



**Akademia Wychowania Fizycznego**  
**im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu**  
Wydział Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji

**Karolina Perz**

**Uwarunkowania precyzji zadawania trafień  
w szermierce**

ROZPRAWA DOKTORSKA

Promotor:  
dr hab. Magdalena Krzykała  
Promotor pomocniczy:  
dr Mateusz Witkowski

Poznań, 2022

## Spis treści

<b>Wykaz skrótów przyjętych w pracy</b> .....	4
<b>Rozdział I Problematyka badawcza w świetle literatury</b> .....	5
1.1 Szermierka - charakterystyka dyscypliny .....	6
1.1.1 Szermierka - historia dyscypliny .....	7
1.1.2 Zasady walk szermierczych .....	10
1.2 Precyzja - obszar definicyjny .....	19
1.2.1 Znaczenie precyzji w sporcie .....	20
1.2.2 Znaczenie precyzji w szermierce .....	22
1.3 Uwarunkowania precyzji zadawania trafień w szermierce .....	23
1.3.1 Czynniki somatyczny .....	24
1.3.2 Czynniki funkcjonalny (motoryczny) .....	30
1.3.3 Dominacja funkcjonalna kończyn górnych (ręczność) .....	37
<b>Rozdział II Metodologiczne podstawy badań własnych</b> .....	46
2.1 Cel pracy .....	46
2.2 Pytania badawcze i hipotezy .....	46
2.3 Materiał i metody badawcze .....	47
2.4 Metody analizy statystycznej .....	58
<b>Rozdział III Wyniki badań własnych</b> .....	59
3.1 Somatyczne uwarunkowania precyzji zadawania trafień .....	59
3.2 Funkcjonalne (motoryczne) uwarunkowania precyzji zadawania trafień .....	71
3.2.1 Sprawność manualna rąk a precyzja zadawania trafień .....	72
3.2.2 Siła dłoni a precyzja zadawania trafień .....	74
3.2.3 Równowaga a precyzja zadawania trafień .....	77
3.2.4 Czas reakcji a precyzja zadawania trafień .....	78
3.3 Typ ręczności a precyzja zadawania trafień .....	81

<b>Rozdział IV Dyskusja i wnioski</b> .....	84
<b>Bibliografia</b> .....	97
<b>Spis tabel</b> .....	124
<b>Spis rycin</b> .....	126
<b>Streszczenie</b> .....	127
<b>Summary</b> .....	129
<b>Załączniki</b> .....	131

## Wykaz skrótów przyjętych w pracy

- BIA - Bioelectrical impedance analysis
- TBW - Total Body Water
- BMI - Body Mass Index
- CUN - Centralny układ nerwowy
- FIE - International Fencing Federation
- ISO - Międzynarodowa Organizacja Normalizująca
- LBM - Lean body mass
- $M_p$  - średnia arytmetyczna danej cechy u zawodniczek praworęcznych
- $M_l$  - średnia arytmetyczna danej cechy u zawodniczek leworęcznych
- $X_R$  - wielkość badanej cechy na prawej kończynie
- $X_L$  - wielkość badanej cechy na lewej kończynie

Przedstawione powyżej skróty przyjęto jako niezmiennie w całej pracy.

## Rozdział I Problematyka badawcza w świetle literatury

*„Jak już powiedziałem, cała tajemnica szermierki polega na tym, aby trafić i samemu nie być trafionym. Jak już wykazałem poprzedniego dnia, metodą pogładową, nie można być trafionym, jeżeli się wie, jak usunąć broń przeciwnika z pola trafienia. To zależy tylko od małego ruchu nadgarstka do linii zewnętrznej lub wewnętrznej.”*

Moliere, „Mieszczanin szlachcicem”, 1670

Zacytowane określenie szermierki przez wielkiego komediopisarza znakomicie oddaje istotę tego sportu. Szermierka jest jednym z najbardziej utylitarnych dyscyplin na świecie. Określić ją można jako sztukę władania „białą bronią”, w której istotę stanowi zadanie przeciwnikowi trafienia pchnięciem lub cięciem, przy jednoczesnym unikaniu trafienia z jego strony (Czajkowski 1987). Zalety szermierki polegają na pielęgnowaniu tradycji, jak również na jej wielkiej roli wychowawczej i zdrowotnej (Alvaro 2003).

Władanie „białą bronią” znane było człowiekowi od zarania dziejów oraz przez wieki było najważniejszym sposobem walki stosowanym przez narody i armię. Gdy podczas wojen zaczęto powszechnie stosować broń palną, a szable, szpady i rapiery stały się elementem ozdobnym lub ceremonialnym, wówczas popularne stały się pojedynki.

Szermierka charakteryzuje się także wysokim dynamizmem akcji, wymaga od zawodników podejmowania decyzji w bardzo krótkim czasie i często w szybko zmieniających się warunkach zewnętrznych. Wyrabia wiele cennych nawyków, poprzez kierowanie broni doskonalą się zmysł dotyku i usprawnia wybitnie czucie mięśniowo – ruchowe (Czajkowski 1987). Ćwiczenia szermiercze i walka wyrabiają zbornosć ruchów całego ciała, gibkość, zręczność, zwinność oraz umiejętność utrzymania równowagi. Zważywszy na fakt, iż szermierkę można uprawiać z powodzeniem od dzieciństwa do wieku dojrzałego, czyni ją to wysoce atrakcyjnym, pożytecznym i wszechstronnym sportem (Evangelista 2000, Czajkowski 2006). Zawodnicy z większym doświadczeniem nadrabiają dojrzałymi pomysłami taktycznymi pozwalającymi ukazać cały kunszt nabyty przez wieloletni trening, natomiast młodzi nadrabiają wytrzymałością.

Walki ze względu na swą różnorodność i złożoność techniczną, zajmują w hierarchii dyscyplin wyjątkowo wysoką pozycję. Rywalizacja wymaga od zawodnika wysokiego poziomu przygotowania motorycznego (Borysiuk i wsp. 2020, Łuczak i Jaroszewski 2016,

Piepiora i wsp. 2017). Fechtunek związany jest ze znacznym wysiłkiem psychomotorycznym – wymaga wyjątkowej precyzji ruchów i celności trafień. Walka szermiercza charakteryzuje się szybko zmieniającymi się sytuacjami i dużą różnorodnością akcji. W przygotowaniu technicznym bardzo istotne jest nauczanie i doskonalenie nawyków czuciowo-ruchowych, co jest uzupełniane przygotowaniem taktycznym, na bazie którego wcześniej wyuczone i doskonalone umiejętności są celowo stosowane w walce sportowej. Kształtowane jest również wyczucie zaskoczenia, spostrzegawczość, wybór właściwych działań oraz ich wykorzystanie z przeciwnikami reprezentującymi różnorodny styl i taktykę. Na wyższym poziomie sportowym autorytatywność obejmuje połączenie techniki i umiejętności techniczno-taktycznych, opierając się na procesach psychicznych postrzegania, uwagi oraz podejmowania decyzji, które podczas bezpośredniej walki umożliwiają wykonywanie wszystkich posunięć związanych z taktyką w ataku i w obronie. Na technikę walki w szermierce składa się przede wszystkim: poruszanie się po planszy, atak i obrona (Skoczeń 2016). Aby przyswoić sobie wyżej wymienione elementy, obligatoryjny jest wysoki poziom koordynacji ruchowej. Szermierka zaliczana jest do dyscyplin koordynacyjnych, do osiągnięcia sukcesu wymagane jest więc posiadanie oprócz koordynacji ruchowej, także takich cech, jak antycypacja ruchów przeciwnika, sprawność procesów decyzyjnych, a także duży zakres złożonych ruchów (Naglak 1991). Szermierka wymaga przejawiania od zawodników najwyższego, tj. trzeciego poziomu koordynacji ruchowej, a więc wykonywania elementów technicznych dokładnie (precyzyjnie), błyskawicznie i w zmieniających się warunkach (Starosta 1990).

## **1. Szermierka - charakterystyka dyscypliny**

Szermierka opiera się na zdolnościach szybkościowych i koordynacyjnych (Roi i Bianchedi 2008). To elitarny sport, w którym szybkość jest najistotniejsza. Z cech psychicznych silna wola ustanawia zasadniczą cechę, która również pozytywnie wpływa na wytrwałość w pracy i podtrzymuje chęć walki w czasie natarć z przeciwnikiem. Intelpekt, błyskotliwość i cechy psychiczne mają znaczący wpływ na wynik walki (Bodeński i wsp. 2000).

Ćwiczenia szermiercze nie wymagają kosztownych urządzeń, boisk i nie są uzależnione od pory roku. Szermierczymi mistrzami mogą być zarówno zawodnicy wysocy, niscy oraz średniej wysokości ciała, praworęczni, jak i leworęczni, ostrożni, ryzykanci oraz

przedstawiciele różnych szkół szermierczych (Czajkowski 2004). Dla szermierza niezbędne jest rozwijanie i doskonalenie szeregu cech fizycznych, psychicznych oraz techniki. W nowoczesnej, bardzo dynamicznej szermierce umiejętność prowadzenia broni, umiejętności taktyczne i wytrzymałość nie wystarczą, by zwyciężyć walkę. Przygotowanie motoryczne i fizyczne ciała są potrzebne do opanowania postawy szermierczej. Obecnie skuteczny sposób walki polega na ekonomicznych i poprawnych ruchach, w których pracują tylko niezbędne mięśnie. Sukces w szermierce będzie zależeć od zdolności pokonania przeciwnika, zarówno fizycznie, jak i psychicznie (Fenu 2016). Jakość podejmowanych decyzji zawsze bowiem zależy od tego, co przeciwnik zamierza zrobić. Bycie dobrym szermierzem oznacza zatem bycie niezwykle spostrzegawczym i skutecznym w rozpoznawaniu wzorców w działaniach przeciwnika. Mowa tu o antycypacji, która umożliwia przewidywanie czasu i miejsca skutecznie zachowując się na boisku a tym samym w konsekwencji odnosząc sukces. (Starosta 1990, Gierszewska 1994). Wymaga jednocześnie inteligencji ruchowej i umiejętności taktycznego myślenia, związanego z tzw. czuciem sprzętu, którym może być piłka, ringo, a w przypadku szermierki broń (florety, szabla, szpada) (Starosta i Wangryn 2012). Jest to jeszcze trudniejsze, ponieważ to, w jaki sposób zareaguje przeciwnik, będzie również zależeć od tego, jak szermierz prowadził broń wcześniej w meczu (obaj szermierze zawsze starają się dostosować do stylu i strategii drugiego). To jest powód, dla którego szermierka nazywana jest często przez trenerów „fizycznymi szachami”.

## **1.1. Szermierka - historia dyscypliny**

Szermierka przez stulecia rozwijała się, przechodząc rozmaite przeobrażenia pod wpływem różnych kultur i tradycji. Począwszy od starożytności (Egipt, Rzym, Grecja) aż do XX wieku ustawicznie zmieniały się rodzaje, jak również budowa broni. Były to: kopia, miecz, rapier hiszpański i włoski, tarcza, floret ćwiczebny, lewak, szpada dworska oraz szabla (Raciborski 1894, Czajkowski 1987). Wojownicy średniowieczni używali przeważnie mieczów siecznych (Barnim 1996). Z początkiem XIX wieku zaczęto używać tzw. rapieru okresu przejściowego. Była to lżejsza broń, która dała początek szpadzie dworskiej. Była ona bronią pojedynkową i wyjątkowo niebezpieczną, nawet podczas ćwiczeń (Zabłocki 1989), dlatego podjęto decyzję o wprowadzeniu do ćwiczeń nowej broni, jaką był floret. W walkach floretowych obowiązywały zasady umowne odnoszące się do pola trafień i wyższości jednych



akcji nad drugimi. Z czasem floret zyskał status odrębnej broni. To z kolei doprowadziło głównie dzięki mistrzowi Baudry'emu do powstania szpady ćwiczebnej, a ta z kolei dała początek szpadzie sportowej (Varnum 1996).

Zwycięstwo w walce początkowo w dużej mierze zależało od celności oraz od siły ciosu, którym należało rozbić zbroję przeciwnika, o sukcesie zaś decydowała siła. Ewolucyjnie następował rozwój techniki i taktyki, doskonaliła się metodyka nauczania. Utworzono wiele szkół oraz ośrodków szermierczych, powstało wiele traktatów oraz podręczników fechtunku. W XVI i XVII wieku bractwa szermiercze były już wszechobecne. Wielcy mistrzowie francuscy byli fechtmistrzami „bojowymi” i twierdzili, że szybkość i precyzja są najbardziej istotnymi czynnikami mającymi wpływ na powodzenie w szermierce (Szajna 2015).

Od połowy XVIII wieku dostrzeżono w szermierce walory rekreacyjne, jak również rozrywkowe. Traktowanie ćwiczeń jako rodzaju aktywności służącej rozrywce dało na przełomie XIX i XX wieku początek nurtowi sportowemu w szermierce (Castle 1970). Uprawianie fechtunku stało się łatwiejsze m.in. dzięki wdrożeniu ochronnych masek. Zapewniały one ćwiczącym komfort, bezpieczeństwo i umożliwiły dynamizację techniki. Zawodnicy wykonywali dzięki temu ruchy pewniejsze, szybsze oraz znacznie bardziej złożone. Od czasu, gdy broń biała zeszła z pól bitewnych, stała się rozrywką kształtującą ducha i ciało. Zdecydowanie częściej urządzano pokazy i turnieje szermiercze. Nie ulega wątpliwości, że ogromny wpływ na przemiany w technice i taktyce w szermierce polskiej w II Rzeczypospolitej wywarły kontakty Polaków m.in. z szermierzami z Austrii, Węgier, Włoch oraz z Francji. Dominujący wpływ odegrały zatem szkoły: włoska i węgierska zaadaptowane do potrzeb polskich zawodników (Łuczak 2009). Ponadto nastąpił dynamiczny rozwój teorii, metodyki i taktyki szermierczej (Łuczak 2009). Po drugiej Wojnie Światowej wielu wybitnych fechtistrzów zaczęło tworzyć kluby szermiercze nowego, sportowego typu. Odtąd powstawały związki szermiercze, a w miejsce dotychczasowych pokazów zaczęto organizować zawody szermiercze.

Regulaminem prowadzenia zawodów szermierczych oraz ich organizacją zajmuje się Międzynarodowa Federacja Szermiercza (Federatom Internationale Escrime), która powstała w 1913 r. w Paryżu (Nawrocki 1966). W 1922 roku we Lwowie powołano Polski Związek Szermierczy. Sport szermierczy rozwijał się jednak znacznie wcześniej. W Wilnie w 1886 r. powstało Towarzystwo Szermierzy, we Lwowie w 1891 r. Lwowski Klub Szermierzy, a w Krakowie w latach 1900 – 1914 w oddziale szermierczym działały Towarzystwa Gimnastyczne Sokół (Szajna 2001). Regulamin walki szermierczej został przyjęty w 1908 roku i zatwierdzony przez Federację Szermierczą w 1914 roku. W 1988 roku wprowadzono

rejestrwanie trafień przy pomocy aparatu elektrycznego. W połowie XX wieku opisywano teorię i praktykę szermierki na szpady, która oddawała wiernie ducha pojedynku.

Technika i taktyka ówczesnej szpady respektowała główne zasady: trafić, samemu nie będąc trafionym oraz dać przeciwnikowi takie pchnięcie, aby z jego strony nie było już zagrożenia trafieniem. Ważne było również bezpieczeństwo i krycie (Czajkowski 2001). Zwieńczeniem sportowych przemian w białej broni była obecność szermierki w programie pierwszych Igrzysk Olimpijskich ery nowożytnej w Atenach w 1896 r. (Newsham 2013). Kobiety zadebiutowały podczas Igrzysk Olimpijskich w Paryżu w 1924 r. Przez wiele lat floret był jedyną bronią, w jakiej rozgrywano konkurencję szermierczą kobiet (floret, jako broń lekka, dawniej ćwiczebna, był prawdopodobnie postrzegany jako bardziej odpowiedni dla „płci słabszej”, choć na igrzyskach olimpijskich i tak pojawił z 28-letnim opóźnieniem wobec konkurencji mężczyzn) (Łuczak i Jaroszewski 2014).

Do dziś szermierka pozostaje w elitarnym gronie pięciu dyscyplin, w których zawody rozgrywane są na wszystkich współczesnych Igrzyskach Olimpijskich dla kobiet i mężczyzn w trzech konkurencjach: florecie, szpadzie i szabli. Biorąc pod uwagę możliwość wyboru trzech broni, każdy może zająć się konkurencją, która najbardziej odpowiada jego cechom psychofizycznym (Szajna 2001, Łuczak i Jaroszewski 2014) oraz predyspozycjom psychicznym. Dzięki temu możliwe jest dostosowanie stylu walki do osobowości i temperamentu zawodnika. Konieczność wykorzystania odmiennych stylów walki w konkretnej sytuacji wymaga od zawodnika między innymi połączenia umiejętności własnej inicjatywy z umiejętnością wykorzystania posiadanych informacji oraz zrozumienia zależności istniejących w sytuacji walki szermierczej, co pozwala na świadome, właściwe zachowania szermierzy w walce (Bandach 2000).

Na całym świecie zawody odbywają się w kategoriach głównie związanych z wiekiem, płcią oraz rodzajem i stopniem niepełnosprawności. Również Polska, począwszy od Szkoły Rycerskiej założonej w 1764 roku w Warszawie, kształtuje swoje tradycje w tej dyscyplinie sportu, czego dowodem jest choćby możliwość organizacji międzynarodowych zawodów sportowych o wysokiej randze (Łuczak 2002).

## 1.2. Zasady walk szermierczych

Celem walki sportowej jest zadanie przeciwnikowi większej liczby trafień w umownym odcinku czasu, samemu nie będąc trafionym (Czajkowski 1987). Walki rozgrywane są zarówno w turniejach indywidualnych, jak i drużynowych (drużyny trzyosobowe). Jak wspomniano wcześniej szermierka rozgrywana jest w trzech konkurencjach: florecie, szabli i szpadzie.

Floret sportowy jest zaliczany do broni kolnej. Broń składa się z klingi (brzeszczotu, głowni, żelaza), kosza (gardy) oraz rękojeści. Na jej końcu znajduje się punta, której wciśnięcie z siłą ponad 500 g w czasie zadawania pchnięcia zamyka obwód elektryczny i rejestruje trafienie za pomocą aparatu sędziowskiego. Do gardy przytwierdzony jest uchwyt, który jest trzymany w ręku. Może mieć on różne kształty: francuski – długa, prosta rączka pokryta gumą, belgijski – krótka rączka wyrobiona do kształtu ręki (najczęściej używana) (ryc.1) oraz włoski – długa i prosta rączka, starsza wersja francuskiej posiadająca dwa bolce. Trafienia przeciwnika we florecie zadaje się poprzez pchnięcia.



Ryc.1 Floret z rączką belgijską

Źródło: [www.elsior.com](http://www.elsior.com)

Fechtunek na florecy jest umowny. Oznacza to, że w walce obowiązują zasady umowne dotyczące pola trafienia i pierwszeństwa działań. Trafienie nieważne, poza polem trafienia nie jest liczone, ale unieważnia następne działanie, zgodnie z zasadami konwencji. Konwencja oznacza pierwszeństwo jednych akcji szermierczych przed innymi akcjami, czyli przy

obopólnych trafieniach punkt otrzymuje zawodnik, który wykonał „uprzywilejowaną akcję”. Podstawowe zasady konwencji to (Castle 1970, Czajkowski 1984, Witkowski 2016):

- Natarcie ma pierwszeństwo przed przeciwnatarciem
- Zasłona i odpowiedź (by znieść pierwszeństwo natarcia, należy się obronić)
- Pierwszeństwo linii przed natarciem

Maksymalna długość floretu wynosi 110 cm, a jego masa nie powinna być większa niż 500 g. W niższych kategoriach wiekowych stosowane są krótsze klingi oznaczone jako 0, 1, 2, dzięki czemu florety są lżejsze i ułatwiają prowadzenie walki przez dzieci. Trafienia rozgrywa się pchnięciem, umieszczając koniec broni (tzw. puntę) na polu trafienia. Ważnym polem trafienia jest cały tułów (ryc.2).



