

Autoreferat

1. Imię i nazwisko:

Marek Strzała

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania.

1998 – dyplom magistra wychowania fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

1999 – dyplom trenera II klasy pływania, Warszawa

2007 – dyplom trenera I klasy pływania, Warszawa

2008 – doktor nauk o kulturze fizycznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, tytuł rozprawy doktorskiej: „Uwarunkowania morfo-funkcjonalne wyników sportowych w pływaniu 14-17 letnich zawodników z uwzględnieniem zaawansowania technicznego i obciążeń fizycznych”.

Uprawnienia i kwalifikacje zawodowe:

- Starszy Ratownik Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego – Warszawa, 19.07.2004
- Sternik Motorowodny – Warszawa, 16.06.2007
- Instruktor Sportu o specjalności: Piłka Siatkowa – Warszawa, 09.04.1999
- Instruktor Sportu o specjalności: Kajakarstwo Klasyczne – Kraków, 25.07.2007
- Instruktor Rekreacji Ruchowej o specjalności: Windsurfing – Kraków, 27.04.2007

- Instruktor Rekreacji Ruchowej o specjalności: Narciarstwo Zjazdowe – Warszawa, 17.05.2010
- Instruktor Rekreacji Ruchowej o specjalności: Snowboard – Warszawa, 02.06.2010

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.

2000 – 2008 – asystent w Katedrze Teorii i Metodyki Sportów Wodnych Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie

2008 – nadal – adiunkt w Zakładzie Sportów Wodnych Instytutu Sportu w Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

Jako osiągnięcie naukowe wskazuję cykl 9 oryginalnych artykułów empirycznych, które ukazały się w renomowanych czasopismach krajowych i zagranicznych, zebranych pod wspólnym tytułem: **„Budowa somatyczna, wydolność fizyczna oraz zaawansowanie techniki pływania młodych sportowców jako uwarunkowania wyników sportowych”**. Stanowią one monotematyczny cykl prac naukowych, opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. We wszystkich publikacjach niniejszego cyklu miałem decydujący wkład na każdym etapie ich powstawania i redagowania (w tworzeniu koncepcji, przeprowadzeniu badań, analizie wyników i dyskusji oraz pisaniu artykułów).

a) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa):

Marek Strzała, Aleksander Tyka. Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva*, 2009, - Vol. 13, 2, s. 99-107. (MNiSW=4)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji i zaplanowaniu doświadczenia oraz pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, wyborze metodyki badań, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz redagowaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

Marek Strzała, Piotr Krężałek. The body angle of attack in front crawl performance in young swimmers. *Human Movement*, 2010, - Vol. 11, 1, s. 23-28. (MNiSW=9)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na opracowaniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

Marek Strzała, Piotr Krężałek, Marcin Kaca, Grzegorz Głąb, Andrzej Ostrowski, Arkadiusz Stanula, Aleksander Tyka. Swimming speed of the breaststroke kick. *Journal of Human Kinetics*, 2012, - Vol. 35 s. 133-139. (IF=0,458; MNiSW=15)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

Marek Strzała, Piotr Krężałek, Grzegorz Głąb, Marcin Kaca, Andrzej Ostrowski, Arkadiusz Stanula, Anna K. Tyka. Intra-cyclic phases of arm-leg movement and index

of coordination in relation to sprint breaststroke swimming in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2013, - Vol. 12, 4, s. 690-697. (IF=0,898; MNiSW=20)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 60 %.

Marek Strzała, Piotr Krężałek, Katarzyna Kucia-Czyszczoń, Andrzej Ostrowski, Arkadiusz Stanula, Anna K. Tyka, Andrzej Sagalara. Coordination and propulsion and non-propulsion phases in 100 meter breaststroke swimming. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2014, - Vol. 16, 4, s. 83-89. (IF=0,894; MNiSW=15)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 55 %.

Marek Strzała, Arkadiusz Stanula, Grzegorz Głęb, Jacek Głodzik, Andrzej Ostrowski, Marcin Kaca, Leszek Nosiadek. Shaping physiological indices, swimming technique, and their influence on 200m breaststroke race in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2015, - Vol. 14, 1, s. 110-117. (IF=1,430; MNiSW=20)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

Marek Strzała, Arkadiusz Stanula, Andrzej Ostrowski, Marcin Kaca, Piotr Krężałek, Jacek Głodzik. Propulsive limb coordination and body acceleration in sprint breaststroke swimming. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, – artykuł przyjęty do opublikowania w roku 2017. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06634-2 (IF=1,215; MNiSW=20)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 75 %.

Marek Strzała, Arkadiusz Stanula, Piotr Krężałek, Andrzej Ostrowski, Marcin Kaca, Grzegorz Głąb. Butterfly sprint swimming technique, analysis of somatic and spatial - temporal coordination parameters. Journal of Human Kinetics, – artykuł przyjęty do publikacji w roku 2017. DOI: 10.1515/hukin-2017-0089, (IF=0,798; MNiSW=15)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 75 %.

Marek Strzała, Arkadiusz Stanula, Piotr Krężałek, Andrzej Ostrowski, Marcin Kaca, Grzegorz Głąb. Influence of morphology and strength on front crawl swimming speed in junior and youth age group swimmers. Journal of Strength and Conditioning Research – artykuł przyjęty do opublikowania w roku 2017/2018. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002084 (IF=2,060; MNiSW=30)

Mój wkład w powstanie tego artykułu polegał na stworzeniu koncepcji, zaplanowaniu doświadczenia, wyborze metodyki badań, pozyskaniu środków finansowych na realizację projektu, przeprowadzeniu badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed złożeniem pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 75 %.

Wprowadzenie

W pływaniu wiodącymi czynnikami determinującymi osiągnięcie najwyższych wyników sportowych są niewątpliwie: zoptymalizowana technika pływania danym stylem oraz odpowiednie predyspozycje psychosomatyczne i fizjologiczne organizmu. Osiągnięcie sukcesu przez sportowców uprawiających wyczynowo pływanie na najwyższym poziomie wymaga na ogół dużo czasu. Proces kompleksowego treningu trwa u nich przynajmniej 6, a niekiedy nawet 16 lat. Bywa on konstruowany nie tylko intuicyjnie na bazie doświadczenia trenera, ale przede wszystkim w odniesieniu do solidnych podstaw naukowych (Wilke i wsp. 1983, Lavoie i wsp. 1986, Płatonow 1997, Smith i wsp. 2002, Hannula 2003). Długi okres dochodzenia do mistrzowskich wyników w pływaniu jest typowy dla większości najlepszych na świecie pływaków.

Szkolenie pływackie ukierunkowane na osiągnięcie wyników rozpoczyna się najczęściej już w wieku 8-9 lat. Poprzez zaprawę fizyczną oraz udział w sporcie dzieci i młodzieży młodzi sportowcy zbierają niezbędne doświadczenie, przechodzą sportową selekcję (Eider 2014), stając się profesjonalnymi pływakami w wieku 20 – 25 lat (kobiety – rok do dwóch lat wcześniej).

Ze względu na konieczność posiadania wysokiej sprawności i wydolności fizycznej najlepsze wyniki w pływaniu osiągają ludzie młodzi (Sozański i wsp. 1999, Freitag i wsp. 2000). I tak na przykład na Igrzyskach Olimpijskich w Atlancie średnia wieku mężczyzn, finalistów w pływaniu, wyniosła 23 lata, przy rozpiętości 18 – 30 lat, a w przypadku kobiet był to wiek 20 lat, przy rozpiętości 17 – 28 lat (Kosmol 1997). Na każdym etapie procesu treningowego realizowane są konkretne zadania, z wykorzystaniem określonych środków, metod i systemów szkoleniowych. Kształtowanie u zawodników typowych zdolności pływackich jest procesem wieloletnim i czasochłonnym. Cyklicznie, w okresie intensywnych przygotowań, zawodnicy poświęcają na trening tygodniowo od 25 do 30 godzin, a rocznie przeplływają do 4 tysięcy kilometrów. Gwarantuje to sportowcowi uzyskanie wysokiej dyspozycji startowej, a w późniejszym okresie zdolność jej utrzymywania lub stopniowego podnoszenia. Możliwe jest to poprzez planowaną poprawę stanu wytrenowania, wydolności i sprawności fizycznej, wraz z bieżącą optymalizacją techniki pływania. Efekty te udaje się uzyskać dzięki właściwej organizacji szkolenia, prognozowaniu rozwoju sportowego, monitorowaniu intensywności wysiłku, kontrolowaniu efektów treningowych wraz z analizowaniem zmian parametrów techniki pływania (Śledziwski, Sozański i Kosmol 1999, Olbrecht 2000, Strzała i wsp. 2007b, Rakowski 2008).

Ponad dziesięcioletnie własne doświadczenia badawcze nabyte podczas pracy z pływakami pozwalają stwierdzić, iż w procesie trenowania utalentowanego pływaka, a w szczególności w kształtowaniu jego techniki i modyfikowaniu prędkości pływania, wykorzystuje się przede wszystkim właściwości somatyczne i fizjologiczne jego organizmu jako plastyczne podłoże (Strzała i wsp. 2004, 2005, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d). Mierzenie i precyzyjne analizowanie biofizycznych wskaźników organizmu i parametrów techniki pływania determinujących wyniki sportowe wyczynowych pływaków należy obecnie do kanonu dobrze zaplanowanej pracy w tym sporcie. Wskaźniki te stają się niezbędnym atrybutem systematycznego treningu i jego kontroli. Poprawa wydolności fizycznej i techniki ruchu (np. maksymalnego minutowego poboru tlenu – $\dot{V}O_{2max}$, zwiększenie długości cykli ruchowych – SL wraz umiejętnością utrzymania właściwej częstotliwości cykli ruchowych – SR) wykorzystywana jest dalej jako czynnik motywacji podczas żmudnego procesu korekty i doskonalenia techniki oraz podnoszenia prędkości pływania. Odpowiednio wkomponowane w profesjonalny trening kompleksowe badania wydolności fizycznej i pomiary parametrów techniki pływania są dla zawodnika i trenera podstawowym źródłem informacji o skuteczności stosowanych środków treningowych i o ich efektach, co jest niezbędne w konstruowaniu i modyfikowaniu programów treningowych (Strass 1988, Rohrs i wsp. 1991, Aspens i wsp. 2009, Vitor i Böhme 2010, Strzała et al. 2004, 2005, Lätt i wsp. 2010, Garrido i wsp. 2010, Girolid i wsp. 2006, 2007, 2012, Barbosa i wsp. 2015, Morais i wsp. 2016).

Odpowiednio ukształtowane parametry funkcjonalne wydolności fizycznej odgrywają dużą rolę w modelowaniu wysokiego poziomu wysiłkowych reakcji adaptacyjnych organizmu pływaków wykonujących w środowisku wodnym pracę o różnej intensywności (Holmer i wsp. 1972, 1974 a,b,c, Hawley i wsp. 1991, Mujika i wsp. 1995, Dekerle i wsp. 2002). Czas trwania wyścigów pływackich stylem dowolnym w przypadku najlepszych pływaków waha się od 20 – 50 sekund na najkrótszych dystansach 50 i 100 metrowych, poprzez 2 – 4 minut na średnich dystansach (200 – 400m), do około 15 minut na najdłuższym dystansie 1500 metrów. Wymaga to od zawodnika wydatkowania dużych ilości energii przy zaangażowaniu wszystkich ścieżek metabolicznych (Olbrecht 2000). Wymusza również konieczność dostosowania techniki pływania, o optymalnym fizjologicznym koszcie, odpowiednio do długości wyścigu pływackiego. Dlatego fizjologiczne wskaźniki wydolności organizmu sportowca szacowane są najczęściej z wyróżnieniem komponenty tlenowej i beztlenowej (Kosmol i wsp. 1998, Jaskólski i wsp. 1989, Issurin i wsp. 2001, Mujika 2002a,b, 2004, Pyne 2004, Trewin 2004, Strzała i wsp. 2007b, 2007c). W rywalizacji na krótkich dystansach

badacze wskazują na wiodącą rolę anaerobowej komponenty wydolności fizycznej (Sharp i wsp. 1982, Shepard i wsp. 1988, Keskinen i wsp. 1989, Hawley 1992, Swaine 2000, Ross 2001), zaś na długich – wysuwają na plan pierwszy aerobową sprawność procesów energetycznych (Holmer 1974a,b,c, Obert i wsp. 1992, Wakayoshi i wsp. 1992a,b, 1993a,b, 1995, Martin i wsp. 2000, Rodriguez 2000, Poujade i wsp. 2002, Laffite i wsp. 2004). Jednak szczególnie na średnich dystansach, 200 i 400 metrowych, wykorzystanie wzajemnie się uzupełniających obu tych komponent wytwarzania energii mięśniowej jest trudnym problemem zmagania treningowych i startowych pływaków. Optymalne wytrenowanie polegające na wysokiej sprawności wytwarzania energii z tych źródeł w zależności od właściwości osobniczych, współgrające ze zmieniającą się techniką pływania jest skomplikowane, a obserwacje tego procesu przynoszą nowe, przydatne w praktyce informacje (Serresse i wsp. 1988, Carey i Richardson 2003, Rodriguez i wsp. 2003, Aspens i wsp. 2009, Reiss i wsp. 2010, Lätt i wsp. 2010, Strzała et al. 2015). Badanie fizjologicznych reakcji organizmu na wysiłki testowe (m.in. poprzez pomiary stężenia mleczanu we krwi i wskaźników wymiany oddechowej również w warunkach wodnych), jak też określanie zależności zmiennych fizjologicznych i kinematycznych z prędkością pływania, dostarcza praktykom tej dyscypliny niezbędnych informacji do sterowania treningiem. Należy jednak pamiętać począwszy od wczesnego etapu szkolenia, że w pływaniu zastosowanie określonej techniki na wybranym dystansie zależy także lub przede wszystkim, od budowy somatycznej, na przykład całkowitej długości ciała, rozpiętości kończyn górnych czy beztłuszczowej masy ciała (Grimston i wsp. 1986, Carter i wsp. 1990, Avlonitou i wsp. 1997, Seifert i wsp. 2007b, Jürimäe 2007, Strzała i wsp. 2009). Te dziedziczne właściwości osobnicze kształtują się wedle posiadanego potencjału genetycznego młodego sportowca i bywają najważniejszym czynnikiem determinującym wyniki sportowe.

Wymienione uwarunkowania odgrywają istotną rolę w kształtowaniu hydrodynamicznym techniki pływania i są brane pod uwagę w treningu pływaków (Berger i wsp. 1999, Touissant i wsp. 1992, 2004, 2005, 2006, Kolmogorov i wsp. 1992, 1997, Rouba i wsp. 2006, Bixler i wsp. 2007). W przeszłości modelowanie techniki pływania było często procesem opartym na subiektywnym wyborze trenera wzorców ruchowych adekwatnych dla danej techniki. Pod koniec lat siedemdziesiątych podejmowano próby zobiektywizowania oceny techniki pływania na podstawie pomiaru typowych parametrów, jak na przykład długość (SL; dystans jaki przemierza ciało pływaka podczas jednego cyklu ruchowego kończyn górnych) i częstotliwość cykli ruchowych kończyn górnych (SR). W zależności od stopnia wytrenowania zawodników i długości dystansu te wskaźniki kształtują się odmiennie.

U pływaków, w szczególności w grupach młodzieżowych, w zależności od charakteru treningu, związek tych wskaźników z prędkością pływania kraulem na piersiach może się zmieniać. Opinie trenerów oraz doniesienia niektórych badaczy dowodzą, że wyniki pływania są najsilniej skorelowane z długością cyklu ruchowego kończyn górnych (SL) (Kennedy i wsp. 1990, Arellano i wsp. 1994). Sugerują one słusznie, że kształtowanie długości cyklu ruchowego kończyn górnych (SL) oraz efektywności ruchów mierzonych na przykład indeksem ekonomiki pływania (*stroke indeks* $SL [m] \cdot V [m \cdot s^{-1}]$, Costill i wsp. 1985) powinno być realizowane w pierwszej kolejności, gdyż jest ono związane z opanowywaniem przez pływaka bardziej zaawansowanej techniki, doskonałości hydrodynamicznej i większej ekonomiki pływania. Jednakże taki jednostronny trening może prowadzić do pogorszenia innych parametrów techniki, obniżenia wskaźnika SR oraz koordynacji ruchów: *Index of Coordination* – IdC lub *Total Time Gap* – TTG (Chollet i wsp. 2000, Seifert i wsp. 2008, Strzała i wsp. 2013). Związane jest to ze zmniejszeniem odsetkowego udziału faz napędowych w cyklu ruchowym kończyn górnych. Dlatego w modelowaniu parametrów techniki pływania u młodych sportowców istotne jest zwrócenie szczególnej uwagi jednocześnie na doskonalenie obu głównych parametrów prędkości pływania SL i SR. Wydłużanie SL powinno następować stopniowo, najczęściej z jednoczesnym utrzymaniem lub, o ile to konieczne, zwiększeniem SR (Craig i wsp. 1979, 1985, Keskinen i wsp. 1989, 1993, Yanai i wsp. 2001, Dekerle i wsp. 2005, Strzała i wsp. 2017a,b).

Aby podsumować ten krótki zarys uwarunkowań uzyskiwania wysokich wyników sportowych w pływaniu, należy podkreślić, że moje główne zainteresowanie w ostatnich latach poświęcone było aspektom badawczym zawartym w poszczególnych pracach niniejszego cyklu. W postępowaniu tym całościowo postawiono ogólną hipotezę określającą, że sprawność pływacka wykazuje związek z budową ciała, poziomem wydolności fizycznej oraz ukształtowaniem techniki pływania.

Celem prowadzonych badań było poszukiwanie cech różnicujących pływaków, a zarazem determinujących osiągnięte przez nich rezultaty sportowe. Dokonanie takiej oceny związane było ze sprecyzowaniem specyficznych dla pływania sportowego wskaźników, charakteryzujących wybrane właściwości:

- a) morfologiczne, szczególnie długościowe wybranych segmentów ciała oraz szacujące skład ciała;
- b) wydolności fizycznej z pomiarem poziomu wydolności krążeniowo-oddechowej oraz wskaźników wykonanej pracy w testach anaerobowych;

c) techniki pływania, odzwierciedlające czasowo-przestrzenną strukturę ruchu całego ciała, ruchu kończyn górnych i dolnych oraz wzajemną ich koordynację.

