowego do pierwszego kontaktu dłoni pływaka z taflą wody na obu dystansach. W grupie eksperymentalnej w konkurencji 50 m zaobserwowana różnica wyniosła 0,09 s (8,45%; ES = bardzo duży), natomiast w przypadku 200 m

osiągnęła wartość 0,07 s (6,35%; ES = duży), podczas gdy w grupie kontrolnej nie odnotowano zmian istotnych statystycznie (50 m: 0,02 s (1,93%); ES = mały; 200 m: 0 s (0,39%); ES = trywialny). Zarówno na dystansie 50 m, jak i 200 m zaobserwowane zmiany doprowadziły do interakcji pomiędzy grupami (E i K). Warto podkreślić, iż badania statystyczne potwierdzają, że minimalizacja czasu trwania startu jest ściśle skorelowana ze wzrostem efektywności startu pływackiego (Bishop i in., 2009). Ponadto w związku z dalszym biciem rekordów świata, czas startu zajmuje coraz większą część wyniku, zwłaszcza na dystansach sprinterskich, dlatego też skuteczny i szybki start jest niezbędny do osiągnięcia sukcesów na arenie sportowej (Yang, 2018). Według Guimaraes i in., (1985) efektywny start charakteryzuje się dużą prędkością rozwijaną przez zawodników w fazie lotu oraz utrzymaniem opływowej pozycji ciała pod wodą w celu zminimalizowania utraty prędkości związanej ze zmianą środowiska (z powietrza na wodę). Należy zaznaczyć, iż pływacy z grupy realizującej dodatkowy trening wzmacniający mięśnie stabilizujące osiągnęli wyższą prędkość w fazie lotu po okresie sześciu tygodni na obu dystansach, gdzie poprawa prędkości na dystansie 50 m stanowi zmianę istotną statystycznie ($\Delta = -0,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (-4,49%); $p = 0,045$), podczas gdy w grupie kontrolnej doszło do nieznacznego spadku prędkości zawodników w tej konkurencji ($\Delta = 0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2,78%); $p = 0,556$). W przypadku 200 m zaobserwowana różnica w grupie eksperymentalnej nie jest istotna ($\Delta = -0,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (-5,33%); $p = 0,151$), jednakże osiągnęła znacznie wyższą wartość w stosunku do zmiany zarejestrowanej w grupie kontrolnej ($\Delta = -0,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (-1,25%); $p = 0,745$). Warto podkreślić, iż w badaniach Honda i in. (2010) stwierdzono, że wzrost prędkości w czasie skoku prowadzi do poprawy całkowitego czasu osiągnięcia przez zawodnika linii 7,5 m. Zdaniem autorów należy dążyć do maksymalizacji prędkości generowanej na słupku startowym oraz minimalizacji spadku szybkości po wejściu do wody (Honda i in., 2010; Vantorre i in., 2010). Podobne rezultaty odnotowano w badaniach, których celem była ocena porównawcza poszczególnych parametrów startu pływackiego ze względu na pozycję startową zawodnika oraz platformę z jakiej startuje. Jak się okazało, sportowcy wykonujący skok startowy ze słupka z belką do nogi zakroczonej osiągnęli wyższą prędkość na słupku, krótszy czas w fazie lotu oraz pokonywali dłuższy dystans w fazie lotu, niżeli pływacy wykonujący skok z tradycyjnej platformy. Jak twierdzą badacze, dodatkowa belka umożliwia przyjęcie stabilniejszej pozycji startowej, co zabezpiecza między innymi przed dyskwalifikacją zawodnika na platformie oraz umożliwia bardziej dynamiczne odbicie (Elipot i in., 2009; Yang, 2018). W niniejszej

pracy zawodnicy wykonywali start z tradycyjnej platformy startowej, zatem w związku z poprawą efektywności poszczególnych parametrów startowych, można domniemać, iż trening stabilizacyjny przyczynił się u pływaków do przyjęcia bardziej stabilnej pozycji, a tym samym równowagi na słupku, co pozwoliło na wygenerowanie większej mocy przez kończyny dolne. Związane to być może z efektywnym transferem energii w łańcuchu kinematycznym, ponieważ skok startowy to nie tylko praca kończyn dolnych, a działanie całego ciała w bardzo krótkim czasie. W trakcie odbicia dochodzi do gwałtownego wyprostowania tułowia i kończyn górnych, w celu przyjęcia stabilnej pozycji torpedowej, dlatego mięśnie środka są niezwykle istotne, ponieważ scalają wszystkie segmenty ciała w jedną całość i umożliwiają efektywny przepływ energii, bez jej utraty w kierunku końcowych części ciała. Co więcej, wiele badań wykazało, iż pod wpływem treningu stabilizacji centralnej zawodnicy różnych dyscyplin poprawili parametry skoczności. Zatem wzrost prędkości pływaków w czasie fazy lotu w niniejszej pracy związany być może również z poprawą skoczności zawodników.

Wyniki niektórych badań sugerują, iż redukcja czasu na bloku startowym wpływa na poprawę efektywności całego startu, czyli do osiągnięcia przez pływaka linii 15 m (Garcia-Hermoso i in., 2013), z kolei inni autorzy są zdania, że istnieje kompromis, pomiędzy czasem na bloku, a prędkością poziomą, z powodu zmniejszenia impulsu w czasie odbicia (Breed i McElroy, 2000; Vantorre i in., 2010). Pływacy mogą zmniejszyć czas na bloku startowym poprzez zwiększenie siły i mocy dolnych partii ciała (Garcia-Hermoso i in., 2013). Vilas-Boas i in., (2000) w swojej pracy wykazali, że wyższe impulsy przyczyniają się w znacznym stopniu do wyższych prędkości poziomych przy starcie i wejściu do wody. W konsekwencji, krótszy czas na bloku może mieć negatywny wpływ na parametry generowania siły w związku ze zmniejszonym impulsem. Z drugiej strony Honda i in. (2010) stwierdzili, że pływacy startujący z platformy z belką do nogi zakroczonej mogą skrócić czas na bloku bez spadku prędkości poziomej, dzięki uniesionej tylnej stopie, która umożliwia przykładanie siły w bardziej poziomym kierunku. W niniejszych badaniach pomimo skrócenia czasu reakcji zawodników (czasu na platformie startowej) zaobserwowano wyższą prędkość w fazie lotu w grupie realizującej trening wzmacniający mięśnie głębokie. Zatem redukcja czasu reakcji w niniejszej pracy stanowi pozytywny aspekt poprawy efektywności startu, ponieważ nie zaburzyła osiąganą przez zawodników prędkość w fazie lotu, wręcz odnotowano wzrost szybkości pływaków w tej fazie.

W badaniach Myer i in. (2005) sześciotygodniowy trening bazujący na właściwościach nerwowo-mięśniowych, uwzględniający trening stabilizacji, równowagi i elementy dynamiczne z zastosowaniem niestabilnego podłoża przyczynił się do poprawy wydajności i biomechaniki ruchu. U zawodniczek z grupy eksperymentalnej odnotowano między innymi wzrost maksymalnego obciążenia w przysiadzie, w wyciskaniu, zwiększenie odległości przeskoku z jednej nogi, a także zaobserwowano wzrost w dystansie wyskoku pionowego. Podobne efekty zaobserwowano u wioślarzy i siatkarzy, którzy poprawili parametry wyskoku pionowego, po zrealizowaniu kilkutygodniowego treningu stabilizacyjnego (Bilici i Selçuk, 2018; Tse i in., 2005). Wyniki badań wskazują na zależność pomiędzy poprawą wysokości wyskoku w górę, a skróceniem czasu startu do osiągnięcia przez pływaków linii 10 m (Garcia-Ramos i in., 2015). Zatem można by rozważyć, czy pod wpływem sześciotygodniowego treningu ukierunkowanego na wzmocnienie mięśni stabilizujących doszło do poprawy parametrów skoku (odbicia), co miało pozytywny efekt w osiąganej przez zawodników prędkości w trakcie fazy lotu.

Wiele badań wskazuje na znaczenie fazy lotu, której maksymalizacja w połączeniu z odpowiednim kątem wejścia do wody pozwala pływakowi na osiągnięcie wyższych prędkości podczas fazy podwodnej (poślizgu) (Elipot i in., 2009; Vantorre i in., 2010). Dystans fazy lotu jest niezwykle istotnym parametrem wydajności, ponieważ ciało przemieszcza się znacznie szybciej w powietrzu, niżeli w wodzie (Miller i Hay, 1984). Zawodnik może osiągnąć ponad dwukrotnie wyższą prędkość w czasie skoku startowego w stosunku do prędkości uzyskiwanej podczas pływania na dystansie (Kiuchi i in., 2010). W badaniach Breed i Young (2003) lądowy trening oporowy, pomimo zaobserwowanego wzrostu prędkości zawodnika, nie wpłynął na dystans fazy lotu w skoku startowym, co sugeruje, iż nie doszło do bezpośredniego przeniesienia trenowanych umiejętności na start pływacki, co związane być może ze złożoną specyfiką startu pływackiego. W niniejszej pracy odnotowano wydłużenie dystansu fazy lotu zarówno w grupie eksperymentalnej, jak i kontrolnej, co świadczyć może o pozytywnym wpływie przygotowań do zawodów w danym okresie szkolenia pływaków. Co ważne, trening wzmacniający mięśnie stabilizujące nie osłabił wartości tego parametru, a doprowadził do istotnego skrócenia czasu trwania skoku startowego, będącego wypadkową czasu reakcji i fazy lotu mierzonego do momentu dotknięcia przez pływaka dłońmi lustra wody. Prędkość zawodnika w trakcie poślizgu

bezpośrednio po skoku startowym jest silnie uzależniona od czasu wejścia do wody, pozycji pływaka, kierunku oraz głębokości wejścia (Li i Zhan, 2015; Welcher i Hinrichs, 2008). W badaniach opartych na analizie korelacji stwierdzono, że istnieje silna zależność pomiędzy prędkością poziomą uzyskaną przez zawodnika w czasie skoku startowego i czasem na platformie startowej (czasem reakcji w niniejszej pracy), a czasem uzyskanym przez zawodników na początkowym dystansie 15 metrów (Breed i McElroy, 2000; Welcher i Hinrichs, 2008). Zwiększenie prędkości poziomej przy starcie najczęściej powoduje, iż pływak wejdzie do wody pod mniejszym kątem. W przeprowadzonych badaniach wraz ze wzrostem prędkości w fazie lotu w grupie eksperymentalnej zaobserwowano zmniejszenie kąta wejścia pływaka do wody, jednakże nie stanowi to zmiany istotnej statystycznie. Zgodnie z innymi badaniami, można przypuszczać, iż niewłaściwa pozycja wejścia do wody pod nieodpowiednim kątem, pomimo wzrostu prędkości skoku startowego, nie przełoży się na prędkość, jaką pływak osiągnie podczas fazy podwodnej. Niezwykle ważne jest zatem utrzymanie prawidłowej trajektorii lotu i odpowiedniej pozycji ciała podczas wejścia do wody, aby zminimalizować spadek prędkości w trakcie fazy podwodnej ze względu na zwiększony opór oddziałujący na ciało pływaków (Tor i in., 2015). W badaniach Iizuki i in. (2016) polegających na ocenie bezpośredniej aktywacji mięśni głębokich przed wykonaniem skoku startowego nie odnotowano istotnej różnicy w czasie fazy lotu oraz czasie trwania poślizgu oddzielnie. Wykazano, natomiast, istotne skrócenie sumarycznego czasu obu powyższych faz (w locie i pod wodą). Nie stwierdzono wydłużenia dystansu fazy lotu oraz nie zaobserwowano wzrostu prędkości pływaka w tej fazie, jednakże zarejestrowano wyższą prędkość zawodników pod wodą na dystansie 5 m od ściany startowej. Redukcja prędkości po wejściu pływaka do wody obniżyła się, aż o 5,17% w trakcie startu bezpośrednio po wykonaniu ćwiczeń stabilizacyjnych. Badacze przypuszczają, iż ćwiczenia stabilizacyjne wykonane bezpośrednio przed startem nie wpłynęły na zwiększenie mocy kończyn dolnych w czasie odbicia, natomiast doprowadziły do aktywacji mięśni głębokich, które zapewniają stabilną pozycję torpedową w trakcie wejścia do wody, niwelującą niekorzystne ruchy tułowia, dzięki czemu opór został zminimalizowany i spadek prędkości zmniejszył się. W niniejszej pracy nie zbadano fazy podwodnej, zatem ocena zmian w czasie poślizgu nie jest możliwa. Można, jednak domniemać, iż trening wzmacniający mięśnie stabilizujące wpłynął pozytywnie na utrzymanie przez pływaków stabilnej pozycji torpedowej, niwelując tym samym dodatkowe ruchy ciała

zawodników w czasie wejścia do wody, co mogło doprowadzić do zmniejszenia redukcji prędkości sportowców pod wodą.

Podsumowując, przeprowadzony trening stabilizacyjny w grupie pływaków wysokiej klasy wpłynął korzystnie na efektywność skoku startowego, w głównej mierze poprzez skrócenie czasu trwania skoku, w tym czasu reakcji (czasu na platformie startowej), jak również wzrost prędkości zawodników w czasie fazy lotu.

7.2. Wpływ treningu ukierunkowanego na wzmocnienie mięśni stabilizacji centralnej na efektywność wykonania nawrotu

Kolejnym elementem wyścigu, w którym sportowcy, trenerzy i naukowcy upatrują możliwości uzyskania przewagi jest nawrót. Nawroty uznaje się za kluczowy czynnik wpływający na wynik w sporcie pływackim we wszystkich konkurencjach powyżej 50 m na długim basenie oraz wszystkich na pływalni o długości 25 m, ponieważ czasy nawrotów zostały ściśle skorelowane z wynikami osiąganymi przez zawodników (Chow i in., 1984). Jak wskazują wcześniejsze badania nawroty stanowią do 30% wyścigu, a w przypadku dystansu 200 m stylem dowolnym procentowy udział czasu nawrotów w całej konkurencji wynosi 21% (czas mierzony 5 m od ściany i 10 m po odbiciu). Analiza wyścigów z Igrzysk Olimpijskich w Sydney w 2000 roku wykazała, iż 1% poprawa w efektywności nawrotów umożliwiłaby zdobycie złotego medalu w finale olimpijskim zawodnikowi, który zajął trzecie miejsce na podium w konkurencji 200 m stylem dowolnym (Puel i in., 2011; Webster i in., 2011).