Ryc.2 Oznaczone pole trafień we florecie

Źródło: Archiwum Mateusza Witkowskiego

W trakcie walki na florety (ryc.3) zabronione jest zasłanianie ważnego pola trafienia ręką nieuzbrojoną i maską, która nie stanowi ważnej części pola trafienia. W praktyce wielokrotnie obserwuje się przewinienie w postaci zasłaniania pola trafienia ramieniem lub ręką nieuzbrojoną. Za tego rodzaju przewinienie sędziowie zobligowani są do karania żółtą kartką zawodnika. Dwie żółte kartki otrzymane w jednej walce skutkują otrzymaniem trafienia karnego (Czajkowski 1991).



Ryc.3 Walka na florety

Źródło: Archiwum Mateusza Witkowskiego

Kolejnym rodzajem broni jest szpada (ryc.4). Wykształciła się ona na zachodzie Europy w pierwszej poł XVII wieku. Powszechna w użyciu była w XVII-XIX wieku. Była bronią wyższych oficerów oraz urzędników (Bernolank 1898). Do szermierki sportowej szpada została wprowadzona znacznie później niż floret, ponieważ dopiero w latach osiemdziesiątych XIX wieku. Zmiany dokonał fechtmistrz paryski Ambroise Baudry. Obecnie szpada stosowana jest jako broń sportowa w szermierce (Czajkowski 1991). Konkurencja ta jest prowadzona w duchu prawdziwej walki pojedynkowej i jest bardzo często wybierana przez młodych adeptów.



Ryc.4 Szpada z uchwytem francuskim

Źródło: [www.elsior.com](http://www.elsior.com)

W szpadzie umownym polem trafień jest całe ciało przeciwnika (ryc.5). Regulamin walki szermierczej został przyjęty w 1908 roku, a następnie zatwierdzony przez Federację Szermierczą w 1914 roku. Trafienia zawodnik zadaje pchnięciem, umieszczając koniec broni (tzw. puntę) na polu trafienia. Punta szpadowa działa pod wpływem nacisku większego niż 750 g. W szpadzie użytkuje się najczęściej dwa rodzaje rękojeści: francuską oraz anatomiczną (belgijską). W sporcie używana jest szpada, która waży 750 g, a jej długość to 110 cm. W niższych kategoriach wiekowych stosowane są krótsze klingi.



Ryc.5 Oznaczone pole trafień w szpadzie

Źródło: Archiwum Mateusza Witkowskiego

W trakcie walki szpadą nie obowiązuje konwencja (ryc.6). Wszystkie akcje są „równe”. Wystarczy trafić, aby zawodnik zdobył punkt. Przy trafieniach obopólnych zawodnicy otrzymują punkt.





Ryc.6 Walka na szpady

Źródło: <https://eurosport.tvn24.pl/>

Szabla to jednosieczna, długa broń biała o zakrzywionej głowni, przeznaczona głównie do cięcia, choć niektóre jej konstrukcje umożliwiały wykonywanie pchnięć. Dawniej szabla posiadała trzy typy rękojeści: otwartą, półotwartą oraz zamkniętą. Używana od starożytności po XX wiek w Europie, popularyzowała się pod wpływem kontaktów z ludami Wschodu. W XVI wieku wykształcił się typ szabli polskiej wywodzącej się pośrednio od szabli wschodniej, a bezpośrednio od węgierskiej. Powszechna była w użyciu do II Wojny Światowej. Obecnie służy jako broń boczna i paradna, a także jako broń sportowa w szermierce. Szabla sportowa (ryc.7) składa się z klingi, kosza, rękojeści oraz nakrętki. Kosz jest skonstruowany w taki sposób, aby mógł chronić dłoń przed cięciami ze strony przeciwnika.



Ryc.7 Szabla płaska kompletna. Klinga węgierska.

Źródło: [www.elsior.com](http://www.elsior.com)

Całkowita długość szabli nie powinna przekraczać 105 cm, a jej masa nie powinna być większa niż 500 g. Długość samej klingi szablowej nie powinna przekraczać 88 cm. W zależności od wieku walczących stosuje się krótsze klingi (Czajkowski 1991). Trafienia zadaje się głównie cięciami oraz (rzadko) pchnięciami. Ważne pole trafienia to tułów od pasa w górę oraz ręce i głowa (ryc.8). Podczas walki obowiązuje konwencja.



Ryc.8 Oznaczone pole trafień w szabli

Źródło: Archiwum Mateusza Witkowskiego

Konkurencje walki sportowej poza rodzajem broni różnią się ważnym polem trafienia: w szpadzie jest to całe ciało, we florecie wyłącznie tułów, natomiast w szabli – tułów, kończyny oraz głowa. Dwie pierwsze to bronie wyłącznie kolne, którymi zadaje się tylko pchnięcia (osadzenie końca broni na polu trafienia przeciwnika). Szabla zaś, jest bronią sieczno-kolną, w której trafienia zadawane są za pomocą cięć, jak i pchnięć. Ponadto konkurencje te różnią się między sobą zasadami sędziowania.

Trafienie w szabli podczas walki (ryc.9) zalicza się zawodnikowi zgodnie z konwencją tak, jak we floretach. Trafienia w szabli zadaje się cięciem lub pchnięciem (różnica czasowa nie większa niż 40 ms).





Ryc.9 Walka na szable

Źródło:

<https://www.gazeta.pl/0,0.html?mtpromo=enc02qhrmpup536udraocblesrjdxsifjficroc2jemjnqd2qgsjmudrqmcb1gt2igxjmkdyig2ri#e=MtLp1>

W szermierce niezmiernie ważne jest opanowanie właściwej postawy szermierczej oraz sposobu poruszania się po planszy. Postawa szermiercza to postawa pewności, odwagi wyczekiwania, staranna pozycja wyjściowa dla działań zaczepnych, obronnych lub przeciwnatarć (Clery 1964). Typowa postawa powinna osłaniać zawodnika przed wszystkimi natarciami prostymi. Ramię uzbrojone powinno być nieznacznie ugięte i bardzo luźne, przedramię natomiast w położeniu mniej więcej poziomym między odwróceniem a nawróceniem, z lekką „przewagą” odwrócenia. Koniec szpady powinien być wycelowany na kosz przeciwnika, stopy rozmieszczone od siebie, w przybliżeniu na zakres dwóch swoich stóp, lekko ugięte w stawach kolanowych, w celu ułatwienia szybkiego i płynnego poruszania się po planszy bądź wykonania rzutu albo wypadu. Prawidłowa postawa pozwala zawodnikowi na naturalne i szybkie poruszanie się po planszy oraz sprawne przejście z działań obronnych do działań zaczepnych lub zaczepno-obronnych (Clery 1964).

Prowadzeniem walki, sprawdzaniem broni i sprzętu osobistego zawodników oraz rozstrzygnięciem pierwszeństwa działań zajmuje się uprawniony do tego sędzia. Ponadto w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa błędów arbitra od 2008 roku na zawodach najwyższej rangi wprowadzono obowiązek rejestrowania walk za pomocą systemu kamer wideo. Dzięki temu,

na prośbę zawodnika, sędzia może obejrzeć powtórkę spornej akcji na monitorze i zmienić podjętą wcześniej decyzję (Witkowski i wsp. 2020).

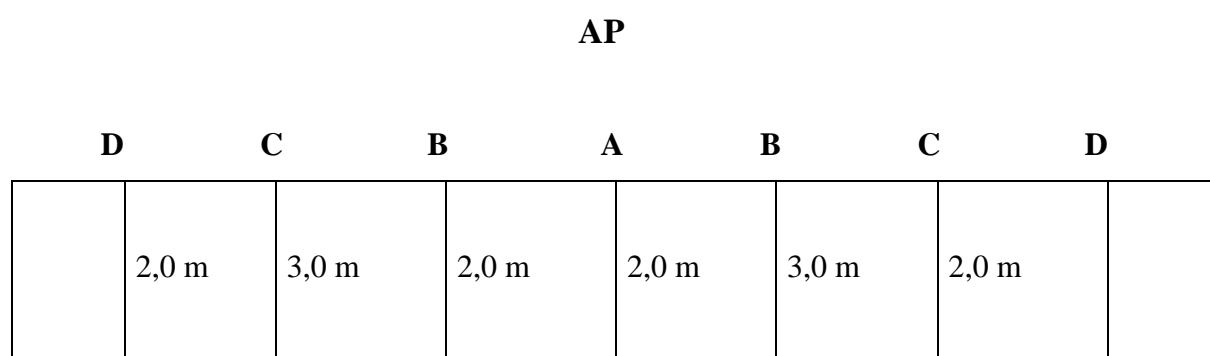
Oficjalnym międzynarodowym językiem, który obowiązuje w świecie szermierki jest język francuski. W tym języku następuje komunikacja między zawodnikami oraz między nimi a sędzią. Najczęściej stosowane i wydawane przez arbitrów pojedynków polecenia to: *en garde* (postawa szermiercza), *prêts* (gotowi), *allez* (naprzód), *halte* (stój), *touche* (trafienie). Szermierz, który nie przestrzega przepisów, może zostać ukarany przez sędziego upomnieniem ustnym, żółtą (ostrzegawczą) lub ostatecznie czerwoną kartką. Przyznanie czerwonej kartki (często na skutek popełnienia tego samego przewinienia po raz drugi) skutkuje przyznaniem trafienia dla przeciwnika. Sędziowie za niesportowe zachowanie mogą również karać zawodników kartką. Od roku 2019 sędziowie mogą stosować kary za walkę pasywną (Witkowski i wsp. 2020).

Reguły przyznawania punktów różnią się w rozgrywanych konkurencjach. W szpadzie, gdy obaj zawodnicy trafią się równocześnie - przy różnicy czasowej nie większej niż 0,2 sek. (tzw. trafienie obopólne, dubel) - trafienie zalicza się obu zawodnikom. W szpadzie obowiązuje reguła, kto trafi pierwszy, ten otrzymuje punkt. W szabli i florecie obowiązuje tzw. konwencja, czyli zasady umowne. Oznacza to na przykład, że zawodnik wykonujący natarcie ma pierwszeństwo w zadaniu trafienia przed zawodnikiem wykonującym przeciwnatarcie. Natarcie zawodnika traci pierwszeństwo na koszt odpowiedzi, po uprzednim jego sparowaniu zasłoną (Witkowski i Łuczak 2016).

Zawodnicy stosują zasady „etykiety szermierczej”, które uczą zasad fair-play oraz prowadzenia czystego i pozbawionego oszustwa współzawodnictwa (Łukiewicz 1998). Fair play oznacza poważanie osoby, szacunek i przyjaźń ducha sportowego. Jest sposobem myślenia, nie tylko zachowaniem, czymś więcej niż prostym przestrzeganiem reguł gry (Ciupag i wsp. 1986). Dla postępowania moralnego w sporcie ważniejsze jest przestrzeganie ducha, a nie litery prawa (Przyłuska i Fiszer 1990). Szermierka uznawana jest za elegancki sport wymagający uważności i dbania o bezpieczeństwo swoje oraz innych walczących. Rywalizacja sportowa przebiega według reguł obowiązujących wszystkich uczestników, w której stawką jest poszanowanie godności ludzkiej, równość wobec prawa oraz etyka osobistego wyróżnienia się przeniesiona na współczesne boisko z historycznej tradycji olimpijskiej (Łuczak i Jaroszewski 2014). Na sukces w walce ma niewątpliwie wpływ praktyczne odtworzenie zachowanych działań, które są zgodne z etyką sportową radykalnie stawiającą znak równości między postępowaniem moralnym godnym prawdziwego sportowca a ideałem moralnym w innych sytuacjach życiowych (Leśniak-Moczuk 2017). Szermierka uczy również szacunku

dla przegrywających, udzielania pomocy oraz stosowania się do reguł i regulaminów powszechnie uznawanych i akceptowanych (Geisser i Reyer 2004). Etyka sportowa traktowana jest jako popularny wyraz moralności, broni ideologii czystego sportu i wzoru moralnego sportowca, jako rzecznika idei fair play (Ciupak 1986). Z uwagi na złożoność znajduje swoje odbicie m.in. w wielkości czasu potrzebnego do uzyskania przez szermierza mistrzowskiego poziomu oraz trudności określenia jednoznacznych uwarunkowań efektywności działania sportowego w tej dyscyplinie (Schwarcz 2012).

Walki szermiercze odbywają się na ograniczonym polu zwanym planszą (ryc.10).



**S**

*Legenda: AP – aparat szermierczy; S – sędzia; A – linia wyznaczająca środek planszy (linia środkowa); B – linia, na której stoją zawodnicy w postawie szermierczej (linia wyjściowa); C – linia wyznaczająca ostatnie 2 metry planszy; D – linia wyznaczająca koniec planszy (linia końcowa).*

Ryc.10 Plansza szermiercza

Źródło: opracowanie własne

Według przepisów Międzynarodowej Federacji Szermierczej wymiary planszy wynoszą: szerokość 1,5 do 2,00 m długość 14 m. Na polu walki znajdują się: linia środkowa (A), dwie linie wyjściowe (B) (tu zawodnicy rozpoczynają walkę oraz ją wznowiają po zaliczonym przez sędziego trafieniu) oraz dwie linie ostrzegawcze (C) znajdujące się w odległości 2 metrów od linii końcowych (D). Przed i po walce zawodnicy, stojąc na liniach wyjściowych, prezentują przywitanie szermiercze będące pozdrowieniem przeciwnika, ale również jest to przywitanie publiczności i sędziego. Walkę sędziuje arbiter za pomocą aparatu elektrycznego. Sędzia (S) w pierwszej kolejności daje komendę „gotowi”, na którą zawodnicy stają w postawie szermierczej na liniach wyjściowych. Dopiero na kolejną komendę „naprzód” zawodnicy rozpoczynają walkę. Arbiter po zakończonej akcji dokonuje analizy (AP)

i w zależności od sytuacji przyznaje punkty. Zawodnicy po zakończonej walce stają na liniach wyjściowych i dokonują „ukłonu szermierczego”, podając sobie „nieuzbrojone” ręce.

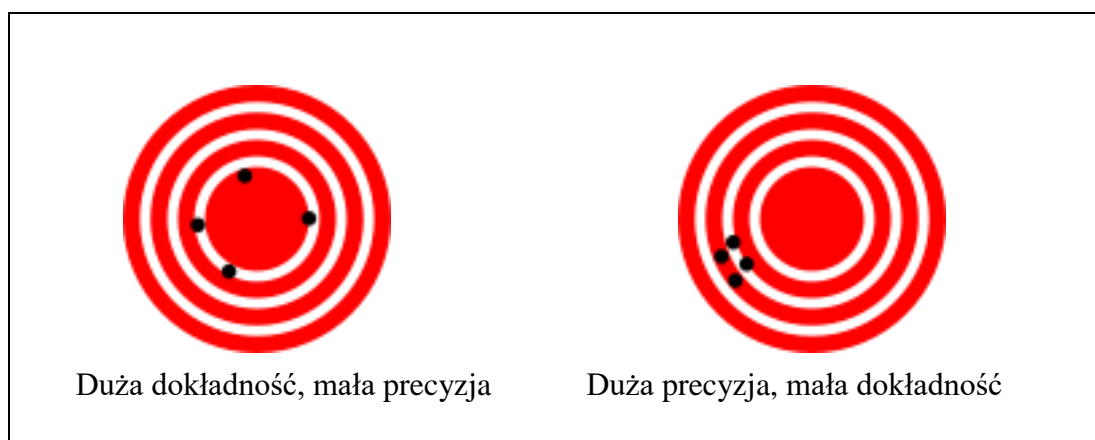
Do sędziowania walk szermierczych używany jest aparat elektryczny, który rejestruje zadane trafienia lub cięcia na zasadzie zamknięcia obwodu elektrycznego (Witkowski i wsp. 2019). Zawodnicy przystępujący do walki szermierczej muszą mieć atestowany przez FIE (w zależności od kategorii wiekowej) biały strój szermierczy, plastron, przewód osobisty, kamizelkę metalizowaną (florety i szable), maskę, rękawicę oraz odpowiednią broń (szpadę, szablę lub floret) (Łuczak i Jaroszewski 2014). Aparat szermierczy sygnalizuje trafienie w każdej broni. Szermierz walczący w szpadzie zdobywa punkt, gdy pierwszy zada celne trafienie lub gdy zawodnicy walczący zadadzą je w tym samym czasie. We florecie aparat szermierczy sygnalizuje trafienia w ważne pole (kamizelka elektryczna, światło kolorowe) oraz pole nieważne (światło białe). Jego wprowadzenie zrewolucjonizowało szermierkę, doprowadziło do gwałtownych zmian w technice szermierczej i ułatwiło prowadzenie walki przez sędziego. Regulaminem prowadzenia zawodów szermierczych zajmuje się Międzynarodowa Federacja Szermiercza, która powstała w 1913 r. w Paryżu (Nawrocki 1966).

## **2. Precyzja - obszar definicyjny**

Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO, 1994) określa definicję precyzji, jako spójność wyników przy powtarzaniu pomiarów. Dokładne wartości różnią się od siebie przypadkowym błędem, który jest formą błędu obserwacji. Precyzja to powtarzalność pomiaru. Jest to stopień zgodności wartości rzeczywistej ze średnią arytmetyczną wyników. Precyzyjność określa staranność. Dokładność i precyzja to dwa ważne czynniki, które należy wziąć pod uwagę podczas wykonywania pomiarów danych. Precyzja pomiaru – jest to zbieżność zachodząca pomiędzy wskazaniem lub wartościami wielkości otrzymanymi przy powtarzaniu pomiarów, zmierzonymi na tych samych obiektach w określonych warunkach z wielokrotnych pomiarów tej samej wielkości. Precyzja i dokładność pomiaru są od siebie niezależne. Dokładność oznacza wynik, który jest bliski wartości referencyjnej lub inaczej nazwana wartością prawdziwą bądź prawdziwą wielkością. Dokładność odnosi się do stopnia rozproszenia wyników. Im mniejsze rozproszenie, tym większa dokładność.

O dokładności można myśleć w kategoriach trafienia w tarczę. Dokładne trafienie oznacza, że jest się blisko celu nawet, jeśli wszystkie znaki znajdują się po różnych stronach środka. Precyzyjne trafienie w cel oznacza, że wszystkie trafienia są blisko siebie nawet, jeśli

są bardzo daleko od środka celu (ryc.11). Pomiary, które są precyzyjne i dokładne, są również powtarzalne i bardzo bliskie prawdziwym wartościom.



Ryc. 11 Różnica pomiędzy dokładnością a precyzją

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Dokładność\\_i\\_precyzja\\_metody\\_pomiaru](https://pl.wikipedia.org/wiki/Dokładność_i_precyzja_metody_pomiaru)

Precyzją nazwać można również zdolność do kontrolowania ruchu w danym kierunku lub z daną intensywnością, co ułatwia przejęcie kontroli i możliwość natychmiastowej reakcji. Aby to osiągnąć, potrzebna jest moc eksplozywna, siła, wytrzymałość, ale także koordynacja i zwinność. U ich podstaw leży dokładność. Pomimo tego, iż dokładność jest bardzo podobna do precyzji, definiowana jest w następujący sposób: „dokładność wskazuje bliskość wyników pomiaru do prawdziwej wartości, podczas gdy precyzja jest miarą powtarzalności, czyli odtwarzalności pomiaru” ( <https://sportresilience.com/accuracy/>).