W artykule zatytułowanym „**Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers**” przedstawiono wyniki badań dotyczące poziomu wskaźników aerobowej i anaerobowej wydolności, techniki pływania, właściwości somatycznych oraz określono ich wpływ na prędkość pływania na krótkich dystansach 25 metrów i 100 metrów. Badania te przeprowadzono w 26 osobowej grupie pływaków (16.1 ± 1.09 lat) reprezentujących wysoki poziom krajowy i międzynarodowy. Na podstawie pomiarów typowych wskaźników antropometrycznych sprecyzowane były między innymi: somatotyp przy użyciu metody zaproponowanej przez Carter-Heath (1990) oraz procentowa zawartość tłuszczu (PF) i masa ciała szczupłego (LBM), które obliczone były według formuły przedstawionej przez Slaughter i wsp. (1988). Całkowitą długość ciała (TBL) mierzono od końców palców rąk, przy wyprostowanych nad głową kończynach górnych, do palców stóp zgiętych podeszwowo w ułożeniu ciała na grzbiecie. Rozpiętość kończyn górnych (AS) była mierzona po stronie grzbietowej ciała na wysokości barków od końca palców prawej do lewej ręki. Przeprowadzono testy laboratoryjne i sprawdziany pływackie:

- alaktyczny test anaerobowy (*Counter Movement Jump* – CMJ z użyciem aparatury Opto Jump, Włochy),
- testy stopniowane oceniające wydolność aerobową, wykonywane osobno kończynami górnymi ($\dot{V}O_2\text{max AR}$) i dolnymi ($\dot{V}O_2\text{max LG}$) z użyciem ergometru 834E-Ergomedic, Monark (Szwecja) oraz cykloergometru ER 900 Jaeger (Niemcy)
- jednogminutowe testy wytrzymałości anaerobowej wykonywane kończynami górnymi (60sAR) i dolnymi (60sLG) z użyciem ergometrów 834E-Ergomedic oraz 874E-Ergomedic, Monark (Szwecja),
- sprawdzian sprawności pływackiej na 25 metrów oraz na 100 metrów kraulem na piersiach.

Podczas realizacji sprawdzianów pływackich w zarejestrowanym techniką wideo ruchu wydzielono cykle i dokonano w nich podziału na fazy. Dla każdej z faz określono jej rolę w przyspieszaniu ciała zawodnika (faza napędowa lub nienapędowa). Do dalszej oceny techniki pływania użyto wskaźnika współdziałania kończyn górnych w napędzaniu ciała zwanego indeksem koordynacji (IdC– Index of Coordination, Chollet i wsp. 2000). Obliczono podstawowe wskaźniki kinematyczne: częstotliwość (SR) i długość cykli ruchowych (SL)

oraz ruchy nóg (LQ - Legs movement Quantity) wykonywane w cyklu ruchowym kończyn górnych.

W sprincie pływackim, oprócz opanowania zaawansowanej techniki pływania, prędkość poruszania się pływaka jest uzależniona od sprawności beztlenowych przemian metabolicznych organizmu. Zależność ta została udokumentowana w omawianych badaniach młodych pływaków, u których uzyskana maksymalna moc w jednominutowych testach anaerobowych kończynami górnymi (60sAR) i dolnymi (60sLG) korelowała istotnie statystycznie (korelacje cząstkowe z czynnikiem kontroli wieku kalendarzowego) i z reguły bardzo wysoko z prędkością pływania na dystansie 100 i 25 metrów (moc maksymalna od $r=0,44$ do $r=0,81$; moc średnia $r=0,54$ do $r=0,68$). Podobną zależność z prędkością pływania kraulem na piersiach na 100 i 25 metrów wykazywał wskaźnik CMJ (korelacje cząstkowe od $r=0,75$ do $r=0,76$). Na duży udział anaerobowych przemian energetycznych w tych wysiłkach wskazuje wysokie powysiłkowe stężenie mleczanu we krwi (La). U wszystkich badanych osób było ono wyższe po wyścigu na 100 m kraulem na piersiach. Po przeanalizowaniu wyników badań, uwzględniając profil metaboliczny, można stwierdzić, że u młodych pływaków w wyścigach na dystansach sprinterskich o wyniku decyduje wysoka sprawność anaerobowego źródła wytwarzania energii. Stwierdzona istotna statystycznie korelacja prędkości pływania na obu dystansach z wynikami mocy uzyskanymi w testach 60sAR i 60sLG może być przykładem tej zależności. W praktyce więcej niż połowa wytworzonej mocy w ostatnich 30 sekundach maksymalnej jednominutowej pracy pochodzi jednak ze źródła aerobowego (Gastin 2001). Dlatego wysoka sprawność krążeniowo-oddechowa odnotowana w tych obserwacjach jako czynnik ściśle powiązany z wydolnością aerobową miała w niniejszych badaniach wpływ na wyniki sprawdzianów pływackich korelując z $\dot{V}O_2\text{max AR}$ (na granicy istotności statystycznej $r=0,37$, $p<0,08$) oraz istotnie z $\dot{V}O_2\text{max LG}$ na ($r=0,53$ $p<0,01$).

Pływacy specjalizujący się w sprincie legitymują się większą masą ciała (BM) i masą ciała szczupłego (LBM) i korzystniejszymi cechami długościowymi ciała niż zawodnicy o predyspozycjach wytrzymałościowych (Grimston i wsp. 1986, Keskinen i wsp. 1989, Chatard i wsp. 1990b, Strzała i wsp. 2005, Jürimäe i wsp. 2007). W badaniach własnych odnotowano tylko zależność (na granicy istotności) pomiędzy LBM i prędkością pływania na 25 metrów ($r=0,39$), nie stwierdzono takiej zależności na dystansie 100 metrów. Wskaźniki długościowe ciała pływaków (BTL i AS) miały silniejszy wpływ na prędkość pływania na dystansie 25 i 100 metrów, co jest zgodne z obserwacjami Kosmola (1997). Na Igrzyskach

Olimpijskich w Atlancie przeciętna wysokość ciała trójki medalistów na 100 metrów stylem dowolnym wynosiła 198,33 cm, a u finalistów tego wyścigu 194,00 cm. Zawodnicy o ponadprzeciętnych rozmiarach długościowych ciała osiągają na ogół wyższą energię kinetyczną niż osoby niższe. Ponadto generowana ruchem ich ciała w wodzie fala wodna, która jest przejawem oporu ośrodka, osiąga mniejszą amplitudę niż w przypadku niższych rywali Touissant i wsp. (2005).

Według Touissant i wsp. (2005) przy prędkościach pływania ponad $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, w związku z tym, że opór ośrodka jest wprost proporcjonalny do kwadratu prędkości przemieszczania się, straty energii związane z oporem ośrodka i wzbudzaniem się fali znacznie ograniczają wzrost prędkości ciała w wodzie. Spostrzeżenia Vorontsova i wsp. (2000) i Toussaint (2005) wskazują, że bardziej opływowe właściwości posiada dłuższe ciało, ponieważ strefa oddzielająca graniczne warstwy pól wysokiego i niskiego ciśnienia znajduje się bardziej z tyłu takiego ciała, co powoduje powstawanie mniejszych zawirowań wody oraz wzbudza mniejszą falę w porównaniu do ciała krótszego. Mając na uwadze duży wpływ rozmiarów ciała sportowca na wyniki pływania na krótkich dystansach zasadne jest u młodych pływaków przewidywanie ostatecznej wysokości ciała. W tych samych obserwacjach wyniki korelacji cząstkowych wskaźników techniki pływania kraulem na piersiach z wynikami sprawdzianów pływackich wykazały, że wśród determinantów techniki pływania na badanych dystansach najsilniejszą i istotną statystycznie rolę odegrały częstotliwość ruchów kończyn górnych (SR), indeks koordynacji ruchów z większym odsetkiem nakładania się faz napędowych (IdC) oraz suma faz napędowych w cyklu ruchowym kończyn górnych (PL+PS). IdC korelował bardzo wysoko z częstotliwością ruchów kończyn górnych (SR), co zaobserwowali również u pływaków Chollet i wsp. (2000) i Potdevin i wsp. (2006). Ponadto na uzyskanie wysokiego poziomu IdC oraz PL+PS u badanych pływaków na dystansie 25 metrów najmocniejszy wpływ miały wskaźniki mocy oraz ilość pracy wykonanej w testach anaerobowych. Wyniki badań własnych i doniesienia innych badaczy (Millet i wsp. 2002, Seifert i wsp. 2004) wskazują, że koordynacja ruchów kończyn górnych, bliższa tak zwanej przeciwstawnej „*opposition*”, która nie wykazuje opóźnienia pomiędzy fazami napędowymi lub koordynacja „*superposition*” z zachodzeniem tych faz jednej na drugą, sprzyjała osiąganiu większej prędkości pływania na badanych dystansach. Zwiększenie prędkości pływania wymaga od zawodnika wytwarzania większej siły napędowej na drodze modyfikowania struktury czasowo-przestrzennej cyklu ruchowego kończyn górnych. Może się to odbywać poprzez skrócenie faz nienapędowych, szczególnie czasu przeniesienia kończyny nad powierzchnią wody, co jest zauważalne u najlepszych

pływaków (Chollet i wsp. 2000), oraz skrócenie czasu szybowania kończyn (napłynięcia) w fazie rozpoczęcia cyklu ruchowego. Działanie takie przy utrzymaniu stałego poziomu SR daje relatywny wzrost wytwarzania napędu w cyklu ruchowym oraz wzrost lub utrzymanie prędkości poruszania się pływaka pomimo spadku SL – jeśli porówna się te parametry do pływania na długich dystansach. W badaniach własnych nie stwierdzono istotnego wpływu SL na prędkość pływania, choć ten parametr był z reguły silnie powiązany z mającymi istotny statystycznie wpływ na rezultaty pływania wskaźnikami rozmiarów ciała pływaków (TBL, AS, LBM). Brak takiej zależności jest być może spowodowany specyfiką treningu, w którym nacisk położono na wydłużanie cykli ruchowych. W badanej grupie pływaków odnotowano SL na poziomie 94,3%, a SR 91,5% wartości tych parametrów u finalistów ME Juniorów w Budapeszcie w 2005 r. Tymczasem zwiększenie częstości ruchów i zmiana synchronizacji pracy kończyn górnych pozwala pływakowi na krótkich sprinterskich dystansach wytwarzać wysoką moc mechaniczną oraz przeciwstawić się rosnącemu oporowi czołowemu wody, który pływak może lepiej pokonywać dzięki zmniejszeniu wewnątrzcyklowej fluktuacji prędkości poruszania się ciała pływaka (Vilas-Boas i wsp. 2010). W niniejszych badaniach stwierdzono, że zwiększenie prędkości pływania kraulem na piersiach na krótkich dystansach w porównaniu z długimi dystansami (Millet i wsp. 2002, Seifert i wsp. 2004, Strzała i wsp. 2005) jest skojarzone ze wzrostem wskaźników SR i IdC, zmniejszaniem przerwy w wytwarzaniu napędu kończynami górnymi, co jest również zgodne z założeniami teorii hydrodynamiki (Toussaint i wsp. 2000). Według tych założeń prędkość kończyny górnej decyduje o oporze i sile nośnej. Im większa jest prędkość kończyny, tym większa jest wytwarzana siła napędowa.

Podsumowując, wyniki badań młodych pływaków przedstawione w tej pracy potwierdziły znaczący wpływ sprawności mechanizmów pozyskiwania energii (alaktycznego, glikolitycznego i aerobowego) na efektywność pływania na krótkich dystansach. Znaczący wpływ na rezultaty pływania miały również rozmiary ciała, a w szczególności całkowita długość ciała (TBL). Natomiast w mniejszym stopniu rozpiętość kończyn górnych (AS) i szczupła masa ciała (LBM). Te wskaźniki morfologiczne w znaczący sposób determinowały prędkość przemieszczenia ciała w pływaniu kraulem na piersiach. Poziom zastosowanej techniki pływania przez zawodników również w istotny sposób wpływał na sprawność pływacką. Wybrane jej elementy, jak na przykład suma faz napędowych w cyklu ruchowym kończyn górnych (PL+PS oraz SR i IdC), miały również duży wpływ na wyniki pływania na dystansie 25 i 100 metrów kraulem na piersiach.

Celem badań empirycznych, których wyniki zawarto w publikacji: „**The body angle of attack in front crawl performance in young swimmers**” było określenie związku wartości kąta natarcia ciała w pływaniu kraulem na piersiach u młodych sportowców na długim (2000 metrów), średnim (400 metrów) i krótkim dystansie (25 metrów) ze średnią prędkością pływania na tych dystansach. W badaniach wzięło udział 26 wyczynowych pływaków o średniej wieku $16,0 \pm 1,09$ lat, legitymujących się wysokim poziomem sportowym w skali krajowej i międzynarodowej. Sprawdziany pływackie na dystansach 25, 400 i 2000 metrów ze startu z wody przeprowadzano na 50 metrowym basenie. Ruchy ciała zawodników rejestrowano kamerą GRV 9800 JVC (Japonia) z częstotliwością 50 obrazów na sekundę. Filmowano z ujęcia bocznego, z nieruchomego statywu umieszczonego pod powierzchnią wody.

Badany w pracy kąt natarcia (α) stanowi szczególnie istotny czynnik wpływający na wartość oporu czołowego w pływaniu (de Groot i wsp. 1998). Na wartość kąta natarcia wpływa wypadkowy moment siły (τ_a - active torque) pojawiający się podczas ruchu ciała pływaka (Kjendlje i wsp. 2004a). Na powstawanie tego momentu składają się siły działające na samonapędzające się ciało pływaka w płaszczyźnie strzałkowej: siła wyporu, ciężenia oraz siły napędowe kończyn górnych i dolnych. Aby przybliżyć złożony mechanizm powstawania τ_a w pływaniu kraulem na piersiach, można w uproszczeniu stwierdzić, iż kończyny górne wykonując pociągnięcia i odpychanie w tył wytwarzają moment siły, powodując obracanie ciała wokół osi poprzecznej – opadanie nóg. Wykonanie wdechu przez pływaka przyczynia się także do wzrostu wyporu górnej części ciała, powodując opadanie kończyn dolnych. Nogi natomiast przeciwnie – wykonują ruchy wytwarzające moment siły unoszący dolną część ciała.

W niniejszej pracy badano kąty natarcia ciała zawodników, jakie z kierunkiem przemieszczania się w poziomie tworzą: odcinek łączący stawy biodrowe i okularniki (kąt α_{B-O}) oraz odcinek łączący stawy biodrowe i stawy ramienne (kąt α_{B-R}). Kąty natarcia α_{B-O} i α_{B-R} wyznaczano w chwili, gdy odcinek łączący stawy ramienne ustawiony był poziomo. Do wyznaczania wartości kątów natarcia wykorzystano zestaw programów przeznaczonych do analizy kinematycznej: KAVideo i KA2D (R. Schleihauf, San Francisco State University). W analizie statystycznej obliczono między innymi współczynniki korelacji Pearson’a pomiędzy kątami natarcia ciała α_{B-O} i α_{B-R} na dystansach 2000 , 400 i 25 metrów oraz średnią prędkością pływania na tych dystansach. Ponadto zbadano korelacje pomiędzy α_{B-O} i α_{B-R} a wiekiem kalendarzowym pływaków. Dynamikę zmian wskaźników α w pływaniu

na badanych dystansach analizowano za pomocą analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami.

Uzyskano ujemne korelacje pomiędzy prędkością a kątami natarcia (α B-O i α B-R) ciała w pływaniu kraulem na piersiach, jednak zależności te były z reguły słabe. Jedynie w przypadku korelacji α B-O ($7,3 \pm 2,74^\circ$) z prędkością pływania na dystansie 2000m (V 2000), zależność ta była przeciętna i na granicy istotności statystycznej ($r = -0,38$, $p < 0,06$). α B-O istotnie statystycznie malał ($F = 201,73$, $df = 1,25$, $p < 0,01$) wraz ze zwiększaniem się prędkości pływania i skracaniem dystansu testowego (2000, 400, 25 metrów).

W niniejszych badaniach własnych wskazano, że wykonywanie przez pływaków częstszej akcji oddechowej w pływaniu kraulem na piersiach na średnim i długim dystansie w porównaniu do sprawdzianu na 25 metrów powodowało wyższe położenie głowy i zwiększenie wartości wskaźnika α B-O. Odnotowano również ujemną zależność α B-O w pływaniu na dystansie 2000 metrów z wiekiem kalendarzowym badanych pływaków. Może to świadczyć o opanowaniu doskonalszego hydrodynamicznego ułożenia ciała przez starszych zawodników. Zależność taką w pływaniu kraulem z prędkością submaksymalną odnotowali także Kjendlie i wsp. (2004a, 2004b) w grupach pływaków dorosłych i u dzieci. Badacze ci, a także Yanai (2001) twierdzą, że bardziej doświadczeni, starsi pływacy wypracowują wydajniejszą technikę kraula na piersiach. Polega ona na efektywnej pracy nóg o większej sile i częstotliwości wykonywanych ruchów. Generowany w ten sposób moment siły powstrzymuje wynurzenie się głowy i tułowia, i co za tym idzie, zmniejsza kąt natarcia poruszającego się ciała i redukuje opór czołowy.

We własnych obserwacjach α B-R korelował z prędkością przepłynięcia dystansu nieco słabiej niż α B-O, dlatego można stwierdzić, że pozycja głowy miała dodatkowy wpływ na powstawanie oporu. Vorontsov (2000) za Onoprienką oraz Miyashita i Tsunoda (1978) wskazują, że unoszenie głowy przy prędkości poniżej $1,45 \text{ m s}^{-1}$ może powodować zwiększenie oporu o 20%. Przy większych prędkościach powoduje to wzrost oporu od 2% do nawet 40%.

Reasumując – kąt natarcia ciała w pływaniu kraulem na piersiach (α B-O) istotnie statystycznie malał wraz ze skracaniem dystansu testowego, co wynikało ze zwiększania się prędkości pływania na krótszych dystansach. Wartość tego kąta ujemnie korelowała z prędkością pływania na dystansie 2000 metrów. W konkluzji stwierdzono, że w praktyce sportowej minimalizowanie kąta natarcia w pływaniu techniką kraula na piersiach polepsza właściwości hydrodynamiczne pływaka umożliwiając mu osiągnięcie lepszych rezultatów.

Mogą również na to wskazywać wyniki obserwacji młodych pływaków na dystansie 2000 metrów.

W innej publikacji dokonano oceny efektywności ruchów nóg wykonywanych w pływaniu stylem klasycznym: „**Swimming speed of the breaststroke kick**”. Praca nóg uważana jest za główny składnik wytwarzania siły napędowej w tym stylu (Mason 1989, Kippenhan 1991). Celem poszukiwań było zbadanie wpływu właściwości antropometrycznych i funkcjonalnych na prędkość pływania z wykorzystaniem tylko ruchów nóg (z ramionami wspartymi na tzw. desce pływackiej). Badaniami objęta była grupa 27 wyczynowych pływaków ($15,7 \pm 1,98$ lat). Przeprowadzono następujące pomiary antropometryczne kończyn dolnych: długość całej kończyny dolnej (Lg-L) oraz długość podudzia (Sh-L) wraz z zgiętą podeszwowo stopą. Zmierzono zakresy ruchomości od pozycji neutralnej w poszczególnych stawach kończyn dolnych w płaszczyźnie poprzecznej: rotację wewnętrzną w stawach biodrowych (Hip-Int) oraz rotację zewnętrzną w stawach kolanowych (Knee-Ext) i skokowych (Ankle-Ext). W celu oceny wydolności anaerobowej zmierzono moc maksymalną i pracę wykonywaną podczas wyskoków w górę w teście 15 sekundowym (15s-VJ). Ruchy ciała zawodników w czasie sprawdzianu na dystansie 50 metrów rejestrowano zestawem składającym się z kamery Canon Legria HV40 (Japonia), wykorzystywanej jako rejestrator obrazu pochodzącego z kamery podwodnej Sony Color Submergible Camera IP:68 (Japonia). Zapis wideo odbywał się z częstotliwością 50 obrazów na sekundę. Filmowano z ujęcia bocznego, kamerami zainstalowanymi na ruchomym wózku poruszającym się po brzegu pływalni równolegle do przemieszczającego się pływaka. Wyznaczono wskaźniki kinematyczne służące ocenie techniki pływania: częstotliwość cykli ruchowych kończyn dolnych (KR), długość cykli ruchowych kończyn dolnych (KL) oraz przemieszczenie stawu biodrowego (d_H) oraz skokowego (d_A) podczas ruchów napędowych. W badaniach wykorzystano zestaw programów przeznaczonych do analizy kinematycznej: KAVideo i KA2D (R. Schleihau, San Francisco State University).