Głównym celem nawrotu jest zmiana kierunku wykonania w jak najkrótszym czasie, aby uzyskać jak największą prędkość w przeciwną stronę (Tourny-Chollet i in., 2002). Obszerna i szczegółowa analiza nawrotu może obejmować elementy, takie jak dopłynięcie do ściany, obrót, kontakt ze ścianą, poślizg, napęd podwodny oraz wznowienie pływania daną techniką (Puel i in., 2010). Spośród tych etapów niezwykle istotny jest kontakt ze ścianą, który odpowiedzialny jest za generowanie prędkości początkowej, bezpośrednio po opuszczeniu ściany. Uzyskana pod wodą prędkość może być decydującym czynnikiem świadczącym o sukcesie na podium (Cossor i in., 1999). W niniejszej pracy poddano analizie czas oraz prędkość jaką osiąga zawodnik na dystansie 5 m po odbiciu od ściany. Zgodnie z założeniami niniejszego

eksperymentu sześciotygodniowy trening wzmacniający mięśnie stabilizujące powinien przyczynić się do skrócenia czasu na dystansie pierwszych 5 m po nawrocie, a tym samym do wzrostu prędkości. Nawrót koziółkowy stanowi niezwykle skomplikowany element wyścigu, który wymaga skoordynowanej pracy całego ciała pływaka. Wyniki przeprowadzonej analizy dowiodły, iż pod wpływem dodatkowego szkolenia ukierunkowanego na poprawę siły i wytrzymałości mięśni tułowia doszło do wzrostu prędkości po nawrocie, w przypadku obu dystansów. W konkurencji 50 m odnotowano poprawę prędkości na poziomie 27,4% ($\Delta = 3,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p = 0,001$), podczas gdy w grupie kontrolnej również zaobserwowano wzrost prędkości po odbiciu od ściany nawrotowej, jednak w znacznie mniejszym zakresie ($\Delta = 1,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (10,0%), $p = 0,084$). Analiza średniego dystansu (200 m) w grupie eksperymentalnej ujawniła wzrost prędkości bezpośrednio po wykonaniu pierwszego ($p = 0,008$), piątego ($p < 0,001$) i siódmego ($p = 0,002$) nawrotu w granicach od 9% do 12,9%. Grupą mięśniową, która w największym stopniu odpowiada za zgięcie tułowia w czasie wykonywania nawrotu są mięśnie brzucha, na które ukierunkowany był przeprowadzony trening stabilizacji centralnej, co mogło zapewnić bardziej dynamiczny obrót ciała. Wydaje się, iż poprawa prędkości związana jest z bardziej efektywnym przyjęciem pozycji torpedowej oraz optymalnym transferem energii, co umożliwiło silniejsze odbicie od ściany, podobnie jak w przypadku skoku startowego. Wyniki badań Shinkle i in. (2012) potwierdzają, iż silny środek ciała ma znaczący wpływ na zdolność sportowców do tworzenia i przenoszenia siły na kończyny. Wymagania stawiane ciału w celu osiągnięcia przez sportowca optymalnej wydajności sportowej nie mogą być tworzone, ani rozpraszane lokalnie – wymagają reakcji całego ciała z podłożem (w przypadku sportów lądowych), aby zapewnić odpowiedni poziom wydajności (prędkość, moc, siła) (Shinkle i in., 2012). W odniesieniu do nawrotu podłoże stanowi ściana nawrotowa, z której pływacy odbijają się nogami, a siła odbicia zależna jest częściowo od uderzenia kończynami dolnymi w wodę, jednak w największym stopniu wytwarzana jest poprzez interakcję ze ścianą. Mięśnie tułowia są odpowiedzialne za zapewnienie stabilnej podstawy dla pracy kończyn i przenoszenie energii. Istnieje niewiele dyscyplin, które nie wymagają transferu siły (Shinkle i in., 2012). Nawrót koziółkowy wymaga szybkiego zgięcia tułowia, a zarazem dynamicznego wyprostowania w celu przyjęcia jak najszybciej pozycji strzałki (torpedowej), za co w dużym stopniu odpowiedzialne są mięśnie prostownika grzbietu. Jedno z ćwiczeń w przeprowadzonym treningu stabilizacyjnym polegało na silnej pracy

mięśni odpowiedzialnych za wyprost tułowia, co mogło przełożyć się na przyjęcie opływowej pozycji ciała w bardziej efektywny sposób. Skoordynowana praca wszystkich części ciała w trakcie nawrotu, a także sztywne połączenie pomiędzy górnym i dolnymi kończynami mogło doprowadzić do silniejszego odbicia od ściany. Ponadto silny środek ciała zapobiega zbędnym ruchom tułowia, a tym samym przyczynia się do zmniejszonego oporu stawianego przez pływaka w wodzie.

Prac w zakresie wpływu lądowego treningu siłowego na efektywność wykonania nawrotów jest niewiele. Jedno z powszechnie dostępnych badań wykazało, iż zawodnicy z dłuższym stażem treningowym wykonywanym na lądzie (mężczyźni $5,3 \pm 1,5$ roku, kobiety $4,5 \pm 1$ roku) charakteryzowali się większą siłą odbicia od ściany, krótszym czasem trwania nawrotu, jak również wyższą prędkością na dystansie pierwszych 5 m po nawrocie w stosunku do pływaków z mniejszym doświadczeniem treningowym na lądzie (mężczyźni $2,0 \pm 0,6$ lat, kobiety $0,5 \pm 0,3$ lat). Autor przytoczonej pracy uważa, iż dłuższy okres lądowego szkolenia zapewnił więcej czasu na poprawę siły mięśni prostujących kończyny dolne, czego wynikiem były lepsze rezultaty w testach mocy mięśniowej oraz krótszy czas wykonania nawrotu (Jones, 2017). Poprawa parametrów mocy prostowników nóg jest tylko jednym z elementów wpływających korzystnie na fazę odepchnięcia od ściany w trakcie wykonywania nawrotu. Zdaniem autora bardziej efektywna, opływowa pozycja ciała i minimalizacja oporu stanowić może kolejny argument, dlaczego pływacy i pływaczki z dłuższym lądowym stażem treningowym wykonywali nawrót w krótszym czasie (Jones, 2017). Wyniki niniejszej pracy potwierdzają tezę Jones (2017), gdyż po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej w przypadku konkurencji 50 m i 200 m odnotowano istotne skrócenie czasu pokonania dystansu 5 m bezpośrednio po opuszczeniu ściany nawrotowej. Za efektywne przyjęcie i utrzymanie opływowej pozycji torpedowej ciała odpowiadają właśnie silne mięśnie środka ciała. Ponadto badania oceniające wpływ krótkoterminowego treningu balistycznego, jak i treningu ukierunkowanego na rozwijanie siły maksymalnej dowiodły, iż obie formy treningowe przyczyniają się do poprawy parametrów odepchnięcia od ściany w czasie wykonywania nawrotu. W grupie wykonującej trening siły maksymalnej doszło do skrócenia czasu trwania nawrotu na poziomie -0.1 ± 0.4 s, jak i nieznacznego wzrostu czasu pokonania dystansu 5 m po opuszczeniu ściany nawrotowej (0.1 ± 0.4). W przypadku grupy realizującej trening balistyczny odnotowano zmiany w czasie

trwania nawrotu o $0.0, \pm 0.4$, a w przypadku poślizgu zaobserwowano skrócenie czasu na poziomie $-0.19, \pm 0.4$. Obie metody treningu doprowadziły do wzrostu mocy w czasie odbicia od ściany (Jones, 2017). Ujawniona zmiana w czasie pokonania dystansu 5 m po odbiciu od ściany w grupie realizującej trening balistyczny jest spójna z wynikami niniejszej pracy, gdzie również odnotowano wzrost prędkości po nawrocie.

Wydaje się bowiem, iż trening stabilizacji centralnej w odniesieniu do nawrotów powinien stanowić obligatoryjny element szkolenia pływaków, co potwierdza wzrost prędkości bezpośrednio po nawrocie w grupie zawodników realizujących dodatkowe szkolenie, którego celem było wzmocnienie mięśni *core* (mięśni odpowiedzialnych za stabilizację centralną, obszar tułowia).

7.3. Wpływ treningu stabilizacyjnego na kinematyczne parametry techniki pływania oraz wynik sportowy

W związku ze specyfiką sportu pływackiego (środowisko wodne) stabilizacja centralna pełni niezwykle istotną rolę. Ze względu na brak stabilnego podłoża obszar *core* stanowi punkt odniesienia – solidną podstawę do wykonywania wszystkich ruchów w wodzie. Zgodnie z tą wiedzą trening ukierunkowany na wzmocnianie mięśni stabilizujących powinien traktować tułów jako główną fabrykę, której celem jest zapewnienie jak największej produkcji siły przez kończyny (Jakubczyk i in., 2019). Zaplanowanie treningu lądowego pływaków w taki sposób, aby ten przekładał się na efektywność pływania stanowi duże wyzwanie dla szkoleniowców w związku z zupełnie innym środowiskiem, w którym zawodnik pokonuje dystans. W ostatnich latach niektórzy badacze podjęli próbę oceny wpływu treningu stabilizacji centralnej na wydajność sportową zawodników. Wielu autorów prac poddało w wątpliwość pozytywne znaczenie treningu stabilizacyjnego w odniesieniu do efektywności czynności sportowych zawodników różnych dyscyplin. Wyjaśnieniem braku zmian w osiągniętych wynikach w przypadku większości prac było zastosowanie ćwiczeń angażujących mięśnie stabilizacji centralnej niezgodnych ze specyfiką danego sportu (Tse i in., 2005; Stanton i in., 2004). Rezultaty niektórych eksperymentów wskazały, jednak iż dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna (po wdrożeniu odpowiedniego treningu) prowadzi do poprawy wyniku sportowego pływaków (Gencer, 2018; Satoshi

i in., 2016; Patil i in., 2014; Weston i in., 2015). Powodem niejednoznacznych wyników i rozbieżności wniosków badaczy wydaje się być stosowanie różnorodnej metodyki ćwiczeń, zróżnicowanie grup badawczych oraz szeroki zakres stosowanych metod gromadzenia danych (Patil i in., 2014). Jedno z badań oceniających wpływ treningu stabilizacyjnego z wykorzystaniem piłek rehabilitacyjnych na wydajność pływania ukazało wzrost efektywności stabilizacji centralnej w testach wykonywanych na lądzie. Nie stwierdzono, jednak poprawy w czasie pokonania dystansu w wodzie (Scibek i in., 2001). Tinto i in. (2017) przeprowadzili eksperyment, którego celem była ocena wpływu długoterminowego treningu z ćwiczeniami wykonywanymi w zawieszeniu. Wyniki dowiodły, iż pod wpływem realizowanego szkolenia pływaczki synchroniczne osiągnęły wyższe wartości w testach wydajności mięśni stabilizujących. Autorzy, jednak nie zbadali, czy zaistniałe zmiany wydajności mięśni, przełożyły się na efektywność czynności sportowych pływaczek w wodzie. Głównym założeniem niniejszych badań była poprawa wyniku sportowego po przeprowadzeniu w grupie eksperymentalnej sześciotygodniowego treningu angażującego mięśnie stabilizujące (odpowiedzialne za stabilizację centralną). Zgodnie z postawioną hipotezą zarówno czas pokonania dystansu 50 m i 200 m skrócił się istotnie statystycznie w grupie realizującej dodatkowe szkolenie po okresie sześciu tygodni (50 m: $25,26 \pm 0,37$ s vs. $24,98 \pm 0,51$ s, $\Delta = -0,28$ (-1,1%), $p = 0,004$; 200 m: $124,03 \pm 4,24$ s vs. $123,01 \pm 3,96$ s, $\Delta = -1,02$ (-0,8%), $p = 0,027$). Wyniki niniejszej pracy są zgodne z badaniem Patil i in. (2014), gdzie po zrealizowaniu sześciotygodniowego treningu wzmacniającego mięśnie głębokie, odnotowano istotną statystycznie poprawę wyniku sportowego na dystansie 50 m stylem dowolnym na poziomie 2,8%. Pomimo znacznego skrócenia czasu pokonania dystansu w badaniach Patil i in. (2014) nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w częstotliwości ($\Delta = 1,55\%$) oraz długości kroku pływackiego ($\Delta = 4,37\%$). W przypadku niniejszej analizy zaobserwowano tę samą zależność – zarówno częstotliwość (50 m: odcinek 1 $\Delta = 1,8\%$; odcinek 2 $\Delta = -1,8\%$; 200 m: różnice w zakresie od -0,2% do 4,4 %), jak i długość kroku (50 m: odcinek 1 $\Delta = -3,6\%$ odcinek 2 $\Delta = 0,3\%$; 200 m: różnice w zakresie od -3,6% do 4,7%) nie uległy zmianie istotnej statystycznie na obu dystansach. W pracy Patil i in. (2014) zaobserwowano, jednakże wzrost prędkości pływania na poziomie 2,85%, co ujawnione zostało również w niniejszej analizie dystansu 200 m na ostatnich dwóch odcinkach wyścigu (odcinek 7: $1,23 \pm 0,08$ vs. $1,29 \pm 4,1$, $\Delta = 0,06$ (4,9%) $p < 0,001$; odcinek 8: $1,23 \pm 0,05$ vs. $1,3 \pm 2,42$, $\Delta = 0,063$ (5,1%) $p < 0,001$). Wydaje się, iż utrzymanie opływowej pozycji ciała

i równowagi w wodzie, dzięki aktywacji mięśni głębokich umożliwia generowanie dużej siły napędowej przez kończyny, co może prowadzić do wzrostu prędkości pływania. W niniejszych badaniach założono, iż pod wpływem treningu stabilizacji centralnej dojdzie do wydłużenia kroku pływackiego, bądź wzrostu częstotliwości, a tym samym wskaźnik skuteczności pływania wzrośnie. Wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej nie ujawniły zmian w kinematycznych parametrach pływania, co wskazywać może, iż trening stabilizacyjny ukierunkowany na zmianę tych parametrów wymaga stosowania bardziej specyficznych ćwiczeń mięśni *core* z uwzględnieniem ruchów imitujących daną technikę pływacką. Pomimo powszechnego uznania, iż podstawowe ćwiczenia stabilizacyjne, takie jak „deska”, uważane są za odpowiednią metodę treningu stabilizacji w celu zwiększenia siły i stabilności, według Shinkle i in. (2012) stanowi to pewien problem. Autorzy twierdzą, iż utrzymywanie pozycji deski ustawia sportowców w statycznej, a tym samym niefunkcjonalnej pozycji, która rzadko albo wcale nie występuje w trakcie czynności sportowych, a zatem może nie przyczynić się do wzrostu wydajności zawodników. W związku z tym, iż tułów stanowi środkowe ogniwo w większości łańcuchów kinematycznych, należy go odpowiednio trenować (Shinkle i in., 2012). Z drugiej strony fakt, iż mięśnie tułowa (mięśnie *core*) funkcjonują inaczej, niżeli kończyny – poprzez skurcz usztywniają tułów prowadząc do działania mięśni jako synergistów, efektywne szkolenie tego obszaru musi różnić się od treningu kończyn (Banerjee i in., 2009; S. Grenier i McGill, 2007; McGill, 2010). Silny środek ciała umożliwia efektywną rotację tułowa w kraulu, co związane być może z wydłużeniem kroku pływackiego, sztywne połączenie pomiędzy dolnymi i górnymi kończynami pozwala na przepychanie ciała pływaka w wodzie, a nie tylko jego ciągnięcie po powierzchni wody za pomocą pracy ramion. Ponadto wysoce aktywne mięśnie tułowa, w tym prostownik grzbietu wpływa na utrzymanie opływowej pozycji ciała, niwelując opadanie bioder w trakcie pływania, a także przyczynia się do utrzymywania równowagi w wodzie, co pozwala na generowanie dużego napędu przez ramiona (Salo i Riewald, 2008). Niejednoznaczne zmiany w kinematycznych parametrach pływania odnotowane w niniejszych badaniach mogą wynikać z faktu, iż eksperyment przeprowadzony był w grupie dorosłych pływaków wysokiej klasy z długim stażem treningowym, których technika jest trudna do zmiany w tak krótkim okresie. Wydaje się bowiem, iż zmiany pod wpływem treningu stabilizacyjnego mogą być większe w grupie zawodników młodszych oraz o mniejszym doświadczeniu treningowym. Na podstawie