Zgodnie z Wielkim Słownikiem Ortograficznym PWN precyzja to: „dokładność i staranność w wykonywaniu czegoś”, a w badaniach asymetrii motorycznej (funkcjonalnej), precyzja ruchu rozumiana jest jako szybkość oraz dokładność wykonywania zadania ruchowego (Olex-Zarychta 2010). W pracy precyzja rozumiana będzie jako dokładne, celne pchnięcie bronią w ściśle określone pole trafienia.

### 1.2.1 Znaczenie precyzji w sporcie

W każdej dyscyplinie sportu zawsze jest zwycięzca, którym może być albo osoba, albo cała drużyna. Jednym z najważniejszych czynników decydujących o sukcesie sportowca jest

precyzja i dokładność wykonania pewnych określonych działań. W sporcie ważne jest, aby trafić w konkretny cel – na przykład w tarczę albo podać precyzyjnie, bezbłędnie piłkę w ściśle określone miejsce (Kumar i wsp. 2017, Finnoff i wsp. 2002). Umiejętność ta jest niezwykle ważna, ponieważ często decyduje o zajęciu ostatecznego miejsca w rankingu. Naturalnie w niektórych sportach precyzja jest bardziej istotna, a w innych nieco mniej. Na pewno jednak jest specyficzna dla danej dyscypliny i oznaczać może nieco inne działanie.

W dyscyplinach indywidualnych precyzja jest czynnikiem mogącym zagwarantować sukces bądź przyczynić się do porażki (Michaluk 2011, Flama 2015, Kurzawski 2016, Nowak 2017). Dokładne podanie determinuje wynik sportowy, na przykład w tenisie ziemnym. Dla tenisisty dokładność oznacza perfekcyjne podanie bądź bezbłędny serw. Roger Federer, wybitny szwajcarski tenisista, jest powszechnie znany z precyzyjnych podań. W snookerze z kolei, bardzo wymagającej grze, wymaga się od zawodnika dużej precyzji, która jest związana z siłą uderzenia. Im mocniej się uderza, tym mniejsza precyzja. Przy bardzo dużym stole, bardzo małych bilach i małych kieszeniach, spadek precyzji o 1 mm na bili, przekłada się na 5 cm straty, biorąc pod uwagę cały stół. Ciekawe, że w tej dyscyplinie coraz powszechniejsze staje się granie przeciwną, niedominującą ręką, tj. praworęczny zawodnik gra swoją lewą ręką, co może mieć na celu podniesienie precyzji dokładności wykonywania ruchów ręką dominującą. W golfie istotna jest koordynacja i precyzja, które budowane są na powtarzalności i właściwej, bezpiecznej technice ruchu. Precyzja w tej dyscyplinie polega na wbiciu piłeczki do dołka za pomocą specjalnego kija (Libkuman i wsp. 2002, Kumar i wsp. 2021, Kong i wsp. 2021). Dla zawodnika uprawiającego łucznictwo precyzja i dokładność oznaczać może z kolei każdorazowo trafienie w „dziesiątkę” (Kolayis i wsp. 2014). Strzelectwo sportowe również wymaga obok zdyscyplinowania i opanowania, także precyzji i dokładności. Precyzja w strzelaniu, poprzez wykonanie dobrego strzału, wymaga pewnej rutyny. W przypadku młodych, jak i doświadczonych strzelców wpływa na ostateczny wynik (Martiskainen i wsp. 2008). Autor książki pt. *Pływanie droga do doskonałości* – Jim Montgomery – poświęca cały drugi rozdział precyzji, co podkreśla jej ogromne znaczenie w tej dyscyplinie sportu. Potwierdza to Rowdy Gaines – trzykrotny złoty medalista olimpijski w pływaniu, podkreślając, że precyzja jest kluczem do doskonałości i lepszych wyników w tej dyscyplinie (Montgomery i Chambers 2008).

Precyzja jest również istotna w grach zespołowych, na przykład w piłce nożnej. Będzie się ona objawiać zdolnością do uderzenia piłki w ściśle zaplanowany obszar bramki (Finnoff i wsp. 2002). Cristiano Ronaldo został uznany podczas Mistrzostw Świata w 2018

roku za najbardziej „celnego” napastnika. Już sama ta kategoria wskazuje na znaczenie tej umiejętności w osiągnięciu sukcesu (<https://sportresilience.com/accuracy/>). Bache i Orellana (2014) podkreślają rolę precyzji ruchu w piłce siatkowej, która charakteryzuje się wysoką dynamiką, szybką zmianą sytuacji oraz wyjątkową precyzją działań technicznych. Odróżnia ją od innych gier to, że odbicie piłki nie trwa dłużej niż ułamek sekundy i musi być wykonane w sposób wyjątkowo precyzyjny. W przypadku tancerzy natomiast ich precyzja i umiejętności techniczne zapewniają efekt estetyczny tańca zespołowego, a co za tym idzie, finalnie wpływają na wynik zawodów tanecznych (Snelewska - Stempień 2009).

Trenerzy zwracają dość dużą uwagę na precyzję i dokładność, starając się doskonalić te umiejętności u zawodników podczas jednostek treningowych, na przykład poprzez zlecenie wielokrotnego powtarzania tej samej czynności oraz naukę skupienia (koncentracji) w trakcie jej wykonywania (<https://sportresilience.com/accuracy/>). Jest to ważne, ponieważ jak wykazano w badaniach, w sportach wymagających dużej precyzji wykonywania ruchów, istnieje korelacja pomiędzy czynnikami morfologicznymi, motorycznymi i fizjologicznymi a wynikiem sportowym. Ich wyższy poziom może przyczynić się do sukcesu w tych dyscyplinach (Loh i wsp. 2019).

## **1.2.2 Znaczenie precyzji w szermierce**

Wyniki badań dotyczących precyzji w szermierce przedstawił Jean-Francois Stein (2008) podczas Międzynarodowego Kongresu Nauki i Techniki w Szermierce odbywającego się w Barcelonie w 2008 r. Mówił wówczas o perspektywie szeregu działań, które zostały podjęte na elitarnych francuskich zawodnikach w zakresie analizy czynników mogących mieć wpływ na motorykę ruchu w zakresie precyzji wykonania celności. Zależności między czasem reakcji, czasem wykonania danego ruchu i dokładnością stanowią opis procesów programowania i kontroli ruchu oraz wdrożonych strategii. Na precyzję wpływa wiele czynników, na przykład rodzaj niepewności sportowca z prowadzoną bronią, zmęczenie po ćwiczeniach lub typ lateralizacji sportowca (Stein 2008).

Jak wynika z badań, precyzja ruchu w szermierce, a także czas reakcji, czas całej akcji szermierczej oraz orientacja przestrzenna decydują o osiągnięciu najwyższego poziomu sprawności zawodnika (Rokita i wsp. 2014). Szermierka wymaga także i rozwija umiejętność utrzymania równowagi podczas wykonywania szybkich, zróżnicowanych i precyzyjnych ruchów. Wymaga ścisłej koordynacji, a niekiedy całkowitej niezależności ruchów kończyn górnych i dolnych (Czajkowski 2011). Dyscyplina ta obliuguje do wysokiego poziomu

koordynacji celem osiągnięcia szybkości i dokładności (Sorel i wsp. 2019). Tak zwana wytrzymałość koordynacyjna zapewnia zawodnikom większą dokładność ruchu, która rozumiana jest w sporcie jako precyzyjne sterowanie przedmiotem, a w szermierce – bronią, w każdym momencie walki sportowej (Starosta 1990). Według Steina każda osoba przejawia tzw. kompromis między szybkością a dokładnością: im krótszy czas ruchu, tym niższa dokładność (Stein 2008). W przypadku elitarnych szermierzy interakcje przejawiają się różnym sposobem prowadzenia broni, które cechuje wysoka precyzja trafień (Azemar i wsp. 2008).

Witkowski wraz z grupą badaczy podjęli próbę określenia związku między zdolnością zachowania precyzji, kontroli ruchów i zmęczenia w szermierce. W badaniu wzięło udział 20 szermierzy, których podzielono na dwie grupy na podstawie poziomu ich zaawansowania sportowego. Grupa pierwsza składała się z czołowych zawodników Polski, członków kadr olimpijskich. Drugą grupę stanowili zawodnicy polskiej kadry szermierczej niebędący członkami kadry olimpijskiej. Wyniki badań pozwoliły zaobserwować podobne reakcje fizjologiczne organizmu na wzrost zmęczenia w obu grupach sportowców. Według autorów u wyczynowych szermierzy ćwiczenia fizyczne nie wpłynęły istotnie na zdolność do zachowania precyzji i kontroli ruchów. Ponadto szermierze wyczynowi charakteryzowali się większą precyzją podczas różnych etapów ćwiczeń w porównaniu do mniej sprawnych sportowców (Witkowski i wsp. 2019).

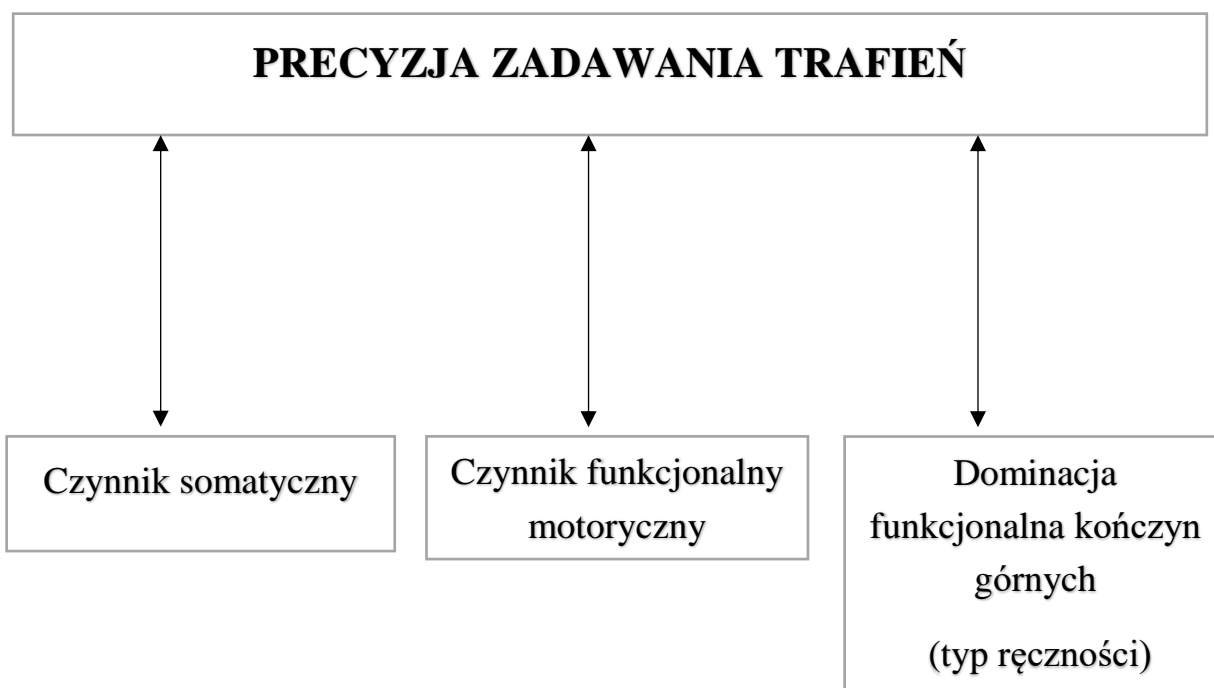
Przytoczone dane nie wyczerpują tematu, stąd w pracy podjęto badania, których celem jest identyfikacja związków wybranych czynników z precyzją zadawania trafień w szermierce.

### **1.3 Uwarunkowania precyzji zadawania trafień w szermierce**

W szermierce, podobnie jak w innych dyscyplinach sportu, osiągnięcie sukcesu zdeterminowane jest wieloma czynnikami (np. morfologicznymi, kondycyjnymi i koordynacyjnymi, biochemicznymi, fizjologicznymi itp.) (Roi i Bianchedi 2008). Z uwagi na złożoność problemu wciąż trwają poszukiwania zależności między nimi a wynikiem sportowym (Ulatowski 1996). W niniejszej pracy wzięto pod uwagę czynniki, które według wielu autorów (Starosta 1998, Witkowski 2019, Tomczak 2020) najbardziej wpływają na precyzję ruchu w tej dyscyplinie. Ręka to najbardziej wyspecjalizowany narząd w szermierce, szczególnie ważny przy nabywaniu umiejętności technicznych. Biorąc pod uwagę ten fakt, w przeprowadzonych badaniach uwzględniono typ ręczności zawodniczek. Uzyskane wyniki



będą mogły być użyteczne dla teorii i praktyki w szermierce. Badając uwarunkowania precyzji trafień, postanowiono zbadać także wpływ wybranych czynników morfologicznych i funkcjonalnych. Dążąc do uproszczenia tego zagadnienia, zaproponowano teoretyczny model uwarunkowań precyzji zadawania trafień w tej dyscyplinie sportu (ryc.12).



Ryc.12 Wybrane uwarunkowania precyzji zadawania trafień w szermierce

Źródło: Opracowanie własne

### 1.3.1 Czynnik somatyczny

Od czasu odczytu Marcela Maussa z 1935 roku na temat „sposobów posługiwania się ciałem” i wpływowej publikacji tegoż autora (Mauss 1935, za: Quitzau 2021) ciało oraz jego sprawczość znalazły się w sferze zainteresowania naukowców. Tak zwany „zwrot ku ciału” stał się pod koniec XX wieku ważnym trendem w antropologii, socjologii, a następnie także w historiografii (Clever i Ruberg 2014).

Znana jest rola czynnika morfologicznego, czyli budowy, proporcji oraz składu ciała w osiągnięciu sukcesu w sporcie (Drozdowski 1972, Carter i Moss 1984, Battinelli i Gleason 1990, Bloomfield i wsp. 1984, Krawczyk 1995, Pietraszewska 1998, Gabbet i Georgieff 2007,

Saha i Jaysawal 2015). Finalnie ukształtowane właściwości morfologiczne organizmu, w tym najbardziej pożądane proporcje składników ciała (masy ciała szczupłego, masy tłuszczowej i wody) są wynikiem tzw. „sportowej optymalizacji morfologicznej” (Norton 2001), które kształtują się pod wpływem wymogów danej dyscypliny sportu oraz są wynikiem selekcji. Optymalizacja morfologiczna daje zawodnikom przewagę, pozwalając reagować znacznie szybciej i działać znacznie efektywniej. Stąd czynnik morfologiczny jest w procesie selekcji sportowej brany pod uwagę, ponieważ oprócz doboru selekcja jest niezbędnym elementem na drodze wyłonienia kandydatów do uprawiania wybranej dyscypliny sportu i identyfikacji talentów (Kosendiak i wsp. 2007, Gil i wsp. 2007). Działania te mają na celu wyłonienie wybitnie utalentowanych jednostek mających predyspozycje do uprawiania danego sportu. Zasadniczo zaleca się, aby nabór oraz selekcja miały charakter etapowego procesu ukierunkowanego na stopniowe usuwanie z grupy osób nierokujących pozytywnie (Kosendiak 2007).

Trening sportowy ma silny wpływ na kształtowanie się budowy ciała i jej poszczególnych elementów. Badania wykazują, że typ budowy ciała sportowców wyjaśniać może w 25-65% wyniki prób sprawności fizycznej (Laubach i McConville 1969, Malina i Himes 1975). Wpływ czynników zewnętrznych (środowiskowych), do których zalicza się także trening, uznaje się za większą determinantę zróżnicowania w obrębie rozmiarów ciała niż uwarunkowania genetyczne (Johnston 1995, Roy i wsp. 1995, Johnston i Carroll 1998).

Chociaż sukcesy w zawodach sportowych były często kojarzone ze specyficzną dla danej dyscypliny budową ciała, dane takie dla szermierzy są ograniczone, niejednoznaczne i przedstawione głównie w celach opisowych, a jak wynika z badań, również w szermierce sukces jest zdeterminowany odpowiednim poziomem charakterystyk morfologicznych (Czajkowski 2011). Przede wszystkim podkreśla się znaczenie wymiarów długościowych (wysokości ciała, siągu ramion, długości kończyn), które mają szczególnie istotne znaczenie z uwagi na charakter gry (Barth i Beck 2007, Turner i wsp. 2014, Jagiełło i wsp. 2017).

Badania Tsolakisa i Vagenasa (2010) wykazały istotną zależność pomiędzy wysokością ciała, wysokością w pozycji siedzącej, masą ciała, a także grubością fałdów skórno-tłuszczowych pod dolnym kątem łopatki i nad mięśniem trójgłowym ramienia a uzyskiwanymi wynikami sprawności fizycznej szermierzy (18 kobiet i 15 mężczyzn) w wieku 19 lat, reprezentantów Grecji w tej dyscyplinie sportu. Przy podziale badanych na poziom zaawansowania sportowego, nie zaobserwowano jednak wyraźnego zróżnicowania między zawodnikami w parametrach somatycznych, co pozwala domniemywać, że rola czynnika morfologicznego, zdaniem autorów badań, nie jest tak znacząca jak przypuszczano (Tsolakis

i Vagenas 2010, Norjali i wsp. 2018). Odnotowano również brak różnic w somatotypie pomiędzy osobnikami w wieku 18-20 lat oraz powyżej 20 roku życia (Tsolakis i wsp. 2006). Podkreśla się raczej przewagę elementów technicznych, taktycznych i fizjologicznych, bez negowania roli czynnika morfologicznego w szermierce (Roi i Bianchedi 2008). Badania Ntai i wsp. (2017) wykazały z kolei dysproporcje w parametrach somatycznych między zawodnikami różnego poziomu sportowego, gdzie bardziej zaawansowani szermierze byli wyżsi i ciężsi.

Znaczący wpływ charakterystyk somatycznych na wynik w szermierce podkreślał Borysiuk (2001), szczególną rolę upatrując w odpowiedniej wysokości ciała twierdząc, że kobiety poniżej 160 cm i mężczyźni poniżej 170 cm wzrostu mają niewielkie szanse na wysokie osiągnięcia w tej dyscyplinie sportu. Tłumaczył to zależnością występującą pomiędzy efektywnością wybranych działań taktycznych a długością ramienia. Nie wykazał jednak istotnego związku pomiędzy masą ciała i jej składem a poziomem sportowym szermierzy. Ten sam autor wykazał również, że cechy somatyczne odgrywają szczególnie dużą rolę na początkowym etapie treningu, w szkoleniu specjalistycznym natomiast większego znaczenia nabierze technika oraz rozwój osobisty (Borysiuk 2006).

Znaczenie czynnika somatycznego potwierdzają badania światowej klasy szwedzkich szermierzy walczących szpadą w wieku 23 lat (21-30) o stażu zawodniczym wynoszącym 11,7 lat (6-17), którzy mierzyli przeciętnie 184 cm, co potwierdza, że cecha ta jest istotnym elementem budowy ciała w tej dyscyplinie (Wartenberg i wsp. 1991). W swoich badaniach Sterkowicz-Przybycień (2009) wykazała zaś, że zawodnicy uprawiający szermierkę są przeciętnie wyżsi (183 cm) w stosunku do populacji nieuprawiającej sport (169 cm). Są dodatkowo szczuplejsi i mają szerokie barki w stosunku do węższej talii (Ochoa i wsp. 2013, Norjali i wsp. 2018).

Wykazano, że w zależności od warunków fizycznych zawodnicy adaptują się pod konkretną strategię gry. Wysocy zawodnicy wykorzystują swoją wysokość ciała, a tym samym relatywnie dłuższe kończyny dolne do jednorazowego pokonywania większego dystansu, podczas gdy niżsi wydatkują więcej energii w szybkich ruchach wymagających większej zręczności (Roi i Bianchedi 2008).