Wyniki obserwacji wskazywały, że prędkość pływania w stylu klasycznym z wykorzystaniem napędu nóg w największym stopniu zależała od dwóch wskaźników: wydolności anaerobowej (15s-VJ) oraz długości cykli ruchowych kończyn dolnych (KL). Stwierdzono, iż wskaźnik KL był zależny od parametrów długościowych kończyn dolnych Lg-L i Sh-L. Badania wykazały ponadto, że zakres ruchomości w stawie kolanowym korelował na granicy istotności statystycznej z prędkością pływania. Odnotowano również

ujemną zależność pomiędzy uślizgiem (d_A) stóp podczas wykonywania ruchów napędowych oraz przemieszczeniem stawów biodrowych (d_H) w przód.

Dokonane obserwacje pozwalają sformułować następujące wskazówki praktyczne:

- w celu osiągnięcia wysokiej prędkości pływania w stylu klasycznym pływak powinien posiadać wysoką moc mięśni kończyn dolnych,
- w wielopłaszczyznowym ruchu nóg w stylu klasycznym pływak powinien posiadać zdolność wykonania ruchów napędowych o zwiększonym zakresie ruchu w stawach kończyn dolnych,
- ruchy napędowe nóg powinny być wykonywane w sposób minimalizujący uślizg stóp.

Celem następnej publikacji zatytułowanej **„Intra-cyclic phases of arm-leg movement and index of coordination in relation to sprint breaststroke swimming in young swimmers”** było określenie wewnątrzcyklowej struktury czasowej ruchów w pływaniu sprinterskim stylem klasycznym. W cyklu ruchowym wyodrębniono fazy napędowe i nienapędowe pracy kończyn górnych i dolnych oraz określono koordynację ruchu kończyn górnych i dolnych. Następnie badano zależności pomiędzy wskaźnikami cyklu ruchowego a osiąganą prędkością pływania sprinterskiego po powierzchni na dystansie 50 metrów ($V_{50_{\text{surface breast}}}$), występujące u młodych pływaków. Badaniami objętych zostało 23 wyczynowych pływaków w wieku $15,0 \pm 1,17$ lat.

Ruchy ciała zawodników w sprawdzianie na dystansie 50 metrów rejestrowano z częstotliwością 50 obrazów na sekundę, wykorzystywanym już w poprzednich badaniach zestawem składającym się kamery Canon Legria HV40 (Japonia) oraz kamery podwodnej Sony Color Submergible Camera IP:68 (Japonia), zainstalowanych na ruchomym wózku. W analizie kinematycznej (wykorzystano zestaw programów KAVideo i KA2D - R. Schleihau, San Francisco State University), obliczono podstawowe wskaźniki: częstotliwość (SR) i długość cykli ruchowych (SL). W cyklach ruchowych kończyn górnych wyodrębniono fazy napędowe (AP1, AP2, AP3) oraz nienapędowe związane z ruchem przygotowawczym w całkowitym zanurzeniu i częściowym wynurzeniu (AR_{water} i AR_{air}). Fazy napędowe i nienapędowe wyodrębniono również w cyklach ruchowych kończyn dolnych, odpowiednio LP i LR.

Porównując procentowe udziały czasów wykonywania poszczególnych faz w cyklu, wyznaczono dwa wskaźniki charakteryzujące czasową koordynację ruchów napędowych kończyn górnych i dolnych:

- 1) przerwa pomiędzy fazami napędowymi kończyn górnych i dolnych – Arm-Leg Lag,
- 2) nachodzenie (lub szybowanie – brak nachodzenia) ruchu napędowego kończyn górnych na ruch napędowy kończyn dolnych z poprzedniego cyklu – Arm-Leg Overlap.

Dokonując podziału cyklu pracy ramion i nóg na fazy związane i niezwiązane z napędem, stwierdzono istotną zależność pomiędzy średnią prędkością pływania ($V_{50_{\text{surface breast}}}$) a czasem trwania końcowej fazy ruchu napędowego kończyn górnych (in-sweep) AP3 ($r=0,64$; $p<0,01$). Zaobserwowano także istotną korelację między $V_{50_{\text{surface breast}}}$ a czasem trwania fazy nienapędowej kończyn górnych, w trakcie której następuje ich przeniesienie w przód podczas częściowego wynurzenia ($r=0,54$; $p<0,01$). Ustalono również istotne statystycznie zależności między $V_{50_{\text{surface breast}}}$ a czasami trwania faz pracy nóg związanych i niezwiązanych z napędem (odpowiednio: $r=0,49$ i $r=-0,49$; $p<0,01$). Jednym z głównych wyników była również zależność wskaźnika Arm-Leg Overlap z $V_{50_{\text{surface breast}}}$ ($r=0,48$, $p<0,05$). Oznaczało to, iż korzystne dla osiągnięcia większej prędkości jest skrócenie tzw. szybowania (poślizgu) oraz, co zaobserwowano u niektórych pływaków, stosowanie nakładania się ruchów napędowych kończyn górnych i dolnych.

Uzyskane wyniki pozwalają wnioskować, że optymalizowanie techniki ruchu kończyn górnych związanej z pociągnięciem do wewnątrz – „zamiataniem” (oryg. in-sweep) wymaga od pływaka przede wszystkim efektywnego wytwarzania siły nośnej skierowanej horyzontalnie. Także inni badacze (Martens i Daly 2012) twierdzą, że pociągnięcie takie przy udziale mięśni zginających i rotujących kończyny górne, powinno dostarczać siłę nośną skierowaną w przód, zapewniając napęd.

W badaniach własnych stwierdzono, że całkowity udział czasu wytwarzania napędu przez kończyny dolne (– LP) był dodatnio skorelowany z $V_{50_{\text{surface breast}}}$, a faz nienapędowych korelował ujemnie, głównie za sprawą dłuższego szybowania w pozycji z reguły dobrze opływowej, ale jednak związanej z wyhamowaniem ciała (Maglischo 2003). Ujemna korelacja $V_{50_{\text{surface breast}}}$ z procentowym udziałem czasu fazy AR_{water} w cyklu ruchowym wskazuje, iż powolne transportowanie zanurzonych kończyn górnych po zakończeniu wytwarzania napędu jest niekorzystne. Natomiast pozytywna i wysoka zależność fazy AR_{air} z $V_{50_{\text{surface breast}}}$ wskazuje, iż umiejętność eliminowania oporu poprzez transport kończyn górnych częściowo wynurzonych jest czynnikiem zwiększającym średnią prędkość pływania.

W kolejnej pracy „**Coordination and propulsion and non-propulsion phases in 100 meter breaststroke swimming**” celem było wykonanie analizy czasowo-przestrzennej ruchów pływackich w stylu klasycznym na dystansie 100 metrów. Założono, że podobnie jak

na krótszym dystansie prędkość pływania może być uzależniona od ruchów wykonywanych efektywnie z dużą częstotliwością. Odnotowano podobne zależności między prędkością pływania a czasami trwania faz ruchowych kończyn górnych. Jednakże tym razem średnia prędkość pływania ($V_{100\text{surface breast}}$) była istotnie uzależniona od podstawowego wskaźnika kinematycznego – SL. Co prawda w sportowej technice stylu klasycznego, najbardziej ze wszystkich kosztownego energetycznie stylu pływackiego (Troup 1991, Barbosa i wsp. 2006), zwiększanie prędkości pływania, tak jak i w innych stylach, powiązane jest ze zwiększeniem częstotliwości wykonywanych ruchów napędowych obu par kończyn – (SR), to jednak zwiększenie SR powoduje także wzrost wydatkowania energii związany ze zwiększaniem się oporów podczas szybszych ruchów lokomocyjnych (Manley and Atha 1992, Vilas-Boas 1994, Chollet 2004). Większy niż w innych technikach pływackich opór i koszt energetyczny w pływaniu żabką związane są z występowaniem cyklicznego przyspieszania i spowalniania postępowego ruchu ciała pływaka. Zjawisko to jest szczególnie wyraźne podczas każdego ruchu przygotowawczego nóg. W tej fazie ruchu kończyny są zginane w stawach biodrowych (do nawet $54^{\circ} - 68^{\circ}$), zaś stopy są wówczas odwracane na zewnątrz przy pośladkach (Sanders 1996). Takie przygotowawcze ruchy nóg wykonywane w tę samą stronę co przemieszczanie się ciała jako całości, hamują ten ruch i wpływają na płynność horyzontalnego przemieszczenia się środka masy ciała. Efekt ten jest szczególnie wyraźny w pływaniu z dużą liczbą cykli ruchowych i o szybkich ruchach. Duża częstotliwość cykli zmusza również pływaka do znacznieszego zaangażowania mięśni zginaczy stawu biodrowego i kolanowego, a tym samym powoduje szybsze narastanie zmęczenia. W związku z tym uzasadnione jest wykonywanie mniej gwałtownych i bardziej precyzyjnych ruchów (niższe SR), co przekłada się na zmniejszenie wahań prędkości wewnątrzcyklowej. Korzyści związane z wyborem takiej strategii są tym większe, im większy jest pokonywany dystans (Takagi i wsp. 2004, Barbosa i wsp. 2008). W niniejszych badaniach przeprowadzonych na dystansie 100 metrów odnotowaliśmy ową tendencję do zwiększania SL kosztem obniżenia SR, w porównaniu do wcześniejszych obserwacji na dystansie o połowę krótszym. Zmiana taka jest tym skuteczniejsza, im pływak lepiej synchronizuje ruchy kończyn górnych i dolnych, a w konsekwencji minimalizuje spadek prędkości przemieszczania się środka masy ciała (Barbosa i wsp. 2008). Także Kennedy i wsp. 1990, Leblanc i wsp. (2005, 2007) zaobserwowali, iż pływacy szybciej pływający żabką na dystansie 100 metrów dysponowali dłuższym SL.

W konkluzji – wyniki badań przeprowadzonych na dystansach 50 i 100 metrów (Strzała i wsp. 2013 i 2014) wskazują na istotność umiejętności dostosowania rytmu

do długości wykonywanych cyklicznie ruchów (SL i SR) oraz adekwatnego skoordynowania ruchów kończyn górnych i dolnych mierzonych następującymi wskaźnikami koordynacyjnymi: nachodzenie faz napędowych – Overlap, szybowanie – Glide, suma przerw pomiędzy wykonywaniem ruchów napędowych – Total Time Gap. Wymienione wskaźniki charakteryzujące wykonywanie cykli ruchowych mają różny wpływ na prędkość pływania żabką w zależności od długości dystansu – 50 lub 100 metrów. Uzyskane wyniki wskazują na większą u niektórych pływaków umiejętność dostosowania cyklicznie wykonywanych ruchów – struktury kinematycznej – do długości dystansu startowego.

Zrozumienie występowania tych zależności może być przesłanką do bardziej świadomego, zaplanowanego dostosowania struktury ruchów pływackich. Kolejną wskazówką praktyczną jest zaobserwowana u lepszych pływaków umiejętność wykonywania obszerniejszych ruchów napędowych z wydajniejszą oraz relatywnie dłużej trwającą fazą AP3 – fazą (in-sweep). Takie wykonanie ruchów kończynami górnymi pozwoliło na wytworzenie zwiększonej siły napędowej oraz mogło umożliwić sprawniejsze przejście do fazy szybowania z minimalizowaniem oporu.

Obserwacje badające hipotezę dotyczącą znaczącej zależności wyników sportowych od wzajemnie uzupełniających się wskaźników wydolności fizycznej oraz składu ciała, wyjaśniające ich wpływ na sprawność pływacką w komponentach powierzchniowej i nawrotowej wraz z analizą kinematyczną komponenty powierzchniowej zostały przedstawione w artykule „**Shaping physiological indices, swimming technique, and their influence on 200m breaststroke race in young swimmers**”. W badaniach tych analizowano rezultaty uzyskiwane w wyścigu pływackim stylem klasycznym na najdłuższym według FINA¹ (*Fédération Internationale de Natation*) dystansie 200 metrów. Badano wpływ wyodrębnionych wskaźników stosowanej techniki oraz zróżnicowania prędkości w strefach pływania powierzchniowego i w nawrotach (wykonywanych w większości pod powierzchnią wody). Poruszanie się pod powierzchnią wody po skoku startowym oraz podczas wykonywania nawrotów jest jedną z głównych składowych dystansu 200 metrów, zwłaszcza na krótkim – 25 metrowym basenie. Odsetek dystansu przypadający na pływanie w zanurzeniu w nawrotach to około 40% tej konkurencji (Thayer and Hay 1984). W ostatnich latach znaczenie szybkiej lokomocji w części zanurzeniowej wyścigu budzi szczególne

¹ Organizacja mająca siedzibę w Lozannie (Szwajcaria), zarządzająca przeprowadzaniem międzynarodowych zawodów sportowych w pływaniu na basenach, w pływaniu na wodach otwartych, skokach do wody, w pływaniu synchronicznym oraz w piłce wodnej.

zainteresowanie. Dzieje się tak za sprawą rozwoju techniki pływania – modyfikacjom wprowadzanym przez najbardziej utytułowanych pływaków, a zarazem zmianom przepisów pływackich. Okoliczności te umożliwiły upowszechnienie wykonania dodatkowej czynności napędowej w cyklu zanurzeniowym – ruchu delfinowego nóg.

Badania własne przeprowadzono w grupie 27 wyczynowych pływaków w wieku $15,7 \pm 1,98$ lat. Wykonano pomiary antropometryczne umożliwiające między innymi obliczenie masy ciała szczupłego (LBM) według Slaughter i wsp. (1988). Badania wydolności fizycznej polegały na wykonywaniu wysiłku w dwóch 90 sekundowych testach, wykonywanych osobno kończynami górnymi i osobno kończynami dolnymi. W teście wykonywanym kończynami górnymi (90sAR), przeprowadzanym w pozycji siedzącej zastosowano specjalnie zaprojektowane uchwyty do wywierania nacisku na oporujące korby ergometru 834E-Ergomedic, Monark (Szwecja), natomiast w teście kończyn dolnych (90sLG) pedałowano na cykloergometrze 874E-Ergomedic, Monark (Szwecja) (Gastin i Lawson 1994). W teście kończyn górnych wykonano pomiar szczytowego poboru tlenu ($\dot{V}O_2$) – $VO_{2peakAR}$ [$l \cdot min^{-1}$] z życiem analizatora wydychanego powietrza – 919ER MEDIKRO (Finlandia) oraz zmierzono pracę całkowitą TWAR [kJ]; tak samo postępowano w teście kończyn dolnych, w którym mierzono odpowiednio $VO_{2peakLG}$ [$l \cdot min^{-1}$] i TWLG [kJ].

W sprawdzianie pływackim na dystansie 200 metrów stylem klasycznym wskaźniki kinematyczne pływania wyodrębniono analogicznie do przedstawionych w poprzednich badaniach w tym stylu.

Prędkość pływania na dystansie 200 metrów (V_{200}) wynosiła $1,22 \pm 0,08$ $m \cdot s^{-1}$, jej składowa odpowiadająca pływaniu po powierzchni ($V_{200surface}$) była niższa $1,09 \pm 0,08$ $m \cdot s^{-1}$, natomiast składowa prędkości pływania w nawrotach ($V_{200turns}$) była najwyższa i wynosiła $1,27 \pm 0,07$ $m \cdot s^{-1}$. Odnotowano, iż prędkość V_{200} była współzależna ze wskaźnikiem $VO_{2peakLG}$ ($r=0,41$, $p<0,05$). Składowa $V_{200turns}$ zależała natomiast istotnie statystycznie od wysokości wskaźnika somatycznego – LBM, wykonanej pracy w teście kończyn górnych TWAR oraz ponownie $VO_{2peakLG}$, odpowiednio 0,38; 0,39 i 0,41 ($p<0,05$). Natomiast obie składowe dystansu testowego $V_{200turns}$ oraz $V_{200surface}$ podobnie silnie determinowały rezultat końcowy – V_{200} , odpowiednio na poziomie 0,92 ($p<0,001$) i 0,91 ($p<0,001$).

Niniejsze badania dowiodły, iż szczytowy poziom $\dot{V}O_2$ uzyskiwany w testach maksymalnych możliwości wysiłkowych trwających 90 sekund ma wpływ na osiągnięte ponadprzeciętne rezultaty pływackie. Wyniki tych obserwacji są zbieżne z innymi

doniesieniami dotyczącymi zbadanej istotnej zależności wydolności aerobowej organizmu z wysokimi rezultatami w pływaniu stylem klasycznym młodych pływaków (Reis i wsp. 2010).

Wskaźnik $VO_{2peakLG}$ był wskaźnikiem najlepiej wyjaśniającym wysoką prędkość pływania na dystansie 200 metrów. Zależność ta miała miejsce, ponieważ wraz z wydłużaniem wysiłku fizycznego zdolność do sprawniejszego wykonywania pracy mięśniowej zapewniona była dzięki dobremu wykorzystaniu aerobowego źródła wytwarzania energii. Bowiem podczas wysiłku 90 sekundowego (oprócz pojemności anaerobowej) aerobowe pokrycie wytwarzania energii szacowane jest ono na około 54% (Serresse i wsp. 1988). Według Withers i wsp. (1991) ten odsetek aerobowego wytwarzania energii może być jeszcze większy, ponieważ oszacowano w tych obserwacjach stopniowo zwiększający się udział tej komponenty, gdzie w wysiłkach maksymalnych trwających 30 s, 60 s i 90 s wzrastał on z 28% poprzez 49% do 64%.

Kolejnym ważnym wynikiem tych obserwacji była istotna zależność odsetka czasu wytwarzania napędu kończynami dolnymi – LP w cyklu ruchowym ($r = 0,39$, $p < 0,05$), jednocześnie faza nienapędowa – LR nóg obejmująca również szybowanie ciała, była ujemnie powiązana z $V_{200surface}$. Można to zinterpretować tak, że wykonywanie precyzyjniejszego, relatywnie dłużej trwającego w porównaniu do innych faz ruchu napędowego przyczyniło się do sprawniejszego, szybszego przemieszczenia ciała pływaka. Wytwarzanie siły napędowej w sposób płynny, bez szarpnięć powodujących uszłizg stóp umożliwia osiągnięcie większej wydajności napędowej ruchów nóg. W stylu klasycznym jest to niezmiernie istotne, ponieważ podczas pływania w zawodach ruchy napędowe nóg jedynie w tym stylu pływackim mogą dostarczać większą siłę napędową niż kończyny górne (Mason et al. 1989, Kippenhan 1991, Vilas-Boas 1994, Strzała et al. 2012).