wyników przeprowadzonej analizy sądzić można, iż do progresu wyniku sportowego w przypadku dystansu sprinterskiego (50 m), jak i średniego (200 m) doszło w głównej mierze dzięki poprawie efektywności startu oraz nawrotów. Dodatkowo na dystansie 200 m czynnikiem mającym udział w polepszeniu końcowego rezultatu był wzrost prędkości na ostatnich 50 m konkurencji 200 m stylem dowolnym (odcinek 7: $\Delta = 4,9\%$ $p < 0,001$; odcinek 8: $\Delta = 5,1\%$ $p < 0,001$). Można domniemać, iż pomimo narastającego zmęczenia zawodników wraz z kolejnymi odcinkami dystansu, mięśnie biorące udział w stabilizacji ciała pływaka były wysoce aktywne do samego końca wyścigu, co przyczyniło się do wzrostu prędkości na 7 i 8 długości basenu w stosunku do poziomu prędkości na analogicznych odcinkach w pomiarach wykonywanych przed przystąpieniem do treningu. Wytrzymałość mięśni odpowiedzialnych za stabilizację centralną, może zwiększyć się pod wpływem treningu stabilizacyjnego, co potwierdzają liczne badania (Patil i in., 2014; Weston i in., 2015). W niniejszej pracy nie zbadano wytrzymałości mięśni *core*, jednak zgodnie z wynikami eksperymentów innych badaczy można przypuszczać, iż doszło do poprawy tego parametru, co tłumaczyłoby wzrost prędkości na ostatnich 50 m konkurencji 200 stylem dowolnym. W pracy Westona i in. (2015) w celu oceny adaptacji nerwowo-mięśniowej pod wpływem dwunastotygodniowego treningu stabilizacji centralnej przeprowadzono badanie EMG oraz test wytrzymałości mięśni stabilizujących. Zarówno elektromiografia, jak i test wytrzymałości wykazały poprawę, jak również autorzy odnotowali istotne skrócenie czasu pokonania dystansu 50 m stylem dowolnym na poziomie 2%, co jest zgodne z poprawą wyników w niniejszym eksperymencie (50 m: $\Delta = -1,1\%$, $p = 0,004$; 200 m: $\Delta = -0,8\%$, $p = 0,027$). Zaobserwowane zmiany w badaniach Weston i in. (2015) pozwalają stwierdzić, iż dodatkowe szkolenie wpłynęło w sposób bezpośredni na poprawę mierzonych parametrów mięśniowych, co daje pewność, iż zastosowano dobrze opracowany trening, który przyczynił się do poprawy wyniku sportowego. Autorzy przytoczonych badań za wskaźnik wydajności pływania uznali jedynie czas pokonania dystansu, zatem na podstawie ich pracy nie można ocenić na jakie elementy wyścigu pływackiego wpłynął zastosowany trening. Badacze Girold i in. (2007) przeprowadzili eksperyment porównujący wpływ treningu oporowego realizowanego na łódce z efektem treningu wykonywanego w wodzie wykorzystującego elastyczny opór w postaci gum przymocowanych do słupka startowego. Oba rodzaje szkolenia doprowadziły do istotnej poprawy wyniku sportowego, jednak dopiero po okresie 12 tygodni (poprawa na poziomie 2,8% i 2,3%).

Pomiary wykonane sześć tygodni po wdrożeniu dodatkowych jednostek treningowych nie ujawniły istotnych zmian. W przytoczonej pracy zaobserwowano również wzrost częstotliwości kroku pływackiego, jednak tylko w grupie realizującej szkolenie z oporem w wodzie, długość kroku nie uległa istotnej zmianie, choć minimalnie obniżyła się. Wydaje się, iż do wzrostu częstotliwości kroku pływackiego doszło ze względu na zmiany adaptacyjne w układzie nerwowym (sprint z oporem w pierwszej kolejności rozwija rekrutację jednostek motorycznych) (Girolid i in., 2007). Zatem wpływ na kinematyczne parametry pływania miał trening uwzględniający specyfikę ruchów pływackich oraz środowisko wodne. To potwierdza przypuszczenie związane z wynikami niniejszej pracy, iż w celu poprawy kinematycznych parametrów techniki pływania należałoby stosować bardziej specyficzne ćwiczenia. Ośmiotygodniowy trening stabilizacji centralnej bazujący na podstawowych ćwiczeniach wzmacniających siłę mięśni stabilizujących przeprowadzony w grupie młodych pływaczek doprowadził do poprawy wyniku na dystansie 25 i 50 m, a także przyczynił się do poprawy wydajności zawodniczek w poszczególnych testach motorycznych. Jednakże, wnioski płynące z pracy Gencer (2018) są niejednoznaczne, ponieważ poprawę wyników w przypadku większości testów wykonywanych na lądzie oraz w czasie na dystansie 50 m odnotowano również w grupie kontrolnej. Autor uważa, jednak iż pływaczki z grupy eksperymentalnej rozwinęły się bardziej w zakresie mierzonych wskaźników wydajności, co świadczy o pozytywnym wpływie zrealizowanego szkolenia. W badaniach Sadowskiego i in. (2015) polegających na ocenie wpływu treningu łączonego w wodzie i na lądzie na wydajność pływania stwierdzono, iż osoby z grupy eksperymentalnej poprawiły czas pokonania dystansu w większym stopniu, niżeli uczestnicy z grupy kontrolnej ($\Delta = 9,55\%$, $p < 0,001$). Odnotowano również znaczący wzrost siły górnej części ciała. Praca różni się od badań innych naukowców grupą badawczą, która obejmowała trzydziestu mężczyzn (niesportowców), którzy na co dzień nie uprawiają sportu pływackiego.

Poszukiwania odpowiednich ćwiczeń, które przełożyłyby się na działalność zawodników w wodzie skłaniały badaczy i trenerów do szukania różnych rozwiązań. Badania z zakresu wpływu treningu stabilizacji centralnej na wynik obejmowały podstawowe ćwiczenia wzmacniające mięśnie *core*, ćwiczenia ukierunkowane na rekrutowanie odpowiednich jednostek motorycznych, czy wykorzystujące elastyczny opór. Interesujące podejście w swojej publikacji zaprezentowali Jakubczyk i in. (2019),

których interwencja polegała na wprowadzeniu treningu stabilizacji centralnej realizowanego w wodzie w grupie pływaków z niepełnosprawnością. Szkolenie ukierunkowane było bardziej w stronę kształtowania wytrzymałości mięśni stabilizujących, niżeli na kształtowaniu siły i mocy. Wyniki uzyskane przez badaczy są spójne z wynikami niniejszej pracy. Naukowcy zaobserwowali istotną statystycznie poprawę w czasie pokonania dystansu 50 i 100 m, nie stwierdzili jednak wzrostu prędkości pływania. Tę samą zależność odnotowano w niniejszej analizie na dystansie 50 m oraz na odcinku 150 m w konkurencji 200 m stylem dowolnym. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być zbyt krótki okres trwania dodatkowego szkolenia, za mały bodziec stymulujący pracę mięśni, jak i nieodpowiedni dobór ćwiczeń, związanych ze specyfiką ruchów pływackich. W celu zwiększenia wydajności stabilizacji centralnej wprowadza się ćwiczenia wzmacniające siłę mięśni tego obszaru. Dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna zdaniem wielu autorów jest ściśle związana z siłą mięśni stabilizujących, jak również zależna jest od właściwego bodźca sensorycznego, który informuje centralny układ nerwowy o kontakcie między ciałem, a środowiskiem, gwarantując stałą informację zwrotną, co przyczynia się do udoskonalenia techniki ruchu (Chang, 2014; Hodges, 2003). Trening przeprowadzony na rzecz niniejszych badań uwzględniał ćwiczenia dynamiczne i w mniejszym stopniu statyczne, składał się z podstawowych ćwiczeń realizowanych w pozycjach niskich zgodnych z pozycją horyzontalną w pływaniu, jak również stosowano obciążenie zewnętrzne oraz elementy niestabilnego podłoża, które w dużym stopniu angażują mięśnie głębokie. Pomimo zastosowanych powyższych składowych szkolenia, odnotowano jedynie marginalne zmiany w kinematycznych parametrach techniki pływania w niniejszej pracy. Wydaje się bowiem, iż powodem jest zastosowanie zbyt mało specyficznych ćwiczeń, które mogłyby przełożyć się na efektywność pływania. Program treningowy ukierunkowany na poprawę stabilizacji centralnej, która z wyższym prawdopodobieństwem wpłynie na technikę pływania powinien uwzględniać czuciowe i motoryczne komponenty związane z układem nerwowo-mięśniowym i kostno-stawowym, a tym samym z wzorcami ruchowymi poszczególnych technik pływackich (Akuthota i in., 2008).

Pomimo powszechnego uznania, iż trening stabilizacyjny wpływa korzystnie na wynik sportowy, wiele z dotychczasowych badań wykazało jedynie marginalne korzyści wydajności sportowej zawodników (Reed i in., 2012). Ostatnie lata przyniosły, jednak nowe spojrzenie na trening stabilizacji centralnej w podstawowym szkoleniu

pływaków. Wiele z najnowszych badań potwierdziło pozytywny wpływ treningu ukierunkowanego na wzmocnienie środka ciała tzw. obszaru *core* na osiągnięcia sportowców, zwłaszcza młodych zawodników. Ponadto trening oporowy stał się bardziej powszechny, zwłaszcza u zawodników krótkodystansowych (Jakubczyk i in., 2019; Sanders i in., 2011). Poprawa wyniku sportowego w niniejszej pracy na dystansie 50 m i 200 m jest zgodna z wynikami badań Strass (1988), gdzie sześciotygodniowy trening oporowy doprowadził do skrócenia czasu pokonywania dystansu 50 m o 2,1%. Również wyniki uzyskane w pracy Sharp i in. (1982), w której ośmiotygodniowy trening lądowy doprowadził do 3,6% poprawy efektywności pływania, współgrają z poprawą czasu w konkurencji 50 m (-1,1%) i 200 m (-0,8%) w niniejszych badaniach. Utrata siły, wystarczającego zakresu ruchu i koordynacji w łańcuchu kinematycznym, a także asymetrie mięśniowe mogą skutkować tym, iż pływacy nie wykorzystają w pełni swoich możliwości (Osborough i in., 2010; Sanders i in., 2011). Siny środek ciała zapewnia sztywne połączenie pomiędzy dolnymi i górnymi kończynami, co pozwala na transfer energii bez jej utraty w okolicy tułowia, a także umożliwia wykonywanie skoordynowanych ruchów w łańcuchu kinematycznym oraz prowadzi do utrzymywania równowagi w wodzie bez wspomaganie pracą kończyn, co znów związane jest z generowaniem dużego napędu przez kończyny. Zdolność do utrzymania równowagi pomiędzy mobilnością, a stabilnością w łańcuchu kinematycznym w czasie wykonywania podstawowych wzorców z dokładnością i skutecznością nazywa się ruchem funkcjonalnym (Mills i in., 2005). Siła mięśniowa, elastyczność, wytrzymałość, koordynacja, równowaga i wydajność wzorców ruchowych to elementy niezbędne do zapewnienia ruchu funkcjonalnego, który jest integralną częścią wydajności i sportowych umiejętności (Cook, 2001; Mills i in., 2005). Podobnie w przypadku pływania – aby przemieszczać się w wodzie efektywnie, bez zbędnych strat energii pływacy muszą posiadać wymienione zdolności na wysokim poziomie. Ćwiczenia funkcjonalne uwzględniające pozycje oraz czynności ruchowe zgodne ze specyfiką danego sportu wydają się być bardziej odpowiednie i z większym powodzeniem prowadzić będą do poprawy wydajności sportowej. Według niektórych badaczy trening stabilizacji centralnej przyczynia się do wzrostu efektywności pływania w związku z większym zaangażowaniem systemu motorycznego, jak również wzrostem aktywności mięśni głębokich, które odpowiadają za utrzymywanie opływowej pozycji ciała i balansu w wodzie. Wymienione czynniki prowadzą z kolei do optymalnej pracy kończyn, a tym

samym do generowania dużej siły napędowej, co w efekcie przyczynia się do szybszego pokonania całego dystansu (Patil i in., 2014). Wydajność pływacka jest zjawiskiem wieloczynnikowym zależnym od energetyki, biomechaniki, hydrodynamiki, antropometrii oraz parametrów wytrzymałościowych (Barbosa i in.2008; Barbosa i in., 2010). Siła i szybkość to główne zdolności wpływające na wydajność sportową pływaków (Trappe i Pearson, 1994). Naukowcy i trenerzy zgadzają się z tym, iż szkolenie pływaków powinno obejmować jednostki treningowe na lądzie i w wodzie. Wielu autorów podkreśla, że osiągnięcie wysokich wyników w pływaniu nie jest możliwe bez specjalnego przygotowania siłowego (Sweetenham i Atkinson, 2003; Hanula, 2003; Maglischo, 2003; Płatonow, 2000; Sadowski i in., 2015).

Wyniki niniejszych badań dowiodły, iż trening stabilizacji centralnej wpływa korzystnie na efektywność poszczególnych elementów wyścigu pływackiego, jak również na ostateczny rezultat, jakim jest wynik sportowy. Przeprowadzone trening ukierunkowany na wzmocnienie stabilizacji centralnej doprowadził do poprawy efektywności skoku startowego, nawrotów, a co najistotniejsze do skrócenia sumarycznego czasu pokonania całego dystansu.

Podsumowując niniejszą dyskusję zauważyć można, iż zgodnie z niektórymi pozycjami literaturowymi, jak również powszechnie dostępnymi publikacjami naukowymi posiadanie silnego środka przez sportowców jest niezwykle ważne. Dobrze funkcjonująca stabilizacja centralna wpływa korzystnie na wyniki osiągnane przez pływaków. Niemniej jednak, rezultaty niektórych badań nie wykazują związku pomiędzy wzmocnieniem siły i wytrzymałości mięśni stabilizujących, a poprawą efektywności w wodzie. Co więcej, prace naukowe, których celem jest ocena wpływu treningu stabilizacji centralnej na efektywność pływania zawierają wiele luk. Ponadto, badań w tym zakresie jest niewiele, a także dotychczasowe publikacje obejmowały głównie dzieci i młodzież. Niniejsza praca obejmuje zawodników wysokiej klasy z wieloletnim stażem treningowym oraz w sposób szczegółowy analizuje poszczególne elementy wyścigu pływackiego, co pozwala na rzetelną ocenę odnotowanych zmian wydajności pływaków. Pomimo tego, w dalszym ciągu istnieje silna potrzeba kontynuowania prac badawczych w tym zakresie z uwzględnieniem oceny adaptacji nerwowo-mięśniowej za pomocą badań EMG, jak i zastosowaniem testów wydajności poszczególnych grup mięśniowych odpowiedzialnych za efektywną stabilizację centralną sportowców.

6. Wnioski

W oparciu o cel przeprowadzonych badań oraz postawione pytania badawcze, a także na podstawie wyników przeprowadzonej analizy statystycznej, sformułowano następujące wnioski końcowe:

1. Zgodnie z założeniem niniejszej pracy interwencja badaczy w grupie eksperymentalnej wpłynęła korzystnie na efektywność skoku startowego, poprzez skrócenie czasu trwania skoku, w tym czasu na platformie startowej oraz wzrost prędkości zawodnika w fazie lotu. Aktywacja mięśni stabilizujących doprowadziła do szybszego opuszczenia platformy startowej (czas reakcji) nie powodując spadku prędkości zawodnika, ani skrócenia dystansu fazy lotu. Biorąc pod uwagę, iż coraz mniejsze różnice w wynikach świadczą o sukcesie w sporcie pływackim, odnotowane zmiany efektywności skoku startowego wydają się mieć zasadnicze znaczenie.
2. Stwierdzono, iż pod wpływem sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej doszło do istotnego wzrostu prędkości po nawrocie na odcinku pierwszych 5 m bezpośrednio po opuszczeniu ściany nawrotowej, zarówno w przypadku dystansu 50, jak i 200 m. Nawroty stanowią ważny element wyścigu, ponadto im dłuższy dystans tym mają one większy wpływ na wynik. Podobnie jak w przypadku startu, dodatkowe szkolenie na lądzie ukierunkowane na stabilizację centralną wpłynęło pozytywnie na badany parametr nawrotu. W związku z powyższym można zalecić w szkoleniu pływaków wdrożenie treningu stabilizacyjnego, w celu poprawy składowych skoku jak i nawrotu, które w bezpośredni sposób wpływają na wynik sportowy.
3. Wykazano, iż pomimo poprawy wyniku sportowego kinematyczne parametry pływania – częstotliwość i długość kroku, wskaźnik skuteczności pływania oraz prędkość (z wyjątkiem ostatnich dwóch odcinków dystansu 200 m) nie uległy zmianie. Wydaje się, iż powodem tego mógł być zbyt krótki okres treningu, jednak najbardziej prawdopodobnym jest zastosowanie zbyt mało specjalistycznych ćwiczeń w odniesieniu do techniki pływania kraulem na piersiach. Wniosek ten daje podstawę do kontynuowania badań w zakresie wpływu treningu stabilizacji centralnej na efektywność pływania

z zastosowaniem specjalistycznych ćwiczeń uwzględniających specyfikę danej techniki pływackiej.