Przeprowadzono także badania mające na celu określenie właściwości morfologicznych przedstawicielek polskiej reprezentacji szermierki. W badaniu wzięło udział 11 zawodniczek w wieku 16-22 lat. Grupę referencyjną stanowiło 153 studentów Politechniki Warszawskiej. Zmierzono dwadzieścia podstawowych charakterystyk somatycznych. Ujawniono istotną przewagę długości kończyny górnej nad dolną oraz wyraźną przewagę muskulatury

przedramienia. Specyficzne proporcje ciała sportowców uprawiających szermierkę są najprawdopodobniej spowodowane długoterminowymi efektami treningu, a także systemem selekcji osób o określonych przesłankach somatycznych opracowanym w trakcie wieloletniej praktyki treningowej (Pujszo 2020).

Inne badania miały na celu zidentyfikowanie charakterystyk somatycznych, sprawności fizycznej oraz koordynacji ruchowej, które dyskryminują medalistów i nie-medalistów w szermierce. W badaniach przekrojowych z lat 2010-2015 przebadano 83 młodych szermierzy (21 medalistów krajowych oraz 62 nie-medalistów) w wieku od 11 do 16 lat przy użyciu baterii testowej składającej się z czterech pomiarów antropometrycznych, dziewięciu prób sprawności fizycznej i trzech testów koordynacji ruchowej. Wyniki nie wykazały różnic między medalistami i nie-medalistami w badanych parametrach. Wiek chronologiczny wpłynął natomiast na prawie wszystkie wskaźniki antropometrii, sprawności fizycznej i koordynacji (Norjali i wsp. 2018).

Badając zróżnicowanie dymorficzne zawodników szermierki ustalono, że mężczyźni są wyżsi, mają większą masę ciała i dłuższe segmenty ciała w stosunku do kobiet (Ntai i wsp. 2017, Norjali i wsp. 2018). Ponadto, kobiety specjalizujące się w walce szablą, posiadają bardziej atletyczną, męską budowę ciała (wyznaczoną wskaźnikiem Rohrera), prawidłowe wielkości wskaźnika masy ciała (BMI) oraz przeciętną długość kończyn dolnych (wskaźnik Manouviera) (Jagiello i wsp. 2017).

Błach (2020) skupił się w swoich badaniach na określeniu poziomu wybranych charakterystyk somatycznych oraz składu ciała szermierzy, którzy uczestniczyli w międzynarodowych turniejach wysokiej rangi. Próba obejmowała 37 najlepszych zawodników trenujących szermierkę w wieku 18-34 lat. Składniki tkankowe oceniano metodą analizy impedancji (BIA) za pomocą analizatora Tanita SC 330 S. Analizując wyniki, stwierdzono znaczne różnice w cechach somatycznych. Medaliści byli średnio 5,8 cm wyżsi, o 7,1 kg ciężsi, a ich masa ciała była większa o 4,9 kg. Względna zawartość tkanki tłuszczowej i beztłuszczowa masa ciała, były tylko nieznacznie różne w badanych grupach.

Z badań wynika, że w sporcie także właściwy poziom masy tłuszczowej w organizmie jest istotny z punktu widzenia sukcesu sportowego (Torun i wsp. 2012). Niższa zawartość tej komponenty w ogólnej masie ciała może bowiem poprawić osiągnięcia (Stathatou 1984). Wykazano przewagę komponentu szczupłości w grupie szermierzy (Ochoa i wsp. 2013, Burdukiewicz i wsp. 2016) a wiadomym jest, że większy udział masy ciała szczupłego (LBM) w stosunku do masy tłuszczowej może generować większą moc i dawać przewagę w walce, umożliwiając szybsze i swobodniejsze dosięgnięcie przeciwnika (Cronin i wsp. 2003).

Do ciekawych wniosków doszli autorzy innych badań, którzy dokonali charakterystyki morfologicznej zawodników uprawiających szermierkę, w zależności od rodzaju uprawianej konkurencji, a tym samym - różnej kategorii broni. Oprócz wyglądu broni, różnica pomiędzy tymi trzema konkurencjami polega głównie na polu trafienia. Oczekuje się, że różnice te mogą determinować choćby wielkość charakterystyk somatycznych zawodników (Witkowski i wsp. 2019). Biorąc pod uwagę ten fakt wykazano na przykład, że polscy szermierze walczący szablą mieli wyższy komponent mezomorfii, wyższy wskaźnik masy ciała (BMI) oraz większy odsetek masy ciała szczupłego (LBM) w stosunku do walczących floretem i szpadą. Poziom masy tłuszczowej nie różnicował zawodników pod względem rodzaju broni i był wyższy w stosunku do osób nietreningujących. Nie zaobserwowano związku pomiędzy somatotypem a zajęтым miejscem zawodnika w zawodach (Sterkowicz-Przybycień 2009). Inne badania szermierzy, reprezentantów różnych krajów w tej dyscyplinie sportu, nie wykazały zróżnicowania w parametrach somatycznych, w zależności od konkurencji (Ntai i wsp. 2017).

Wykazano, że uprawianie dyscyplin, w których występuje praca jednostronna, powoduje nieodwracalne zmiany w organizmie (Starosta 1975). Wielkość obciążeń treningowych, szczególnie tych o jednostronnym charakterze, może w znaczący sposób wpłynąć na wielkość asymetrii morfologicznej, pociągając za sobą konsekwencje zdrowotne (Haapasalo i wsp. 1998, Ducher i wsp. 2005) oraz ograniczając wynik sportowy (Dhillon i Waller 2020). Z drugiej strony istnieje pogląd, że tego typu asymetria może być wynikiem adaptacji funkcjonalnej, co oznacza, że ciało zawodnika z sukcesem adaptuje się do wymaganych obciążeń asymetrycznych w celu zmniejszenia nadmiernego obciążenia niektórych tkanek (Rollet 1988, Koszczyk 1991). Również w szermierce, która jest asymetryczną dyscypliną sportu, wymagane jest większe natężenie wysiłku przypadającego na jedną stronę ciała (Fidziński 1982), powodując dysproporcje w jego budowie (Roi i Bianchedi 2008). Trening wymuszony jest przepisami dyscypliny i nastawiony na kształtowanie ruchów asymetrycznych, co jest uzasadnione koniecznością ciągłego podnoszenia umiejętności ruchowych, sprawności i siły jednej strony ciała na wyższy poziom oraz maksymalizację wyników (Kosendiak 2015). Wykonywane harmonijne i dynamiczne acykliczne ruchy robocze podczas walki zawierają takie elementy jak: zmiana kierunku poruszania się czy też przyspieszanie i hamowanie, zmuszając zawodników do ciągłej zmiany płaszczyzny podparcia. Trening koncentrujący się na kończynie dominującej może wpłynąć na większą asymetrię funkcjonalną (podczas wykonywania konkretnego zadania), przy przewadze kończyny dominującej (która jest silniejsza, szybsza i bardziej precyzyjna) (Łagan i Stopka 2017).

Asymetria rozpatrywana jest głównie z punktu widzenia morfologii, funkcji i dynamiki. Asymetria morfologiczna dotyczy różnic w budowie zewnętrznej po obu stronach płaszczyzny środkowej ciała. Nieustannie uważa się, że jednostka pod względem budowy ciała jest prawie symetryczna. Taki punkt widzenia można uznać przy znacznym uogólnieniu pojęcia symetrii, zakładając, że są dwie strony ciała: lewa i prawa (Choptiany 2017, Stokłosa 1995, Pietraszewska i wsp. 2009). Antropolodzy wskazują na zróżnicowanie, m.in. w wysokości położenia barków, wymiarów szerokościowych twarzy, zatok szczękowych czołowych czy przegrody nosowej. Wyrażna asymetria bywa również zauważalna w wymiarach kończyny dolnej i górnej, ale różnice dotyczą także unaczynienia i unerwienia obu kończyn (Malinowski 2003, Osiński 2003, Castro 2016, Choptiany 2017). W budowie wewnętrznej typowe jest nieparzyste rozmieszczenie narządów po jednej ze stron ciała (serce, wątroba, żołądek, śledziona itd.). Obserwuje się także różnice w obwodach, długościach, szerokościach, kształtach oraz proporcjach narządów parzystych (np. płuca, nerki) (Stokłosa 1995, 1998, Zeyland-Malawka, Prętkiewicz-Abacjew 2006). Asymetria funkcjonalna wyróżnia się z kolei zróżnicowaniem czynnościowym aktywności każdego z organów, rodzaju podejmowanych przez nich zadań i ich roli (funkcji) w organizmie. Jest szczególnie wyraźna w przypadku kończyn górnych i dolnych wpływając na akty ruchowe człowieka (Krawczyk i Skład 1998).

Asymetria dynamiczna prezentuje stopień różnicy występujący pomiędzy kończynami bądź narządami znajdującymi się po odrębnych stronach ciała ludzkiego, np. zróżnicowanie siły czy szybkości ruchów kończyn górnych i dolnych, różnice w czasie reakcji między prawą i lewą ręką, zakres ruchów w stawach położonych po prawej i lewej stronie ciała (Wolański, 1957, 1988, Koszczyc, 1991).

W nielicznych analizach poszukiwano związku między asymetrią, elementami budowy ciała a poziomem zdolności motorycznych. W USA przeprowadzono badania wśród grupy szermierzy. Zbadano związek między charakterystykami somatycznymi (wysokość ciała, rozpiętość ramion i elastyczność przywodziciela kończyny dolnej) a wskaźnikami mocy kończyn dolnych (dwustronna i jednostronna wysokość skoku w przeciwnym kierunku oraz wskaźnik siły biernej). Dowiedziono, że szermierze powinni trenować siłę dolnych partii ciała, kładąc nacisk na poziome przesunięcie, gdyż z dużym prawdopodobieństwem zrównoważy to przewagę, jakiej można by oczekiwać od szermierzy charakteryzujących się znaczną wysokością ciała (Turner i wsp. 2016).

Zastanawiające jest również, czy wielkość asymetrii morfologicznej będzie miała znaczenie w kontekście precyzji zadawania trafień przez zawodniczki, co postanowiono sprawdzić na drodze prowadzonych badań.

### 1.3.2 Czynniki funkcjonalny (motoryczny)

Od lat poszukuje się zależności występujących pomiędzy różnymi zmiennymi (morfologicznymi, fizjologicznymi, biochemicznymi, biomechanicznymi, psychologicznymi, kondycyjnymi, koordynacyjnymi) a wynikiem sportowym (Ulatowski 1996, Hagel i Chudecka, 1997). W analizach pojęcia wyniku sportowego napotyka się trudności wynikające z różnego rozumienia, a tym samym poszukiwania różnych jego wskaźników (Witkowski i wsp. 2019). Liczne badania w tym zakresie umożliwiły wskazanie tych czynników, które w istotny sposób determinują sportowe powodzenie. Wymienia się wśród nich np. szybkość reakcji (Johns i wsp. 2013), skuteczność podejmowania decyzji (Połaniecka i wsp. 2019), a także odpowiedni poziom zdolności kondycyjnych i koordynacyjnych (Omorczyk i wsp. 2018). Podstawą skuteczności działań w sporcie jest według wielu autorów odpowiednio wysoki poziom wszechstronnej sprawności fizycznej (Karpowicz i wsp. 2012, Adamczyk i Sozański 2014, Gabrys i wsp. 2014).

W sportach walki sukces wymaga perfekcyjnego przygotowania motorycznego oraz techniczno-taktycznego (Franchini i wsp. 2005). Rezultat sportowy uzależniony jest więc od wielu czynników wzajemnie się warunkujących oraz jest dziełem wielu osób zaangażowanych w kolejne etapy szkoleniowe, gdzie centralnymi postaciami są zawodnicy i trenerzy. U podstaw prowadzonych badań leży m.in. pogląd mówiący o tym, iż relacje między poziomem sprawności motorycznej a wynikami przedstawiają się różnie w zależności od etapu treningowego, w jakim znajduje się zawodnik (Ulatowski 1979, Ważny 1981, Naglak 1999).

W literaturze światowej sport wyczynowy doczekał się wielu obszernych opracowań dotyczących uwarunkowań sukcesów sportowych. Temat ten jednak wydaje się być w dalszym ciągu bardzo interesujący, chociażby ze względu na różnorodność punktów widzenia poszczególnych badaczy.

Szermierka uważana jest za dyscyplinę sportu wymagającą od uprawiających ją zawodników dużej wszechstronności (Szajna 2018). Walka polega na ekonomicznych i poprawnych ruchach, w które zaangażowane są tylko niezbędne mięśnie. W treningu szermierza różne aspekty i różne składowe – nauczanie, przygotowanie ogólnorozwojowe, kształtowanie cech woli charakteru, doskonalenie orientacji i reakcji oraz doskonalenie techniki i taktyki walki – wpływają na ostateczny sukces (Czajkowski 1987). Ważne jest, jak szybko szermierz, reagując na działania przeciwnika, urzeczywistnia swoje pomysły taktyczne (Łagan i wsp. 2017).

Wprawdzie sprawność motoryczna jako taka jest czynnikiem bardzo przydatnym dla osiągnięcia wysokiej efektywności działania sportowego w szermierce, jednak jej związek z osiągnięciami sportowymi może być zależny od kategorii wiekowej czy klasy sportowej (poziomu sportowego) (Tomczak 2010). Według Tomczaka (2010) wysoki poziom szybkości biegowej oraz zwinności szermierza może być szczególnie przydatny dla osiągnięcia wysokiej efektywności działania sportowego w kategorii młodzika. Ponadto wysoki poziom siły eksplozywnej kończyn dolnych może sprzyjać efektywności w kategorii młodzika oraz juniora, natomiast poziom szybkości ruchów kończyny górnej dominującej może sprzyjać wynikowi na etapie juniora oraz seniora (Naglak 1999, Tomczak 2010).

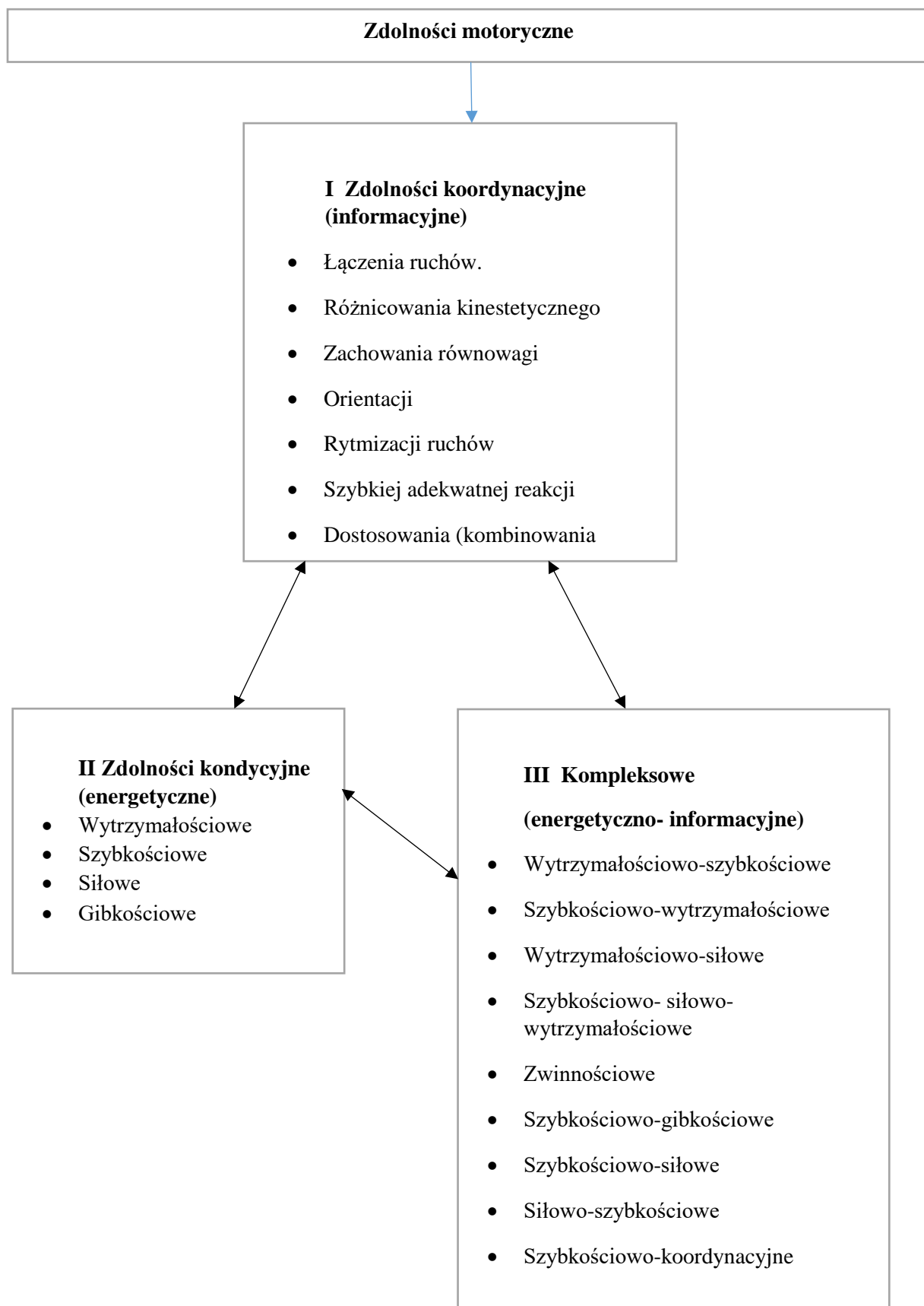
Szermierka należy do sportów szybkościowych, taktycznie złożonych i trudnych, ważny jest w niej między innymi odpowiedni poziom zręczności, siły, gibkości, szybkości i wytrzymałości (Roi 2008), która różni się zasadniczo od wytrzymałości innych sportowców (Kwiatkowski i wsp. 2014). Charakteryzuje się zdolnością do długotrwałych, przerywanych wysiłków szybkościowych oraz dynamicznej pracy w wysokim skupieniu. Zawodnicy podczas jednej walki pokonują bowiem krokami szermierczymi dystans od 250 do 1000 m. Czas trwania całego turnieju szermierczego może wynosić nawet kilkanaście godzin (Iglesias i Reig 1998), pożądana jest więc wytrzymałość (Czajkowski 1999).

Zgodnie z wynikami innych badań szermierka opiera się głównie na zdolnościach szybkościowych i koordynacyjnych (Roi i Bianchedi 2008). Szczególnie koordynacja ruchowa, będąca cechą integrującą zdolności motoryczne wymagające wyższego poziomu sprawności centralnego układu nerwowego, odgrywa kluczową rolę w osiągnięciu wysokich wyników w tej dyscyplinie sportu. Koordynacja ruchowa jest zjawiskiem złożonym, szeroko rozpatrywanym w literaturze polskiej i światowej.

W piśmiennictwie przyjęto opartą na przykładach naukowych koncepcję traktowania koordynacyjnej sfery motoryczności człowieka jako proces koordynacji (sterowania i regulacji przebiegu ruchów) oraz jego przesłankę morfo-funkcjonalną (zespołu koordynacyjnych zdolności motorycznych) (Olex-Zarychta 2010).

Szermierka zalicza się do trzeciego poziomu koordynacyjnej złożoności. Charakteryzuje zadania ruchowe wykonywane dokładnie, szybko lub z dostosowaniem szybkości do zmiennych warunków zewnętrznych (Starosta 1995) (ryc.13).