Zgromadzone wyniki wskazują na znaczący wpływ aktywnej – szczupłej masy ciała (LBM) oraz wskaźnika wydolności krążeniowo-oddechowej ($VO_{2peakLG}$) na rezultaty uzyskiwane podczas wysiłku pływackiego w wyścigu na 200 metrów stylem klasycznym. Stwierdzono dodatkowo w pływaniu na basenie 25 metrowym, że zależność ta dotyczy w największym stopniu komponenty związanej z pływaniem w strefach nawrotowych.

Następne obserwacje dotyczące badania sprawności pływackiej przeprowadzono dzięki środkom finansowym przyznanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „**Rozwój Sportu Akademickiego**” (Numer rejestracyjny projektu - N RSA3 01453). Były one kontynuacją rozważań dotyczących zaawansowania technicznego i szybkościowego w pływaniu stylem klasycznym. Wykonano w nich badania

właściwości kinematycznych na podstawie zapisu wideo oraz rejestracji przyspieszeń osiowych oraz rotacji prędkości kątowych ciała dzięki użyciu trójosiowego przyspieszeniomierza z żyroskopem. Badania te przedstawiono w pracy zatytułowanej „**Propulsive limb coordination and body acceleration in sprint breaststroke swimming**”. W badaniach tych postawiono hipotezę zakładającą zależność pomiędzy przyspieszeniem krzyżowego odcinka ciała, a wykonywaniem ruchów napędowych kończyn oraz zmianą położenia tułowia. Wielkość przyspieszeń pojawiająca się podczas cyklicznie wykonywanych ruchów powinna wskazywać na umiejętność bardziej optymalnego wytwarzania napędu oraz minimalizowania oporu. W grupie 34 wyczynowych pływaków w wieku $19,1 \pm 1,91$ lat, biorących udział w sprawdzianie sprinterskim wyodrębniono wskaźniki kinematyczne techniki pływackiej w wybranych cyklach ruchowych pływania na powierzchni na dystansie 50 metrów ($V_{50\text{surface breast}}$). Wskaźniki te uzyskano analizując zapis wideo pływania – analogicznie do wcześniejszych badań własnych sprawności pływackiej w stylu klasycznym. Były to: fazy napędowe i nienapędowe kończyn górnych AP i AR oraz dolnych LP i LR, podstawowe kinematyczne SR i SL, jak również wskaźniki Glide or Overlap, TTG i Arm-Leg Lag. Podczas pływania w sprawdzianach sportowcy wyposażeni byli w urządzenie – trójosiowy przyspieszeniomierz z żyroskopem (REJ006 “J.D.”, Poland; wymiary 30x50x65 mm, masa 100 g), który znajdował się w kieszeni pasa obejmującego pływaka. Kieszeń z akcelerometrem umiejscowiona była na odcinku krzyżowym kręgosłupa po stronie pleców. Urządzenie to rejestrowało przyspieszenia liniowe wzdłuż trzech osi oraz trójosiowe rotacje prędkości kątowych względem każdej osi rejestratora podczas wykonywania ruchów w stylu klasycznym podczas sprawdzianu (Vannozzi i wsp. 2010). W niniejszych badaniach rozważano przyspieszenia wzdłuż dwóch osi: A_x – wzdłużnej, głowowo-ogonowej i A_z – strzałkowej, grzbietowo-brzuszej oraz rotację prędkości kątowej (G_y) dookoła osi bocznej, prostopadłej do osi wzdłużnej ciała. Dane zebrane przy użyciu akcelerometru przesłane były do komputera za pośrednictwem połączenia *Bluetooth*. Dane przyspieszeń A_x , A_z oraz prędkości rotacji kątowej G_y zostały przeanalizowane za pomocą oprogramowania komputerowego do analizy przebiegu ruchów cyklicznych (CPC4v0 “JBA Staniak”, Polska). Analizę przyspieszeń oraz rotacji kątowej dokonano na podstawie tych samych cykli ruchowych co w przypadku analizy zapisu wideo.

Uzyskane w tych obserwacjach wyniki wskazują na istotny wpływ wskaźników kinematycznych tj. odsetka czasu fazy napędowej ruchu kończyn górnych (AP) oraz częstotliwości ruchów napędowych (SR) na prędkość pływania sprinterskiego – $V_{50\text{surface breast}}$, odpowiednio: $r = 0,47$ ($p < 0,05$) oraz $r = 0,61$ ($p < 0,05$). Z kolei istotną ujemną

zależność z $V_{50\text{surface breast}}$ wykazały wskaźniki związane z odsetkiem czasu cyklu ruchowego poświęconego na ruch przygotowawczy kończyn górnych – AR, fazę szybowania ciała – Glide oraz całkowity czas przerw nienapędowych w cyklu ruchowym (TTG) (odpowiednio: $r = -0,47$ ($p < 0,05$), $r = -0,41$ ($p < 0,05$) i $-0,50$ ($p < 0,05$)).

Analiza przyspieszeń odcinka krzyżowego ciała pływaków swoją charakterystyką odpowiadała fazom zidentyfikowanym w ruchu występującym cyklicznie, obserwowanym na obrazach pochodzących z zapisu wideo. Poziom wskaźnika Arm-Leg lag określającego trwanie przerwy w wewnątrzcyklowym wytwarzaniu napędu kończynami górnymi, a następnie dolnymi była powiązana z deceleracją wzdłużną – Axmin (przyspieszeniem ujemnym tzn. hamującym ruch ciała) oraz z prędkością rotacji ciała w tył (Gymin). Wykonywanie szybowania jako przerwy w wykonywaniu ruchów napędowych pomiędzy cyklami ruchowymi mierzone wskaźnikiem Glide or Overlap było ujemnie skorelowane z przyspieszeniem Azmax (tylno-przednim). Natomiast wskaźnik wykonywanej częstotliwości cykli ruchowych (SR) był dodatnio skorelowany z nachodzeniem ruchów napędowych kończyn górnych i dolnych (Overlap).

W przypadku wskaźnika Azmax oraz amplitudy przyspieszeń wzdłuż osi Az (Azamp) odnotowano istotną ich zależność z $V_{50\text{surface breast}}$, odpowiednio $r = 0,54$ ($p < 0,01$) i $r = 0,45$ ($p < 0,01$). Zależność ta była jeszcze silniejsza z $V_{50\text{surface breast}}$, gdy użyliśmy w korelacjach iloczynu wskaźników pochodzących z tych samych cykli ruchowych (Azmax · SR) oraz (Azamp · SR). Wyniki te wskazują, iż pozytywna wzajemna relacja tych wskaźników uzależniona jest od umiejętności wykonania falowania tułowiem podobnego jak podczas wykonywania ruchów delfinowych w stylu motylkowym. Do takiego zjawiska dochodzi podczas przeniesienia kończyn górnych i następnie zanurzenia ciała po wdechu. Ewolucja ta rozpoczyna się od podciągnięcia kończyn dolnych do bioder, co wzmacnia występujące później falowanie tułowia podczas gwałtownego zanurzenia górnej części ciała po każdym wdechu (Mason i wsp. 1989, Colman i wsp. 1992, 1998, Manley i Atha 1992). Według Sanders i wsp. (1995) energia pozyskana z falowania tułowia wspomaga uzyskiwanie większej prędkości poruszania się pływaka poprzez wykorzystanie jej do uniesienia bioder, ud i podudzi, ułatwiając wzdłużny przepływ całego ciała poprzez łatwiejsze, sprawniejsze poziomowanie ciała pływaka.

W niniejszych obserwacjach iloczyn wskaźników deceleracji osi Axmin oraz SR miał istotną statystycznie ujemną zależność z $V_{50\text{surface breast}}$, co z pewnością było częściowo powiązane z horyzontalnym hamowaniem ciała pływaków. Ten wynik może być nawiązaniem do badań prowadzonych podczas wyścigów pływackich, gdzie porównywano

fluktuację wewnątrzcyklową prędkości poruszania się ciała (dv), która była większa u zawodników wyeliminowanych niż u tych, którzy przeszli do półfinałów (Takagi i wsp. 2004). Badacze ci wskazują, iż większe dv najbardziej współgra z niską prędkością chwilową w cyklu ruchowym. Inni (Vilas-Boas i wsp. 1996) zwracają uwagę, że zwiększenie dv powoduje większy wydatek energetyczny pływania, a u najbardziej sprawnych pływaków w tym stylu zwiększanie prędkości pływania wiąże się jednak z obniżeniem stopnia wyhamowywania ciała w ruchach cyklicznych (Barbosa i wsp. 2013). W naszych obserwacjach odsetek trwania najwolniejszej części poruszania się w cyklu, związanej z przerwą w wytwarzaniu napędu – wynurzeniem nad powierzchnię wody głowy i barków oraz ruchami przygotowania obu par kończyn do kolejnego „wiosłowania” (Persyn et al. 2006), mierzony wskaźnikiem Arm-Leg Lag, odpowiadał deceleracji wzdłużnej (Axmin). Oba wskaźniki były ze sobą istotnie skorelowane $r = 0,38$ ($p < 0,05$), a ich poziom różnicował sprawność pływacką.

Wyniki tych badań mogą być podstawą przedstawienia wskazówek do praktycznego zastosowania podczas treningu młodych pływaków. W treningu powinno się kłaść nacisk na kształtowanie zdolności wykonywania cykli ruchowych o zwiększonej częstotliwości (SR), szczególnie w pływaniu sprinterskim. Ta umiejętność powinna być jednocześnie powiązana z relatywnym wydłużaniem czasu (i obszernością) fazy napędowej kończyn górnych (AP), kosztem skrócenia faz nienapędowych, w cyklu ruchowym. Właściwości te powinny współgrać z umiejętnością falowania tułowiem w podczas cyklicznego zanurzenia ciała po wdechu (Azmax, Azamp), w celu szybszego i łatwiejszego przyjęcia opływowego ułożenia ciała.

W kolejnej publikacji niniejszego cyklu pt. **„Butterfly sprint swimming technique, analysis of somatic and spatial-temporal coordination parameters”** oceniano sprinterską sprawność pływacką w stylu motylkowym. Badania te polegały na ocenie wpływu wybranych właściwości somatycznych i funkcjonalnych organizmu młodych pływaków na osiąganą prędkość pływania stylem motylkowym (V_{SBF}). Analizowano również technikę pływania z wyznaczeniem charakteryzujących ją wskaźników i określeniem ich wpływu na V_{SBF} . Punktem wyjścia było założenie, iż silniejszy wpływ na osiąganą prędkość pływania będą miały cechy somatyczne i siłowe (wytwarzanie mocy maksymalnej).

W grupie 34 wyczynowych pływaków ($19,3 \pm 1,83$ lat) badania antropometryczne obejmowały pomiary wysokości (BH) i całkowitej długości ciała (TBL) w leżeniu na plecach (kończyny górne wraz z dłońmi wyprostowanymi nad głową, stopy zgięte podeszwowo) oraz

długości kończyn górnych i dolnych. Pomiar masy ciała (BM) oraz odsetka tłuszczu na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych umożliwił obliczenie szczupłej masy ciała (LBM). Moc maksymalna na lądzie mierzona była podczas odbicia w wyskoku w górę (CMJ) na platformie dynamometrycznej (JBA Staniak, Polska). Wskaźniki techniki pływania obliczono w analizie zapisu wideo przemieszczającego się ciała pływaka z ujęcia bocznego z użyciem kamery (Sony HDR-AZ1, Japonia,) rejestrującej obrazy z częstotliwością 60 Hz, która zainstalowana była w wodoszczelnej obudowie na podwodnym ramieniu wózka poruszającego się wzdłuż pływalni równolegle do sportowca. Obliczono podstawowe wskaźniki kinematyczne SR i SL, a także czasowo-przestrzenne wskaźniki odpowiadające procentowemu udziałowi: fazy napędowej kończyn górnych w cyklu ruchowym (AP) oraz dwóm fazom napędowym kończyn dolnych w cyklu – LP1 i LP2. Koordynacyjne wskaźniki czasowo-przestrzenne obliczono mając na uwadze wybrane fazy cyklu ruchowego:

Entry-kick – obliczono jako odsetek czasu cyklu ruchowego pomiędzy rozpoczęciem fazy napędowej kończyn dolnych (LP1) a wprowadzeniem dłoni do wody;

2nd kick – stanowił odsetek czasu cyklu ruchowego pomiędzy wprowadzeniem dłoni do wody a rozpoczęciem fazy LP2;

Fly-arm – to odsetek czasu cyklu ruchowego fazy powietrznej (przygotowawczej) przeniesienia kończyn górnych;

TTG – to odsetek czasu cyklu ruchowego bez wytwarzania napędu.

Wszystkie wymienione wskaźniki kinematyczne oraz czasowo-przestrzenne zostały obliczone i przedstawione jako średnia ważona dla cykli wdechowych i bezdechowych na analizowanym 10 metrowym odcinku pływania po powierzchni pełnym stylem motylkowym – V_{SBF} .

Spośród zebranych wskaźników somatycznych jedynie masa ciała (BM) oraz szczupła masa ciała (LBM) miały istotny wpływ na V_{SBF} , odpowiednio: $r=0,46$ ($p=0,01$) i $r=0,48$ ($p<0,01$). Nie odnotowano istotnej zależności wskaźników długościowych ciała oraz mocy uzyskanej w teście CMJ z V_{SBF} . Stwierdzono natomiast istotny wpływ czterech wskaźników techniki pływania na V_{SBF} . Były nimi podstawowy SR, zależność $r=0,40$ ($p<0,05$) i trzy czasowo-przestrzenne wskaźniki charakteryzujące koordynację ruchów: Fly-arm i LP1 – $r=0,40$ i $0,41$ ($p<0,05$) oraz Entry-kick – $r=-0,45$ ($p<0,01$).

Odnotowana zależność wskaźników techniki ruchu z prędkością pływania wyjaśniła, iż lepsze rezultaty pływackie w badanej grupie sportowców odnosili pływacy posiadający zdolność do osiągania większej częstotliwości ruchów napędowych obu par kończyn wraz z zachowaniem odpowiedniej ich koordynacji z zazębianiem się tych ruchów napędowych

(niski poziom wskaźnika Entry-kick). Natomiast wyższy poziom wskaźnika Entry-kick oznaczał mniej sprawne koordynacyjnie (spóźnione) wykonanie pierwszego ruchu napędowego nóg (LP1) w cyklu, które odbywało się dopiero po wprowadzeniu dłoni do wody, lub z większym opóźnieniem powodowanym przedłużającym się niekorzystnym szybowaniem ciała. Nawyk wykonywania długiego szybowania powodował u niektórych pływaków kontynuowanie go po wykonaniu pierwszego ruchu napędowego nóg – LP1. Wyższa wartość Entry-kick odpowiadała również relatywnie krótszej fazie napędowej kończyn górnych – AP ($r=-0,50$, $p<0,01$).

Wyniki te wskazują, iż szybsze skoordynowanie ruchów związane z zapoczątkowaniem LP1 w pierwszej kolejności, a następnie wprowadzeniem dłoni do wody pozwala na mniejszy uślizg, „przecinanie” przestrzeni wodnej dłońmi podczas ruchu napędowego, co współgra z możliwością lepszego ustawienia napędowego kończyn górnych z wyżej usytuowanymi łokciami, większym kątem natarcia przedramion i dłoni, a co za tym idzie wykorzystaniem większej ich powierzchni do wytwarzania siły napędowej. Skoordynowanie ruchów zapewniające większą ciągłość wytwarzania napędu z minimalizowaniem trwania przerw wewnątrzcyklowych w ruchu napędowym kończyn ułatwiało również sprawniejsze wykonanie falistego (delfinowego) ruchu niższych segmentów ciała. Wyniki uzyskane w tych analizach pokazują także, iż opóźnione wykonanie LP1 (wysoki odsetek czasu wskaźnika Entry-kick) powodowało konsekwentnie niekorzystną zmianę polegającą na zbyt gwałtownym przenoszeniu kończyn górnych, o czym świadczy wysokie ujemnie powiązane wskaźników LP1 oraz czasu przeniesienia ramion nad powierzchnią wody Fly-arm $r=-0,75$ ($p<0,001$). Według Haljanda (2016) zbyt szybkie przenoszenie ramion powoduje powstawanie siły hamującej, przeciwnej do siły nadanej całemu ciału w przemieszczaniu się w przód.

Prowadząc dalsze rozważania nad wynikami właściwości koordynacyjnych techniki pływania zauważono zbieżność z wskazówkami innych badaczy (Chollet i wsp. 2006), którzy przeciwnie do utartego poglądu argumentują, iż w szybkościowym pływaniu stylem motylkowym nie jest wymagana przede wszystkim wysoka siła mięśniowa, lecz dobra koordynacja umożliwiająca zazębianie się, nakładanie się ruchów kończyn górnych i dolnych, co u najlepszych pływaków stosowane jest już na początku każdego cyklu ruchowego poprzez rozpoczęcie go od ruchu napędowego nóg (LP1).

Na podstawie własnych wyników oraz przeglądu innych badań (Seifert i wsp. 2008) wskazano na możliwość kompensowania niedostatków koordynacyjnych techniki ruchu w stylu motylkowym poprzez wykonywanie ruchów napędowych współgrających ze sobą

mniej precyzyjnie, ale bardziej siłowo. W badaniach własnych zmienność wskaźnika koordynacyjnego – Entry-kick wynosiła aż 239%, co pozwoliło porównać pływaków, którzy uzyskali ten sam poziom szybkościowy (V_{SBF}) z użyciem lepszej koordynacji ruchów (Entry-kick -7 % z mniejszym użyciem siły) oraz gorszej (Entry-kick 4 % większym użyciem siły). Seifert i wsp. (2008) podkreślają, że w stylu motylkowym wysoki stopień koordynacji (zazębianie się) ruchów kończyn górnych względem kończyn dolnych zapewnia zwiększenie ciągłości napędowej wraz ze zmniejszeniem fluktuacji prędkości wewnątrzcyklowej ciała.

Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono, iż sprinterska sprawność pływacka młodych pływaków w stylu motylkowym zależna jest bardziej od stosowanej techniki wykonywanego ruchu i koordynacji tych ruchów niż właściwości długościowych ciała lub osiąganych przez sportowców wysokich wskaźników mocy.

W ostatniej pracy badawczej niniejszego osiągnięcia naukowego: **„Influence of morphology and strength on front crawl swimming speed in junior and youth age group swimmers”** celem było zbadanie wpływu cech somatycznych oraz siły mięśniowej, na prędkość pływania kraulem na piersiach na dystansie 50 m (V_{Crawl}). Obserwacje te przeprowadzone były w dwóch zróżnicowanych wiekowo grupach wyczynowo trenowanych pływaków, młodszej – Juniorów ($17,3 \pm 0,59$) i starszej – Młodzieżowców ($20,6 \pm 1,05$ lat). W obserwacjach tych postawiono hipotezę, iż wartości wskaźników siły mięśniowej będą odgrywały większą rolę w determinowaniu sprawności pływackiej w grupie Juniorów niż Młodzieżowców. Ponadto zamierzeniem badań podjętych w pracy było sprawdzenie, czy poziom siły generowanej podczas pływania na uwięzi będzie bardziej korelował ze sprinterską sprawnością pływacką, niż wyniki pracy i siły mięśniowej uzyskane w testach na lądzie.