4. Efekty niniejszej pracy pozwalają stwierdzić, na które z elementów wyścigu pływackiego przełożył się sześciotygodniowy trening mający na celu poprawę siły i wytrzymałości mięśni *core* (stabilizacji centralnej). Zastosowane ćwiczenia wpłynęły najkorzystniej na skok startowy oraz poślizg po nawrocie. Wniosek ten wskazuje na potrzebę opracowania bardziej specyficznych ćwiczeń, które uwzględniać będą sekwencję pracy mięśni, jak w pływaniu (ruchy ramion, rotacja tułowia) co może doprowadzić do poprawy długości kroku, bądź wpłynąć na częstotliwość kroku pływackiego, a tym samym w konsekwencji przełożyć się może na osiąganą prędkość.
5. Stwierdzono, iż uzyskane wyniki badań nie pozwalają w sposób jednoznaczny ocenić rzeczywistych zmian w funkcjonowaniu mięśni stabilizujących pod wpływem przeprowadzonego treningu, takich jak wytrzymałość i siła mięśni, czy czas aktywacji włókien mięśniowych (wzorce ruchowe, EMG), co stanowić może ciekawy problem badawczy na przyszłość.
6. Pomimo, iż nie wszystkie założenia (hipotezy badawcze) niniejszej pracy zostały potwierdzone, stwierdzono pozytywny wpływ treningu stabilizacji centralnej na ostateczny rezultat osiągany przez pływaków na dystansie 50 m i 200 m stylem dowolnym. Zaobserwowane zmiany efektywności poszczególnych elementów wyścigu w ostateczności przyczyniły się do poprawy wyniku sportowego, co świadczy o zasadności stosowania lądowego treningu oporowego ukierunkowanego na wzmacnianie siły i wytrzymałości mięśni odpowiedzialnych za stabilizację centralną w szkoleniu pływaków. Co więcej, przedstawiona w pracy metodyka treningu stabilizacyjnego oraz sformułowane wnioski stanowią ważny element aplikacyjny – mogą zostać wykorzystane w praktyce trenerskiej, w celu zapewnienia racjonalnego i bezpiecznego treningu siłowego przyczyniającego się do podniesienia poziomu sportowego pływaków.

7. Piśmiennictwo

1. Adach, Z., & Naczka, M. (2019). Fizjologia Wysiłku I Treningu Fizycznego. W J. Górski (Red.), *Fizjologia Wysiłku I Treningu Fizycznego* (Ss. 105–120). Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie.
2. Adams, G. R., Hather, B. M., Baldwin, K. M., & Dudley, G. A. (1993). Skeletal Muscle Myosin Heavy Chain Composition And Resistance Training. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(2), 911–915. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.2.911>
3. Akuthota, V., Feneiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core Stability Exercise Principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39–44.
4. Akuthota, V., & Nadler, S. (2004). Core Strengthening. *Phys Med Rehabil*, 85(3), 86–92. <https://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>
5. Antonio Garcia-Hermoso, Yolanda Escalante, Raul Arellano, Fernando Navarro, Ana M. Domíngue, J. M. S. (2013). Relationship Between Final Performance And Block Times With The Traditional And The New Starting Platforms With A Back Plate In International Swimming Championship 50-M And 100-M F ... Relationship Between Final Performance And Block Times With The Tradit. *Journal Of Sports Science And Medicine*, 12, 698–706.
6. Arab, A., Ebrahimiand, I., & Mousavi, M. (2007). Sensitivity, Specificity And Predictive Value Of The Clinical Trunk Muscle Endurance Tests In Low Back Pain. *Clin Rehab*, 21, 640–647.
7. Arokoski, J. P., Valta, T., Kankaanpää, M., & Airaksinen, O. (2004). Activation Of Lumbar Paraspinal And Abdominal Muscles During Therapeutic Exercises In Chronic Low Back Pain Patients. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 85(5), 823–832. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.013>
8. Aspenes, S., & Karlsen, T. (2012). Exercise-Training Intervention Studies In Competitive Swimming. *Sports Med*, 42(6), 527–543.
9. Aspenes, S., Kjendlie, P. L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined Strength And Endurance Training In Competitive Swimmers. *Journal Of Sports Science And Medicine*, 8(3), 357–365.
10. B Sweetenham, & Atkinson, J. (2003). Championship Swim Training.

Human Kinetics, 253–278.

11. Banerjee, P., Brown, S., & McGill, S. (2009). Torso And Hip Muscle Activity And Resulting Spine Load And Stability While Using The Profitter 3-D Cross Trainer. *J Appl Biomech*, 25, 73–84.
12. Barbosa, T. ., Fernandes, R. ., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2008). The Influence Of Stroke Mechanics Into Energy Cost Of Elite Swimmers. *European Journal Of Applied Physiology*, 103(2), 139–149.
13. Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Valho, C. 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.
14. Barbosa TM, Keskinen KL, Fernandes R, Colaço P, Lima AB, V.-B. J. (2005). Energy Cost And Intracyclic Variation Of The Velocity Of The Centre Of Mass In Butterfly Stroke. *Eur J Appl Physiol*, 93, 519–523.
15. Bilici, Ö. F., & Selçuk, M. (2018). Evaluation Of The Effect Of Core Training On The Leap Power And Motor Characteristics Of The 14-16 Years Old Female Volleyball Players. *Journal Of Education And Training Studies*, 6(4), 90–97. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i4.3031>
16. Bishop, C., Cree, J., Read, P., Chavda, S., Edwards, M., & Turner, A. (2013). Strength And Conditioning For Sprint Swimming. *Strength And Conditioning Journal*, 35(6), 1–6. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000019>
17. Bishop D.C., Smith R.J., Smith M.F., R. H. E. (2009). Effect Of Plyometric Training On Swimming Block Start Performance In Adolescents. *J. Strength Cond. Res.*, 23(7), 2137–2143.
18. Blanch, P. (2000). Musculoskeletal Screening For Swimmers. *Swimming Aust*, 16, 45–49.
19. Blanksby, B. A., Elliott, B. C., Mcelroy, K. And Simpson, J. R. (1998). Biomechanical Factors Influencing Breaststroke Turns By Age- Group Swimmers. *Journal Of Applied Biomechanics*, 14(2), 180–189.
20. Bliss, L. S., & Teeple, P. (2005). Core Stability : The Centerpiec E Of Any Training Program.
21. Bompa, T. (1999). Periodization Training For Sports. *Human Kinetics*.
22. Borghuis, J., Hof, L., & Lemmink., K. A. P. M. (2008). The Importance Of Sensory-Motor Control In Providing Core Stability. *Sports Med.*, 38(11),

893–916.

23. Bott, C., & Farmer, L. B. H. K. (2008). Maximizing Core Strength And Stability Training For Kayakers. *Human Motion Inc.*
24. Bozdogan, A. (1986). Swimming Technical Analysis And Methodology. *Istanbul: Visual Arts Printing.*
25. Breed, R., & Mcelroy, G. (2000). A Biomechanical Comparison Of The Grab, Swing And Track Starts In Swimming. *Journal Of Human Movement Studies*, 39(5), 277–294.
26. Breed, R. V. P., & Young, W. B. (2003). The Effect Of A Resistance Training Programme On The Grab, Track And Swing Starts In Swimming. *Journal Of Sports Sciences*, 21(3), 213–220.
<https://doi.org/10.1080/0264041031000071047>
27. Burkett, B., Mellifont, R., & Mason, B. (2010). The Influence Of Swimming Start Components For Selected Olympic And Paralympic Swimmers. *Journal Of Applied Biomechanics*, 134–141.
28. Chang, C. (2014). Core Strength Training Based Research On Competitive Sports Training Methods. *Biotechnology An Indian Journal*, 10(19), 11336–11339. <https://doi.org/10.1167/6.11.8>
29. Chow, J.W., Hay, J.G., Wilson, B.D. And Imel, C. (1984). Turning Technique Of Elite Swimmers. *Journal Of Sport Sciences*, 2, 241–255.
30. Chow, J. W., & Knudson, D. V. (2011). Use Of Deterministic Models In Sports And Exercise Biomechanics Research. *Sports Biomechanics*, 10(3)(September), 219–233. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592212>
31. Clark, D. R., Lambert, M. I., & Hunter, A. M. (2018). Contemporary Perspectives Of Core Stability Training For Dynamic Athletic Performance : A Survey Of Athletes , Coaches , Sports Science And Sports Medicine Practitioners.
32. Comerford, M., & Mottram, S. (2001). Movement And Stability Dysfunction: Contemporary Developments. *Man Ther.*, 6(1), 15–26.
33. Cordo, P., & Nashner, L. (1982). Properties Of Postural Adjustments Associated With Rapid Arm Movements. *J Neurophysiol.*, 47, 287–302.
34. Cossor, J.M.; Blanksby, B.A.; Elliott, B. C. (1999). The Influence Of Plyometric Training On The Freestyle Tumble Turn. *J. Sci. Med. Sport*, 2, 106–116.

35. Cossor, J. M., & Mason, B. R. (2001). Swim Start Performances At The Sydney 2000 Olympic Games (Ss. 70–73). International Symposium On Biomechanics In Sports ISBS, San Francisco.
36. Costill, D. (1999). Training Adaptations For Optimal Performance. *Biomechanics And Medicine In Swimming VIII*, 381–390.
37. Cresswell, A. G., Oddsson, L., & Thorstensson, A. (1994). The Influence Of Sudden Perturbations On Trunk Muscle Activity And Intra-Abdominal Pressure While Standing. *Exp Brain Res*, 98, 336–341.
38. Crisco, J.J., M.M. Panjabi, I. Yamamoto, And T. R. (1992). Stability Of The Human Ligamentous Lumbar Spine. Part II: Experiment. *Clin. Biomech.*, 7.
39. Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). The Impact Of Resistance Training On Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(11), 2285–2307. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0730-2>
40. D Salo, & Riewald, S. (2008). Complete Conditioning For Swimming. *Human Kinetics*, 87–110; 197–225.
41. Damsgaard, R., Bencke, J., Matthiesen, G., Petersen, J., & J Muller. (2001). Body Proportions, Body Composition And Pubertal Development Of Children In Competitive Sports. *Scand J Med Sci Sports*, 11., 54–60.
42. Davies B.A., Murphy A., Whitty A., W. M. (2001). The Effects Of Plyometric Training On The Swimming Block Start. *Australian Conference Of Science And Medicine In Sport*.
43. Dingley, A. A., Pyne, D. B., Youngson, J., & Burkett, B. (2015). Effectiveness Of A Dry-Land Resistance Training Program On Strength, Power, And Swimming Performance In Paralympic Swimmers. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 29(3), 619–626.
44. Durall, C., Uderman, B., Johansen, D., Gibson, B., Reineke, D., & Reuteman, P. (2009). The Effects Of Preseason Trunk Muscle Training Of Low Back Pain Occurrence In Women Collegiate Gymnastics. *J Strength Cond Res*, 23, 86–92.
45. Ebenbichler, G., Oddsson, L., Kollmitzer, J., & Zeyne, E. (2001). Sensory-Motor Control Of The Lower Back: Implications For Rehabilitation. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 33, 1889–1898. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00014>
46. Elipot, M., Hellard, P., Taïar, R., Boissière, E., Rey, J. L., Lecat, S., & Houel,

- N. (2009). Analysis Of Swimmers' Velocity During The Underwater Gliding Motion Following Grab Start. *Journal Of Biomechanics*, 42(9), 1367–1370.
47. Evans, K., Refshauge, K., Adams, R., & Aliprandi, L. (2005). Predictors Of Low Back Pain In Young Elite Golfers: A Preliminary Study. *Phys Ther Sport*, 6, 122–130.
 48. Felici, F. (2006). Neuromuscular Responses To Exercise Investigated Through Surface EMG, *16*, 578–585.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.08.002>
 49. Fig, G. (2005). Sport-Specific Conditioning: Strength Training For Swimmers - Training The Core. *Strength Cond J.*, 27(2), 40–41.
 50. Fredericson, M., & Moore, T. (2005). Muscular Balance, Core Stability, And Injury Prevention For Middle- And Long-Distance Runners. *Physical Medicine And Rehabilitation Clinics Of North America*, 16(3), 669–689.
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.03.001>
 51. G. Cook. (2001). Baseline Sports-Fitness Testing. W B. Foran (Red.), *High Performance Sports Conditioning* (Ss. 19–47). Human Kinetics Inc.
 52. Garcia-Ramos, A., Padial, P., Fuente, B. D. La, Javier, A.-C., Bonitch-Gongora, J., & Feriche, B. (2015). Relationship Between Vertical Jump Height And Swimming Start Performance Before And After An Altitude Training Camp. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 30(6), 1638–1645.
 53. Gencer, Y. G. (2018). Effects Of 8-Week Core Exercises On Free Style Swimming Performance Of Female Swimmers Aged 9-12. *Asian Journal Of Education And Training*, 4(3), 182–185.
<https://doi.org/10.20448/journal.522.2018.43.182.185>
 54. Giroid, S., Maurin, D., Dugué, B., Chatard, J. C., & Millet, G. (2007). Effects Of Dry-Land Vs. Resisted- And Assisted-Sprint Exercises On Swimming Sprint Performances. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 21(2), 599–605. <https://doi.org/10.1519/R-19695.1>
 55. Gönener, A., Gönener, U., Yılmaz, O., Horoz, T., & Demirci, D. (2017). The Effect Of 8-Week Thera-Band Exercises On Male Swimmers' 100 M Freestyle Swimming Performance. *Journal Of Human Sciences*, 14(4), 3950.
<https://doi.org/10.14687/jhs.V14i4.4825>
 56. Gracovetsky, S., Farfan, H., & Lamy, C. (1981). The Mechanism Of The

- Lumbar Spine. *Spine*, 6(3), 249–262.
57. Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2007). Quantification Of Lumbar Stability By Using 2 Different Abdominal Activation Strategies. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 88(1), 54–62.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.014>
 58. Grenier, S., & McGill, S. (2007). Quantification Of Lumbar Stability Using Two Different Abdominal Activation Strategies. *Arch Phys Med Rehab*, 88, 54–62.
 59. Guimaraes, A.C.S. And Hay, J. G. (1985). A Mechanical Analysis Of The Grab Starting Technique In Swimming. *International Journal Of Sport Biomechanics*, 1, 25–35.
 60. Hannula, D., & Thornton, N. (2001). The Swim Coaching Bible. *Human Kinetics*, 1(21).
 61. Hanula, D. (2003). *Coaching Swimming Successfully*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
 62. Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing Performance By Improving Core Stability And Core Strength. *Sports Medicine*, 38(12), 995–1008. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00004>
 63. Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., & Al., E. (2002). Sequential Muscle Activity And Its Functional Role In The Upper Extremity And Trunk During Overarm Throwing. *J Sports Sci.*, 20, 301–310.
 64. Hodges, P., & Richardson, C. (1996). Inefficient Muscular Stabilization Of The Lumbar Spine Associated With Low Back Pain. A Motor Control Evaluation Of Transversus Abdominis. *Spine*, 21, 2640–2650.
 65. Hodges, P. W. (2003). Core Stability Exercise In Chronic Low Back Pain. *Orthop Clin N Am*, 34, 245–254. [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(03\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(03)00003-8)
 66. Honda, K., Sinclair, P., Mason, B., & Pease, D. (2010). A Bio- Mechanical Comparison Of Elite Swimmers Start Performance Using The Traditional Track Start And The New Kick Start. W Paper Presented At The XI *International Symposium On Biomechanic* (Ss. 94–96).
 67. Iizuka Satoshi, Atsushi, I., Keisuke, K., Keisuke, O., & Koji, K. (2016). Immediate Effects Of Deep Trunk Training On Swimming Start Performance.