Rycina 13. Schemat hierarchicznego ujęcia podstawowych zdolności motorycznych (Starosta 1995)

Powyższy podział zainspirował Starostę (1989) do sformułowania, jak się wydaje najbardziej trafnej dla poruszanego tematu definicji koordynacji ruchowej, rozumiejąc ją jako zdolność człowieka do wykonywania złożonych ruchów dokładnie, szybko i w zmiennych warunkach. Zasadność tej koncepcji potwierdziły inne badania (Rutkowska-Kucharska, Bober 1986, Starosta 1993). Według Raczka (1992) koordynację określają umiejętność dokładnego wykonywania złożonych aktów ruchowych oraz ich dostosowania w celu wykonania narzuconego zadania ruchowego (Raczek i Mynarski 1992). Dobra koordynacja ruchowa pozwala na świadome i precyzyjne wykonywanie ruchów. Często spotyka się osoby wyróżniające się wyjątkowym pięknem i harmonią ruchów ciała, które jednocześnie nie potrafią swobodnie posługiwać się ani młotkiem, ani żadnym innym podstawowym sprzętem. Inne z kolei odznaczają się wyjątkową dokładnością wykonywania drobnych manualnych czynności, typowych np. dla: pracy zegarmistrza, grawera czy jubilera, ale są jednocześnie niezaradne, brak im zwinności czy też innych umiejętności (Bernstein 1975).

Poziom koordynacji ruchowej zależy od wielu czynników takich jak: stan i stopień sprawności, uzdolnienia ruchowe, wcześniejsze doświadczenia, staż, wiek zawodników, dotychczasowe umiejętności ruchowe, a także zdolność do tworzenia wyobrażeń ruchowych i wykorzystywania pamięci ruchowej (Schmidt 1991, Osiński 1994, Starosta 2009). Według Czajkowskiego (1968), skuteczny szermierz winien cechować się doskonałą koordynacją ruchową, objawiającą się przede wszystkim pamięcią ruchową i kierowaniem ruchami. Czajkowski (2004) stwierdza, że kształtowanie potencjału koordynacyjnego u młodych szermierzy w znacznej mierze odbywa się we wstępnym etapie szkolenia, a głównym celem tego etapu jest zapewnienie wszechstronności. Koordynacja to ruchy globalne (bardziej złożone) oraz lokalne (Bojczenko i wsp. 2014). Ruchy globalne trwają stosunkowo długo i występują często. Obejmują całe ciało i układają się w zróżnicowane sekwencje ruchów ramion, szyi, tułowia i kończyn dolnych. Ruchy lokalne są wykorzystywane w życiu codziennym (Beutler 2008).

Należy zwrócić uwagę na fakt, że sporty walki, w tym szermierka, wymagają kształtowania nawyków otwartych (Czajkowski 1968). Zawodnik nieustannie napotyka na zmiany bodźców zewnętrznych, a szybkość dostosowania do zmian decyduje o wyniku końcowym walki. Dobry szermierz powinien cechować się doskonałą koordynacją ruchową objawiającą się przede wszystkim pamięcią ruchową i kierowaniem ruchami. Warto również podkreślić, że optymalne sterowanie własnym ciałem utrudnione jest pod wpływem zmęczenia występującego szczególnie w końcowej fazie zawodów sportowych (Clevenger i wsp. 2001). Kształtowanie potencjału koordynacyjnego u młodych szermierzy w znacznej mierze odbywa

się na wstępnym etapie szkolenia (Williams i wsp. 2000). To na etapie wczesnoszkolnym sprawność całego systemu organizacji ruchów (koordynacji motorycznej) ma niebagatelne znaczenie dla ewentualnego przyszłego poczucia kompetencji ruchowych, jest także ważnym elementem rozwoju ogólnego (Bronikowski i wsp. 2014, Rokita i wsp. 2014). Inną składową koordynacji ruchowej wyrażającą się w zdolności precyzyjnego i szybkiego władania ciałem jest zwinność (Sozański 1999), która umożliwia m.in. szybkie i skuteczne przemieszczanie się np. podczas walki szermierczej oraz rozwiązywanie zadań ruchowych, zwłaszcza tych wymagających natychmiastowej orientacji i precyzji wykonania danej czynności (Witkowski i inni 2017).

Jedną z wiodących specyficznych zdolności koordynacyjnych przejawianą podczas walki sportowej jest zdolność zachowania równowagi. Zdolność ta jest konieczna do prawidłowego funkcjonowania zarówno w życiu codziennym, jak i w warunkach walki sportowej (Rynkiewicz i Starosta 2017, Żurek i wsp. 2017). Konsekwencją jej utraty jest zmniejszenie efektywności podejmowanych działań lub brak możliwości ich wykonania (Rawhy i Abu 2010). W walce szermierzy zdolność utrzymywania równowagi dynamicznej konieczna jest do ciągłego, przestrzennego i czasowego dostosowania się do zmieniających się warunków będących wynikiem działań przeciwnika (Czajkowski 2007). Szermierka jako sport asymetryczny, wpływa na nierównomierne obciążenie aparatu ruchu zawodników, powodując odpowiednie dysproporcje w budowie ciała (Roy i wsp. 2008). Zależność ta może wpływać na zaburzenia równowagi i stabilności ciała (Hrysomallis 2011). Jest także ważna do ciągłego, przestrzennego i czasowego dostosowania się do zmieniających się warunków będących wynikiem działań przeciwnika (Starosta 2003, 2006).

Inną ważną właściwością człowieka jest szybkość reakcji (Zaciorski 1970). Pod tym pojęciem rozumie się czas upływający od zadziałania bodźca do zapoczątkowania ruchu. Wyróżniane są dwa rodzaje czasów reakcji – prosty i złożony (Starosta 1997). Reakcje proste to takie, gdzie danemu bodźcowi odpowiada jedna określona odpowiedź ruchowa. Największy wpływ na czas reakcji prostej wywierają m.in. rodzaj bodźca, intensywność, częstość jego działania, aktualny stan receptora. Reakcja prosta – to odpowiedź wcześniej określonym ruchem na już poznany, chociaż pojawiający się nagle sygnał. Do tego rodzaju reakcji zalicza się między innymi ruchy przygotowawcze w szermierce takie jak kroki w tył i w przód, start w biegu czy wyskok przy rozgrywaniu spornej piłki (Bołoban 2009). Reakcje złożone z kolei to takie, gdzie zwiększa się ilość informacji docierających do Centralnego Układu Nerwowego (CUN), który musi je odpowiednio selekcjonować, przez co wydłuża czas reagowania. Czas reakcji złożonej rośnie w miarę wzrostu ilości elementów, z których trzeba wybierać. Reakcje

złożone w grach zespołowych mają znaczący wpływ na wynik (Maćkała i Cych 2011), na przykład piłkarze ręczni czy koszykarze muszą wykazać się wysokim poziomem czasu reakcji prostej i złożonej, co jest rozpatrywane już na etapie naboru i selekcji (Spieszny i wsp. 2012).

W sportach walki działania właściwe wymagają reakcji złożonej tj. działania zaczepne, zaczepno-obronne czy obronne (Borysiuk 2006). W badaniach przeprowadzonych w grupie zawodników uprawiających taekwondo, wysoki poziom zdolności koordynacyjnych, głównie zdolność szybkiej reakcji, obok mocy, siły mięśniowej i wytrzymałości jest jednym z istotnych elementów do osiągnięcia mistrzostwa sportowego w tej dyscyplinie sportu (Chao 1988, Jarząbek i Ryguła 1994).

Również w szermierce czas reakcji (zarówno prostej, jak i złożonej) odgrywa bardzo dużą rolę w dotarciu do celu (Colakoglu i wsp. 1987). Zbadano go na grupie szermierzy podczas badań w Turcji w 2008 roku. Wykorzystano w tym celu urządzenie Witty SEM. Celem badania było zbadanie związku między reakcją wzrokową, równowagą a testami aerobowymi (Kosahan i wsp. 2008). Wyniki badań ukazały, że szermierze płci męskiej i żeńskiej osiągnęli lepsze wartości parametrów równowagi, reakcji wzrokowej i mocy betlenowej w teście symulacji reakcji wzrokowej specyficznej dla szermierki.

Także w innych badaniach stwierdzono, że szybszy czas reakcji szermierzy determinuje wysokie wyniki w tej dyscyplinie (Grabowska 1994). Wykazano, że szermierze z dłuższym stażem zawodniczym mają krótszy czas reakcji niż osoby mniej doświadczone (Williams i Walmsley 2000, Borysiuk i Waskiewicz 2008, Johne i wsp. 2013). Stwierdzono, że koordynacja i szybkość reakcji w szermierce poprawiają się wraz z doświadczeniem zawodniczym (trudniejsze do odgadnięcia dla przeciwnika akcje defensywne), stąd największe sukcesy sportowe odnoszą szermierze w wieku 25-35 lat (Johne i wsp. 2013). W trakcie walki zawodnicy w ograniczonym czasie muszą podejmować optymalne decyzje warunkujące ich sportowy sukces. Nie tylko istotna jest szybkość ruchu, ale dokładność przeprowadzenia akcji (Czajkowska 1998).

W opinii Czajkowskiego (1998) można wymienić cały szereg znakomitych szermierzy światowej klasy, których ruchy były niewystarczająco szybkie, ale którzy odznaczyli się genialną trafnością reagowania (Czajkowski 1998). W badaniach przeprowadzonych na szpadzistkach stwierdzono różne wartości czasu reakcji złożonej uzyskane przez zawodniczki posiadające różne klasy sportowe (klasa mistrzowska międzynarodowa, pierwsza klasa sportowa, druga klasa sportowa). Zawodniczki posiadające wyższą klasę sportową dysponowały krótszym czasem reakcji złożonej. Ponadto szpadzistki klasy mistrzowskiej charakteryzowały się dużą asymetrią dynamiczną kończyn górnych w zakresie szybkości

reakcji złożonej, w porównaniu z mniej zaawansowanymi zawodniczkami. Kolejnym wnioskiem z przeprowadzonych badań było stwierdzenie istotnych różnic czasu reakcji złożonej, ze względu na rodzaj generowanego bodźca. Zawodniczki trenujące szermierkę najszybciej reagowały na bodziec wzrokowo-słuchowy (Johne i inni 2013).

Obserwacje te potwierdzono również w innych badaniach wykazując, że szermierzy najwyższej klasy sportowej charakteryzuje znacząca asymetria funkcjonalna kończyn górnych w aspekcie czasu reakcji złożonej (Johne i wsp. 2012). Zauważono częste osiągnięcie przez nich lepszego złożonego czasu reakcji podczas używania niedominującej ręki, przy czym przewaga w tym względzie leży po stronie leworęcznych zawodników (Johne i wsp. 2013). W badaniach mających na celu wykonanie zadania wymagającego szybkiej reakcji na bodziec wizualny i/lub dokładności ruchu stwierdzono przewagę ręki dominującej (Teixeira i wsp. 1999).

Zastanawiające jest, czy szybkość reakcji różnicować będzie zawodniczki pod kątem precyzji zadawania trafień kończyną dominującą i niedominującą w zależności od typu ręczności, co postanowiono sprawdzić w podjętych badaniach.

Poza zdolnościami koordynacyjnymi, w szermierce ważne są także zdolności siłowe. Pod pojęciem siły mięśniowej rozumie się zdolność do zwyciężenia oporu zewnętrznego lub przeciwdziałanie mu kosztem wysiłku mięśniowego (Zaciorski 1970). Odpowiedni jej poziom jest warunkiem utrzymania zdrowia, sprawnego poruszania się, obniża ryzyko kontuzji, a także umożliwia rozwój umiejętności ruchowych (Sallis i wsp. 1992).

W badaniach udowodniono, że ogólną siłę człowieka odzwierciedla siła uścisku dłoni (Mathiowetz i wsp. 1985, Bassej i Harry 1991, Fraser i wsp. 1999, Gros Lambert i wsp. 2002, Häger-Ross i Rösblad 2002). U osób nieuprawiających sportu ręka dominująca jest o ok. 10% silniejsza od ręki niedominującej (Petersen i wsp. 1989), co jest silnie związane z aktywnością fizyczną, np. pracownicy fizyczni o większej masie ciała charakteryzują się większą siłą uścisku dłoni od pracowników biurowych (Josty i wsp. 1997, Nevill i Posiadacz 2000). Już Bechtol w swoich badaniach w 1954 roku doniósł o znaczącej 10% różnicy między siłą uścisku dominującej w stosunku do niedominującej dłoni (Bechtol 1954).

W sporcie siła dłoni zależy między innymi od częstotliwości jej używania, a także od preferencji używania ręki przez sportowca. Stosunkowo mniej osób ma silniejszą preferencję lewej ręki niż prawej. W tym względzie wpływ ręczności na siłę chwytu ręki został zbadany przez wielu badaczy (Incel i wsp. 2002, Leyk i wsp. 2007, Koley i Yadav 2009, Koley i Singh 2010). W Turcji przeprowadzono badanie na grupie szermierzy, które miało na celu ocenę siły uścisku dłoni w odniesieniu do ręki sportowców płci męskiej i żeńskiej. Dane zebrano wśród 268 kobiet i 1234 mężczyzn. Wyniki wykazały, że siła chwytu prawej była większa niż siła

chwytu lewej ręki bez względu na ręczność u mężczyzn i kobiet (Ziyagil i wsp. 2015). Badania mające na celu określenie siły dłoni przeprowadzono także wśród 32 szermierzy w wieku 14-20 lat. Wykazano, że niezależnie od płci lepsze rezultaty otrzymano dla ręki prawej (Witkowski i wsp. 2020), typ ręczności nie był poddawany pod rozważenie. W innych badaniach przeprowadzonych na 117 elitarnych zawodnikach szermierki w wieku od 18 do 25 lat, nie wykazano związku między ręcznością a siłą ręki (Mustafa Gumüş 2017). Dominująca siła chwytu wynosiła 44,2 kg dla praworęcznych i 43,9 kg dla leworęcznych zawodników. Siła ręki niedominującej wyniosła natomiast dla osób praworęcznych 42,8 kg., podczas gdy dla leworęcznych 41.5 kg.

Do tej pory nie przeprowadzono analiz, które poszukiwałyby zależności między siłą ręki u zawodników uprawiających szermierkę, a precyzją zadawania trafień, stąd podjęte badania w tym zakresie.

### 1.3.3 Dominacja funkcjonalna kończyn górnych (ręczność)

Proces lateralizacji uznawany jest za jeden z aspektów rozwoju motorycznego, który przejawia się w postaci asymetrii funkcjonalnej. Najczęściej dotyczy on czynności kończyn górnych, stąd wyróżnić można osobników praworęcznych, których jest zdecydowanie więcej w stosunku do osobników leworęcznych (Wolański 1962). Proporcja osób leworęcznych do praworęcznych w populacji wydaje się nie ulegać zmianie od kilku tysięcy lat (Faurie i Raymond 2004). W zależności od tego, jaką obserwuje się czynność (czy jest to np. rzucanie, czy używanie młotka) waha się ona od około 10% do 13% (Raymond i wsp. 1996).

Wymienia się różne rodzaje leworęczności (Starosta 2003) (ryc.14).

Rodzaje leworęczności	
<b>Dziedziczna</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zdecydowana (absolutna)</b> – lewą ręką pisze i wykonuje się wszystkie czynności (np. tenisistki M.Navratilowa i M.Seles).</li> <li>• <b>Proporcjonalna (pseudoleworęczność)</b> – pisze prawą ręką, wiele czynności wykonuje lewą (np. jedzenie, rysowanie)</li> <li>• <b>Ukryta (utajona)</b> – pisze oraz wykonuje wiele czynności prawą ręką (np. tenisista A.Grubbla).</li> </ul>

<b>Patologiczna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uszkodzenie lewej półkuli mózgowej po urodzeniu</li> <li>• Przyczyna powikłania pooperacyjnego lewej półkuli mózgowej lub jej uraz.</li> </ul>
<b>Przymusowa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utrata prawej ręki w następstwie wypadku i wykonywanie wszystkich czynności lewą</li> <li>• Przetawienie w wyniku długotrwałej niesprawności prawej ręki</li> <li>• <b>Okresowa</b> – dla wymagań regulaminów zawodów (np. podczas Igrzysk Olimpijskich 1912 roku uczestnicy konkursów rzutu dyskiem i oszczepem jak również pchnięciem kulą musieli wykonywać prawą, oraz lewą ręką).</li> <li>• <b>Okresowa</b> – dla spełnienia wymagań trenera (np. rzuty oszczepem lewą i prawą ręką dla zmniejszenia obciążenia prawej i ochrony jej przed kontuzją).</li> <li>• <b>Okresowa</b> – dla zwiększenia efektywności techniczno-taktycznej (np. przełożenie rakietki tenisowej do lewej ręki).</li> <li>• <b>Okresowa</b> – dla przyspieszenia odpoczynku i „odświeżenia” wrażeń kinestetycznych prawej ręki.</li> </ul>
<b>Pseudoleworeczność</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Osobnicy „oburęczni”</b>, u których leworęczność ujawnia się w szczególnie stresowych sytuacjach („ambidekstrzy”).</li> <li>• <b>Przetawieni</b> – zmodyfikowani ruchowo praworęczni (np. I kłós).</li> </ul>

Ryc.14 Rodzaje przejawiania się leworęczności u ludzi w życiu codziennym i sporcie (Starosta, 2003)

W przypadku zawodników najwyższego poziomu, obserwuje się nadreprezentatywność osób leworęcznych. Odsetek leworęcznych został scharakteryzowany jako wyższy u wytrenowanych i elitarnych sportowców w różnych dyscyplinach sportowych, w tym w szermierce, tenisie, wspinaczce skałkowej, piłce ręcznej, boksie czy zapasach, w przeciwieństwie do populacji nieuprawiającej sport (McLean i Ciurczak 1982, Azemar i wsp.1983, Bisiacchi i wsp. 1985, Maughan i wsp. 1986, Wood i Aggleton 1989, Margonato i wsp. 1994, Holtzen 2000, Granti wsp. 2001, Leyk i wsp. 2007, Gürsoy 2008, Ziyagil i wsp. 2010) . Obserwacje te dotyczą w większości sportów interaktywnych, w przypadku których dwóch lub więcej zawodników gra lub walczy ze sobą w bezpośrednim kontakcie (np. tenis,

krykiet, boks, szermierka), mniej natomiast w sportach nieinteraktywnych lub indywidualnych (np. golf lub pływanie) (Raymond i wsp. 1996, Grouios 2004). Fagan wraz ze współautorami badań wykazali, że leworęczni zawodnicy stanowią 15% profesjonalnych tenisistów, ale tylko 11% ogólnej populacji (Fagan 2016). Analiza rankingów światowych z lat 1968-1999 wykazała zaś, że osoby leworęczne były wyraźnie nadreprezentatywne wśród 10 najlepszych graczy światowego rankingu w tenisie (mężczyźni 24,06%; kobiety 11,80%), graczy numer jeden światowego rankingu (mężczyźni 34,4%, kobiety 30,3%) oraz finalistów Wielkiego Szlema (mężczyźni 22,27%, kobiety 18,75%) (Holtzen 2000).

Są również osobnicy, którzy potrafią posługiwać się obiema rękoma, tzw. „oburęczni” (o nieustalonej lateralizacji). W porównaniu do leworęcznych i praworęcznych stanowią oni zaledwie około 2% całej populacji (Starosta 2003). Wykazano, że bycie leworęcznym daje pewną przewagę w sporcie (Hagemann i Strauss 2012). Prawie 50% najbardziej utytułowanych zawodników Pucharu Świata w krykiecie 2003 stanowiły osoby leworęczne (Brooks i wsp. 2004).

Przyczyny powstawania leworęczności nie zostały dotychczas rozpoznane. Istnieją na ten temat różne, niezwerifikowane hipotezy dotyczące właściwości wrodzonych, wyniku uczenia się i uwarunkowań społecznych (Bogdanowicz 1992, Starosta 2015). Zwolennicy czynników endogennych, upatrują powstawanie zjawiska w zróżnicowaniu półkul mózgowych, warunkach rozwoju płodu czy niesymetrycznego położenia organów wewnętrznych (Castiello i Stelmach 1993, Annett 1999), choć gen lub geny za nią odpowiedzialne nie są całkowicie ustalone (Corballis 2014). Babu i Roy (2013) stwierdzili, iż asymetryczna budowa ciała ludzkiego zauważalna jest już około szóstego tygodnia życia płodowego i determinuje określony wzorzec posturalny. Jak pokazują badania ultrasonograficzne, już w dziesiątym tygodniu ciąży większość płodów porusza prawą ręką bardziej niż lewą (Hepper i wsp. 1998), a od 15-tego tygodnia płody częściej ssą prawy kciuk, w porównaniu do lewego (Hepper i wsp. 1991).