Badania antropometryczne obejmowały pomiary wysokości (BH) i całkowitej długości ciała (TBL), rozpiętości kończyn górnych (AS), pomiar masy ciała (BM) oraz odsetka tłuszczu na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych, który umożliwił obliczenie szczupłej masy ciała (LBM). Wskaźniki wykonanej pracy w testach na lądzie mierzono podczas odbicia w wyskoku w górę (CMJ) na platformie dynamometrycznej (JBA Staniak, Polska). Natomiast pomiar siły mięśniowej odbywał się na krześle dynamometrycznym (Good Strength Metitur, Metitur Oy, Jyväskylä, Finlandia) podczas skurczów izometrycznych dla mięśni zginaczy i prostowników stawu łokciowego oraz kolanowego. Siłę ciągu mierzono podczas pływania kraulem na piersiach na uwięzi, z wykorzystaniem pasa obejmującego talię pływaka, połączonego stalową linką z dynamometrem, a następnie z blokiem startowym. Dane zapisywane były w pamięci

komputera z częstotliwością 100 Hz, a następnie przetwarzane z użyciem oprogramowania (Max 6.0, JBA, Polska).

W badaniach tych w grupie Juniorów odnotowano istotne zależności cech somatycznych z prędkością pływania (V_{Crawl}): BM $r = 0,63$; BH $r = 0,55$; TBL $r = 0,58$; AS $r = 0,52$ ($p < 0,05$) LBM $r = 0,78$ ($p < 0,01$). Taka zależność nie miała jednak miejsca w grupie Młodzieżowców. Wskaźniki uzyskanej pracy CMJ [J] oraz siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego zmierzone w testach na lądzie korelowały istotnie statystycznie z V_{Crawl} , odpowiednio: $r = 0,69$; $r = 0,56$; $r = 0,57$, ($p < 0,05$), ponownie jedynie w grupie Juniorów. Wartości wytworzonej siły podczas pływania na uwięzi wykazywały wyższą, lecz nieistotną statystycznie zależność z V_{Crawl} w grupie Juniorów. Grupa Młodzieżowców uzyskała natomiast istotnie statystycznie wyższą V_{Crawl} oraz wykazała się lepiej dostosowaną techniką pływania z wyższym poziomem jej podstawowego wskaźnika SR (częstotliwości wykonywanych cykli ruchowych). Poziom tego wskaźnika wpływał na uzyskanie większej prędkości pływania u wszystkich badanych pływaków ($r = 0,41$, $p = 0,014$).

W badaniach tych stwierdzono, iż starsi pływacy – Młodzieżowcy uzyskiwali większą prędkość w pływaniu sprinterskim kraulem na piersiach dzięki lepszym właściwościom techniki pływania. W grupie młodszej – Juniorów wyższy poziom cech somatycznych oraz siła mięśniowa miały większy wpływ na osiągnięte rezultaty pływackie w tej grupie niż zastosowana technika pływania. W przyszłości badania ogólnej siły mięśniowej w testach na lądzie i siły generowanej w ruchu pływackim powinny być uzupełnione o szersze badania techniki pływania w warunkach odpowiadających wyścigowi pływackiemu.

Podsumowanie

Przedstawione wyniki obserwacji stanowiące cykl publikacji zatytułowany **„Właściwości somatyczne, wydolność fizyczna oraz zaawansowanie techniki pływania u młodych sportowców jako uwarunkowania wyników sportowych”** zostały oparte na wieloletnich badaniach i studiach nad czynnikami determinującymi rezultaty sportowe utalentowanych młodych pływaków. Można stwierdzić, iż w dążeniu do usprawniania trudnego procesu optymalizacji przygotowania wysokiej dyspozycji sportowej, dzięki opracowaniu odpowiedniej metodyki wykonywania pomiarów oraz specjalnie zaplanowanych testów proces ten może być bardziej zrozumiały i łatwiejszy w realizacji. Uzyskane rezultaty niniejszych badań naukowych dają przesłankę do sformułowania wniosków

z prezentowanego cyklu publikacji. Wnioski te są zarazem wskazówkami do wykorzystania w metodyce treningowej w pływaniu sportowym:

1. **W pływaniu kraulem na piersiach** na krótkich dystansach 25 i 100 metrów ponadprzeciętne rezultaty osiągane są dzięki dużej sprawności generowania energii mięśniowej organizmu wytwarzanej głównie ze źródeł glikolitycznego i alaktycznego. Znaczący wpływ na rezultaty uzyskane w wyścigach pływackich mają również wymiary ciała, a w szczególności całkowita długość ciała (TBL). Natomiast w mniejszym stopniu – rozpiętość kończyn górnych (AS) i szczupła masa ciała (LBM). Poziom stosowanej techniki pływania przez zawodników w istotny sposób wpływa na sprawność pływacką. Wybrane jej elementy, jak na przykład suma faz napędowych w cyklu ruchowym kończyn górnych (PL+PS) oraz zwiększona częstotliwość oraz ciągłość napędowa tych ruchów napędowych (SR i IdC) silnie determinują wyniki pływania na dystansie 25 i 100 metrów. W badaniach własnych odnotowano zależność sprawności pływackiej z wartością kąta natarcia ciała w pływaniu kraulem na piersiach (α B-O). Kąt natarcia ciała istotnie statystycznie malał wraz ze zwiększaniem się prędkości pływania i skracaniem dystansu testowego (2000, 400, 25 metrów). Wartość tego kąta ujemnie korelowała z prędkością pływania na dystansie 2000 metrów. W praktyce sportowej minimalizowanie kąta natarcia w pływaniu techniką kraula na piersiach poprawia właściwości hydrodynamiczne pływaka umożliwiając mu osiągnięcie lepszych rezultatów.
2. **W pływaniu stylem klasycznym** wytwarzanie siły napędowej pochodzącej z ruchów nóg jako głównego mechanizmu napędzającego ciało pływaka w tym stylu powinno odpowiadać ich zdolności do generowania wysokiej mocy mięśniowej. Ponadto w wielopłaszczyznowym klasycznym ruchu nóg pływak powinien dysponować możliwością wykonania zwiększonego zakresu ruchu w stawach kończyn dolnych, a ruchy napędowe powinny być wykonywane z przyłożeniem siły minimalizującym uślizg stóp. Relatywne wydłużenie trwania napędowych faz cyklu kończyn górnych i dolnych kosztem zmniejszenia trwania faz nienapędowych wraz ze skróceniem tzw. szybowania odpowiada w pływaniu sprinterskim uzyskaniu większej prędkości. Odbywa się to u większości najszybszych pływaków wraz z stosowaniem nakładania się ruchów napędowych kończyn górnych i dolnych. Właściwości te powinny współgrać (co jest wskazówką do praktycznego wykorzystania) z umiejętnością falowania tułowia podczas cyklicznego zanurzenia ciała w celu szybszego i łatwiejszego przyjęcia opływowego ułożenia ciała.

Natomiast na dłuższym dystansie 100 metrów u szybszych pływaków istotna jest umiejętność wydłużania cykli ruchowych (SL). Podobnie jak na krótszym dystansie uzyskiwane jest to dzięki zastosowaniu relatywnie dłuższych czasowo ruchów napędowych kończyn górnych i dolnych. W najdłuższej konkurencji stylu klasycznego (200 metrów) sprawne wytwarzanie napędu kończynami dolnymi zyskuje jeszcze większe znaczenie, co demonstrowane jest umiejętnością płynniejszego, dłuższego wykonywania ich ruchów napędowych (LP). Wysokie rezultaty na tym dystansie są istotnie powiązane z wskaźnikiem wydolności krążeniowo-oddechowej tj. szczytowym poborem tlenu, który miał również największy wpływ na prędkość pływania w strefach nawrotowych.

3. W sprinterskim pływaniu stylem motylkowym czynnikiem somatycznym implikującym sprawność pływacką była większa masa ciała (BM) oraz szczupła masa ciała (LBM), jednak prędkość pływania nie była współzależna z parametrami długościowymi ciała oraz uzyskaną przez pływaków mocą w teście CMJ. Technika ruchu pływackiego zapewniająca odpowiednią koordynację w cyklicznie wykonywanych ruchach, umożliwiającą wyprowadzenie ruchu napędowego nóg jako rozpoczynającego cykl była czynnikiem kluczowym. Praktyczną wskazówką do zastosowania przez innych jest to, iż taka koordynacja ruchów umożliwiła ograniczenie występowania przerw nienapędowych, przez uzyskanie korzystnego, bardziej sprzężonego ze sobą ruchu napędowego kończynami górnymi i dolnymi podczas pierwszego „kopnięcia” w cyklu ruchowym. To umiejętne zazębianie się ruchów umożliwiało również wykonanie dłuższej fazy napędowej (pociągnięcia) ruchu kończynami górnymi. Takie uporządkowanie ruchów zapewniało również korzystne relatywne wydłużenie czasowe fazy powietrznej przeniesienia ramion.

Spis piśmiennictwa:

1. Aspenes S., Kjendlie P.L., Hoff J., Helgerud J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med*, 2009, 8: 357–365.
2. Arellano R., Brown P., Cappaert J., Nelson R.C. Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *J Appl Biomech*, 1994, 10: 189-199.
3. Avlonitou E., Georgiou E., Douskas G., Louiz A. Estimation of body composition in competitive swimmers by means of three different techniques. *Int J Sports Med*, 1997, 18: 363-368.
4. Barbosa T.M., Fernandes R.J., Keskinen K.L., Vilas-Boas J.P. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Eur J Appl Physiol*, 2008, 103: 139-49.

5. Barbosa, T., Lima, F., Portela, A., Novais, D., Machado, L., Colaço, P., Gonçalves, P., Fernandes, R.J., Keskinen, K.L., Vilas-Boas, J.P. Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. *Portuguese Journal of Sports Sciences*, 2006, 6: 192-194.
6. Barbosa T.M., Morais J.E., Marques M.C., Costa M.J., Marinho D.A. The power output and sprinting performance of young swimmers. *J Strength Cond Res*, 2015, 29: 440-450.
7. Barbosa T.M., Morouço P.G., Jesus S., Feitosa W.G., Costa M.J., Marinho D.A., Silva A.J. Garrido N.D. The interaction between intra-cyclic variation of the velocity and mean swimming velocity in young competitive swimmers. *Int J Sports Med*, 2013, 34, 123-130.
8. Berger M.A.M., Hollander A.P., De Groot G. Determining propulsive force in front crawl swimming: A comparison of two methods. *J Sports Sci*, 1999, 17: 97-105.
9. Bixler B., Pease D., Fairhurst F. The accuracy of computational fluid dynamics analysis of the passive drag of a male swimmer. *Sports Biomech*, 2007, 6: 81-98.
10. Carey D.G., Richardson M.T. Can aerobic and anaerobic power be measured in a 60-second maximal test? *J Sports Sci Med*, 2003, 2: 151-7.
11. Carter J.E., Heath B.H. Somatotyping development and applications. Cambridge Studies in Biological Anthropology. Cambridge University Press, New York, 1990.
12. Chollet D., Chalias S., Chatard J.C. A New index of coordination for the crawl: description and usefulness. *Int J Sports Med*, 2000, 21: 54-59.
13. Chollet D., Seifert L., Boulesteix L., Carter M. Arm to leg coordination in elite butterfly swimmers. *Int J Sports Med*, 2006, 27: 322-329.
14. Chollet D., Seifert L., Leblanc H., Boulesteix L., Carter M. Evaluation of the arm-leg coordination in flat breaststroke. *Int J Sports Med*, 2004, 25: 486-495.
15. Colman V., Daly D., Desmet S., Persyn U. Relation between physical characteristics and undulation in the breaststroke. In: Maclaren D., Reilly T., Lees A. (eds.). *Swimming Science VI, Biomechanics and medicine in swimming*. E & FN SPON, London 1992, 365-370.
16. Craig A.B., Pendergast D.R., Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci in Sports*, 1979, 11: 278-283.
17. Craig A.B., Skehan P.L., Pawelczyk J.A., Boomer W.L. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Med Sci Sports Exerc*, 1985, 17: 625-634.
18. De Groot G., Van Ingen Schenau G.J., Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In: Ungerechts B., Wilke K., Reischle K. (eds.). *Swimming Science V. Human Kinetics*, Champaign, IL 1998, 17-29.
19. Dekerle J., Nesi X., Lefevre T., Depretz S., Sidney M., Marchand F.H., Pelayo P. Stoking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *Int J Sports Med*, 2005, 25: 53-58.
20. Dekerle J., Sidney M., Hespel J.M., Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med*, 2002, 23:93-98.
21. Eider P. Selection in swimming training – theoretical study. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 2014, 5: 65-75.
22. Freitag W. Schwimmen Lernen Und Optimieren. Deutsche Schwimm-Verband, 2000.
23. Garrido N., Marinho D.A., Barbosa T.M., Costa, A.M., Silva, A.J., Pérez-Turpin, J.A., Marques, M.C. Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *J Hum Sport Exerc*, 2010, 5: 240-249.
24. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 2001, 31: 725-741.
25. Girolid S., Calmels P., Maurin D., Milhau N., Chatard JC. Assisted and resisted sprint training in swimming. *J Strength Cond Res*, 2006, 20: 547–554.

26. Girold S., Jalab C., Bernard O., Carette P., Kemoun G., Dugue' B. Dry-land strength training vs. electrical stimulation in sprint swimming performance. *J Strength Cond Res*, 2012, 26: 497-505.
27. Girold S, Maurin D, Dugue B, Chatard JC, Millet G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res*, 2007, 21: 599-605.
28. Grimston S.K., Hay J.G. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 1986, 18: 60-68.
29. Haljand R, Competition analysis:
http://swim.ee/competition/2010_eindhoven/eindhoven2010.html; accessed on 12.02.2017
30. Hannula D. Coaching swimming successfully. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2003, s 15.
31. Hawley J.A., Williams M.M. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med*, 1991, 12: 1-5.
32. Hawley J.A., Williams M.M., Vickovic M.M., Handcock P.J. Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med*, 1992, 26: 151-155.
33. Holmer I., Astrand P.-O. Swimming training and maximal oxygen uptake. *J Appl Physiol*, 1972, 33: 510-513.
34. Holmer I., Stein E.M., Saltin B., Ekblom B., Astrand P.-O. Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *J Appl Physiol*, 1974a, 37: 49-54.
35. Holmer I., Lundin A., Eriksson B. O. Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. *J Appl Physiol*, 1974b. 36: 710-714.
36. Holmer I. Physiology of swimming man. *Acta Physiol Scand*, 1974c. 407, (Suppl.), 1-55.
37. Issurin V.B., Kaufman L.E., Tenenbaum G. Modeling of velocity regimens for anaerobic and aerobic power exercises in high-performance swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 2001, 41: 433-40.
38. Jaskólski A., Adach Z., Szafrńska B., Jaskólska A. Wydolność tlenowa i beztlenowa a spadek mocy w teście Wingate u 13-14-letnich pływaków. *Roczniki Naukowe AWF w Poznaniu*, 1989, 38: 75-80.
39. Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Purge P, Leppik A. Jürimäe T. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci*, 2007, 19: 70-81.
40. Kennedy P., Brown P., Chengular S.N., Nelson R.C. Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-meters events. *Int J Sports Biomech*, 1990, 6: 187-197.
41. Keskinen K.L., Lauri J., Komi P.V. Maximum velocity swimming: interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scand J Sports Sci*, 1989, 11: 87-92.
42. Keskinen K.L., Komi P.V. Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *J Appl Biomech*, 1993, 9: 219-26.
43. Kippenhan, B.C. Influence of lower extremity joint motions of the effectiveness of the kick in breaststroke swimming. In: Blackwell, J.R. and Sanders, R.H. (eds.). *Proceedings of swim sessions: XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*. University of San Francisco. San Francisco, CA, 2001, 48-52.
44. Kjendlie P.L., Stallman R.K., Stray-Gundersen J. Passive and active floating torque during swimming. *Eur J Appl Physiol*, 2004a, 93: 75–81.
45. Kjendlie P.L., Ingjer F., Stallman R.K., Stray-Gundersen J. Factors affecting swimming economy in children and adults. *Eur J Appl Physiol*, 2004b, 93: 65–74.
46. Kolmogorov S.V., Duplishcheva O.A., Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *J Biomech*, 1992, 25: 311-318.

47. Kolmogorov S.V., Rumyantseva O.A., Gordon B.J., et al. Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performers levels. *J Appl Biomech*, 1997, 13: 88-97.
48. Kosmol A., Sozański H., Kwalifikacja do sportu – dobór i selekcja. W: Sozański H., red. Podstawy teorii treningu sportowego. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa 1999, s. 49-72.
49. Kosmol A. Pływanie na Igrzyskach w Atlancie i Barcelonie. *Sport Wyczynowy*, 1997, 7-8: 391-392.
50. Kosmol A., Hübner-Woźniak E., Staniszewski T., Słomiński P. Wpływ obciążeń treningowych na zmiany poziomu wytrenowania pływaków. *Wychowanie fizyczne i Sport*, 1998, 1: 99-115.
51. Laffite L.P., Vilas-Boas J.P., Demarle A., Silva J., Fernandes R., Billat V.L. Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Can J Appl Physiol*, 2004, 29: (Suppl.) 17-31.
52. Lavoie J.M., Montpetit R.R. Applied physiology of swimming. *Sports Med*, 1986, 3: 165-189.
53. Läht E., Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., Rämson R., Haljaste K., Keskinen K.L., Rodriguez F.A., Jürimäe T. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J Sports Sci Med*, 2010, 9: 398-404.
54. Leblanc H., Seifert L., Chollet D. Arm–leg coordination in recreational and competitive breaststroke swimmers. *J Sci Med Sport*, 2009, 12: 352-356.
55. Leblanc H., Seifert L., Tourny-Chollet C., Chollet D. Intra-cyclic distance per stroke phase, velocity fluctuations and acceleration time ratio of a breaststroker's hip: a comparison between elite and non-elite swimmers at different race paces. *Int J Sports Med*, 2007, 28: 140-7.
56. Maglisho E.W. Swimming fastest. Human Kinetics. Champaign, IL 2003.
57. Manley P., Atha J. Intra-stroke velocity fluctuations in paces breaststroke swimming. In: MacLaren D., Reilly T., Lees A. (eds.). *Biomechanics and medicine in swimming VI*. E & FN Spon, London 1992, 151–60.
58. Martin L., Whyte G.P. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med*, 2000, 21: 366-368.
59. Martens J., Daly D. Qualitative evaluation of water displacement in simulated analytical breaststroke movements. *J Hum Kinet*, 2012, 32, 53-63.
60. Mason B.R., Patton S.G., Newton, AP. Propulsion in breaststroke swimming. In: Morrison, W.E. (ed.). *Proceedings of the VII International Symposium on Biomechanics in Sport*. Footscray Institute of Technology. Melbourne, 1989, 257-267.
61. Miyashita M., Tsunoda R., Water resistance in relation to body size. In: Eriksson B., Furberg B. (eds.), *Swimming Medicine IV*. University Park Press, Baltimore 1978, 395-401.
62. Millet G.P., Chollet D., Chabies S., Chatard J.C. Coordination in front crawl in elite triathletes and elite swimmers. *Int J Sports Med*, 2002, 23: 99-104.
63. Morais J.E., Silva A.J., Marinho D.A., Marques M.C., Batalha N., Barbosa T.M. Modelling the relationship between biomechanics and performance of young sprinting swimmers. *Eur J Sport Sci*, 2016, 16: 661–668.
64. Mujika I., Chatard J.C., Busso T., Geyssant A., Barale F., Lacoste L. Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol*, 1995, 20: 395-406.
65. Mujika I., Padilla S., Pyne D. Swimming performance changes during the final 3 weeks of training leading to the Sydney 2000 Olympic Games. *Int J Sports Med*, 2002a, 23: 582-7.