Int J Sport Phys Ther., 11(7), 1048–1053.

68. Jakubczyk, N., Zwierzchowska, A., & Maszczyk, A. (2019). Core Stability Training And Young Para- Swimmers ' Results On 50 Meters And 100 Meters Freestyle. *Baltic Journal Of Health And Physical Activity*, 11(4), 28–36. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.11.4.04>
69. JD Macdougall. (1986). Morphological Changes In Human Skeletal Muscle Following Strength Training And Immobilization. W N. Jones, N. McCartney, & A. Mccomas (Red.), *Human Muscle Power* (Ss. 269–288). Champaign: Human Kinetics.
70. Jones, J. (2017). Dry Land Strength And Power Training To Enhance Swimming In-Water Turn Performance Edith Cowan University.
71. Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Ha, K., Lassila, H., & Ma, E. (1998). Changes In Agonist-Antagonist EMG , Muscle CSA , And Force During Strength Training In Middle-Aged And Older People. *Jappt Physiol.*, 84(4), 1341–1349.
72. Karpiński, J., & Gołaś, A. (2018). *Pływacki Atlas Ćwiczeń Na Lądzie*. (A. Zajac & R. Karpiński, Red.). Kraków: Aknetpress.
73. Kibler, W. Ben, Press, J., & Sciascia, A. (2006). The Role Of Core Stability In Athletic Function. *Sports Med*, 36(3), 189–198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
74. Kibler, W. (1996). Biomechanical Analysis Of The Shoulder During Tennis Activities. *Clin Sports Med.*, 14, 79–85.
75. King, M. (2000). Core Stability: Creating A Foundation For Functional Rehabilitation. *Athl Ther Today*, 5, 6–13.
76. Kiuchi, H., Nakashima, M., CHENG, K. B., & HUBBARD, M. (2010). Modeling Fluid Forces In The Dive Start Of Competitive Swimming, 5(4), 314–328. <https://doi.org/10.1299/Jbse.5.314>
77. Konin, J., Beil, N., & G Werner. (2003). Functional Rehabilitation. Facilitating The Serape Effect To Enhance Extremity Force Production. *Athl Ther Today*, 8, :54-6.
78. Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., ... Dziados, J. E. (1995). Compatibility Of High-Intensity Strength And Endurance Training On Hormonal And Skeletal Muscle Adaptations. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 78(3),

976–989. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976>

79. Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Physical Development And Swimming Performance During Biological Maturation In Young Female Swimmers. *Coll. Antropol*, 33, 117–122.
80. Layne, J. E., & Nelson, M. E. (1999). The Effects Of Progressive Resistance Training On Bone Density: A Review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31(1), 25–30.
81. Li, T. Z., & Zhan, J. M. (2015). Hydrodynamic Body Shape Analysis And Their Impact On Swimming Performance. *Acta Of Bioengineering And Biomechanics*, 17(4), 3–11. <https://doi.org/10.5277/ABB-00200-2014-03>
82. Lyons, K., Perry, J., Gronley, J. K., Barnes, L., & Antonelli, D. (1983). Timing And Relative Intensity Of Hip Extensor And Abductor Muscle Action During Level And Stair Ambulation. An EMG Study. *Physical Therapy*, 63(10), 1597–1605. Pobrano Z
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6622534>
83. Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign: Human Kinetics.
84. Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Human Kinetics.
85. Martens, J., Einarsson, I., & Schnizer, N. (2011). Lower Trunk Muscle Activity During Front Crawl Swimming In A Single Leg Amputee. *Portuguese Journal Of Sport Sciences*, 11, 751–754.
86. McGill, S. (2010). Core Training : Evidence Translating To Better Performance And Injury Prevention. *Strength And Conditioning Journal*, 32(3), 33–46.
87. McGill, S. (2002). Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention And Rehabilitation. *Human Kinetics*.
88. McGill, S., Childs, A., & Liebenson, C. (1999). Endurance Times For Low Back Stabilization Exercises: Clinical Targets For Testing And Training From A Normal Database. *Arch Phys Med Rehabil*, 80, 941–944.
89. McGill, S. M. (2001). Low Back Stability: From Formal Description To Issues For Performance And Rehabilitation. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 29(1), 26–31. Pobrano Z
<http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L33436669%0Ahttp://sfx.aub.aau.dk/sfxaub?sid=EMBASE&issn=00916331&id=doi:&atitle=Low+Back+Stability%3A+From+Formal+De>

- scription+To+Issues+For+Performance+And+Rehabilitation.&Stitle=Ex
90. McGill, S. M. (2004). Ultimate Back Fitness And Performance. *Wabuno Publishers*, 205–206. <https://doi.org/10.3138/Physio.60.2.205>
 91. Mcleod, I. (2010). *Swimming Anatomy. Human Kinetics*.
<https://doi.org/10.25035/Ijare.04.01.12>
 92. Michael Tse, Mcmanuss, A., & Masters, R. (2005). Development And Validation Of A Core Endurance Intervention Pro- Gram: Implications For Performance In College-Age Rowers. *Journal Of Manipulative And Physiological Therapeutics*, 34(1), 23–29.
<https://doi.org/10.1016/J.Jmpt.2010.09.003>
 93. Miller JA, Hay JG, W. B. (1984). Starting Techniques Of Elite Swimmers. *J Sports Sci*, 2, 213–223.
 94. Mills, J., Taunton, J., & Mills, W. (2005). The Effect Of A 10-Week Training Regimen On Lumbo-Pelvic Stability And Athletic Performance In Female Athletes: A Randomized-Controlled Trial. *Phys Ther Sport*, 6, 60–66.
 95. Morouço, P. (2009). *Force Production In Tethered Swimming And Its Relationship With Performance. A New Approach To Evaluate The Anaerobic Capacity Of Swimmers?* University Of Porto Portugal.
 96. Myer, G., Ford, K., Palumbo, J., & Hewett, T. (2005). Neuromuscular Training Improves Performance And Lower-Extremity Bio- Mechanics In Female Athletes. *J Strength Cond Res*, 19(1), 51–60.
 97. Newton, R., Jones, J., Kraemer, W. J., & Wardle, H. (2002). Strength And Power Training Of Australian Olympic Swimmers. *Strength And Conditioning Journal*, 24(3), 7–15. <https://doi.org/10.1249/00003677-199600240-00014>
 98. Newton, R. U., & Kraemer., W. J. (1994). Developing Explosive Muscular Power: Implications For A Mixed Methods Training Strategy. *Strength Condition. J.*, 16(5), 20–31.
 99. Niewolna, N., & Zwierko, T. (2016). The Effect Of Core Stability And Functional Exercises On Selected Speed And Strength Parameters In Expert Female Footballers. *Central European Journal Of Sport Sciences And Medicine*, 12(4), 91–97. <https://doi.org/10.18276/Cej.2015.4-10>
 100. Odabaş, B. (2003). *Effect Of 12-Week Swimming Basic Education Studies On Physical And Motorsal Characteristics Of Boys And Girls' Boys 7-12*.

Kocaeli University Institute Of Health Sciences.

101. Oddsson, L. I. E. (1990). Control Of Voluntary Trunk Movements In Man . Mechanisms For Postural Equilibrium During Standing. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 140(595), 1–60.
102. Osborough, C., Payton, C., & Daly, D. (2010). Influence Of Swimming Speed On Inter-Arm Coordination In Competitive Unilateral Arm Amputee Front Crawl Swimmers. *Hum Mov Sci.*, 29, 921–931.
103. Panjabi, M. (1992). The Stabilising System Of The Spine, Part I: Function, Dysfunction, Adaptation And Enhancement. *J Spinal Disord*, 5, 383–389.
104. Paper, C., Ghasempoor, K., Rahnama, N., Bagherian, S., & Wikstrom, E. A. (2017). The Effect Of Core Stability Training On Functional Movement Patterns In Collegiate Athletes, (October). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-anklesymp.50>
105. Patil, D., Salián, S. C., & Yardi, S. (2014). The Effect Of Core Strengthening On Performance Of Young Competitive Swimmers. *International Journal Of Science And Research (IJSR)*, 3(6), 2470–2477. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2004.08.002>
106. Pichon, F., Chatard, J., Martin, A., & Cometti, G. (1995). Electrical Stimulation And Swimming Performance. *Med Sci Sports Exerc*, 27, 1671–1676.
107. Płatonow, W. N. (2000). *Obszaja Tieoria Podgatowki Sportsmie- Naw W Olimpijskom Sportie*. Kijew: Olimpijskaja Litieratura.
108. Porterfield, J., & Derosa, C. (1998). Mechanical Low Back Pain: Perspectives In Functional Anatomy. *WB Saunders*.
109. Puel, F., Morlier, J., Avalos, M., Mesnard, M., Cid, M., & Hellard, P. (2011). 3D Kinematic And Dynamic Analysis Of The Front Crawl Tumble Turn In Elite Male Swimmers 3D Kinematic And Dynamic Analysis Of The Front Crawl Tumble Turn In Elite Male Swimmers. *Journal Of Biomechanics*, 45(3), 510–515. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.11.043>
110. Puel Frédéric, Julien Morlier, Mariano Cid, Chollet Didier, P. H. (2010). Biomechanical Factors Influencing Tumble Turn Performance Of Elite Female Swimmers, (June 2014).
111. Putnam, C. (1993). Sequential Motions Of Body Segments In Striking And Throwing Skills. *J Biomech.*, 26, 125–135.

112. Reed CA, Ford KR, Myer GD, H. T. (2012). The Effects Of Isolated And Integrated Core Stability Training On Athletic Performance Measures: A Systematic Review. *Sports Med*, 42(8), 697—706.
113. Rejman, M., Bilewski, M., Szczepan, S., Klarowicz, A., Rudnik, D., & Maćkała, K. (2017). Assessing The Impact Of A Targeted Plyometric Training On Changes In Selected Kinematic Parameters Of The Swimming Start. *Acta Of Bioengineering And Biomechanics*, 19(2), 149–160.
<https://doi.org/10.5277/ABB-00627-2016-03>
114. Richardson C, Jill G, Hodges P, Et Al. (1999). Therapeutic Exercise For Spinal Segmental Stabilisation In Low Back Pain: Scientific Basis And Clinical Approach. *London: Churchill Livingstone*.
115. Riewald, S. T. (2003). Training The Other Core. *Performance Training Journal*, 2(3), 5–6.
116. Roetert, P. (2001). 3D Balance And Core Stability. W B. Foran (Red.), *High-Performance Sports Conditioning: Moderntraining For Ultimate Athletic Development*. Human Kinetics.
117. Roetert, P., McCormick, T., Brown, S., & Ellenbecker, T. (1996). Relationship Between Isokinetic And Functional Trunk Strength In Elite Junior Tennis Players. *Isokin Exerc Sci*, 6, 15–20.
118. Sadeghi Shariat, A., Asadmanesh, E., Mosavat, M., H. (2013). The Effects Of Core Stability Exercises On The Dynamic Balance Of Volleyball Players. *Int J App Ex Phys*, 2(2), 1–10.
119. Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W., Jówko, E., & Buszta, M. (2015). The Effects Of Swimming And Dry-Land Resistance Training Programme On Non-Swimmers. *Polish Journal Of Sport And Tourism*, 22(1), 35–40.
<https://doi.org/10.1515/Pjst-2015-0011>
120. Saeterbakken, A. H., Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect Of Core Stability Training On Throwing Velocity In Female Handball Players. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 25(3), 712–718.
121. Sanders, R. H., Thow, J., & Fairweather, M. (2011). Asymmetries In Swimming : Where Do They Come From ? *Journal Of Swimming Research*, 18(September), 1–6.
122. Santana, J. C. (2005). Strength Training For Swimmers : Training The Core. *Strength And Conditioning Journal*, 27(2), 40–42.

- [https://doi.org/10.1519/1073-6840\(1995\)017<0016:LCFSTF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1073-6840(1995)017<0016:LCFSTF>2.3.CO;2)
123. Schneider, P., & Meyer, F. (2005). Anthropometric And Muscle Strength Evaluation In Prepubescent And Pubescent Swimmer Boys And Girls. *Rev Bras Med Esporte, 11*(4).
 124. Scibek, J. S., Guskiewicz, K. M., Prentice, W. E., J.M. Davis, & Mays, S. (2001). *The Effect Of Core Stabilization Training On Functional Performance In Swimming*. University Of North Carolina.
 125. Sharp, J. P., Troup, R., & Costill., D. L. (1982). Relationship Between Power And Sprint Freestyle Swimming. *Med. Sci. Sports Exerc., 14*, 53–56.
 126. Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., & Malone, T. (2011). A Pilot Study Of Core Stability And Athletic Performance: Is There A Relationship? *International Journal Of Sports Physical Therapy, 6*(2), 63–74. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.Ccr-18-0252>
 127. Shinkle, J., Thomas W. Nesser, T. J. D., & Mcmannus, D. M. (2012). Effect Of Core Strength On The Measure Of Power In The Extremities. *Strength And Conditioning, 26*(2), 373–380.
 128. SM McGill. (2009). Ultimate Back Fitness And Performance. *Wabuno Publishers*.
 129. Song, H., Park, D., & Jting, D. (2009). The Effect Of Periodized Strength Training Application On The Korea National Team. *International Journal Of Applied Sports Sciences, 21*(2), 122–145.
 130. Stanton, R., Reaburn, P. R., & Humphries, B. (2004). The Effect Of Short-Term Swiss Ball Training On Core Stability And Running Economy. *Journal Of Strength And Conditioning Research, 18*(3), 522–528. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<522:TEOSSB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<522:TEOSSB>2.0.CO;2)
 131. Stone, M. H., & Borden, R. A. (1997). Modes And Methods Of Resistance Training. *Strength Condition., 19*(4), 18–24.
 132. Strass, D. (1988). Effects Of Maximal Strength Training On Sprint Performance Of Competitive Swimmers. *Internacional Series On Sports Science:, Vol 18*(Swimming Science V. Champaign, IL: Human Kinetics), 149–156.
 133. Tanaka H, Costill DI, Thomas R, Fink Wj, W. J. (1993). Dry-Land Resistance Training For Competitive Swimming. *Med Sci Sports Exerc., 25*, 952–959. <https://doi.org/10.1249/00005768199308000-00011>