Znane są również teorie mówiące o środowiskowych, kulturowych oraz mieszanych uwarunkowaniach leworęczności (Wood i Aggleton 1989, Raymond i wsp. 1996, Llaurens i wsp. 2009, Rigal 1994). Zdaniem Kaczeńskiej i Dilling-Ostrowskiej (1962) natomiast, decydujący wpływ na kształtowanie praworęczności miała nauka pisania.

Naukowcy porównują częstość występowania leworęczności w różnych środowiskach i kulturach (Dawson 1977, Payne 1987, Gilbert i Wysocki 1992). Ponadto badacze oszacowują liczbę osób leworęcznych w różnych pokoleniach mając na uwadze fakt, że stosunek do leworęczności z biegiem lat stał się bardziej liberalny. W latach dziewięćdziesiątych ukazała się praca opisująca plemię amazońskie żyjące zupełnie w izolacji od tzw. cywilizowanego



świata (Bryden i wsp. 1993). Okazało się, że nie ma tam ani jednej osoby leworęcznej. Kolejnym przykładem wskazującym na istotne znaczenie wpływów środowiskowych na kształtowanie się leworęczności stanowią badania dotyczące częstości występowania leworęczności w różnych populacjach. Badania takie najczęściej przeprowadzone są na dużych populacjach (Coren i Halpern 1991). Wnioskować można, że najwięcej osób leworęcznych żyje w krajach afrykańskich. Według danych szacunkowych na świecie żyje ponad 240 milionów osób leworęcznych, nie uwzględniając populacji Indii i Chin. W Niemczech żyje ich więcej niż 8 milionów, a w USA stanowią oni ¼ populacji.

Ze względu na status mniejszości i stygmatyzację kulturowe w latach zamierzchłych, leworęczność uważana była za patologię i nie była akceptowalna (Geschwind i Behan 1982, de Leon i wsp. 1986, Kim 2009, Zverev 2006). Ta sytuacja się zmienia, co pokazują badania przeprowadzone w Finlandii z których wynika, że wśród osób starszych jest mniej leworęcznych niż wśród osób młodszych (Vuoksima, 2009).

Zdrowe osoby praworęczne zwykle wykazują tendencję preferowania prawej ręki dla złożonych zadań, które obejmują użycie narzędzi, np.: pisanie za pomocą pióra, krojenie nożem czy manipulowanie nożyczkami. Ta preferencja jest często wskaźnikiem ręki dominującej ocenianej za pomocą standaryzowanych kwestionariuszy (Odbiel 1971) i różnych ich modyfikacji (Busch i wsp. 2010). Skłonność częstszego używania narzędzi prawą ręką wykazuje powyżej 85% całej populacji, co oznacza dominację lewej półkuli w celu kontrolowania ruchów rąk (Raymond i Pontier 2004, Chapman i Henneberg 1999).

Badania dotyczące asymetrii funkcjonalnej ludzkiego organizmu prowadzone są w celu określenia stopnia zróżnicowania częstotliwości pracy lub precyzji ruchu kończyn, tułowia, jak również stwierdzenia dominacji oka lub ucha (Senff i Weigelt 2011, Watling i wsp. 2012). Z analizy dotychczasowego przeglądu piśmiennictwa wynika, że znacznie częściej poruszano problem dotyczący asymetrii kończyn górnych niż dolnych. Udział kończyn górnych w różnych czynnościach ruchowych znacznie przewyższa zaangażowanie kończyn dolnych, co wpływa na łatwość ustalenia asymetrii funkcjonalnej rąk w porównaniu z nogami. Kończyny dolne rozpatrywano przede wszystkim w zakresie siły mięśniowej (Gür i wsp. 1999, Ljach i wsp. 2004) oraz w aspekcie asymetrii morfologicznej (Wrzosek 1927, Dega 1933, Wolański 1957, Koszczyk 1991, Krzykała 2012). Zagadnienie to analizowane jest między innymi w kontekście wyniku sportowego. Wyrównujący się w wielu dyscyplinach poziom przygotowania techniczno-taktycznego zawodników zachęca badaczy do dalszych poszukiwań w zakresie rozpoznania zakresu symetryzacji działań zawodników (Starosta 1986, 1988,

Bergier i Starosta 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, Carey i wsp. 2001, Bergier i Buraczewski 2003, Bergier i Mróz 2006, Bergier i Nowicki 2008, Soroka i Bergier 2010).

Wykazano ścisły związek asymetrii funkcjonalnej zaobserwowanej u zawodników uprawiających różne dyscypliny sporty z asymetrią morfologiczną, przy czym silniejsze zróżnicowanie stronne badanych parametrów zaobserwowano wśród zawodników wysokiej specjalizacji sportowej w przypadku sportów asymetrycznych (Chin i wsp. 1974). Również w indywidualnych dyscyplinach sportu podkreśla się znaczenie przewagi stronnej zawodników leworęcznych. Dotyczy to na przykład boksu czy zapasów. W badaniach zawodników uprawiających tenis ziemny wykazano zaawansowaną asymetrię morfologiczną, głównie w obwodzie ramienia, przedramienia i szerokości łokcia (Krawczyk i wsp. 1998), a także w masie kończyny dominującej, która była o 18% cięższa w stosunku do kończyny przeciwnej (Calbet i wsp. 1998, Sanchis-Moysi i wsp. 1998). W hokeju na trawie zaobserwowano przewagę stronną (dominacja lewej strony ciała) w poziomie masy tłuszczowej, masy ciała szczupłego i gęstości mineralnej kości, wykazano także największe zróżnicowanie stronne w obrębie kończyn dolnych oraz na tułowie (Krzykała 2010). W krykiecie ukazano znaczące różnice w parametrach morfologicznych kończyny dominującej (Grobbelaar i wsp. 2000). U zawodników grających w golfa zaobserwowano hipertrofię mięśnia na kończynie dominującej pod wpływem treningu (Calbet i wsp. 2001, Dorado i wsp. 2002). W rzucie oszczepem z kolei zauważono znaczący stopień asymetrii morfologicznej w obrębie górnej części ciała (Kruger i wsp. 2005).

Fagan i współautorzy (2019) zaproponowali model identyfikacji korzyści bycia leworęcznymi w interaktywnych sportach jeden na jednego (a także nieodłącznych umiejętności każdego gracza). Badacze używali tego wyniku do opracowania prostego modelu dynamicznego do wnioskowania na temat tego, jak przewaga leworęczności zmienia się w czasie. Rozszerzali model również na przypadki, w których rozpatrywali dane dotyczące rankingu lub meczu. Przetestowali te modele na danych meczowych z 2014 r. od najlepszych profesjonalnych tenisistów płci męskiej, a model dynamiczny na danych z lat 1985-2016 (Fagan i wsp. 2019). Na tej podstawie autorzy zasugerowali, że w procesie naboru należy zachęcić selekcyjnerów wszystkich szczebli do zwrócenia szczególnej uwagi na zawodników leworęcznych. Wyższy odsetek leworęcznych można potwierdzić także w baseballu (Coren 1993, Goldstein i Young 1996), krykiecie (Aggleton i Wood 1990, Edwards i Beaton 1996) oraz w szermierce (Bisiacci i wsp. 1985). Szacuje się, że w dyscyplinach tych nawet 30% lub więcej najlepszych graczy często jest leworęcznych (Fagan 2016).

W przypadku szermierki podkreśla się szczególnie znaczącą nadreprezentatywność zawodników leworęcznych (tab.1).

Tab.1. Rozkład częstotliwości lewych i praworęcznych kobiet w grupie osób sklasyfikowanych przez Międzynarodową Federację Szermierczą (2016/2017)

Ręka	1-32	33-64	65-96	97-128	129-160	161-192	193-224	225-256
<b>Prawa</b>	<b>22</b> 68.7%	<b>23</b> 71.9%	<b>23</b> 71.1%	<b>26</b> 81.3%	<b>26</b> 81.3%	<b>25</b> 78.1%	<b>27</b> 84.375%	<b>28</b> 87.5%
<b>Lewa</b>	<b>10</b> 31.3%	<b>9</b> 28.1%	<b>9</b> 28.1%	<b>6</b> 18.7%	<b>6</b> 18.7%	<b>7</b> 21.9%	<b>5</b> 15.625%	<b>4</b> 12.5%

Źródło: Międzynarodowa Federacja Szermiercza (2016/2017)

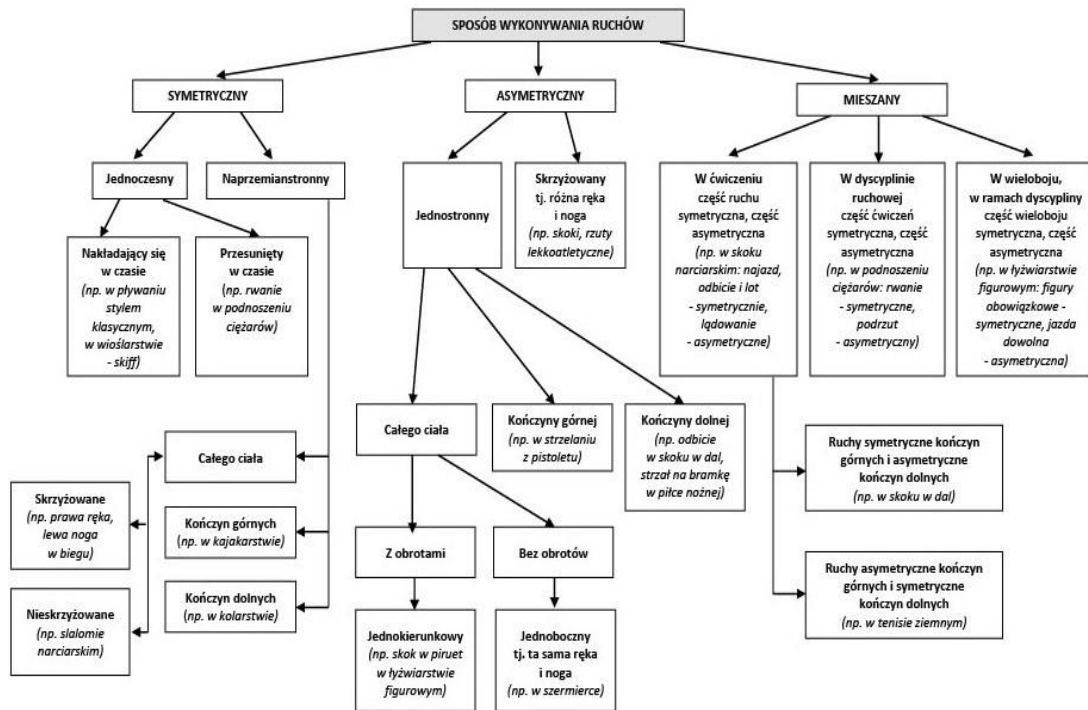
W badaniach, w których analizowano asymetrię funkcjonalną wśród zawodniczek uprawiających szermierkę posiadających mistrzowską klasę sportową, zaobserwowano bardzo wysoką, 40% dominację lewostronną (Poliszczuk i Lampkowska 2007). Zjawisko dominacji szermierzy leworęcznych tłumaczy się zwykle tym, że będąc w mniejszości, są oni przyzwyczajeni do konfrontowania się z zawodnikami praworęcznymi. Dzięki temu wypracowują bardziej efektywne strategie walki (Voracek i wsp. 2006). Z drugiej strony istnieją teorie o neurofunkcjonalnej przewadze leworęcznych. Wyjaśnienie ich wymaga dalszych badań (Roi i Bianchedi 2008). Pytanie brzmi, czy zawodniczki leworęczne charakteryzować będzie także lepsza precyzja zadawania trafień?

W celu określenia różnic pomiędzy praworęcznymi a leworęcznymi zawodnikami w postrzeganiu wizualnym podczas pojedynków (działań przygotowawczych) badaniom poddano precyzję zadawania trafień (Witkowski i wsp. 2018). Każdy test był przeprowadzany podczas działań przygotowawczych w 20-sekundowych pojedynkach inscenizowanych. Początkowo przeciwko praworęcznemu, a następnie przeciwko leworęcznemu przeciwnikowi. Jak wynikało z badań, w walce przeciwko leworęcznym przeciwnikom, praworęczni szermierze spędzali znacznie więcej czasu na przyglądaniu się i znacznie częściej koncentrowali się na uzbrojonej ręce. Walcząc natomiast z praworęcznymi przeciwnikami, leworęczni szermierze poświęcali więcej czasu i częściej koncentrowali się na górnej części torsu przeciwnika. Wyniki te mogą wskazywać na interesujące zjawisko, w którym leworęczni szermierze korzystają ze słabszych strategii przyjmowanych przez ich praworęcznych przeciwników mogących skupić się na przedramieniu i ramieniu ręki trzymanej broni.

Badanie indywidualnej lateralizacji przeprowadzone z kolei na 3829 szermierzach przez Azemar, Stein oraz Boulinquez (2008) pokazuje, że większość leworęcznych szermierzy wykazuje dominację prawego oka w przeciwieństwie do praworęcznych, którzy w większości wykazują dominację lewego oka. Te indywidualne cechy są porównywane w sytuacjach eksperymentalnych symulujących warunki niepewności i percepcyjno-motorycznej kontroli pojedynku. Wyniki pokazują głównie różnice między prawą i lewą kończyną, niezależnie od preferowanej ręki badanych. U wszystkich badanych każda z rąk pojawia się jako funkcjonalna kontrola półkuli, która kontroluje ją bardziej bezpośrednio. Badane sytuacje stawiały w konkurencji systemy prawa półkula – lewa ręka i lewa półkula – prawa ręka. Ten pierwszy jest bardziej dostępny dla bodźców egzogennych, podczas gdy drugi zapewnia lepszą kontrolę endogenną. W konkurencji lewa ręka lepiej wykorzystuje projekcję balistyczną generowaną przez przestrzenny sygnał wyzwalający. Prawa ręka wykorzystuje bardziej ciągłą kontrolę swojej trajektorii w perspektywie kilku kolejnych ewentualności uderzenia. Ponadto badania wyników sugerują, że lateralizacje skrzyżowane ręka – oko promują bardziej jednorodny rozkład uwagi w polu działania (Azemar i inni 2008). Kilka badań potwierdza wysoką częstotliwość takich formuł krzyżowej lateralizacji w sportach opozycyjnych (Porac i Coren 1981, Azémar 1987, 1997). Niektórzy badacze sugerują, że choć leworęczność zapewnia przewagę, nowoczesny profesjonalizm i szkolenia mają doprowadzić do jej zniwelowania (Loffing i wsp. 2012).

Czasami zbyt duża dominacja jednej strony nad drugą wiąże się z negatywnymi skutkami. Gdy człowiek na przykład wykonuje nagminnie wszystkie czynności prawą ręką, łącznie z różnymi pracami siłowymi, doprowadza do większego umięśnienia prawej, w stosunku do lewej strony. Kręgosłup w takiej sytuacji musi dostosować się do większego ciężaru ciała po prawej stronie tracąc naturalne krzywizny i wynajac się w niestosowną stronę. Szansa na uruchomienie dodatkowych rezerw i postęp wyników w sporcie wyczynowym związana jest z rozwojem symetrii ruchów, która według Starosty (2003) rozumiana jest jako proces wyrównywania sprawności obu stron ciała z zachowaniem strony dominującej. Symetryzacja ruchów jako jedna z podstawowych zdolności koordynacyjnych umożliwia opanowanie techniki sportowej na najwyższym poziomie i wzrost skuteczności działań w ataku i obronie. Jest zarówno procesem, jak i zdolnością podlegającą kształtowaniu (Starosta 1995). Im wyższy jest poziom koordynacji ruchowej, tym bardziej możliwe jest opanowanie większej liczby symetrycznie złożonych ruchów. Badania Starosty (1986) dowiodły, że na fundamencie symetrii szybciej kształtują się ruchy asymetryczne.

Każda dyscyplina sportu charakteryzuje się nieco innym sposobem wykonywania ruchów, które dzieli się na trzy grupy: asymetryczny, symetryczny oraz mieszany (ryc.15). Szermierka jest dyscypliną sportu, w której występują ruchy asymetryczne.



Ryc.15 Klasyfikacja stronnego zróżnicowania podstawowych ruchów wykonywanych w różnych dyscyplinach sportu (Starosta, 2003, s. 456)

Liczne prace wielu autorów wskazują na potrzebę rozwijania symetrii ruchów w oparciu o zachowanie harmonii pomiędzy symetrycznym i asymetrycznym działaniem ruchowym (Nawrocka 1957, Młodzikowski i Stapiński 1968, Starosta 1983, 1990, 1993, 1996, 2003, Osiński 2003) szczególnie, że problem związany z asymetrią morfologiczną oraz funkcjonalną występuje bardzo często i zdarza się, że zostaje niezauważony przez trenerów (John 2013). Trenowanie zbyt dużej ilości ćwiczeń asymetrycznych uniemożliwia uzyskanie lepszych wyników sportowych. Może się również wiązać z licznymi kontuzjami, tj. deformacje stawów i kręgosłupa (Starosta 1996), co powinno być brane pod uwagę w procesie treningowym w kontekście zdrowia i wyniku sportowego.

W badaniach szermierzy wykazano pozytywny efekt wprowadzonego treningu bilateralnego (obustronnego) na precyzję wykonywania działań ręką dominującą podkreślając, że trening kończyny niedominującej może pomóc w kształtowaniu specjalnych umiejętności sportowców wzbogacając trening i poprawiając ich wydajność (Witkowski i wsp. 2020).

Pomimo prowadzonych badań na zawodniczkach uprawiających szermierkę, wiele kwestii pozostaje otwartych. Do tej pory nie zidentyfikowano czynników warunkujących precyzję zadawania trafień w tej dyscyplinie sportu, co w związku z powyższych uczyniono celem niniejszych badań. Wydaje się, że to bardzo istotne zagadnienie, albowiem w sporcie również w szermierce niezbędne jest wykonywanie ruchów w sposób jak najbardziej przemyślany i precyzyjny, bo tylko takie mogą doprowadzić w efekcie do osiągnięcia wysokich wyników i sportowego sukcesu.

## Rozdział II Metodologiczne podstawy badań własnych

### 2.1 Cel pracy

Celem badań jest zidentyfikowanie związków czynników morfo-funkcjonalnych z precyzją zadawania trafień w szermierce.

Czynniki ujęto w trzy zespoły:

- Czynniki somatyczny (morfologiczny) – wysokość ciała, masa ciała, skład ciała (masa tłuszczowa, beztłuszczowa masa ciała, masa mięśniowa, całkowita zawartość wody w organizmie, masa tkanki kostnej).
- Czynniki funkcjonalny (motoryczny) – siła, czas reakcji prostej i złożonej, równowaga, sprawność manualna prawej i lewej ręki.
- Dominacja funkcjonalna kończyn górnych (ręczność) – siła preferencji w wyborze ręki.

### 2. Pytania badawcze i hipotezy

Aby osiągnąć przyjęty cel pracy, sformułowano następujące pytania badawcze:

1. Czy istnieje związek pomiędzy charakterystykami somatycznymi (morfologicznymi) a precyzją zadawania trafień?
2. Czy istnieje związek pomiędzy charakterystykami funkcjonalnymi (motorycznymi) a precyzją zadawania trafień?
3. Czy istnieje związek pomiędzy typem ręczności florecistek a precyzją zadawania trafień?