66. Mujika I., Goya A., Ruiz E., Grijalba A., Padilla S. Physiological and performance responses to a 6-day taper in middle-distance runners: influence of training frequency. *Int J Sports Med*, 2002b, 23: 367-73.
67. Mujika I., Padilla S., Pyne D., Busso T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Med*, 2004, 34: 891-927.
68. Obert P., Falgairette G., Bedu M., Coudert J. Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. *Int J Sports Med*, 1992, 13: 298-303.
69. Persyn U., Colman V., Soons B., Silva A. Research to improve breaststroke performances with rule changes. *Motricidade*, 2006, 2: 236-242.
70. Olbrecht J. The science of winning, planning, periodization and swim training. F&G Partners, Partners in Sports, Antwerp 2000.
71. Potdevin F., Bril B., Sidney M., Pelayo P. Stroke frequency and arm coordination in front crawl swimming. *Int J Sports Med*, 2006, 27: 193-198.
72. Płatonow W.N. Trening wyczynowy w pływaniu. Centralny Ośrodek Sportu, Resortowe Centrum Metodyczno-Szkoleniowe Kultury Fizycznej i Sportu, Warszawa 1997.
73. Poujade B., Hautier C.A., Rouard A. Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. *Eur J Appl Physiol*, 2002, 87: 1-6.
74. Pyne D., Trewin C., Hopkins W. Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers. *J Sports Sci*, 2004, 22: 613-20.
75. Rakowski M. Nowoczesny trening pływacki. Maciej Rakowski & Centrum Rekreacyjno-Sportowe Rafa, Rumia 2008.
76. Reis V.M., Barbosa T.M., Marinho D.A., Policarpo F., Reis A.M., Silva A.J., Baldari C. Physiological determinants of performance in breaststroke swimming events. *Int SportMed Journal*, 2010, 11: 324-335.
77. Rodriguez F.A. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 2000, 40: 87-95.
78. Rodriguez F.A., Keskinen K.L., Keskinen O.P., Malvela M. Oxygen uptake kinetics during free swimming: a pilot study. In: Chatard J.C. (ed.) *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Publications de l'Université de Saint-Étienne. Saint-Étienne, 2003, 379-384.
79. Rohrs D.M., Stager J.M. Evaluation of anaerobic power and capacity in competitive swimmers. *J Swimming Res* 7: 12-16, 1991.
80. Ross A., Leveritt M. Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training. Implications for sprint training and tapering. *Sports Med*, 2001, 31: 1063-1082.
81. Rouba A., Silva A., Leal L., Rocha J., Alves F. The effect of swimmer's hand/forearm acceleration on propulsive forces generation using computational fluid dynamics. *J Biomech*, 2006, 39: 1239-1248.
82. Seifert L., Chollet D., Bardy B.G. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl. *J Sports Sci*, 2004, 22: 651- 660.
83. Sanders R.H. Breaststroke technique, variations among New Zealand Pan Pacific squad swimmers. In: Troup J.P., Hollander A.P., Strasse D., Trappe S.W., Cappaert J.M., Trappe T.A. (eds.). *Biomechanics and medicine in swimming VII*. E & FN Spon, New York 1996: 64-69.
84. Sanders R.H. Can skilled performers readily change technique? An example, conventional to wave action breaststroke. *Hum Mov Sci*, 1995, 14: 665-679.
85. Seifert L., Chollet D., Chatard J.C. Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. *Med Sci Sports Exerc*, 2007a, 10: 1784-1793.

86. Seifert L., Chollet D., Rouard A. Swimming constraints and arm coordination. *Hum Mov Sci* 2007b, 26: 68-86.
87. Seifert L., Boulesteix, L., Chollet, D. and Vilas-Boas, J.P. Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg coordination in butterfly stroke as a function of race pace, skill and gender. *Hum Mov Sci*, 2008, 27, 96-111.
88. Serresse O., Lortie G., Bouchard C., Boulay M. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *Int J Sports Med*, 1988, 9: 456-460.
89. Sharp R.L., Troup J.P., Costill D.L. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 1982, 14: 53-56.
90. Shephard R.J., Vandevall H., Bouhler E., Monod H. Muscle mass as factor limiting physical work. *J Appl. Physiol*, 1988, 64: 1472-14.
91. Slaughter M.H., Lohman T.G., Boileau R.A., Horswill C.A., Stillman R.J., Van Loan, M.D. Bembien. D.A. Skinfold equations of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 1988, 60: 709-723.
92. Smith D.J., Norris S.R., Hogg J.M. Performance evaluation of swimmers. Scientific tools. *Sports Med*, 2002, 32: 539-554.
93. Strass D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: Swimming Science V, International Series on Sport Sciences B. E. Ungerechts, K. Wilke, K. Reischle, (eds). Human Kinetics Books, Champaign, IL, 1988, 149-156.
94. Swaine I.L. Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 2000, 32: 1288-1292.
95. Strzała M., Krężałek P., Głąb G., Kaca M., Ostrowski A., Stanula A., Tyka A.K. Intra-cyclic phases of arm-leg movement and index of coordination in relation to sprint breaststroke swimming in young swimmers. *J Sports Sci Med*, 2013, 12: 690-697.
96. Strzała M., Krężałek P., Kucia-Czyszczoń K., Ostrowski A., Stanula A., Tyka A.K., Sagalara A. Coordination and propulsion and non-propulsion phases in 100 meter breaststroke swimming. *Acta Bioengineering Biomech*, 2014, 16: 83-89.
97. Strzała M., Stanula A., Głąb G., Głodzik J., Ostrowski A., Kaca M., Nosiadek L. Shaping physiological indices, swimming technique, and their influence on 200m breaststroke race in young swimmers. *J Sports Sci Med*, 2015, 14: 110-117.
98. Strzała M., Tyka A., Żychowska M. Reliability of invasive and non-invasive anaerobic threshold estimation in young swimmers. *J Hum Kinetics*, 2004, 12: 135-146.
99. Strzała M., Tyka A., Żychowska M., Woźnicki P. Components of physical work capacity, somatic variables and technique in relation to 100 and 400 m time trials in young swimmers. *J Hum Kinetics*, 2005, 14: 105-116.
100. Strzała M., Tyka A., Krężałek P., Physical endurance and swimming technique in 400 meter front crawl race. *J Hum Kinetics*, 2007a, 18: 73-86.
101. Strzała M., Tyka A. Shaping of physical endurance and front crawl swimming technique indices in swimmers after half-year training period. *Medicina Sportiva*, 2007b, 11: 88-96.
102. Strzała M., Tyka A., Krężałek P. Crucial swimming velocity parameters in 2000 meters front crawl performance. *Human Movement*, 2007c, 8: 15-20.
103. Strzała M., Tyka A., Krężałek P. Swimming technique and biometric and functional indices of young swimmers in relation to front crawl swimming velocity. *Human Movement*, 2007d, 8: 112-119.
104. Strzała M., Tyka A. Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva*, 2009, 13: 99-107.

105. Śledziewski D., Sozański H., Kosmol A. Struktura treningu. W: Sozański H., red. Podstawy teorii treningu sportowego. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa 1999, 80-196.
106. Takagi H., Sugimoto S., Nishijima N., Wilson B. Differences in stroke phases, arm–leg coordination and velocity fluctuation due to event, gender and performance level in breaststroke. *Sports Biomech*, 2004, 3: 15-27.
107. Thayer A.L., Hay J.G. Motivating start and turn improvement. *Swimming Technique*, 1984, 20: 17-20.
108. Toussaint H.M., Beek P.J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med*, 1992,13: 8-24.
109. Toussaint H.M., de Hollander A.P., van den Berg C, Vorontsov R. A. Biomechanics of swimming. In: Garret W.E Jr, Kirkendall D.T. (eds.) Exercise and Sport Science. Philadelphia 2000, 639-659.
110. Toussaint H.M, Roos E.P, Kolmogorov S.V. The determination of drag in front crawl swimming. *J Biomechanics*, 2004, 37: 1655-1663.
111. Toussaint H.M, Truijens M. Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology*, 2005, 55: 17-40.
112. Toussaint H.M, Carol A., Kranenborg H., Truijens M.J. Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. *Med Sci Sports Exerc*, 2006, 38: 1635-42.
113. Trewin C.B., Hopkins W.G., Pyne D.B. Relationship between world-ranking and Olympic performance of swimmers. *J Sports Sci*, 2004, 22: 339-45.
114. Troup J. Aerobic characteristics of the four competitive strokes. In: Troup J., (ed.). International Center for Aquatic Research Annual. Studies by the International Center for Aquatic Research (1990–1991). US Swimming Press, Colorado Springs, 1991, 3–7.
115. Vannozzi G., Donati M., Gatta G., Cappozzo A. Analysis of swim turning, underwater gliding and stroke resumption phases in top division swimmers using a wearable inertial sensor device. In Stallman K., Cabri J. (eds.). *Biomechanics and medicine in swimming XI Oslo*, Norwegian School of Sport Science 2010; 178–180.
116. Vilas-Boas J.P. Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke techniques. In: Troup J. P., Hollander A.P., Strasse D., Trappe S.W., Cappaert, J.M., and Trappe T.A. (eds.). *Swimming science VII: Biomechanics and medicine in swimming*. London: E & FN SPON, 1996, 167-171.
117. Vilas-Boas J.P. Maximum propulsive force and maximum propulsive impulse in breaststroke swimming technique. In: Barbaras A., Fabian G. (eds.). *Proceedings of the XIIth International Symposium on Biomechanics in Sports*. Hungarian University of Physical Education, Budapest 1994, 307-310.
118. Vitor, F.M., Böhme M.T. Performance of young male swimmers in the 100 meters front crawl. *Pediatr Exerc Sci*, 2010, 22: 278-287.
119. Vorontsov A.R., Rumyantsev V.A., Resistive forces in swimming. In: Zatsiorsky V. (eds.): The Encyclopedia of Sports Medicine. Blackwell Science Ltd, London 2000, s 194.
120. Wakayoshi K., Yoshida T., Udo M., Kasai T., Moritani T., Mutoh Y., Miyashita M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med*, 1992a, 13: 367-371.
121. Wakayoshi K., Ikuta K., Yoshida T., Udo M., Moritani T., Mutoh Y., Miyashita M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol*, 1992b, 64, 153-157.
122. Wakayoshi K., Yoshida T., Ikuta Y., Mutoh Y., Miyashita M., Adaptations to six months aerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *Int J Sports Med*, 1993a, 14: 368-372.

123. Wakayoshi K., Yoshida T., Udo M., Harada T., Moritani T., Mutoh Y., Miyashita M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol*, 1993b, 66, 90-95.
124. Wakayoshi K., D'Acquisto L.J., Cappaert J.M., Troup J.P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int J Sports Med*, 1995, 16: 19-23.
125. Wilke K., Madsen Ø. Das Training des jugendlichen Schwimmers. Verlag Hofmann Schorndorf, 1983, 28-34.
126. Withers R.T., Sherman W.M., Clark D.G., Esselbach P.C., Nolan S.R., Mackay M.H., Brinkman M. Muscle metabolism during 30, 60, and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. *Eur J Applied Physiol Occup Physiol*, 1991, 63, 354-362.
127. Yanai T. Rotational effect of buoyancy in front crawl: does it really cause the legs to sink. *J Biomech*, 2001, 34: 235-243.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

5.1. Analiza bibliometryczna dorobku

Jestem autorem i współautorem **36** publikacji, w tym **16** prac oryginalnych, **8** prac stanowiących rozdziały w podręcznikach i monografiach, **1** podręcznika i **1** publikacji popularnonaukowej. **Czternaście** z wymienionych prac zostało opublikowanych w czasopismach anglojęzycznych o zasięgu międzynarodowym, **11** prac w czasopismach posiadających wskaźnik Impact Factor. Sumaryczna liczba punktów **Impact Factor** moich publikacji wynosi **9,812**. Do obliczeń wykorzystano wskaźnik Impact Factor z roku wydania czasopisma, a w przypadku prac przyjętych do druku w 2017 roku Impact Factor z 2016 roku. Według punktacji MNiSW mój dorobek naukowy oszacowano na punktów **314**. Publikacje mojego autorstwa cytowano w piśmiennictwie światowym: **26 razy**, Index Hirscha – **3**, uwzględniając autocytowania liczba ta wynosi: **33**, Index Hirscha – **4**. Zebrane dane w dniu 19 czerwca 2017 r., pochodzą z bazy *Web of Science – Science Citation Index Expanded*. Wartość indeksu Impact Factor oraz pozostałe dane opracowano na podstawie analizy bibliometrycznej przygotowanej przez Ośrodek Informacji Naukowej AWF w Krakowie.

5.2. Pozostałe obszary działalności naukowo – badawczej dotyczą moich zainteresowań w zakresie:

1. Zmian adaptacyjnych organizmu człowieka wywołanych:

- a) warunkami wysokościowymi;
- b) treningiem fizycznym i odżywianiem;
- c) wpływem warunków występujących podczas nurkowania swobodnego ze wstrzymanym powietrzem (ang. freediving).

2. Bezpieczeństwa w rekreacji i sportach wodnych.

Ad 1. W działalności sportowej jak również w życiu każdego aktywnego człowieka wzmożona aktywność ruchowa połączona z odpowiednim odżywianiem wywołuje oczekiwaną poprawę poziomu wydolności fizycznej związanej z podniesieniem właściwości krążeniowo-oddechowych, co jest współzależne z usprawnieniem struktury mięśni i wydajniejszym metabolizmem energetycznym. Odpowiednio dobrany, racjonalnie wykonywany wysiłek fizyczny wpływa na funkcjonowanie organizmu wraz z adekwatnym modelowaniem układu kostno-stawowego, zwiększając masę i gęstość mineralną kości, kształtując powierzchnie stawowe i zakres ruchomości w stawach. Uzyskiwane tą drogą korzyści zdrowotne wskazują na to, że warto uprawiać sport w znaczeniu umiarkowanej aktywności ruchowej. Z drugiej strony ciekawe jest w sporcie dążenie człowieka do wykorzystywania zdolności adaptacyjnych organizmu w rywalizacji, kiedy to współzawodnicząc w różnych dyscyplinach sięga się do indywidualnych granic wysiłkowego przystosowania. Zjawisko to jest szczególnie interesujące w środowisku wodnym, które dla człowieka nie jest naturalną przestrzenią jego codziennej aktywności. Uprawianie „wodnych” dyscyplin jak pływanie i freediving wymaga bowiem ukształtowania specyficznej sprawności ruchowej i wydolności fizycznej, cech mających znaczący wpływ na osiąganie wysokiego poziomu rezultatów sportowych².

Innym przedmiotem moich zainteresowań jest funkcjonalna zdolność dostosowania się organizmu do odmiennych warunków klimatycznych. Szczególne wyzwanie dla organizmu stanowią czynniki niemeteorologiczne związane ze zmianą otoczenia i pobytem na znacznej wysokości nad poziomem morza. W powietrzu o niższym ciśnieniu parcjale tleny sprawność fizyczna znacząco się obniża, jednak równocześnie w celu poprawy

² Ostrowski A., Strzała M., Stanula A., Juskiewicz M., Pilch W., Maszczyk A. The role of training in the development of adaptive mechanisms in freedivers. J Hum Kinet 2012, 32: 197–210.

funkcjonowania organizmu w hipoksji następuje fizjologiczna kompensacja, odpowiedź podnosząca wydolność na skutek zmian hematologicznych i biochemicznych. Ta zdolność organizmu pozwala na adaptację i życie na wyżynach, czego przykładem jest liczona w milionach ludność zamieszkująca na stałe wyżyny Ameryki Północnej w Kordylierah, Ameryki Południowej w Andach oraz Wyżynę Tybetańską w Azji. Stosunkowo szybka, trwająca kilka tygodni, zdolność przystosowania organizmu do hipoksji bywa wykorzystywana w rywalizacji sportowej, gdzie reakcja adaptacyjna wywoływana jest celowo i stosowana jako czynnik naturalnego, dodatkowego wsparcia organizmu w normoksji podczas zawodów sportowych. Ma to miejsce również w pływaniu.

W bliskiej pływaniu dyscyplinie sportu, jaką jest nurkowanie swobodne (*Freediving*), warunki podczas zanurzania nurka powodują w następstwie systematycznego treningu jeszcze dalej idące zmiany adaptacyjne. Aktywność ta obfitująca w mnogość konkurencji sportowych, w których zazwyczaj podczas próby osiągnięcia jak najdłuższej odległości w nurkowaniu w głąb lub w dal, nurek uczestniczy w konkurencji po jednokrotnym, specjalnie trenowanym nabraniu powietrza. We freedivingu większość konkurencji polega na zanurzaniu w głąb, któremu towarzyszy narastające ciśnienie hydrostatyczne. W rywalizacji czynnikiem decydującym o sukcesie jest zdolność osiągnięcia granic fizycznego i mentalnego przystosowania podczas zwiększającej się hipoksji na skutek zużywania tlenu i jednocześnie hiperkapnii (podwyższonego ciśnienia parcjalego dwutlenku węgla, wytwarzanego i zatrzymywanego w organizmie). Właśnie dlatego we freedivingu jednym z kluczowych czynników niezbędnym do osiągnięcia sukcesu jest wytrenowanie minimalizowania niewysiłkowych i wysiłkowych tlenowych funkcji metabolicznych organizmu podczas wstrzymania oddychania.

Omówienie wybranych prac z tego zakresu:

W publikacji autorstwa Strzała M., Szyguła Z., Głąb G., Ostrowski A. pt.: **„Funkcjonowanie organizmu człowieka w warunkach wysokościowych”** opublikowanej w czasopiśmie *Medycyna Środowiskowa*, 2011, 14 (4), 90-97 (MNiSW = 5 pkt) przedstawiono aspekty dotyczące zmian adaptacyjnych występujących podczas przedłużonego pobytu na znacznej wysokości nad poziomem morza (n.p.m.). Celem tej pracy była analiza i omówienie mechanizmów zachodzących w organizmie człowieka w takich warunkach, co może ułatwić przygotowanie się do jego sprawniejszego tam funkcjonowania.