134. Tanaka, H., & Swensen, T. (1998). Impact Of Resistance Training On Endurance Performance. A New Form Of Cross Training? *Sports Med.*, 25, 191–200.
135. Tinto, A., Campanella, M., & Fasano, M. (2017). Core Strengthening And Synchronized Swimming: TRX® Suspension Training In Young Female Athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(6.), 744–751.
136. Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Key Parameters Of The Swimming Start And Their Relationship To Start Performance. *Journal Of Sports Sciences*, 33(13), 1313–1321.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
137. Tourny-Chollet, C., Chollet, C., Hogie, S. And Pappardopoulos, C. (2002). Kinematic Analysis Of Butterfly Turns Of International And National Swimmers. *Journal Of Sports Sciences*, 383–390.
138. Toussaint, H. . (2006). Analysis Of Front-Crawl Swimming Performance Factors Using The MAD-System: Science Meets Practice. *Proceedings First International Symposium Sciences And Practices In Swimming*, 51–57.
139. Toussaint, H., & Vervoorn, K. (1990). Effects Of Specific High Resistance Training In The Water On Competitive Swimmers. *Int J Sport Med*, 11.
140. Trappe, S. W., & Pearson, D. R. (1994). Effects Of Weight Assisted Dry-Land Strength Training On Swimming Performance. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 8(4), 209–213.
141. Vantorre J, Seifert L, Fernandes RJ, Boas JPV, C. D. (2010). Kinematical Profiling Of The Front Crawl Start. *Int J Sports Med*, 31, 16–21.
142. Veiga, S., Cala, A., Frutos, P. G., & Navarro, E. (2013). Kinematical Comparison Of The 200 M Backstroke Turns Between National And Regional Level Swimmers. *Journal Of Sports Science And Medicine*, (August 2012), 730–737.
143. Vilas-Boas, J., Barbosa, T., & Fernandes, R. (2010). Speed Fluctuation, Swimming Economy, Performance And Training In Swimming. W L. Seifert, D. Chollet, & I. Mujika (Red.), *World Book Of Swimming: From Science To Performance* (Ss. 119–134). New York: Nova Science Publishers.
144. Vilas-Boas, J. P., Sousa, F., Cruz, M. J., Conceicao, F., & Carvalho, J. M. (2000). Integrated Kinematic And Dynamic Analysis Of Two Track-Start Techniques. W *XVIII International Symposium 519 On Biomechanics In*

- Sports, Hong Kong* (Ss. 113–117).
145. Webster, J. M., West, A., Conway, P., & Cain, M. (2011). Development Of A Pressure Sensor For Swimming Turns, *13*, 126–132.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.062>
 146. Welcher RL, Hinrichs RN, G. T. (2008). Front-Or Rear-Weighted Track Start Or Grab Start: Which Is The Best For Female Swimmers? *Sport Biomech*, *7*, 100–113.
 147. Weston, M., Hibbs, A. E., Thompson, K. G., & Spears, I. R. (2015). Isolated Core Training Improves Sprint Performance In National-Level Junior Swimmers. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, *10*(2), 204–210. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0488>
 148. Willardson, J. (2007). Core Stability Training: Applications To Sports Conditioning Programs. *J Strength Cond Res.*, *21*, 979–985.
 149. Yang, F. (2018). Kinematics Research Progress Of Swim-Start On The New Start Block, *2*(1), 15–21.
 150. Yarıcı, A., Maden, B., & Fındıkoğlu, G. (2016). The Effect Of A 6-Week Land And Resistance Training Of 13-16 Years Old Swimmers Groups To Lower Limb Isokinetic Strength Values And To Swimming Performance. *Journal Of Human Sciences*, *13*(3), 5269–5281.
 151. Young, J., Herring, S., Press, J., & Al., E. (1996). The Influence Of The Spine On The Shoulder In The Throwing Athlete. *J Back Musculoskeletal Rehabil.*, *7*, 5–17.
 152. Zając, A., Wilk, M., Poprzącki, S., & Bacik., B. (2009). *Współczesny Trening Siły Mięśniowej*. Katowice: AWF Katowice.
 153. Zamparo, P., Vicentini, M., Scattolini, A., Rigamonti, M., And Bonifazi, M. (2012). The Contribution Of Underwater Kicking Efficiency In Determining “Turning Performance” In Front Crawl Swimming. *Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, *52*(5), 457–464.

8. Aneks

8.1. Szczegółowe wyniki analizy statystycznej (tabele)

Skok startowy – dystans 50 m

Tabela 1. Wyniki pomiarów parametrów skoku startowego na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzonych przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|--|-------|---------------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------|---------------------|---------|---------|---------------------------------------|
| Dystans fazy lotu (m) | E | 3,13 ± 0,08* | 3,17 ± 0,08 | 0,180 | 0,6 | Umiarkowany | 0,05 (1,5%) | -0,13 | 0,03 | $F_{(1,12)} = 0,329;$ $p = 0,577$ |
| | K | 2,96 ± 0,14 | 3,03 ± 0,12 | 0,032 | 0,55 | Mały | 0,07 (2,4%) | -0,14 | -0,01 | |
| Czas odbicia i fazy lotu (s) | E | 1,05 ± 0,03 | 0,96 ± 0,05 | 0,002 | 2,06 | Bardzo duży | -0,09 (-8,5%) | 0,05 | 0,13 | $F_{(1,12)} = 10,347;$ $p = 0,007$ |
| | K | 1,03 ± 0,09 | 1,01 ± 0,08 | 0,197 | 0,24 | Mały | -0,02 (-1,9%) | -0,01 | 0,05 | |
| Czas reakcji (s) | E | 0,79 ± 0,03 | 0,71 ± 0,03** | 0,003 | 2,58 | Bardzo duży | -0,08 (-10,1%) | 0,04 | 0,12 | $F_{(1,12)} = 3,548;$ $p = 0,084$ |
| | K | 0,82 ± 0,05 | 0,79 ± 0,04 | 0,060 | 0,81 | Umiarkowany | -0,04 (-4,5%) | 0 | 0,07 | |
| Czas fazy lotu (s) | E | 0,25 ± 0,04 | 0,25 ± 0,03 | 0,289 | 0,27 | Mały | -0,01 (-3,4%) | -0,01 | 0,03 | $F_{(1,12)} = 1,091;$ $p = 0,317$ |
| | K | 0,21 ± 0,04 | 0,22 ± 0,05 | 0,637 | 0,12 | Trywialny | 0,01 (2,7%) | -0,03 | 0,02 | |
| Prędkość zawodnika w fazie lotu (m·s ⁻¹) | E | 12,48 ± 1,55 | 13,04 ± 1,3 | 0,045 | 0,39 | Mały | 0,56 (4,5%) | -1,10 | -0,02 | $F_{(1,12)} = 1,99;$ $p = 0,184$ |
| | K | 14,46 ± 2,75 | 14,06 ± 2,56 | 0,556 | 0,15 | Trywialny | -0,4 (-2,8%) | -1,18 | 1,98 | |
| Kąt wejścia do wody (°) | E | 40,86 ± 4,14 | 39,86 ± 4,56 | 0,491 | 0,23 | Mały | -1 (-2,5%) | -2,34 | 4,34 | $F_{(1,12)} = 0,853;$ $p = 0,374$ |
| | K | 37,71 ± 3,35 | 38 ± 3,16 | 0,356 | 0,09 | Trywialny | 0,29 (0,8%) | -0,99 | 0,41 | |

Gwiazdkami (*) oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami E i K, przy czym 1 gwiazdka (*) oznacza poziom istotności $p < 0,05$, 2 gwiazdki (**) określają poziom istotności $p < 0,01$, 3 gwiazdki (***) wyznaczają $p \leq 0,001$; wartość p oznacza istotność różnic w obrębie grupy i dotyczy pomiarów przed i po.

Nawrót – dystans 50 m

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametrów nawrotu na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzonych przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|---|-------|--------------|--------------|------------------|-----------------|------|---------------------|---------|---------|---|
| Czas 5 metrów po nawrocie (s) | E | 0,43 ± 0,07 | 0,34 ± 0,06 | <0,001 | 1,35 | Duży | -0,09 (-20,7%) | 0,06 | 0,12 | F _(1,12) = 2,872; p = 0,116 |
| | K | 0,48 ± 0,1 | 0,43 ± 0,07 | 0,056 | 0,57 | Mały | -0,05 (-10,5%) | -0,00 | 0,10 | |
| Prędkość po nawrocie (m·s ⁻¹) | E | 11,75 ± 1,81 | 14,97 ± 2,82 | 0,001 | 1,36 | Duży | 3,22 (27,4%) | -4,59 | -1,85 | F _(1,12) = 7,76; p = 0,016 |
| | K | 10,78 ± 1,93 | 11,86 ± 2,11 | 0,084 | 0,53 | Mały | 1,08 (10,0%) | -2,36 | 0,20 | |

119

Gwiazdkami (*) oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami E i K, przy czym 1 gwiazdka (*) oznacza poziom istotności p<0,05, 2 gwiazdki (**) określają poziom istotności p<0,01, 3 gwiazdki (***) wyznaczają p≤0,001; wartość p oznacza istotność różnic w obrębie grupy i dotyczy pomiarów przed i po.

Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 50 m

Tabela 3. Wyniki pomiarów parametrów pływania kraulem na piersiach na dystansie 50 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzonych przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|---|-------|-------------|-------------|-----------|-----------------|-----------|---------------------|---------|---------|---------------------------------------|
| Częstotliwość kroku SR ($1 \cdot s^{-1}$) - 1 | E | 1,03 ± 0,07 | 1,05 ± 0,07 | 0,196 | 0,27 | Mały | 0,02 (1,8%) | -0,05 | 0,01 | $F_{(1,12)} = 1,357$; $p = 0,267$ |
| | K | 0,97 ± 0,04 | 0,97 ± 0,05 | 0,914 | 0,02 | Trywialny | 0 (0,1%) | -0,02 | 0,02 | |
| Częstotliwość kroku SR ($1 \cdot s^{-1}$) - 2 | E | 0,92 ± 0,06 | 0,9 ± 0,05 | 0,132 | 0,29 | Mały | -0,02 (-1,8%) | -0,01 | 0,04 | $F_{(1,12)} = 3,365$; $p = 0,092$ |
| | K | 0,87 ± 0,05 | 0,88 ± 0,05 | 0,591 | 0,04 | Trywialny | 0 (0,2%) | -0,01 | 0,01 | |
| Długość kroku SL (m) - 1 | E | 1,6 ± 0,13 | 1,54 ± 0,13 | 0,115 | 0,44 | Mały | -0,06 (-3,6%) | -0,02 | 0,14 | $F_{(1,12)} = 3,348$; $p = 0,092$ |
| | K | 1,6 ± 0,06 | 1,6 ± 0,08 | 0,787 | 0,04 | Trywialny | 0 (0,2%) | -0,03 | 0,02 | |
| Długość kroku SL (m) - 2 | E | 1,72 ± 0,12 | 1,73 ± 0,09 | 0,831 | 0,05 | Trywialny | 0 (0,3%) | -0,06 | 0,05 | $F_{(1,12)} = 0,003$; $p = 0,958$ |
| | K | 1,71 ± 0,07 | 1,72 ± 0,08 | 0,472 | 0,05 | Trywialny | 0 (0,2%) | -0,02 | 0,01 | |
| Wskaźnik skuteczności pływania WS - 1 | E | 2,64 ± 0,25 | 2,5 ± 0,29 | 0,115 | 0,51 | Mały | -0,14 (-5,3%) | -0,05 | 0,33 | $F_{(1,12)} = 3,515$; $p = 0,085$ |
| | K | 2,47 ± 0,12 | 2,48 ± 0,15 | 0,731 | 0,04 | Trywialny | 0 (0,2%) | -0,04 | 0,03 | |
| Wskaźnik skuteczności pływania WS - 2 | E | 2,71 ± 0,2 | 2,68 ± 0,14 | 0,523 | 0,18 | Trywialny | -0,03 (-1,2%) | -0,08 | 0,14 | $F_{(1,12)} = 0,582$; $p = 0,46$ |
| | K | 2,56 ± 0,17 | 2,57 ± 0,18 | 0,732 | 0,04 | Trywialny | 0,01 (0,3%) | -0,05 | 0,04 | |
| Wskaźnik skuteczności pływania WS _{śr} | E | 2,68 ± 0,22 | 2,59 ± 0,21 | 0,164 | 0,39 | Mały | -0,09 (-3,2%) | -0,05 | 0,22 | $F_{(1,12)} = 2,748$; $p = 0,123$ |
| | K | 2,52 ± 0,12 | 2,52 ± 0,14 | 0,624 | 0,04 | Trywialny | 0,01 (0,2%) | -0,03 | 0,02 | |
| Prędkość pływania ($m \cdot s^{-1}$) - 1 | E | 1,65 ± 0,05 | 1,62 ± 0,07 | 0,150 | 0,48 | Mały | -0,03 (-1,8%) | -0,02 | 0,08 | $F_{(1,12)} = 2,6$; $p = 0,133$ |
| | K | 1,55 ± 0,04 | 1,55 ± 0,04 | 0,980 | 0 | Trywialny | 0 (0,0%) | -0,01 | 0,01 | |
| Prędkość pływania ($m \cdot s^{-1}$) - 2 | E | 1,58 ± 0,04 | 1,55 ± 0,05 | 0,069 | 0,49 | Mały | -0,02 (-1,4%) | -0,00 | 0,05 | $F_{(1,12)} = 3,32$; $p = 0,093$ |
| | K | 1,49 ± 0,06 | 1,49 ± 0,07 | 0,929 | 0,01 | Trywialny | 0 (0,1%) | -0,02 | 0,02 | |

Cyframi 1, 2 (w kolumnie „Zmienne”) oznaczono kolejne odcinki dystansu 50 m. 1 – pierwszy odcinek 25 m, 2 – drugi odcinek 25 m.

Gwiazdkami (*) oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami E i K, przy czym 1 gwiazdka (*) oznacza poziom istotności $p < 0,05$, 2 gwiazdki (**) określają poziom istotności $p < 0,01$, 3 gwiazdki (***) wyznaczają $p \leq 0,001$; wartość p oznacza istotność różnic w obrębie grupy i dotyczy pomiarów przed i po.

Wynik sportowy na dystansie 50 m stylem dowolnym

Tabela 4. Całkowity czas pokonania dystansu 50 m (wynik sportowy) w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzony przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|----------------------------------|-------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------|-----------|---------------------|---------|---------|--------------------------------------|
| Czas pokonania dystansu 50 m (s) | E | 25,26 ± 0,37 | 24,98 ± 0,51** | 0,004 | 0,62 | Średni | -0,28 (-1,1%) | 0,13 | 0,42 | $F_{(1,12)} = 0,56$; $p = 0,469$ |
| | K | 26,6 ± 0,97 | 26,46 ± 1,15 | 0,426 | 0,13 | Trywialny | -0,14 (-0,5%) | -0,27 | 0,55 | |

Gwiazdkami (*) oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami E i K, przy czym 1 gwiazdka (*) oznacza poziom istotności $p < 0,05$, 2 gwiazdki (**) określają poziom istotności $p < 0,01$, 3 gwiazdki (***) wyznaczają $p \leq 0,001$; wartość p oznacza istotność różnic w obrębie grupy i dotyczy pomiarów przed i po.