Na podstawie przeglądu literatury oraz aktualnego stanu wiedzy przyjęto w pracy następujące hipotezy:

**H1:** Zawodniczki wyższe, bardziej umięśnione, z niższą zawartością tkanki tłuszczowej oraz bardziej symetrycznym ich rozmieszczeniem w organizmie charakteryzuje większą precyzją zadawania trafień.

**H2:** Lepsza precyzja zadawania trafień cechuje zawodniczki, które uzyskały lepsze wyniki wybranych testów funkcjonalnych.

**H3:** Leworęczne florecistki uzyskują znacząco lepsze wyniki w testach precyzji zadawania trafień w porównaniu z zawodniczkami praworęcznymi.

## 2.3 Materiał i metody badawcze

Podmiot badawczy stanowiła grupa 60 zawodniczek w wieku 14 - 17 lat ( $14.43 \pm 1.36$ ) uprawiających szermierkę w kategorii juniora młodszego (do lat 17). Florecistki reprezentowały co najmniej średni poziom przygotowania specjalistycznego. Minimalny staż zawodniczy badanych wynosił 5 lat a maksymalny 12 lat. Wszystkie badane zawodniczki zakwalifikowane zostały do udziału w Pucharze Europy Kadetek we florecie (Adam Mickiewicz University Cup), który odbył się w Poznaniu, w dniach 12 – 13 stycznia 2019 roku. Badania zrealizowane zostały w okresie startowym, w sezonie 2019/2020 w przeddzień rozgrywanych zawodów, w hali sportowej.

W cyklu treningowym rocznym, trening skonstruowany jest na udział zawodniczek w ośmiu Pucharach Świata, które odbywają się na pięciu kontynentach. W zależności od terminu przygotowanie do Pucharu następuje od 6 do 4 tygodni i ma za zadanie wyłonienie najsilniejszej reprezentacji na Mistrzostwa Europy i Świata, które odbywają się na przełomie czerwca i lipca, po czym następuje okres roztrenowania. Od września rozpoczyna się okres przygotowania ogólnego, a od października okres przygotowania specjalistycznego, po czym w listopadzie rozpoczyna się sezon. Zawodnicy do lat 17 mają starty kontrolne w Pucharach Świata po to, aby zweryfikować ich poziom sportowy.

Udział w badaniach był dobrowolny, a kwalifikacja do nich odbywała się celowo. Żadna florecistka nie miała przeciwwskazań lekarskich do udziału w badaniach. Na ich przeprowadzenie uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (numer Uchwały 255/19).

Zespół badawczy zaangażowany w badania stanowił personel technicznie przygotowany do użytkowania aparatury badawczej niezbędnej do przeprowadzenia badań.

Badania składały się z następujących części:

### A) Czynniki somatyczny (morfologiczny)

Wyniki pomiarów uzyskano metodą antropometryczną. Badania wykonane były przez antropologa sportowego, zgodnie z metodyką Maliny (Malinę i wsp. 2004) przy pomocy standardowych narzędzi badawczych, powszechnie stosowanych w antropometrii z dokładnością, na jaką pozwalała skala danego instrumentu pomiarowego (Drozdowski 1998, Łaska-Mierzejewska 1997). Dokonano pomiaru wysokości ciała, która wyznaczona została



odległością od punktu antropometrycznego vertex do punktu basis, czyli podłoża, na którym stała badana zawodniczka (B-v). Pomiar wykonano antropometrem (GPM, Swiss) z dokładnością do 1 mm.

W dalszej kolejności analizie poddano skład ciała zawodniczek. Do tego celu wykorzystano metodę bioelektrycznej analizy impedancji (BIA) z użyciem wieloczęstotliwościowego analizatora TANITA MC 980 MA (Japan) (ryc. 16).



Ryc.16 Analizator składu ciała TANITA MC980 MA

Źródło: <http://medkonsulting.strony.biz/najnowszy-produkt-tanita-mc-980-ma/>

Urządzenie charakteryzuje się najwyższą jakością, dokładnością oraz precyzją wykonywanych pomiarów. Wykorzystuje przepływ prądu o różnych częstotliwościach: 1kHz / 5kHz / 50kHz / 250kHz / 500kHz / 1000kHz, co maksymalizuje dokładność pomiarów. Zintegrowane 8 elektrod pozwala na wykonanie analizy z odczytem segmentowym uwzględniającym rozmieszczenie zawartości tkanki tłuszczowej, beztłuszczowej masy ciała oraz masy mięśniowej na lewej i prawej kończynie górnej oraz dolnej.

Pomiar wykonano zgodnie z podaną przez producenta procedurą badawczą. Przed przystąpieniem do pomiaru do pamięci urządzenia wprowadzono dane takie jak: płeć, typ budowy ciała, wiek oraz wysokość ciała osoby badanej. Dodatkowo zawodniczki w okresie 24 godzin przed badaniem zobowiązane były do niespożywania alkoholu, napojów energetyzujących, kawy oraz innych środków zawierających kofeinę. Do badania składu ciała podchodziły w stroju sportowym, bez biżuterii i innych ozdób. Nie miały także kontaktu

z elementami przewodzącymi prąd elektryczny. Badana osoba przystępowała do pomiaru po wcześniejszym osuszeniu stóp papierowym ręcznikiem (Kyle i wsp. 2004).

Pomiar umożliwił zebranie następujących danych:

1. Masa ciała (kg)
2. Fat (%) – zawartość procentowa tkanki tłuszczowej
3. Fat Mass (kg) – masa tkanki tłuszczowej
4. Muscle Mass (kg) – masa tkanki mięśniowej
5. TBW (Total Body Water) (kg) – całkowita liczbowa zawartość wody w organizmie
6. TBW (Total Body Water) (%) – całkowita procentowa zawartość wody w organizmie
7. Bone Mass (kg) – masa tkanki kostnej
8. BMI (Body Mass Index,  $\text{kg/m}^2$ ) – wskaźnik masy ciała

## **B) Czynniki funkcjonalny (motoryczny)**

W grupie zawodniczek dokonano również pomiaru charakterystyk funkcjonalnych, które wydają się mieć istotne znaczenie w kontekście precyzji zadawania trafień w szermierce:

- **Sila dłoni**

Pomiar siły dłoni wykonano zgodnie z opisem podanym w teście EUROFIT (1989) z wykorzystaniem atestowanego dynamometru ręcznego (ryc.17), z dokładnością do 1 kg.



Ryc.17 Dynamometr ręczny

Źródło: <http://www.compek.cz/dynamometr-kern-map.htm>

Podczas testu badana osoba stała w lekkim rozkroku, dynamometr ściśle przylegał do palców dłoni. Ramię osoby badanej ułożone było wzdłuż tułowia tak, by ręka nie dotykała ciała, po czym następował krótki ścisk dynamometru z maksymalną siłą. Drugie ramię znajdowało się w pozycji swobodnej. Z dwóch prób dla każdej ręki do analizy wykorzystano lepszy wynik w kg.

- **Czas reakcji**

Pomiar czasu reakcji przeprowadzony został na urządzeniu WITTY SEM firmy Microgate. System semaforów WITTY zbudowany jest z matrycy LED, która ma możliwość wyświetlania różnych kolorów, cyfr i znaków. WITTY SEM wyświetla kolory: zielony, czerwony, niebieski / strzałki w trzech kolorach i różnych kierunkach / litery w trzech kolorach (ryc.17). Dzięki wbudowanemu czujnikowi zbliżeniowemu semafor WITTY wyposażony w czujniki zbliżenia jest w stanie wykryć obecność obiektu w obszarze wskaźnika (max 40 cm) bez potrzeby dotykania go. Innowacyjne rozwiązanie systemu opiera się na specjalnej technologii, która umożliwia projektowanie testów oraz badań opartych na aspektach reakcji, postrzegania i uwagi, oraz na procesach kognitywnych.

Testy z wykorzystaniem urządzenia WITTY SEM są preferowanym rozwiązaniem w specjalistycznych treningach koordynacji (Hornikova 2021) reaktywności i zdolności motoryczno-poznawczych (<http://microgatepolska.pl/rehabilitacja/rehabilitacja-witty-sem/>). Zintegrowana matryca LED wyświetlająca różne kolory, cyfry i litery pozwala na programowanie testów szybkości reakcji i postrzegania w różnych sekwencjach (ryc.18).



Ryc.18 Zestaw semaforów Witty Sem

Źródło: <http://gyko.it/>

Na bazie wykorzystania tego urządzenia przeprowadzono 2 testy oceny czasu reakcji, podejmowania decyzji i selektywności.

- **Test 1 - reakcji prostej (bez obciążenia poznawczego):** reakcja na bodziec wizualny (zielone światło); 20 bodźców, 2 próby na każdą rękę.
- **Test 2 - reakcji złożonej (z obciążeniem poznawczym):** reakcja na bodziec wizualny (zielona literka „E”) – rozróżnianie i selekcja bodźca spośród innych znaków; 20 bodźców, 2 próby na każdą rękę.

Sposób wykonania dwóch prób w obu testach był następujący: każde stanowisko posiadało 4 światła (semafony MICROGATE Witty SEM) ustawione w konfiguracji krzyża, wysokość światła była dostosowywana do wysokości barków osoby badanej. System analizował tylko prawidłowe decyzje, na podstawie zbliżenia jednej dłoni. Odległość zbliżenia dłoni od semafora była identyczna dla każdej osoby. Osoba badana stała od semaforów na odległość wyciągniętej kończyny górnej, drugą kończynę górną miała schowaną za tułowiem na wysokości pasa. Pozycja stojąca była wygodna dla każdej badanej osoby (ryc.19).



Ryc.19 Sposób przeprowadzenia próby czasu reakcji

Źródło: opracowanie własne

Wymiernym efektem prawidłowo wykonanej próby była sygnalizacja świetlna, która ulegała zmianie w różnej konfiguracji. Wynik końcowy każdego testu z dwóch prób na każdą rękę oddzielnie, stanowił najlepszy czas w sek.

- **Równowaga**

Test równowagi był wykonany jednonóż za pomocą czujnika inercyjnego GYKO (metoda pomiarowa SWAY) (ryc.20). Taka metoda postępowania znajduje uznanie wśród wielu badaczy (Cigrovski i wsp. 2017, Spera i wsp. 2019).



Ryc.20 Sposób przeprowadzenia próby równowagi

Źródło: Opracowanie własne

Czujnik GYKO był mocowany na specjalnych szelkach (ryc.21), umożliwiając analizę wychylenia tułowia podczas stania jednonóż. Zawodniczki wykonywały po dwie 20-sekundowe próby na każdą nogę. Osoba stała jednonóż w wyznaczonym miejscu z rękoma na biodrach. Druga kończyna zgięta w stawie kolanowym, uniesiona była na wysokość biodra. Wzrok był skierowany przed siebie.



Ryc. 21. Kamizelka z czujnikiem inercyjnym

źródło: <http://gyko.it/>

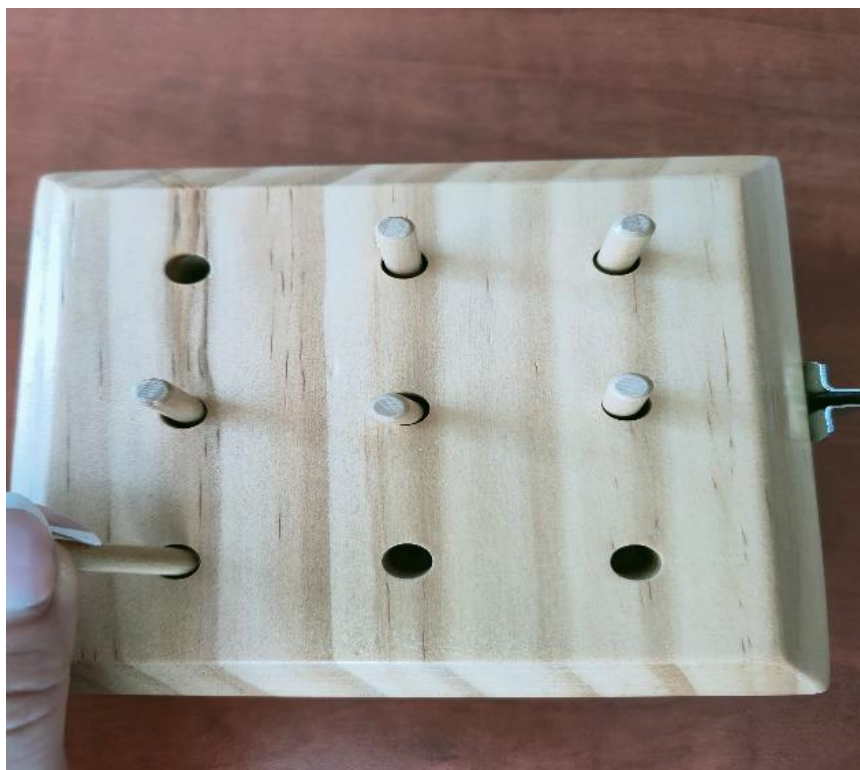
GYKO zawiera komponenty najnowszej generacji, które służą do wykonywania dokładnych i powtarzalnych pomiarów przyspieszenia, prędkości kątowej i pola magnetycznego w trzech wymiarach. Akcelerometr 3D służy do pomiaru przyspieszeń liniowych, a magnetometr 3D do pomiaru pola magnetycznego, któremu poddawane jest urządzenie. Żyroskop 3D służy do pomiaru prędkości kątowych urządzenia ([www.gyko.pl](http://www.gyko.pl)). Stworzony system jest w stanie dostarczyć zmierzone dane do 1000 razy na sekundę, gwarantując ich niezwykle wysoką rozdzielczość czasową. Dane podczas badania były przesyłane do komputera przez połączenie Bluetooth i przechowywane na karcie Micro SD. Z danych pomiarowych, poprzez zaawansowane algorytmy programowe, opisano kinematykę segmentu ciała, do którego przymocowany był GYKO. Dzięki powyższemu uzyskano zbiorczą informację o jakości analizowanego czynnika równowagi. Wyniki podawano w  $\text{cm}^2$ .

- **Sprawność manualna rąk**

Sprawność manualną rąk ustalono testem Nine Hole Peg Test (Feys i wsp. 2017, Tochio i wsp. 2022). Do jego przeprowadzenia niezbędny jest zestaw zawierający następujące elementy: kwadratowa plansza z 9 dołkami, otwory są oddalone od siebie o 3,2 cm każdy otwór ma głębokość 1,3 cm, 9 drewnianych kołek o średnicy grubości 0,64 cm (Mathiowetz i wsp. 1985). Pojemnik ma przekrój 0,7 cm, a boki są przymocowane (13 cm x 13 cm) za pomocą gwoździ i kleju. Płyta wyposażona jest w mechanizm zmniejszający poślizg. W badaniu można wykorzystać samoprzylepne maty do wanny. Blachę należy umieścić przed zawodnikiem, trzymając pojemnik z kołkami po stronie dominującej ręki. Zgodnie z metodologią, test należy najpierw przeprowadzić na dominującej ręce, co uczyniono w trakcie realizacji badań. Przed



rozpoczęciem testu przeprowadzono jedną próbę. Czas został zmierzony za pomocą stopera oraz zapisany w sekundach. Odliczanie czasu rozpoczynało się w momencie, gdy zawodnik dotykał pierwszego kołka. Zatrzymanie stopera odbywało się, gdy zawodnik umieścił ostatni kołek w pojemniku (ryc. 22).



Ryc.22 Pojemnik z kołkami do przeprowadzenia testu Nine Hole Peg.

Źródło: Archiwum własne

Wymiernym efektem prawidłowo wykonanej próby było umieszczenie wszystkich 9 kołków prawidłowo w otworach pojemnika oraz usunięcie ich tak szybko, jak to możliwe. Próba była wykonywana dwa razy na każdą rękę. Rejestrowano całkowity czas wykonania próby, w pierwszej kolejności ręką dominującą wykonane dwa razy a następnym wykonanie próby ręką niedominującą. Wyższy wynik świadczy o lepszej funkcji kończyny.

### **C) Dominacja funkcjonalna kończyn górnych (ręczność)**

Siłę preferencji określa się na ogół na podstawie specjalnie do tego celu opracowanych kwestionariuszy zawierających wiele pytań odnoszących się do tego, którą ręką posługuje się dana osoba przy wykonywaniu różnorodnych czynności. Skonstruowano wiele takich narzędzi, z których najpopularniejszy jest kwestionariusz Annett oraz Oldfield (inaczej zwany Edynburskim) stosowany przez różnych badaczy na całym świecie (McFarland i Anderson

1980, Ransil i Schachter 1994, Williams 2022). W efekcie badania dominacji funkcjonalnej kończyn górnych każdy taki kwestionariusz umożliwia nie tylko ocenę tego, czy badany jest praworęczny, leworęczny czy też oburęczny. Dostarcza również liczbowego wskaźnika określającego, jak silna jest dana preferencja (np. w kierunku leworęczności).

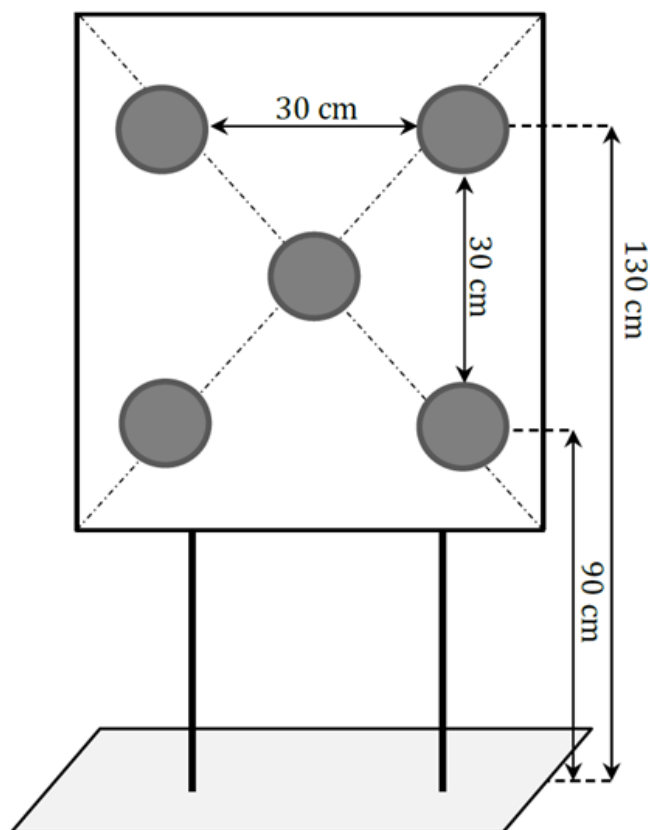
Edynburski Kwestionariusz Ręczności (ang. The Edinburgh Inventory) (Oldfield 1971), który użyty został na cele niniejszej pracy, zawiera pytania odnoszące się do preferencji użycia prawej lub lewej ręki w wykonywaniu szeregu codziennych czynności takich jak: pisanie, rysowanie, krojenie, rzucanie, posługiwanie się samym nożem, szczotkowanie zębów, zapalanie zapalki. Badanych prosi się o opisanie i zademonstrowanie sposobu wykonywania poszczególnych czynności. Niektóre zadania wymagają użycia obu rąk. Preferencje użycia rąk badacz zaznacza, wpisując w odpowiednią kolumnę „1”, a w drugą „0”. Jeśli preferencja użycia prawej lub lewej ręki jest dominująca i badany w wykonanej czynności nie użyłby drugiej ręki, to odpowiednio w kolumnach badacz zaznacza „2” i „0”. Natomiast, jeśli obojętne jest użycie jednej bądź drugiej ręki, to kolejno badacz wpisuje w jedną kolumnę „1” oraz w drugą „1”. Na podstawie obserwacji i odpowiedzi badanego określa się współczynnik lateralizacji, którego wartość odzwierciedla to, w jakim stopniu osoba jest prawo- czy leworęczna. W badaniu zastosowano następującą skalę: zawsze prawa 2 pkt., zazwyczaj prawa 1 pkt., brak preferencji 0 pkt., zawsze lewa 2 pkt., zazwyczaj lewa 1 pkt. Następnie zliczono wyniki analogicznie, zgodnie z metodologią zawartą przez Gonzalesa (Gonzalez 2009).