Ekspozycja wysokościowa wywołuje obciążenie organizmu spowodowane hipoksją hipobaryczną³. Objawy spowodowane hipoksją pojawiają się w po kilkunastu godzinach pobytu człowieka na znacznej wysokości – powyżej 2500 metrów n.p.m. Kumulowanie się obciążających zmian w tych warunkach naraża człowieka na wystąpienie u niego dolegliwości określanych ostrą chorobą górską (*Acute Mountain Sickness*)⁴, której mogą towarzyszyć zagrażający życiu wysokogórski obrzęk mózgu (*High Altitude Cerebral Edema*), oraz wysokogórski obrzęki płuc (*High Altitude Pulmonary Edema*). Oprócz tych i innych dolegliwości w warunkach wysokościowych towarzyszy człowiekowi obniżenie sprawności fizycznej i mentalnej. Jest ono tym większe, im wyżej znalazł się on nad poziomem morza. W opracowaniu tym przybliżono również mechanizmy powodujące wysokościowe pogorszenie właściwości krążeniowo-oddechowych, a także przebieg adaptacji wraz ze zmianami morfologicznymi wpływającymi na metabolizm energetyczny. Omówiono wybrane aspekty adaptacji hematologicznej, hormonalnej i enzymatycznej wpływającej na usprawnienie metabolizmu energetycznego^{5,6}. Przegląd badań empirycznych dotyczących przygotowania do pobytu i aktywności fizycznej w warunkach wysokogórskich umożliwił sformułowanie kilku ogólnych wniosków. Stwierdzono, iż czynniki związane z uzyskaniem aklimatyzacji wysokościowej są adekwatne do czasu ekspozycji oraz wysokości nad poziomem morza. Zauważono również, że im większy poziom aklimatyzacji wysokościowej, tym dłużej jest ona zachowana po zejściu na nizinę⁷. Ponadto organizm człowieka, który zostaje obciążony warunkami wysokogóorskimi, może dojść do stanu homeostazy i dobrze funkcjonować pomimo nieuchronnego obniżenia wskaźników wydolności fizycznej w porównaniu do warunków nizinnych. Proces ten przebiega jednak łatwiej u ludzi młodych, o większych możliwościach adaptacyjnych. Zgromadzony potencjał adaptacyjny uzyskany na drodze preekspozycji hipoksycznej stwarza u człowieka lepsze wyjściowe przygotowanie do ponownego pobytu, funkcjonowania w warunkach wysokościowych⁸.

³ Muza S.: Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 9: 1625-1631.

⁴ Karinen H., Peltonen J., Tikkanen H.: Prevalence of Acute Mountain Sickness among trekkers on Mount Kilimanjaro, Tanzania: an observational study. *High Altitude Medicine & Biology* 2008; 9: 301-306.

⁵ Robach P., Fulla Y., Westerterp K.R., Richalet J.P. Comparative response of EPO and soluble transferrin receptor at high altitude. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1493-1498.

⁶ Gore C.J., Clark S.A., Saunders P.U. Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1600-1609.

⁷ Beidleman B.A., Muza S.R., Rock P.B., Fulco C.S., Lyons T.P., Hoyt R.W., Cymerman A.: Exercise responses after altitude acclimatization are retained during reintroduction to altitude. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 12: 1588-1595.

⁸ Muza S.R., Beidleman B.A., Fulco C.S. Altitude Preexposure Recommendations for Inducing Acclimatization. *High Altitude Medicine & Biology* 2010; 11: 87-92.

W następnej pracy autorstwa Strzała M., Ostrowski A., Szyguła Z. pt.: „**Altitude training and its influence on physical endurance in swimmers**” (IF= 0,329; MNiSW= 15 pkt) opublikowanej w czasopiśmie *Journal of Human Kinetics*, 2011, 28: 91-105 dokonano przeglądu literaturowego metod treningu wysokościowego (AT) i jego odmian – substytutów, w celu przedstawienia racjonalnych przesłanek skłaniających do jego zastosowania w sporcie pływackim. W świecie sportu wiele mówi się o korzyściach wynikających z trenowania organizmu sportowca w warunkach AT. W rzeczywistości trening ten jest nadal kontrowersyjny, na co wskazuje brak powtarzalności uzyskiwania jego korzystnych rezultatów w kolejnych podobnych lub analogicznych eksperymentach. Powodowane jest to różnymi czynnikami. W naturalnym oddziaływaniu wysokogórskim występuje mnogość warunków, które mogą ulegać zmianie, jak: wilgotność, nasłonecznienie, ciśnienie atmosferyczne. Dodatkowo w tego rodzaju treningu z zastosowaniem sztucznie wytworzonej otaczającej człowieka hipoksji (hipobarycznej lub normobarycznej) w grę wchodzi inne czynniki. W przeprowadzanych zazwyczaj kilkudziesięciodniowych eksperymentach i obserwacjach bywają one słabo kontrolowane lub pomijane. Są nimi na przykład: rodzaj stosowanej diety, równowaga wodno-elektrolitowa oraz gospodarka żelazem w układzie pokarmowym i krwiotwórczym. Czynniki niepowodzenia w przeprowadzanych eksperymentach i w treningu sportowym z wykorzystaniem AT jest często nieadekwatne do stopnia hipoksji i wystąpienia hipoksemii naczyniowej zbyt małe zredukowanie intensywności obciążenia fizycznego, powodujące pojawienie się efektów przetrenowania, czy wystąpienie objawów choroby górskiej (*Acute Mountain Sickness*). W celu przysporzenia korzyści, skompensowania zmęczenia, istotny jest jednak dobór sposobu i czasu wypoczynku zapewniającego regenerację i adaptację, zapobiegającego wystąpieniu choroby górskiej i obniżeniu odporności organizmu. W dalszych rozważaniach tej pracy wyjaśniono podstawy zmian adaptacyjnych organizmu związane z indukowaną hipoksją ekspresją genów^{9,10}, a także adaptację hematologiczną i krążeniowo-oddechową¹¹. Podjęto próbę wyjaśnienia, wraz z przedstawieniem wyników kilkunastu prac badawczych, wystąpienia pozytywnych efektów fizjologicznych lub ich braku wraz z określeniem ich wpływu na wyniki sportowe. Odnotowano, iż wielokrotnie stosowanie specyficznego treningu AT u dobrze

⁹Semenza G.L. HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1474-1480.

¹⁰Gore C.J., Rodriguez F.A., Truijens M.J., Townsend N.E., Stray-Gundersen J., Levine B.D. Increased serum erythropoietin but not red cell production after 4 wk of intermittent hypobaric hypoxia (4,000-5,500 m). *J Appl Physiol* 2006; 5: 1386-1393.

¹¹Jelkmann W. Erythropoietin: structure, control of production, and function. *Physiol Rev* 1992; 72: 449-489.

wytrenowanych pływaków lub triathlonistów w różnych warunkach hipoksycznych nie zawsze przynosiło oczekiwane zmiany w poziomie wytrenowania^{12,13,14,15}. W podsumowaniu stwierdzono, iż stymulacja taka u zawodników osiągających już bardzo wysoki stan wytrenowania, bliski *plateau*, może dawać znikomy efekt. Trening pływaków z wykorzystaniem oddziaływania hipoksji na organizm powinien być praktykowany wśród sportowców na najwyższym poziomie wytrenowania, u których nawet niewielka i nawet z założenia niepewna poprawa wydolności fizycznej może przełożyć się na skrócenie czasu pływania w danej konkurencji i osiągnięcie rekordu życiowego. Do treningu AT nie powinno się angażować młodzieży i dzieci posiadających znaczny potencjał rozwojowy, którego rozkwit wydolnościowy można stopniowo stymulować konwencjonalnymi metodami.

W sporcie wyczynowym na drodze usilnego dążenia do sukcesów sportowcy często zbliżają się do granic przystosowania organizmu. Granice te bywają niestety przekraczane, co może powodować niekorzystne następstwa zdrowotne. Zagadnienie związane z występującymi u sportsmenek powiązanymi ze sobą zaburzeniami: łaknienia, miesiączkowania i obniżenia gęstości mineralnej kości przedstawione zostało w publikacji autorstwa Strzała M., Rolski Z., Szyguła Z. pt.: „**Triada zaburzeń u kobiet uprawiających sport – nieprawidłowe łaknienie, brak miesiączki i osteoporoza**”, (MNiSW= 2 pkt) *Medicina Sportiva Practica* 2010, 11: 1-7. Problematyka ta jest obecna wśród osób, u których zaburzeniu uległy zasady właściwego odżywiania. Doświadczeni terapeuci zajmujący się takimi przypadkami relacjonują, iż znaczna liczba kobiet narażona jest na ryzyko rozwoju jednego z trzech wymienionych zaburzeń. Nieprawidłowości te zdefiniowane zostały w 1993 r. przez *American College of Sports Medicine* i nazwane mianem: *The Female Athlete Triad* – triada zaburzeń u zawodniczek. Źródłem zjawiska triady zaburzeń (FAT) jest najczęściej występowanie patologicznych zachowań dotyczących kontroli masy ciała, czego następstwem jest nieprawidłowe żywienie¹⁶. Powodowane jest to czynnikami psychologicznymi i socjologicznymi, jak również – rzadziej – z niezwiązanymi z tymi

¹² Nomura T., Mankyu H., Ooba M. Repeated altitude training effects on elite swimmers. In: *Biomechanics and Medicine of Swimming VIII*, edited by Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP. Jyväskylä, Finland: Gummerus Printing, 1999, p. 417-422.

¹³ Friedmann B., Frese .F, Menold E., Bartsch P. Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *Br J Sports Med* 2005; 39: 148-153.

¹⁴ Robach P., Schmitt L, Brugniaux J.V., Roels B., Millet G., Hellard P., Nicolet G., Duvallet A., Fouillot J.P., Moutereau S., Lasne F., Pialoux V., Olsen N.V., Richalet J.P. Living high-training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96: 423-433.

¹⁵ Szyguła Z. Erythrocytic system under the influence of physical training and exercise. *Sports Med* 1990; 10: 181-197.

¹⁶ Nattiv A., Loucks A.B., Manore M.M., Sanborn C.F., Sundgot-Borgen J., Warren M.P. The female athlete triad. *Med Sci Sport Exerc* 2007; 39: 1867-82.

czynnikami zmianami hormonalnymi (łagodny hiperandrogenizm oraz zespół policystycznych jajników). Działanie czynników psychospołecznych ma miejsce w środowiskach, gdzie preferowana jest smukłość i nienaganna sylwetka, w sportach, w których wymagana jest niska masa ciała lub zawodniczki oceniane są także za estetykę i wygląd zewnętrzny (gimnastyka, taniec sportowy, łyżwiarstwo figurowe, balet). W konkurencjach wytrzymałościowych takich jak biegi, biegi narciarskie, kolarstwo, pływanie, triathlon zaburzenia z zakresu triady spowodowane są najczęściej dysfunkcją żywieniową oraz nadmiernym obciążeniem fizycznym, a także przetrenowaniem. Uważa się, że wśród tej grupy sportswomenek zaburzenia FAT są najczęściej wynikiem ujemnego bilansu energetycznego. Zdarza się to przy nasileniu intensywności treningu z jednoczesnym niedostatkim odpowiednio dużej ilości kalorii w pożywieniu¹⁷. Liczne badania pokazują, że zmniejszenie ilości kalorii w pożywieniu, duży bieżący wysiłek fizyczny, obciążenie intensywnym treningiem w okresie przedpokwitaniowym, a także stres psychiczny powodują upośledzenie metabolizmu i cyklu reprodukcyjnego¹⁸.

Zapobieganie występowaniu tego negatywnego zjawiska powinno obejmować postępowanie edukacyjne w celu zwiększenia świadomości w zakresie prawidłowego żywienia i wysiłkowego funkcjonowania organizmu sportowców. Powinno być ono zaplanowane i przeprowadzane w każdym środowisku sportowym zagrożonym ryzykiem wystąpienia zespołu triady zaburzeń – łaknienia, miesiączkowania i gęstości mineralnej kości. W istocie, w przeciętnie realizowanej aktywności sportowej dobrze zaplanowany i realizowany wysiłek fizyczny połączony z prawidłowo skomponowaną dietą zapewnia na ogół wystarczającą ilość wszystkich niezbędnych składników pokarmowych. Jednak w sporcie wyczynowym ze względu na większe zapotrzebowanie energetyczne oraz wykorzystanie przez organizm w metabolizmie wysiłkowym większej ilości makro i mikroelementów zleca się suplementacja stosowanej diety¹⁹.

Zainteresowanie właściwym wspomaganie żywieniowym sportowców wpłynęło na mój późniejszy udział w badaniach związanych z suplementacją diety jabłczanem kreatyny oraz z kontrolą wskaźników wydolności fizycznej i składu ciała. Badania realizowane były

¹⁷Reinking M.F., Alexander L.E. Prevalence of disordered-eating behaviours in undergraduate female collegiate athletes and nonathletes. *J Athl Train* 2005; 1: 47-51.

¹⁸Gittes E.B. In training session. The female athlete triad. *J Pediatr Adolesc Gynecol* 2004; 17: 363-5.

¹⁹Sterkowicz S., Tyka A.K., Chwastowski M., Sterkowicz-Przybycień K., Tyka A., Kłys A.: The effect of training and creatine malate supplementation during preparation period on physical capacity and special fitness in judo contestants. *J Int Soc Sports Nutr* 2012; 9, 41.

wśród lekkoatletów i udokumentowane w pracy zatytułowanej **„Effect of creatine malate supplementation on physical performance, body composition and selected hormone levels in sprinters and long-distance runners”** (IF= 0,814; MNiSW= 15), autorstwa: Tyka A.K., Chwastowski M., Cisoń T., Palka T., Tyka A., Szygula Z., Pilch W., Strzała M., Cepero M. *Acta Physiologica Hungarica*, 2015, 102: 114-122. Celem pracy była obserwacja zmian wskaźników wydolności fizycznej oraz poziomu hormonów w następstwie stosowania kontrolowanego treningu i suplementacji diety, które mogą być podstawą do poprawy osiągnięć sportowych.

Eksperyment ten przeprowadzono wśród biegaczy sprinterów w okresie 6-tygodniowej suplementacji preparatem jabłczanu kreatyny. Korzyścią mogącą przemawiać za racjonalnym uzupełnieniem diety sportowców tym preparatem było uzyskanie podniesienia poziomu wskaźników anaerobowej komponenty wydolności fizycznej mierzonej w cykloergometrycznym teście Wingate. Odnotowano też wzrost masy ciała, w tym masy szczupłej – LBM, jak i tłuszczu, ponadto w surowicy krwi zmierzono podniesiony poziom hormonu wzrostu podczas testu stopniowanego z pomiarem $\dot{V}O_2$ max.

W pływaniu sportowym coraz wyższy stopień wytrenowania organizmu człowieka w ujęciu długofalowym można szacować i w sposób klarowny zaprezentować dzięki wykorzystaniu metod statystycznych. Modelowanie predykcyjne z wykorzystaniem szeregow czasowych na przykładzie pływania zostało zrealizowane w artykule autorstwa Stanula A., Maszczyk A., Roczniok R., Pietraszewski P., Ostrowski A., Zając A., Strzała A., pt.: **„The Development and Prediction of Athletic Performance in Freestyle Swimming”** (IF=0,458), opublikowanym w czasopiśmie *Journal of Human Kinetics*, 2012, 32: 97–107. Podstawą analiz było zebranie rezultatów finalistów każdej z konkurencji stylu dowolnego kobiet i mężczyzn (50, 100, 200, 400, 800, 1500 metrów), które odbywały się podczas Igrzysk Olimpijskich w latach 1952-2008. Dla potrzeb analizy rozwoju danej konkurencji stylu dowolnego wykonywano szereg analiz, między innymi obliczenia indeksów o podstawie stałej i zmiennej, dla wyników uzyskanych przez ośmiu finalistów podczas igrzysk olimpijskich, następnie dokonywano wyboru funkcji trendu. Ponieważ model szeregu czasowego jest opisowym modelem dynamicznym, do weryfikacji zbudowanych modeli wykorzystano badanie istotności parametrów strukturalnych i losowości reszt, a także badanie autokorelacji składnika losowego. Należy wspomnieć, że analizy te wykonywano rozpatrując dystans wszystkich konkurencji, gdzie wyznaczono współczynniki zbieżności informujące o jakości dopasowania zbudowanych modeli do danych empirycznych, a do prognozowania

wyników sportowych na kolejne igrzyska wykorzystano metody średniej ruchomej oraz regresji liniowej i nieliniowej.

Przedstawione analizy rozwoju oraz prognozy wyników pływania stylem dowolnym ujawniły powstanie ciekawych tendencji, zarówno u kobiet jak i u mężczyzn oraz w relacji między płciami. U kobiet zaobserwowano występowanie większej dynamiki progresji wyników w porównaniu do mężczyzn. Ponadto kobiety w miarę zwiększania się dystansu pływania sukcesywnie zmniejszały różnicę w uzyskiwanym czasie pływania dzielącą je od mężczyzn. Zarówno wśród kobiet jak i mężczyzn zaobserwowano podczas kolejnych igrzysk zmniejszanie się różnic pomiędzy złotym medalistą a ostatnim zawodnikiem finału, co świadczy o wyrównującej się rywalizacji, a tym samym o rozwoju tej dyscypliny sportu.

Analizę skupiającą się na postępie uzyskiwanych wyników w zależności od przyjętej strategii dystrybucji tempa pływania w poszczególnych segmentach dystansu przeprowadzono w publikacji zatytułowanej **„Rozkład tempa pływania na dystansie 200 m stylem dowolnym w latach 2000–2012”** autorstwa Stanuła A., Strzała M., Ostrowski A., Niegot M., Sadowski W. Badania nad taktyką wyścigu pływackiego najlepszych zawodników prowadzone są w celu tworzenia modelu pomagającego wyjaśniać niektóre mechanizmy osiągnięcia mistrzostwa sportowego. Wyniki analiz rozkładu tempa mogą posłużyć do ustalenia różnic w taktyce pokonania dystansu przez najlepszych zawodników na świecie oraz weryfikować wpływ przyjmowanej taktyki na uzyskanie rezultatu końcowego^{20,21}. Materiałem do badań było zebranie czasów przebiegu poszczególnych odcinków konkurencji 200 m stylem dowolnym uzyskanych przez ośmiu najlepszych pływaków podczas Igrzysk Olimpijskich w latach 2000–2012.

W przeprowadzonych analizach stwierdzono, że finaliści w tej konkurencji na przestrzeni 12 lat (zarówno kobiety, jak i mężczyźni) wykazują progresję uzyskiwanej średniej prędkości na poszczególnych odcinkach wyścigu. Pierwszy odcinek 50 m w kolejnych igrzyskach olimpijskich przepływany był coraz szybciej. Dodatkowo wyższe tempo rozpoczęcia wyścigu zostaje lepiej utrzymane, a nawet wykazano zdolność do wykonania finiszu pozwalającego na osiągnięcie prędkości najbardziej zbliżonej do drugiego z czterech odcinków 50 metrowych, lecz rzadko kiedy go przewyższającego.

²⁰Skorski S., Faude O., Caviezel S., Meyer T. *Reproducibility of competition pacing profiles in elite swimmers*. Int J Sports Physiology and Performance 2014; 9: 217-225.