Skok startowy – dystans 200 m

Tabela 5. Wyniki pomiarów parametrów skoku startowego na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzonych przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|--|-------|---------------------|-----------------------|--------------|-----------------|-----------|---------------------|---------|---------|--------------------------------------|
| Dystans fazy lotu (m) | E | 3,11 ± 0,11 | 3,13 ± 0,08** | 0,445 | 0,24 | Mały | 2,32 (0,8%) | -9,26 | 4,62 | $F_{(1,12)} = 0,07;$ $p = 0,803$ |
| | K | 2,97 ± 0,17 | 2,98 ± 0,07 | 0,766 | 0,09 | Trywialny | 1,14 (0,4%) | -10,07 | 7,79 | |
| Czas odbicia i fazy lotu (s) | E | 1,04 ± 0,04 | 0,97 ± 0,05 | 0,006 | 1,51 | Duży | -0,07 (-6,4%) | 0,03 | 0,10 | $F_{(1,12)} = 9,818;$ $p = 0,009$ |
| | K | 1,02 ± 0,04 | 1,01 ± 0,05 | 0,732 | 0,09 | Trywialny | 0 (-0,4%) | -0,02 | 0,03 | |
| Czas reakcji (s) | E | 0,78 ± 0,03 | 0,73 ± 0,03*** | 0,004 | 1,75 | Duży | -0,05 (-6,9%) | 0,02 | 0,08 | $F_{(1,12)} = 12,68;$ $p = 0,004$ |
| | K | 0,78 ± 0,02 | 0,78 ± 0,02 | 0,873 | 0,12 | Trywialny | 0 (0,3%) | -0,02 | 0,02 | |
| Czas fazy lotu (s) | E | 0,26 ± 0,04 | 0,25 ± 0,03 | 0,231 | 0,32 | Mały | -0,01 (-4,3%) | -0,01 | 0,03 | $F_{(1,12)} = 0,48;$ $p = 0,502$ |
| | K | 0,23 ± 0,04 | 0,23 ± 0,03 | 0,760 | 0,08 | Trywialny | 0 (-1,3%) | -0,02 | 0,02 | |
| Prędkość zawodnika w fazie lotu ($m \cdot s^{-1}$) | E | 1227,21 ± 143,7 | 1292,64 ± 156,82 | 0,151 | 0,44 | Mały | 65,43 (5,3%) | -162,87 | 32,01 | $F_{(1,12)} = 0,635;$ $p = 0,441$ |
| | K | 1293,76 ± 166,92 | 1309,9 ± 162,52 | 0,745 | 0,1 | Trywialny | 16,14 (1,3%) | -131,89 | 99,61 | |
| Kąt wejścia do wody (°) | E | 40,43 ± 1,4* | 40 ± 0,82** | 0,448 | 0,37 | Mały | -0,43 (-1,1%) | -0,86 | 1,72 | $F_{(1,12)} = 0,67;$ $p = 0,43$ |
| | K | 38,14 ± 1,86 | 38,29 ± 1,11 | 0,766 | 0,09 | Trywialny | 0,14 (0,4%) | -1,27 | 0,98 | |

Gwiazdkami (*) oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami E i K, przy czym 1 gwiazdka (*) oznacza poziom istotności $p < 0,05$, 2 gwiazdki (**) określają poziom istotności $p < 0,01$, 3 gwiazdki (***) wyznaczają $p \leq 0,001$; wartość p oznacza istotność różnic w obrębie grupy i dotyczy pomiarów przed i po.

Nawrót – dystans 200 m

Tabela 6. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzaniem pomiaru – prędkość uzyskiwana przez zawodników bezpośrednio po opuszczeniu ściany nawrotowej (po nawrotach) na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej w trakcie pomiarów wykonanych przed wprowadzeniem treningu stabilizacyjnego oraz po zakończeniu interwencji

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne nawroty (1, 3, 5, 7) | | | | ANOVA | | | |
|---|---------------|--------|------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | Efekt główny czynnika Pomiar | Efekt główny czynnika Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Prędkość po nawrocie (m·s ⁻¹) | E | Przed | 12,02±1,32 | 11,34±1,23 | 11,3±1,05 | 11,27±1,27 | F _(1,6) =41,35 p=0,001 | F _(3,18) = 8,56 p=0,001 | F _(3,18) = 5,11 p=0,010 | F _(3,36) = 3,20 p= 0,035 |
| | | Po | 13,1±6,43 | 11,38±7,45 | 12,77±10,72 | 12,57±11,89 | | | | |
| | Różnica Δ (%) | | 1,083 (9%) p=0,008 | 0,043 (0,4%) p=1 | 1,462 (12,9%) p<0,001 | 1,294 (11,5%) p=0,002 | | | | |
| | K | Przed | 10,14±2,54 | 9,58±1,67 | 9,57±1,61 | 9,4±2,18 | F _(1,6) =0,23 p=0,649 | F _(3,18) = 1,56 p=0,235 | F _(3,18) = 0,016 p=0,997 | |
| | | Po | 10,21±25,45 | 9,64±24,07 | 9,69±20,12 | 9,46±23,22 | | | | |
| | Różnica Δ (%) | | 0,064 (0,6%) p=1 | 0,062 (0,6%) p=1 | 0,112 (1,2%) p=1 | 0,056 (0,6%) p=1 | | | | |

Tabela 7. Wyniki testów post-hoc (wartość p) dla prędkości osiągniętej przez pływaków bezpośrednio po odbiciu od ściany nawrotowej po 25, 75, 125 i 175 m (nawrót 1, 3, 5 i 7) na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej w pomiarach wykonywanych przed oraz po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy kolejnymi nawrotami (wartość p) Prędkość po nawrocie na dystansie 200 m | | | | | |
|-------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 2-3 | 2-4 | 3-4 |
| E | Przed | 0,289 | 0,240 | 0,201 | 1 | 0,999 | 1 |
| | Po | 0,000 | 0,923 | 0,566 | 0,002 | 0,011 | 0,996 |
| K | Przed | 0,178 | 0,172 | 0,136 | 1 | 0,987 | 0,989 |
| | Po | 0,175 | 0,252 | 0,134 | 0,999 | 0,985 | 0,949 |

Kinematyczne parametry pływania na dystansie – dystans 200 m

Częstotliwość kroku pływackiego

Tabela 8. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzanym pomiarem – częstotliwość kroku pływackiego jaką uzyskiwali pływacy z grupy eksperymentalnej i kontrolnej na kolejnych odcinkach dystansu 200 m w trakcie pomiarów wykonanych przed oraz po zakończeniu interwencji treningowej

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne odcinki 25 m | | | | | | | | ANOVA | | | |
|--|---------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|--------------------------------|---|--|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Pomiar | Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Częstotliwość kroku pływackiego ($1 \cdot s^{-1}$) | E | Przed | 0,7±0,1 | 0,65±0,06 | 0,62±0,06 | 0,62±0,03 | 0,62±0,04 | 0,63±0,03 | 0,64±0,02 | 0,64±0,03 | $F_{(1,6)}=0,44;$ $p=0,530$ | $F_{(7,42)}=4,19;$ $\epsilon G-G_{(1,52)}=0,22;$ $p=0,050$ | $F_{(7,42)}=0,59;$ $\epsilon G-G_{(2,37)}=0,34;$ $p=0,590$ | $F_{(7,42)}=0,78;$ $\epsilon G-G_{(2,84)}=0,41;$ $p=0,510$ |
| | | Po | 0,7±15,59 | 0,65±7,22 | 0,64±6,9 | 0,63±7,43 | 0,65±7,42 | 0,63±7,36 | 0,65±9,96 | 0,67±12,31 | | | | |
| | Różnica | 0,004 (0,5%) $p=1$ | -0,001 (-0,2%) $p=1$ | 0,02 (3,3%) $p=0,993$ | 0,006 (1%) $p=1$ | 0,027 (4,4%) $p=0,915$ | 0 (0%) $p=1$ | 0,009 (1,4%) $p=1$ | 0,028 (4,4%) $p=0,902$ | | | | | |
| | K | Przed | 0,67±0,05 | 0,62±0,06 | 0,62±0,06 | 0,62±0,07 | 0,62±0,06 | 0,63±0,06 | 0,64±0,06 | 0,64±0,06 | $F_{(1,6)}=0,26;$ $p=0,630$ | $F_{(7,42)}=21,92;$ $\epsilon G-G_{(2,22)}=0,32;$ $p<0,001$ | $F_{(7,42)}=1,71;$ $\epsilon G-G_{(2,67)}=0,38;$ $p=0,210$ | |
| | | Po | 0,67±6,52 | 0,64±8,24 | 0,62±9,72 | 0,63±8,16 | 0,62±9,39 | 0,63±8 | 0,64±8,51 | 0,65±10,65 | | | | |
| | Różnica | -0,005 (-0,8%) $p=0,999$ | 0,017 (2,7%) $p=0,316$ | -0,001 (-0,2%) $p=1$ | 0,009 (1,5%) $p=0,968$ | 0 (0%) $p=1$ | -0,005 (-0,7%) $p=0,999$ | -0,002 (-0,3%) $p=1$ | 0,009 (1,3%) $p=0,986$ | | | | | |

Tabela 9. Różnice w osiągniętej przez pływaków (E i K) częstotliwości kroku pływackiego wyrażone za pomocą wartości współczynnika p (testy post-hoc) pomiędzy wszystkimi 25 m odcinkami dystansu 200 m (w każdej możliwej konfiguracji)

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy 25 m odcinkami (wartość p) Częstotliwość kroku pływackiego na dystansie 200 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 1-6 | 1-7 | 1-8 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 3-4 | 3-5 | 3-6 | 3-7 | 3-8 | 4-5 | 4-6 | 4-7 | 4-8 | 5-6 | 5-7 | 5-8 | 6-7 | 6-8 | 7-8 |
| E | Przed | 0,165 | 0,001 | 0,001 | 0 | 0,006 | 0,051 | 0,018 | 0,909 | 0,898 | 0,734 | 0,994 | 1 | 0,999 | 1 | 1 | 1 | 0,995 | 0,999 | 1 | 1 | 0,994 | 0,999 | 0,999 | 0,954 | 0,998 | 0,999 | 1 | 1 |
| | Po | 0,080 | 0,031 | 0,002 | 0,039 | 0,003 | 0,115 | 0,506 | 1 | 0,992 | 1 | 0,996 | 1 | 0,999 | 0,999 | 1 | 0,999 | 1 | 0,991 | 0,999 | 1 | 0,977 | 0,619 | 0,999 | 1 | 0,996 | 0,988 | 0,692 | 0,999 |
| K | Przed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 1 | 1 | 1 | 0,914 | 0,316 | 0,051 | 1 | 1 | 0,711 | 0,145 | 0,018 | 1 | 0,726 | 0,153 | 0,019 | 0,936 | 0,356 | 0,061 | 0,999 | 0,877 | 0,999 |
| | Po | 0,002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,398 | 0,100 | 0,959 | 0,384 | 0,913 | 1 | 0,649 | 0,921 | 0,999 | 0,963 | 0,214 | 0 | 0,999 | 1 | 0,996 | 0,028 | 0,999 | 0,617 | 0,001 | 0,986 | 0,018 | 0,413 |

Długość kroku pływackiego

Tabela 10. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzaniem pomiarem – długość kroku pływackiego jaką uzyskiwali pływacy z grupy eksperymentalnej i kontrolnej na kolejnych odcinkach dystansu 200 m w trakcie pomiarów wykonanych przed oraz po zakończeniu interwencji treningowej

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne odcinki 25 m | | | | | | | | ANOVA | | | |
|-------------------------------|---------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------|---|---|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Pomiar | Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Długość kroku pływackiego (m) | E | Przed | 2,1±0,25 | 2,12±0,17 | 2,1±0,19 | 2,09±0,08 | 2,05±0,15 | 1,98±0,15 | 1,91±0,11 | 1,93±0,07 | $F_{(1,6)}=0,001$; $p=0,980$ | $F_{(7,42)}= 7,68$; ϵ G-G _{(1,98)}= 0,28; $p= 0,010$} | $F_{(7,42)}=1,26$; ϵ G-G _{(2,49)}=0,36; $p=0,320$} | $F_{(7,84)}= 1,03$; ϵ G-G _{(3,47)}= 0,50; $p= 0,400$} |
| | | Po | 2,11±17,34 | 2,12±7,59 | 2,04±11,23 | 2,09±10,89 | 1,97±12,59 | 1,99±11,24 | 2±13,97 | 1,97±12,24 | | | | |
| | Różnica | 0,002 (0,1%) $p=1$ | 0,001 (0%) $p=1$ | -0,069 (-3,3%) $p=0,982$ | -0,006 (-0,3%) $p=1$ | -0,074 (-3,6%) $p=0,966$ | 0,01 (0,5%) $p=1$ | 0,09 (4,7%) $p=0,862$ | 0,037 (1,9%) $p=0,999$ | | | | | |
| | K | Przed | 2,13±0,13 | 2,17±0,15 | 2,13±0,17 | 2,08±0,15 | 2,04±0,11 | 1,98±0,21 | 2,01±0,14 | 2,02±0,23 | $F_{(1,6)}=0,69$; $p=0,440$ | $F_{(7,42)}= 17,57$; ϵ G-G _{(2,59)}= 0,37; $p<0,001$} | $F_{(7,42)}=0,30$; ϵ G-G _{(2,68)}=0,38; $p=0,800$} | |
| | | Po | 2,12±5,48 | 2,14±5,43 | 2,11±7,38 | 2,04±3,56 | 2,03±5,49 | 1,99±2,33 | 1,99±7,87 | 1,98±7,44 | | | | |
| | Różnica | -0,003 (-0,2%) $p=1$ | -0,023 (-1,1%) $p=0,999$ | -0,02 (-0,9%) $p=1$ | -0,035 (-1,7%) $p=0,999$ | -0,007 (-0,4%) $p=1$ | 0,014 (0,7%) $p=1$ | -0,017 (-0,8%) $p=1$ | -0,046 (-2,3%) $p=0,991$ | | | | | |

Tabela 11. Różnice w osiągananej przez pływaków (E i K) długości kroku pływackiego wyrażone za pomocą wartości współczynnika p (testy post-hoc) pomiędzy wszystkimi 25 m odcinkami dystansu 200 m (w każdej możliwej konfiguracji)

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy 25 m odcinkami (wartość p) Długość kroku pływackiego na dystansie 200 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 1-6 | 1-7 | 1-8 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 3-4 | 3-5 | 3-6 | 3-7 | 3-8 | 4-5 | 4-6 | 4-7 | 4-8 | 5-6 | 5-7 | 5-8 | 6-7 | 6-8 | 7-8 |
| E | Przed | 1 | 1 | 1 | 0,997 | 0,458 | 0,011 | 0,056 | 1 | 1 | 0,983 | 0,318 | 0,006 | 0,030 | 1 | 0,997 | 0,468 | 0,011 | 0,057 | 0,999 | 0,637 | 0,023 | 0,104 | 0,991 | 0,214 | 0,565 | 0,946 | 0,999 | 0,999 |
| | Po | 1 | 0,975 | 1 | 0,297 | 0,565 | 0,592 | 0,274 | 0,929 | 0,999 | 0,200 | 0,427 | 0,452 | 0,183 | 0,999 | 0,993 | 0,999 | 0,999 | 0,991 | 0,574 | 0,840 | 0,859 | 0,543 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| K | Przed | 0,998 | 1 | 0,987 | 0,509 | 0,01 | 0,087 | 0,212 | 0,999 | 0,448 | 0,051 | 0,001 | 0,004 | 0,013 | 0,952 | 0,366 | 0,005 | 0,050 | 0,133 | 0,999 | 0,283 | 0,809 | 0,961 | 0,910 | 0,999 | 1 | 0,999 | 0,996 | 1 |
| | Po | 1 | 1 | 0,613 | 0,432 | 0,039 | 0,032 | 0,01 | 0,999 | 0,257 | 0,149 | 0,008 | 0,006 | 0,002 | 0,778 | 0,605 | 0,074 | 0,063 | 0,019 | 1 | 0,986 | 0,978 | 0,847 | 0,998 | 0,997 | 0,946 | 1 | 1 | 1 |