²¹Skorski S., Faude O., Abbiss C., Caviezel S., Wengert N., Meyer T., *Influence of pacing manipulation on performance of juniors in simulated 400 m swim competition*. Int J of Sports Physiology and Performance 2014; 9: 819-826.

Rozpatrując miejsca medalowe igrzysk olimpijskich w konkurencji stylu dowolnego na dystansie 200 metrów należy podkreślić, że najlepsi zawodnicy byli zdolni pokonywać odcinek czwarty z prędkością większą aniżeli prędkość drugiego odcinka. U mężczyzn zaobserwowano ponadto nieznaczny wzrost prędkości na pierwszej połowie dystansu w porównaniu do wcześniejszych startów, ale prędkości osiągnięte na trzecim i czwartym odcinku były w kolejnych igrzyskach znacznie wyższe. Kobiety podczas Igrzysk w Sydney oraz Atenach utrzymywały podobny poziom prędkości zachowując identyczną taktykę. Do zwiększenia prędkości pływania doszło dopiero podczas Igrzysk w Pekinie.

Rolę treningu w kształtowaniu mechanizmów adaptacyjnych w nurkowaniu swobodnym przedstawiono w pracy autorstwa Ostrowski A., Strzała M., Stanula A., Juskiewicz M., Pilch W., Maszczyk A., pt. „**The role of training in the development of adaptive mechanisms in freedivers**” (IF=0,458) opublikowanej w czasopiśmie *Journal of Human Kinetics* 2012, 32: 197–210. Czas wstrzymania oddechu i odporność na ciśnienie wody to dwa główne wyzwania, które towarzyszą nurkowaniu ekstremalnemu z zatrzymanym oddechem, zwanym freedivingiem. W czasie nurkowania z zatrzymanym oddechem na pływalni w konkurencjach statycznych i dynamicznych nurkowie narażeni są na stopniowo zwiększającą się hipoksję i hiperkapnię, natomiast podczas nurkowania w głąb na wodach otwartych ze względu na zwiększające się ciśnienie hydrostatyczne wywołujące wyższe ciśnienie cząstkowe O_2 – dodatkowo na hiperoksję²². W czasie wynurzenia się z dużych głębokości, przy szybkiej redukcji ciśnienia hydrostatycznego powodującego rozszerzenie płuc, może wystąpić utrata przytomności. Czołowi freediverzy są w stanie wytrzymać pod wodą z zatrzymanym oddechem długi czas, kiedy to nasycenie krwi O_2 może zmniejszyć się do 50% w stosunku do normalnego, przy równoczesnym, wyraźnym wzroście ciśnienia parcjalego CO_2 ²³. Świadczy to o rozwoju mechanizmów adaptacyjnych umożliwiających zarazem funkcjonowanie niedotlenionego organizmu i również spowolniających zużycie O_2 , a także zwiększających zapasy O_2 ²⁴. W trakcie nurkowania mechanizmy te uruchamiają się, zabezpieczając nurkującego przed uszkodzeniem mózgu czy wystąpieniem omdlenia²⁵.

²²Muth C.M., Radermacher P., Pittner A., Steinacker J., Schabana R., Hamich S., Paulat K., Calzia E. Arterial blood gases during diving in elite apnea divers. *Int J Sports Med*, 2003; 24: 104–107.

²³Ferretti G. Extreme human breath-hold diving. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84: 254–271.

²⁴Joulia F., Lemaitre F., Fontanari P., Mille M.L., Barthelemy P. Circulatory effects of apnea in elite breath-hold divers. *Acta Physiol (Oxf)* 2009; 197: 75–82

²⁵Dujic Z., Uglesic L., Breskovic T., Valic Z., Heusser K., Marinovic J., Ljubkovic M., Palada I. Involuntary breathing movements improve cerebral oxygenation during apnea struggle phase in elite divers. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109: 1728–1735.

Na podstawie szerokiego przeglądu literaturowego omówiono rolę treningu w kształtowaniu odruchów nurkowych we freedivingu, szczególnie w układzie krążeniowo-oddechowym. Uwagę poświęcono reakcji hormonalnej wywołanej stresem spowodowanym specyficznym wysiłkiem w czasie nurkowania z zatrzymanym oddechem, w konsekwencji wydzielaniem czynnika krwiotwórczego erytropoetyny oraz katecholamin – neurotransmitterów usprawniających wysiłkowe funkcjonowanie organizmu. Przybliżono między innymi zjawisko nazywane efektem śledzionowym – wyciśnięcie z niej do obiegu krwionośnego znacznej ilości gęstej od erytrocytów krwi, co określa się jako część odruchów nurkowych. Ten efekt występuje równocześnie ze skurczem naczyń obwodowych, centralizacją krwi oraz bradykardią²⁶.

Częste poprawianie wyników rekordowych w ostatnich kilkunastu latach świadczy z jednej strony o postępach uzyskiwanych w nurkowaniu z zatrzymanym oddechem, a z drugiej – zróżnicowane tempo poprawy osiągnięć w poszczególnych konkurencjach wskazuje na istniejące rezerwy przystosowawcze układu krążeniowego, oddechowego i odporności na zwiększające się wraz z rosnącą głębokością nurkowania ciśnienie. Dostrzeżenie tej dynamicznej poprawy osiągnięć we freedivingu było przyczynkiem do ich analizy wśród kobiet i mężczyzn w zależności od wymienionych powyżej uwarunkowań. Dociekania te zostały przedstawione w pracy pt.: **„Analiza rekordów świata we freedivingu jako wskaźnika potencjału adaptacyjnego człowieka do nurkowania z zatrzymanym oddechem”** autorstwa Ostrowski A., Juskiewicz M., Strzała M., Mucha D., Stanula A., (MNiSW=4) opublikowanej w czasopiśmie Wychowanie Fizyczne i Sport, 2012, 56: 5–10. Materiał do przeprowadzonej analizy stanowiły wyniki rekordów świata we freedivingu w latach 1993–2009, a z nich wybrano te, które stanowiły rekord w okresie 5-letnim (w latach: 1994, 1999, 2004 oraz 2009), w kategorii kobiet i mężczyzn, z uwzględnieniem 8 konkurencji. Poszczególne konkurencje analizowano według możliwości adaptacyjnych człowieka w zakresie czasu wstrzymania powietrza, ciśnienia wody i wysiłku fizycznego w wodzie. Stwierdzono, iż rekordy świata we freedivingu były wielokrotnie poprawiane we wszystkich konkurencjach. Mężczyźni osiągalni lepsze rezultaty niż kobiety, u nich też w większości przypadków występowała większa poprawa osiągnięć. Dalsza analiza wyników wykazała największą zdolność adaptacyjną organizmu do wstrzymania powietrza w konkurencjach wymagających wysiłku fizycznego (wytwarzanie napędu), a najmniejszy

²⁶ Espersen K., Frandsen H., Lorentzen T., Kanstrup I.L., Christensen N.J. The human spleen as an erythrocyte reservoir in diving-related interventions. J Appl Physiol 2002; 92: 2071–2079

w pokonywaniu rosnącego ciśnienia wody wraz ze zwiększającą się głębokością (bez wytwarzania napędu).

Ad 2. Bezpieczeństwo w rekreacji i sportach wodnych.

Posiadanie wysokiego poziomu umiejętności pływackich oraz chęć niesienia pomocy innym skłania wielu młodych ludzi do uczestniczenia w istniejącym w Polsce systemie ratownictwa wodnego. Ta wysoce humanitarna działalność realizowana jest w sposób zorganizowany przez członków Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (WOPR). Organizacja ta, powołana jako stowarzyszenie użyteczności publicznej, ma za zadanie ograniczenie liczby nieszczęśliwych wypadków poprzez niesienie pomocy bezpośredniej. WOPR zajmuje się szkoleniem kadr ratowniczych i zabezpieczeniem miejsc wykorzystywanych do kąpieli, pływania i uprawiania innych sportów wodnych. Ponadto poza dobrze zorganizowanym sprawnym wykonywaniem akcji ratowniczych podejmowane są działania prewencyjne. Rzetelne ich przeprowadzanie skłania do badań wyjaśniających przebieg różnych przypadków utonięć oraz wykonywania analiz statystycznych utonięć. Poznanie okoliczności tych zdarzeń ma na celu uświadomienie społeczeństwu niebezpieczeństw pojawiających się w czasie uprawiania sportów i rekreacji wodnej, jak też wskazywanie na sposoby ich unikania. Szczególną uwagę zwraca się na odpowiednie zabezpieczenie podnoszące bezpieczeństwo w czasie uprawiania różnych form sportów wodnych. Niemniej należy pamiętać, iż pływanie i wszystkie inne wodne formy aktywności człowieka nierozzerwalnie wiążą się z ryzykiem przypadków utonięć. Doświadczenie związane z tym obszarem, zgromadzone dzięki społecznej pracy w WOPR sprawiły, że podejmowałem pracę badawczą również w tym zakresie. Przełożyło się to na stworzenie publikacji (wymienionych w przypisach), w których skupiłem się na takich zagadnieniach jak:

- rola WOPR w bezpiecznym uprawianiu sportów wodnych ^{27,28,29,30,31,32,33}

²⁷ Ostrowski A., Kot W., Juskiewicz M., Strzała M. Rodzaje zatrudnienia ratowników WOPR. *Sporty Wodne i Ratownictwo*, nr 4/2010 - 1/2011: 33–42.

²⁸ Ostrowski A., Juskiewicz M., Strzała M., Stanula A., Ziara W. Ocena działalności Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratowniczego w latach 2003-2012 na tle zachodzących zmian społecznych. Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI century: II edycja / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy, Walery Żukow; University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE) Bydgoszcz University of Economy, 2013; 116–128.

- bezpieczeństwo jako podstawowy warunek aktywności w środowisku wodnym.
34,35,36,37,38,39,40

²⁹ Ostrowski A., Juskiewicz M., Stanula A., Strzała M., Ambroży T. Bariery rozwoju ratownictwa wodnego w Polsce związane z systemem szkolenia. *Securitologia*, 2011; 1: 78–95.

³⁰ Ostrowski A., Strzała M., Ambroży T., Mucha D., Bornikowska A., Ocena systemu ratownictwa wodnego z elementami nurkowania w Polsce. *Logistyka* 2014; 6: 14522-14537.

³¹ Stanula A., Strzała M., Ostrowski A., Sadowski W. Trafność i rzetelność testów umiejętności ratowniczych. Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI Century : III edycja. T. 1, Ratownictwo / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy. University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE). - Bydgoszcz : University of Economy, 2015; 20-35.

³² Ostrowski A., Strzała M., Juskiewicz M., Stanula A., Skaliy A. Szkolenie ratowników wodnych na tle zmieniających się uwarunkowań prawnych. Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI Century : III edycja. T. 1, Ratownictwo / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy. University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE). - Bydgoszcz : University of Economy, 2015. - S. 101-128.

³³ Stanula A., Strzała M., Ostrowski A., Kula A. Ilościowa oraz przyczynowa analiza wypadków utonięć w Polsce w latach 2005-2014. Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI Century : III edycja. T. 1, Ratownictwo / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy. University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE). - Bydgoszcz : University of Economy, 2015; 165-176.

³⁴ Ostrowski A., Ambroży T., Mucha D., Juskiewicz M., Strzała M. Safety in yachting and motor boating. Security and Dimensions, Socio-Legal Studies = Zeszyt Naukowy / "Apeiron" Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego w Krakowie, 2012; 8: 120–137.

³⁵ Ostrowski A., Juskiewicz M., Strzała M., Zieliński G. Niebezpieczeństwa dla zdrowia i życia podczas nurkowania z zatrzymanym oddechem w wodach mórz tropikalnych. *Medycyna Praktyczna* 2011; 9: 91–102.

³⁶ Ostrowski A., Głodzik J., Strzała M., Juskiewicz M., Stanula A., Konieczny G., Ciepeliowski T., Pastuszek-Głodzik P. Człowiek za burtą. *Medycyna Praktyczna* 2012; 7–8: 113–118.

³⁷ Stanula A., Strzała M., Ostrowski A., Jędrus M., Kula A. Wpływ pogody na liczbę wypadków utonięć w Polsce w 2012 roku. Ratownictwo wodne, sport pływacki i kultura fizyczna w teorii i praktyce = Water Rescue Service, Swimming and Physical Culture in the Theory and Practice. T. 2 / Red. nauk. Waldemar Moska, Stanisław Przybylski, Dariusz Skalski. - Gdańsk : Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, 2015; 86-98.

³⁸ Ostrowski A., Strzała M., Skaliy A. Nurkowanie w ratownictwie wodnym. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki, 2015; 222 s.

³⁹ Stanula A., Ostrowski A., Strzała M., Skalski D., Willem M., Kula A. Analiza skuteczności posługiwania się rzutką siatkową przez ratowników wodnych. W: Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI Century : IV edycja, Ratownictwo i sporty wodne / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy. University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE). - Bydgoszcz: University of Economy, 2017, s. 7-22.

⁴⁰ Ostrowski A., Strzała M., Stanula A., Skaliy A., Kula A., Makowiec M. Waloryzacja łodzi patrolowych stosowanych na polskich śródlądowych i przybrzeżnych obszarach wodnych. W: Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku = State, prospects and development of rescue, physical culture and sports in the XXI Century : IV edycja, Ratownictwo i sporty wodne / red. Marek Napierała, Aleksander Skaliy. University of Economy in Bydgoszcz, Voluntary Water Rescue Service (WOPR Poland), International Life Saving Federation of Europe (ILSE). - Bydgoszcz: University of Economy, 2017, s. 23-39.

5.3. Udział w programach badawczych:

Projekt w ramach prowadzenia badań własnych w Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie: **„Uwarunkowania morfo-funkcjonalne wyników sportowych 16 – 21 letnich zawodników w pływaniu stylem klasycznym z uwzględnieniem zaawansowania technicznego i obciążeń fizycznych”**. Moja rola: kierownik projektu oraz wykonawca. Nr projektu: 262/KTiMSW/2010.

Projekt w ramach prowadzenia badań statutowych Instytutu Sportu w Akademii Wychowania fizycznego w Krakowie. **„Analiza ruchu w pływaniu stylem klasycznym młodych pływaków oraz wpływ wybranych wskaźników techniki ruchu oraz właściwości somatycznych na osiąganą przez nich szybkość pływania”**. Moja rola: kierownik projektu oraz wykonawca. Nr projektu: 57/BS/IS/2014.

Projekt Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu "Rozwój Sportu Akademickiego" **„Właściwości morfologiczne i funkcjonalne organizmu oraz wskaźniki techniki pływania i ich wpływ na wyniki sportowe pływaków”**, przyznany dla Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie, realizowany w okresie 07.04.2015 do 06.04.2017 r.,. Moja rola: kierownik projektu oraz wykonawca. Nr projektu: N RSA3 01453.

5.4. Staże naukowe

Staż dydaktyczno-naukowy w Katedrze Sportu w Instituto Politecnico de Braganca, Portugalia w ramach programu Erasmus – *Teaching Staff Mobility*, w dniach 16.05.2016 do 20.05.2016.

5.5. Udział w konferencjach naukowych

- IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku”. Bydgoszcz: Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy, Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe, International Life Saving Federation of Europe, 9-11.06.2017. Publikacje pełnotekstowe:

1. „Analiza skuteczności posługiwania się rzutką siatkową przez ratowników wodnych” (The analysis of effectiveness of using throw line with a ball by professional lifeguards);
 2. „Waloryzacja łodzi patrolowych stosowanych na polskich śródlądowych i przybrzeżnych obszarach wodnych” (Valorization of the patrol boats used on polish inland and coastal waters).
- 5-th International Scientific Conference Motor Control 2016 – Bridging motor control and biomechanics: V Międzynarodowa Konferencja Naukowa Motor Control 2016 – Łączenie obszarów kontroli motorycznej oraz biomechaniki; Department of Human Motor Behavior, Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education in Katowice; Wisła 14-16.09.2016. Publikacja pełnotekstowa: „Pacing strategy in swimming on distance of 200 m freestyle in the years 2000–2012”.
 - II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Ratownictwo wodne, sport pływacki i kultura fizyczna w teorii i praktyce” = „Water Rescue Service, Swimming and Physical Culture in the Theory and Practice. Rowy (woj. pomorskie): Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, 25–26.09.2015. Publikacje pełnotekstowe:
 1. „Wpływ pogody na liczbę wypadków utonięć w Polsce w 2012 roku” (The impact of weather on the number of drowning accidents in Poland in 2012);
 2. „Rozkład tempa pływania na dystansie 200 m stylem dowolnym w latach 2000–2012” ; (Distribution of swimming pace on a distance of 200 m Freestyle in the years 2000–2012).
 - III Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku”. Bydgoszcz: Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy, Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe, International Life Saving Federation of Europe, 12-14.06.2015. Publikacje pełnotekstowe:
 1. Szkolenie ratowników wodnych na tle zmieniających się uwarunkowań prawnych (Lifeguard training of water on the background of changing legal);
 2. Ilościowa oraz przyczynowa analiza wypadków utonięć w Polsce w latach 2005–2014 (Quantitative and casual analysis of drowning accident in Poland between 2005–2014);
 3. Trafność i rzetelność testów umiejętności ratowniczych (Accuracy and reliability of tests rescue skills).

- II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Stan, perspektywy i rozwój ratownictwa, kultury fizycznej i sportu w XXI wieku”. Bydgoszcz: Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy, Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe, International Life Saving Federation of Europe, 14-15.06. 2013. Publikacja pełnotekstowa:
- 1. „Ocena działalności Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego w latach 2003-2012 na tle zachodzących zmian społecznych” (Assessment of Voluntary Lifeguard in years 2003-2012 on the background of social changes).

5.6. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

- Acta of Bioengineering and Biomechanics, liczba prac: **1**, czasopismo znajdujące się w bazie JCR, IF = 0,914;
- European Journal of Sport Science, liczba prac: **1**, czasopismo znajdujące się w bazie JCR, IF = 2,690;
- Motor Control, liczba prac: **1**, czasopismo znajdujące się w bazie JCR, IF = 0,750;
- International Journal of Sports Physiology and Performance, liczba prac: **2**, czasopismo znajdujące się w bazie JCR, IF = 2,654;
- Adaptive Medicine, liczba prac: **1**

5.7. Praca w charakterze eksperta

Praca w roli eksperta odbywała się w projekcie „Doctus – Małopolski fundusz stypendialny dla doktorantów”, realizowanym przez Małopolskie Centrum Przedsiębiorczości w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Celem mojej pracy było dokonywanie oceny merytorycznej wniosków o przyznanie stypendiów złożonych przez doktorantów.

5.8. Wynalazki i wzory użytkowe

Złożono wniosek w Urzędzie Patentowym RP na udzielenie patentu na wynalazek pt.:

Nożne urządzenie napędowe jednostki pływającej, zwłaszcza łodzi

Zgłoszenie oznaczono numerem: P.421435

Zgłaszający: Andrzej Ostrowski, Marek Strzałka Arkadiusz Stanula, Olexander Skaliy, Marek Makowiec

A handwritten signature in blue ink, reading "Marek Strzałka". The signature is written in a cursive, flowing style.