Wskaźnik skuteczności pływania

Tabela 12. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzaniem pomiarem – wskaźnik skuteczności pływania obliczony dla każdego odcinka dystansu 200 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej w trakcie pomiarów wykonanych przed oraz po zakończeniu sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne odcinki 25 m | | | | | | | | ANOVA | | | |
|--|---------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------|---------------------------------|--|---|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Pomiar | Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Wskaźnik skuteczności pływania ($SI = V_{\text{SR}} \times SL_{\text{SR}}$). | E | Przed | 3,05±0,33 | 2,9±0,21 | 2,75±0,31 | 2,73±0,15 | 2,59±0,28 | 2,49±0,35 | 2,35±0,29 | 2,39±0,15 | $F_{(1,6)}=0,27$; $p=0,620$ | $F_{(7,42)}= 16,26$; ϵ G-G $_{(1,96)}= 0,28$; $p<0,001$ | $F_{(7,42)}=2,36$; ϵ G-G $_{(1,96)}=0,28$; $p=0,140$ | $F_{(7,84)}= 1,40$; ϵ G-G $_{(3,41)}= 0,49$; $p= 0,250$ |
| | | Po | 3,07±21,63 | 2,9±9,29 | 2,67±15,65 | 2,73±14,85 | 2,51±17,69 | 2,5±15,13 | 2,58±17,86 | 2,55±12,53 | | | | |
| | Różnica | 0,019 (0,6%) $p=1$ | 0,005 (0,2%) $p=1$ | -0,083 (-3%) $p=0,999$ | 0,005 (0,2%) $p=1$ | -0,082 (-3,2%) $p=0,999$ | 0,007 (0,3%) $p=1$ | 0,236 (10%) $p=0,135$ | 0,168 (7%) $p=0,630$ | | | | | |
| | K | Przed | 3,02±0,17 | 2,9±0,3 | 2,8±0,27 | 2,65±0,27 | 2,57±0,13 | 2,46±0,34 | 2,56±0,16 | 2,62±0,37 | $F_{(1,6)}=0,53$; $p=0,490$ | $F_{(7,42)}= 27,02$; ϵ G-G $_{(2,13)}= 0,30$; $p<0,001$ | $F_{(7,42)}=0,19$; ϵ G-G $_{(2,57)}=0,37$; $p=0,870$ | |
| | | Po | 3±8,58 | 2,92±6 | 2,74±9,81 | 2,62±9,27 | 2,56±6,71 | 2,49±5,31 | 2,52±15,26 | 2,53±11,58 | | | | |
| | Różnica | -0,022 (-0,7%) $p=1$ | 0,017 (0,6%) $p=1$ | -0,055 (-2%) $p=0,999$ | -0,036 (-1,3%) $p=1$ | -0,016 (-0,6%) $p=1$ | 0,024 (1%) $p=1$ | -0,031 (-1,2%) $p=1$ | -0,083 (-3,2%) $p=0,999$ | | | | | |

Tabela 13. Różnice w wartościach wskaźnika skuteczności pływania (E i K) wyrażone za pomocą wartości współczynnika p (testy post-hoc) pomiędzy wszystkimi 25 m odcinkami dystansu 200 m (w każdej możliwej konfiguracji)

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy 25 m odcinkami (wartość p) Wskaźnik skuteczności pływania na dystansie 200 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 1-6 | 1-7 | 1-8 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 3-4 | 3-5 | 3-6 | 3-7 | 3-8 | 4-5 | 4-6 | 4-7 | 4-8 | 5-6 | 5-7 | 5-8 | 6-7 | 6-8 | 7-8 |
| E | Przed | 0,751 | 0,013 | 0,006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,786 | 0,599 | 0,012 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,729 | 0,075 | 0 | 0,001 | 0,883 | 0,146 | 0,001 | 0,003 | 0,992 | 0,099 | 0,294 | 0,801 | 0,977 | 1 |
| | Po | 0,633 | 0 | 0,003 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,125 | 0,599 | 0 | 0 | 0,006 | 0,002 | 0,999 | 0,732 | 0,661 | 0,998 | 0,970 | 0,192 | 0,153 | 0,779 | 0,520 | 1 | 0,999 | 1 | 0,999 | 0,999 | 1 |
| K | Przed | 0,961 | 0,279 | 0,003 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,995 | 0,182 | 0,015 | 0 | 0,008 | 0,061 | 0,896 | 0,291 | 0,011 | 0,193 | 0,628 | 0,999 | 0,563 | 0,996 | 1 | 0,990 | 1 | 1 | 0,999 | 0,855 | 0,999 |
| | Po | 0,999 | 0,121 | 0,002 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,713 | 0,038 | 0,005 | 0 | 0,001 | 0,002 | 0,964 | 0,593 | 0,135 | 0,334 | 0,394 | 0,999 | 0,950 | 0,998 | 0,999 | 0,999 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Prędkość pływania

Tabela 14. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzaniem pomiaru - prędkość pływania kraulem na piersiach uzyskana przez zawodników z grupy eksperymentalnej i kontrolnej na kolejnych odcinkach dystansu 200 m w trakcie pomiarów w pierwszym terminie oraz po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne odcinki 25 m | | | | | | | | ANOVA | | | |
|-----------------------------------|---------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------------------|--|--|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Pomiar | Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Prędkość na dystansie 200 m (m/s) | E | Przed | 1,45±0,08 | 1,37±0,05 | 1,31±0,06 | 1,3±0,05 | 1,26±0,05 | 1,25±0,09 | 1,23±0,08 | 1,23±0,05 | $F_{(1,6)} = 11,184;$ $p = 0,016$ | $F_{(7,42)} = 13,925;$ $\epsilon G-G_{(1,55)}=0,221;$ $p < 0,01$ | $F_{(7,42)} = 6,155;$ ϵ $G-G_{(2,10)}=0,299;$ $p=0,013$ | $F_{(7,84)}=2,44;$ $\epsilon G-G_{(2,76)}=0,394;$ $p=0,086$ |
| | | Po | 1,45±7,64 | 1,37±3,74 | 1,3±5,16 | 1,31±4,97 | 1,27±4,77 | 1,25±4,06 | 1,29±4,1 | 1,3±2,42 | | | | |
| | Różnica | 0,003 (0,2%) $p=1$ | 0 (0%) $p=1$ | -0,001 (-0,1%) $p=1$ | 0,001 (0,1%) $p=1$ | 0,001 (0,1%) $p=1$ | 0,003 (0,2%) $p=1$ | 0,06 (4,9%) $p<0,001$ | 0,063 (5,1%) $p<0,001$ | | | | | |
| | K | Przed | 1,42±0,05 | 1,34±0,1 | 1,31±0,08 | 1,28±0,1 | 1,26±0,07 | 1,24±0,08 | 1,27±0,05 | 1,29±0,07 | $F_{(1,6)}=0,062;$ $p=0,812$ | $F_{(7,42)}=35,125;$ $\epsilon G-G_{(2,04)}=0,292;$ $p<0,001$ | $F_{(7,42)}= 0,402;$ $\epsilon G-G_{(2,56)}= 0,365;$ $p=0,724$ | |
| | | Po | 1,41±5,63 | 1,36±5,17 | 1,3±6,47 | 1,28±8 | 1,26±6,21 | 1,25±6,48 | 1,26±9,75 | 1,28±8,92 | | | | |
| | Różnica | -0,01 (-0,7%) $p=1$ | 0,023 (1,8%) $p=0,997$ | -0,014 (-1%) $p=0,999$ | 0,003 (0,2%) $p=1$ | -0,004 (-0,3%) $p=1$ | 0,007 (0,6%) $p=1$ | -0,011 (-0,9%) $p=1$ | -0,009 (-0,7%) $p=1$ | | | | | |

Tabela 15. Różnice w osiąganym przez pływaków (E i K) prędkości pływania na dystansie wyrażone za pomocą wartości współczynnika p (testy post-hoc) pomiędzy wszystkimi 25 m odcinkami dystansu 200 m (w każdej możliwej konfiguracji)

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy 25 m odcinkami (wartość p) Prędkość na dystansie 200 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 1-6 | 1-7 | 1-8 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 3-4 | 3-5 | 3-6 | 3-7 | 3-8 | 4-5 | 4-6 | 4-7 | 4-8 | 5-6 | 5-7 | 5-8 | 6-7 | 6-8 | 7-8 |
| E | Przed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,062 | 0,004 | 0 | 0 | 0,081 | 0,006 | 0 | 0 | 0,999 | 0,175 | 0,354 | 0,731 | 0,918 | 1 |
| | Po | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,105 | 0,003 | 0,989 | 0,999 | 0,084 | 0,002 | 0,980 | 0,999 | 0,994 | 0,835 | 0,445 | 0,123 | 0,027 | 0,999 |
| K | Przed | 0,006 826 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,990 | 0,183 | 0,03 | 0,001 | 0,116 | 0,505 | 0,934 | 0,491 | 0,057 | 0,854 | 0,999 | 0,999 | 0,870 | 1 | 1 | 0,999 | 1 | 0,988 | 0,944 | 0,505 | 0,999 |
| | Po | 0,384 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,124 | 0,014 | 0 | 0 | 0,001 | 0,014 | 0,999 | 0,809 | 0,471 | 0,911 | 0,999 | 0,998 | 0,944 | 0,999 | 1 | 1 | 1 | 0,999 | 0,999 | 0,946 | 0,999 |

Wynik sportowy na dystansie 200 m stylem dowolnym

Czasy osiągnięte na kolejnych odcinkach 50 m (1 – 4) na dystansie 200 m

Tabela 16. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji z powtarzaniem pomiarem – czasy osiągnięte na kolejnych odcinkach 50 m (międzyczasy) na dystansie 200 m w grupie eksperymentalnej i kontrolnej w trakcie pomiarów wykonanych przed oraz po zakończeniu interwencji badaczy

| Zmienna | Grupa | Pomiar | Kolejne odcinki 50 m | | | | ANOVA | | | |
|--------------------------|---------|--------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | Pomiar | Odcinek | Interakcja (Pomiar × Odcinek) | Interakcja (Grupa × Pomiar × Odcinek) |
| Międzyczasy (4x50 m) (s) | E | Przed | 28,42±3,95 | 31,02±4,31 | 32,14±4,92 | 32,46±3,49 | $F_{(1,6)}=8,52$; $p=0,030$ | $F_{(3,18)}=43,94$ ϵ G-G _{(1,42)}=0,47; $p<0,001$} | $F_{(3,18)}=1,26$; ϵ G-G _{(1,18)}=0,39; $p=0,310$} | $F_{(3,36)}=0,56$; ϵ G-G _{(1,74)}=0,58; $p=0,560$} |
| | | Po | 28,34±0,42 | 30,91±1,11 | 32,25±1,87 | 31,50±1,22 | | | | |
| | Różnica | | -0,08 (-0,3%) $p=1$ | -0,10 (-0,4%) $p=0,999$ | 0,12 (0,4%) $p=0,999$ | -0,95 (-3%) $p=0,03$ | | | | |
| | K | Przed | 29,08±1,31 | 31,74±1,37 | 32,08±2,1 | 31,98±1,02 | $F_{(1,6)}=0,002$; $p=0,970$ | $F_{(3,18)}=100,77$ ϵ G-G _{(1,53)}=0,51; $p<0,001$} | $F_{(3,18)}=0,17$; ϵ G-G _{(1,31)}=0,44; $p=0,760$} | |
| | | Po | 29,13±3,9 | 31,73±6,44 | 31,93±4,39 | 32,11±4,59 | | | | |
| | Różnica | | 0,049 (0,2%) $p=1$ | -0,011 (0%) $p=1$ | -0,15 (-0,5%) $p=0,999$ | 0,129 (0,4%) $p=0,999$ | | | | |

Tabela 17. Różnice pomiędzy wynikami (czas) osiąganymi na kolejnych odcinkach 50 m (międzyczasy) na dystansie 200 m (E i K) wyrażone za pomocą wartości współczynnika p (testy post-hoc)

| Grupa | Pomiar | Różnice pomiędzy 50 m odcinkami (wartość p) Międzyczasy (4x50 m) na dystansie 200 m | | | | | |
|-------|--------|--|-----|-----|-------|-------|-------|
| | | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 2-3 | 2-4 | 3-4 |
| E | Przed | 0 | 0 | 0 | 0,208 | 0,053 | 0,994 |
| | Po | 0 | 0 | 0 | 0,080 | 0,847 | 0,645 |
| K | Przed | 0 | 0 | 0 | 0,930 | 0,988 | 0,999 |
| | Po | 0 | 0 | 0 | 0,996 | 0,876 | 0,998 |

Czas pokonania dystansu 200 m (wynik sportowy)

Tabela 18. Całkowity czas pokonania dystansu 200 m (wynik sportowy) w grupie eksperymentalnej i kontrolnej mierzony przed i po okresie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

| Zmienne | Grupa | Przed | Po | Wartość p | Wielkość efektu | ES d | Średnia różnica (%) | CI -95% | CI +95% | ANOVA Interakcja (Grupa × Czas) |
|-----------------------------------|-------|---------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|---------------------|---------|---------|---|
| Czas pokonania dystansu 200 m (s) | E | 124,03 ± 4,24 | 123,01 ± 3,96 | 0,027 | 0,25 | Mały | -1,02 (-0,8%) | -1,88 | -0,17 | F _(1,12) = 3,923; p = 0,071 |
| | K | 124,9 ± 5,99 | 124,89 ± 5,65 | 0,967 | 0 | Trywialny | -0,02 (-0,0%) | -0,92 | 0,89 | |

8.2. Fotografie przedstawiające ćwiczenia realizowane w czasie sześciotygodniowego treningu stabilizacji centralnej

Ćwiczenie nr 1 - nożyce pionowe



Fot. 1. Nożyce pionowe z ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej – tydzień 1.



Fot. 2. Nożyce pionowe z ramionami w pozycji torpedowej – tydzień 2.



Fot. 3. Nożyce pionowe z ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej oraz obciążnikami na kostkach – tydzień 3.



Fot. 4. Nożyce pionowe z ramionami w pozycji totpedowej oraz obciążnikami na kostkach – tydzień 4.



Fot. 5. Nożyce pionowe z ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej oraz obciążnikami na kostkach wykonywane na poduszce sensomotorycznej – tydzień 5.



Fot. 6. Nożyce pionowe z ramionami w pozycji torpedowej oraz obciążnikami na kostkach wykonywane na poduszce sensomotorycznej – tydzień 6.

Ćwiczenie nr 2 - scyzoryki do jednej nogi



Fot. 7. Scyzoryki do jednej nogi bez dodatkowego obciążenia – tydzień 1 i 2.



Fot. 8. Scyzoryki do jednej nogi z hantelkami trzymanymi w obu dłoniach – tydzień 3 i 4. W tygodniu 4. zwiększono ciężar hantli.



Fot. 9. Szczyrki do jednej nogi z hantelkami trzymanymi w obu dłoniach i obciążnikami umieszczonymi na kostkach – tydzień 5 i 6. W tygodniu 6. zwiększono obciążenie na kostkach.

Ćwiczenie nr 3 - wyprosty tułowia na piłce gimnastycznej



Fot. 10. Wyprosty tułowia na piłce gimnastycznej z ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej bez dodatkowego obciążenia – tydzień 1 i 2.



Fot. 11. Wyprosty tułowia na piłce gimnastycznej z piłką lekarską trzymaną w rękach przy klatce piersiowej – tydzień 3 i 4.



Fot. 12. Wyprosty tułowia na piłce gimnastycznej z wyrzutem piłki lekarskiej w przód – tydzień 5 i 6. W tygodniu 6. zwiększono ciężar piłki lekarskiej. Strzałka na fotografii ukazuje kierunek rzutu.

Ćwiczenie nr 4 - skręty tułowia w pozycji siadu równoważnego



Fot. 13. Skręty tułowia w pozycji siadu równoważnego bez dodatkowego obciążenia – tydzień 1 i 2.



Fot. 14. Skręty tułowia w pozycji siadu równoważnego z hantlem kettlebell trzymany w obu dłoniach – tydzień 3 i 4. W tygodniu 4 zwiększono ciężar hantli kettlebell.



Fot. 15. Skręty tułowia w pozycji siadu równoważnego z hantlem kettlebell trzymanym w obu dłoniach wykonywane na elemencie niestabilnego podłoża (poduszka sensomotoryczna) – tydzień 5 i 6. W tygodniu 6 zwiększono ciężar hantli kettlebell.