Kwestionariusz załączono w końcowej części pracy (załącznik nr 1).

#### **D) Precyzja zadawania trafień w walce szermierczej**

Test precyzji trafień został wykonany za pomocą elektronicznej tablicy Favero EFT-1 wyprodukowanej przez FAVERO ELECTRONICS Srl Arcade (TV) – ITALY (ryc.23).





Ryc. 23. FAVERO: Electronic Fencing Target

Źródło: Witkowski, M., Tomczak, E., Łuczak, M., Bronikowski, M., & Tomczak, M. (2020). Fighting left handers promotes different visual perceptual strategies than right handers: The study of eye movements of foil fencers in attack and defense. *BioMed research international*, 2020.

Na tablicy znajduje się 5 celów podświetlanych diodami LED. Dwa z nich umieszczone są na wysokości około 90 cm, a kolejne dwa na wysokości 130 cm nad ziemią. Cele rozmieszczone są w odległości 30 cm od siebie. Ostatni, piąty cel znajduje się pośrodku tarczy na przecięciu przekątnych. Urządzenie Favero EFT-1 dysponuje możliwością wykonania 9 testów, jednak w procedurze badawczej użyto trzech najbardziej różnorodnych testów. W poszczególnych testach, zadaniem zawodnika było wykonywanie w jak najkrótszym czasie serii osadzeń końca broni floretu (pundy) w pojawiające się losowo, podświetlane na czerwono cele. Przeprowadzone próby pozwalały na dokładne określenie precyzji zadawania trafień w różnych wariantach.

Test 1 polegał na trafianiu w dwa losowo pojawiające się cele, które podświetlały się na czerwono w dziesięciu cyklach. Każdy cykl rozpoczynał się rozświetleniem się pierwszego celu. Po prawidłowym, celnym trafieniu w pierwszy cel następowało rozświetlenie celu drugiego. Zadaniem badanego było wykonanie 10 cykli trafień w jak najkrótszym czasie.

W trakcie realizacji zadania, zawodnicy znajdowali się w postawie szermierczej w odległości odpowiedniej do wykonania prostego pchnięcia. W przypadku nietrafienia do celu lub niewykonania prawidłowo sekwencji trafień badanemu doliczany był czas 2,50 sekundy i liczony do ogólnej średniej wykonania danego programu.

Test 2 polegał na trafianiu w trzy losowo pojawiające się cele, które podświetlały się na czerwono w dziesięciu cyklach. Każdy cykl rozpoczynał się rozświetleniem się pierwszego celu. Po prawidłowym, celnym trafieniu w pierwszy cel następowało rozświetlenie celu drugiego. Po prawidłowym, celnym trafieniu w drugi cel następowało rozświetlenie celu trzeciego. Zadaniem badanego było wykonanie 10 cykli trafień w jak najkrótszym czasie. W przypadku nietrafienia do celu lub niewykonania prawidłowo sekwencji trafień, badanemu zaliczany był czas 2,70 sekundy i liczony do ogólnej średniej wykonania danego programu.

Test 3 polegał na trafianiu w trzy cele rozświetlone na czerwono jednocześnie w trzech cyklach. Test oceniał precyzję wykonywania trafień w jak najkrótszym czasie trzech pojawiających się jednocześnie celów, co wymagało dobrania odpowiedniej strategii percepcyjnej. W przypadku nietrafienia do celu lub niewykonania prawidłowo sekwencji trafień, badanemu zaliczany był czas 3,00 sekundy i liczony do ogólnej średniej wykonania danego programu. Wszystkie testy oceniały precyzję wykonywania trafień w jak najkrótszym czasie.

Próby wykonywane były dwukrotnie zarówno ręką dominującą, jak i niedominującą. Do analiz został użyty uśredniony czas dla każdej ręki oddzielnie wykonania zadań z dokładnością do 0.01 sek.

Dokładność działań szermierczych prowadzona we wszystkich testach eksperymentalnych określana była na podstawie czasu wykonywania celnych pchnięć, ponieważ w szermierce kluczowe jest wykonywanie celnych działań w jak najkrótszym czasie. Trafienie niecelne w myśl konwencji floretowej (zasad przyznawania punktów) powoduje oddanie inicjatywy przeciwnikowi i kończy się często otrzymaniem trafienia z jego strony. W przeprowadzonych testach zrezygnowano z możliwości ponawiania niecelnych trafień, ponieważ w zadaniu chodziło o ocenę efektywności celności pchnięć w ramach upływającego czasu (Witkowski 2019).

## 2.4 Metody analizy statystycznej

Aby odpowiedzieć na postawione w pracy pytania badawcze, przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistic w wersji 25. Z jego pomocą obliczono podstawowe statystyki opisowe, porównano średnie (testem t-Studenta dla dwóch grup o równej wariancji lub nieparametrycznym testem *U* Manna-Whitnea dla zmiennych bez rozkładu normalnego oraz analogicznie analizą one-way ANOVA lub H Kruskala-Wallisa dla trzech grup). W celu określenia związków między zmiennymi, wykonano szereg analiz korelacji z zastosowaniem współczynnika *r* Pearsona oraz *rho* Spearmana. Za poziom istotności statystycznej w niniejszym opracowaniu przyjęto wartość  $p = 0,05$ .

Do obliczenia asymetrii między kończynami zastosowano poniższy wzór (Robinson 1987):

$$\text{Wskaźnik symetrii} = \frac{X_R - X_L}{\frac{1}{2} \cdot (X_R + X_L)} \cdot 100\%$$

gdzie  $X_R$  oznacza wielkość badanej cechy na prawej kończynie

$X_L$  oznacza wielkość badanej cechy na lewej kończynie

Wynik dodatni wskazuje na większą przewagę (dominację) strony prawej, natomiast ujemny – na dominację strony lewej. Wynik bliższy zeru sugeruje mniejszą (słabszą) asymetrię pomiędzy kończynami w obrębie badanego parametru.

Do powyższego wskaźnika, wielkości danego parametru dla obu kończyn, mogą dotyczyć zarówno wartości indywidualnych, jak i średnich arytmetycznych dla badanej grupy.

Na potrzebę badań dokonano podziału zawodniczek na trzy grupy na podstawie badania przeprowadzonego za pomocą kwestionariusza Edynburskiego (Oldfield 1971). Wyróżniono zawodniczki L – leworęczne, P – praworęczne, N – o nieustalonej ręczności. Dla wybranych porównań międzygrupowych wielkość efektu różnicy wyrażono za pomocą wskaźnika  $\eta^2$  ( $\eta^2$ ). Uzyskane wyniki zostały zebrane w tabelach, które umieszczono w treści opracowania w wynikowym rozdziale pracy.

## Rozdział III Wyniki badań własnych

Przeprowadzone badania miały na celu zidentyfikowanie związków wybranych czynników z precyzją zadawania trafień w szermierce. Punktem wyjścia było obliczenie podstawowych statystyk opisowych wraz z testem normalności rozkładu Shapiro-Wilka. Uzyskane rezultaty wskazują, że rozkład wyników większości zmiennych nie odbiega istotnie od rozkładu normalnego, a w przypadku zmiennych, których rozkład jest niezgodny z krzywą Gaussa, odchylenia od rozkładu normalnego są nieznaczne (w żadnej ze zmiennych wartości skośności nie przekroczyły wartości bezwzględnej). Z uwagi jednak na niespełnienie założenia testów parametrycznych o równolicznych grupach, a także ze względu na małą liczebność grupy obejmującej osoby leworęczne, do porównań międzygrupowych wykorzystano testy nieparametryczne. Z kolei ocena wzajemnych zależności między poszczególnymi zmiennymi została dokonana w większości przy pomocy parametrycznego współczynnika korelacji  $r$  Pearsona. Rezultaty obejmujące wyniki badań zawarto w poniższych podrozdziałach pracy.

Na potrzeby pracy pojęcie „precyzja zadawania trafień” potraktowano zamiennie z terminem „celność ręki”, co pozwoliło na znaczne uproszczenie opisu wyników badań.

### 3.1 Somatyczne uwarunkowania precyzji zadawania trafień

W niniejszym podrozdziale skoncentrowano się na korelacjach precyzji zadawania trafień z badanymi charakterystykami somatycznymi. Analizy przeprowadzone w całej badanej grupie oparte zostały na współczynniku korelacji  $r$  Pearsona.

W pierwszej kolejności dokonano opisu statystycznego badanych charakterystyk morfologicznych dla badanych zawodniczek. Dane zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu dla charakterystyk morfologicznych w grupie badanych florecistek

<b>Charakterystyki somatyczne</b>	<b>M</b>	<b>Mdn</b>	<b>SD</b>	<b>Sk.</b>	<b>Kurt.</b>	<b>Min.</b>	<b>Maks.</b>	<b>S-W</b>
Wysokość ciała [cm]	163.0	163.65	6.46	146.60	180.60	-0.30	0.90	0.98
Masa ciała [kg]	55.94	55.85	6.93	37.50	67.60	-0.40	-0.01	0.98
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	20.87	20.90	2.09	16.30	25.20	-0.09	-0.58	0.99
Masa tłuszczowa [%]	24,62	24,30	3,29	0,14	-0,50	17,40	31,50	0,99
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	42,03	42,00	4,32	-0,49	0,47	29,60	49,30	0,97
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	30,77	30,70	3,16	-0,48	0,45	21,70	36,10	0,97
Masa mięśniowa [kg]	39,88	39,90	4,10	-0,49	0,45	28,10	46,80	0,97
Masa tkanki kostnej [kg]	2,15	2,10	0,22	-0,51	0,66	1,50	2,50	0,95

*Legenda: M – średnia; Mdn – mediana; SD – odchylenie standardowe; Sk. – skośność; Kurt. – kurtoza; Min i Maks. – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; S-W – wynik testu Shapiro-Wilka; K-S – wynik testu Kolmogorowa-Smirnowa*

Źródło: Badania własne

Przystępując do analizy wyników zbadano różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi oraz prawo-leworęcznymi i z nieokreśloną ręknością pod względem wielkości zmiennych morfologicznych. W grupie zawodniczek praworęcznych stwierdzono większą masę tłuszczową w wielkościach liczbowych i procentowych, przewagę tej komponenty na lewej kończynie górnej, a także więcej masy mięśniowej na obu kończynach górnych. Wyniki przedstawiono w tabeli 3. W przypadku istotności między parametrami ukazano średnie arytmetyczne.

Tabela 3. Wynik testu istotności różnic pod względem cech morfologicznych między zawodniczkami prawoi leworęcznymi

<b>Charakterystyki somatyczne</b>	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Wysokość ciała [cm]	0.722	15.7	0.481
Masa ciała [kg]	1.020	16.7	0.322
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	0.379	12.8	0.711
Masa tłuszczowa [%]	2.481	18.7	<b>0.023</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 24.91 ± 3.42; M<sub>L</sub> = 22.94 ± 1.90)</b>		
Masa tłuszczowa [kg]	2.227	20.5	<b>0.037</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 14.17 ± 3.6; M<sub>L</sub> = 12.5 ± 1.75)</b>		
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	0.140	14.3	0.891
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	0.157	14.2	0.877
Masa mięśniowa [kg]	0.133	14.3	0.896
Masa tkanki kostnej [kg]	0.256	14.4	0.802
Masa tłuszczowa na prawej kończynie dolnej [%]	0.612	23.6	0.546
Masa tłuszczowa na prawej kończynie dolnej [kg]	1.225	27.8	0.231
Beztłuszczowa masa ciała na prawej kończynie dolnej [kg]	0.674	12.0	0.513
Masa mięśniowa na prawej kończynie dolnej [kg]	0.601	12.1	0.559
Masa tłuszczowa na lewej kończynie dolnej [%]	1.329	19.9	0.199
Masa tłuszczowa na lewej kończynie dolnej [kg]	1.299	20.5	0.208
Beztłuszczowa masa ciała na lewej kończynie dolnej [kg]	0.356	12.6	0.728
Masa mięśniowa na lewej kończynie dolnej [kg]	0.315	12.7	0.758
Masa tłuszczowa na prawej kończynie górnej [%]	-1.829	15.7	0.086
Masa tłuszczowa na prawej kończynie górnej [kg]	0.251	21.3	0.805
Beztłuszczowa masa ciała na prawej kończynie górnej [kg]	2.589	16.2	<b>0.020</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 1.79 ± 0.23; M<sub>L</sub> = 1.64 ± 0.14)</b>		
Masa mięśniowa na prawej kończynie górnej [kg]	2.640	15.8	<b>0.018</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 1.69 ± 0.22; M<sub>L</sub> = 1.54 ± 0.14)</b>		
Masa tłuszczowa na lewej kończynie górnej [%]	3.153	17.7	<b>0.006</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 35.34 ± 3.98; M<sub>L</sub> = 32.33 ± 2.32)</b>		

Masa mięśniowa na lewej kończynie górnej [kg]	2.496	22.8	<b>0.020</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 0.99 ± 0.23; M<sub>L</sub> = 0.87 ± 0.11)</b>		
Beztłuszczowa masa ciała na lewej kończynie górnej [kg]	-0.393	14.8	0.700
Masa mięśniowa na lewej kończynie górnej [kg]	-0.364	14.5	0.721
Masa tłuszczowa na tułowiu [%]	3.043	15.5	<b>0.008</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 19.28 ± 4.02; M<sub>L</sub> = 16.1 ± 2.63)</b>		
Masa tłuszczowa na tułowiu [kg]	2.785	17.7	<b>0.012</b>
	<b>(M<sub>P</sub> = 5.97 ± 1.79; M<sub>L</sub> = 4.78 ± 1.05)</b>		
Beztłuszczowa masa ciała na tułowiu [kg]	-0.327	16.4	0.748
Masa mięśniowa na tułowiu [kg]	-0.298	16.1	0.769

Legenda: *t*- rozkład; *df*- stopnie swobody; *p*-poziom istotności; *M<sub>P</sub>*- średnia arytmetyczna danej cechy u zawodniczek praworęcznych ± odchylenie standardowe; *M<sub>L</sub>*- średnia arytmetyczna danej cechy u zawodniczek leworęcznych ± odchylenie standardowe.

Źródło: Badania własne

Analizy przeprowadzone w całej badanej grupie oparte zostały na współczynniku korelacji *r* Pearsona. Jak wskazują dane zamieszczone w tabeli 4, żadne charakterystyki somatyczne nie korelują istotnie z precyzją prawej ręki. Z precyzją lewej ręki istotnie koreluje natomiast in minus beztłuszczowa masa ciała [kg], całkowita zawartość wody w organizmie [kg] oraz masa mięśniowa [kg]. Oznacza to, że im mniejsza wielkość tych komponentów, tym większa precyzja zadawania trafień.

Tabela 4. Korelacje charakterystyk somatycznych z precyzją prawej i lewej ręki w całej badanej grupie (n=60)

Charakterystyki somatyczne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>P</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>P</i>
Wysokość ciała [cm]	-0,09	0,487	-0,24	0,077
Masa ciała [kg]	-0,21	0,116	-0,25	0,057
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	-0,20	0,130	-0,18	0,178
Masa tłuszczowa [%]	-0,06	0,639	-0,12	0,394
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	-0,22	0,096	<b>-0,26</b>	0,048
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	-0,22	0,097	<b>-0,26</b>	0,050
Masa mięśniowa [kg]	-0,22	0,095	<b>-0,26</b>	0,048
Masa tkanki kostnej [kg]	-0,21	0,114	-0,25	0,059

Legenda:  $r$ -współczynnik korelacji (empiryczny);  $n$ -liczebność;  $p$ -istotność, prawdopodobieństwo

Źródło: Badanie własne

Analogicznych analiz dokonano w grupach wyodrębnionych z uwagi na ręczność określoną przy pomocy Edynburskiego Kwestionariusza Ręczności. W przypadku zawodniczek praworęcznych nie odnotowano żadnych istotnych korelacji między charakterystykami somatycznymi a precyzją prawej i lewej ręki (tab. 5)

Tabela 5. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek praworęcznych

Charakterystyki somatyczne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	$r$ Pearsona	$p$	$r$ Pearsona	$p$
Wysokość ciała [cm]	-0.31	0.167	-0.31	0.165
Masa ciała [kg]	-0.22	0.328	-0.24	0.299
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	-0.07	0.763	-0.1	0.674
Masa tłuszczowa [%]	0.11	0.641	0.00	0.988
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	-0.33	0.142	-0.31	0.177
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	-0.33	0.147	-0.30	0.182
Masa mięśniowa [kg]	-0.33	0.139	-0.31	0.174
Masa tkanki kostnej [kg]	-0.28	0.212	-0.27	0.235

Legenda:  $r$ -współczynnik korelacji;  $p$ -istotność

Źródło: Badania własne

Dla zbadania korelacji w grupie osób leworęcznych wykorzystano współczynnik korelacji  $\rho$  Spearmana. Uzyskane wyniki zawarte w tabeli 6 sugerują, że w tej grupie badanych charakterystyki somatyczne również nie są związane z precyzją ręki. Biorąc jednak pod uwagę wartości  $\rho$  Spearmana można wnioskować, że zwiększenie liczby osób badanych przyczyniłoby się do ujawnienia istotnych związków precyzji lewej ręki z beztłuszczową masą ciała [kg], całkowitą zawartością wody w organizmie [kg] oraz masą mięśniową [kg].



Tabela 6. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek leworęcznych

Charakterystyki somatyczne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>rho</i> Spearmana	<i>p</i>	<i>rho</i> Spearmana	<i>p</i>
Wysokość ciała [cm]	0.30	0.393	0.01	0.973
Masa ciała [kg]	-0.13	0.973	0.21	0.56
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	-0.07	0.865	0.39	0.263
Masa tłuszczowa [%]	-0.04	0.919	-0.10	0.785
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	-0.04	0.919	0.31	0.387
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	-0.04	0.919	0.31	0.387
Masa mięśniowa [kg]	-0.04	0.919	0.31	0.387
Masa tkanki kostnej [kg]	0.07	0.838	0.41	0.233

Legenda: *rho*-współczynnik korelacji *rho*-Spearmana; *p*-istotność

Źródło: Badania własne

Również wśród osób o nieokreślonej ręczności przeprowadzono analizę korelacji ze współczynnikiem *r* Pearsona, która nie ujawniła jednak żadnych korelacji pomiędzy charakterystykami somatycznymi a precyzją prawej i lewej ręki (tab.7)

Tabela 7. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek o nieokreślonej ręczności (n=28)

Charakterystyki somatyczne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Wysokość ciała [cm]	-0.01	0.966	-0.24	0.242
Masa ciała [kg]	-0.34	0.085	-0.35	0.084
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	-0.44	0.022	-0.29	0.15
Masa tłuszczowa [%]	-0.17	0.399	-0.19	0.360
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	-0.32	0.106	-0.33	0.101
Całkowita zawartość wody w organizmie [kg]	-0.32	0.107	-0.33	0.103
Masa mięśniowa [kg]	-0.32	0.107	-0.33	0.101
Masa tkanki kostnej [kg]	-0.33	0.098	-0.33	0.098

Legenda: *r* - współczynnik korelacji Pearsona; *p* - poziom istotności

Źródło: Badania własne

W dalszych analizach sprawdzono czy asymetria morfologiczna jest związana z precyzją zadawania trafień. Uzyskane wyniki wskazują, że zawodniczki różnią się między sobą pod względem asymetrii. W przypadku zawodniczek leworęcznych zaobserwowano mniejszą asymetrię w przypadku masy tłuszczowej na kończynach górnych oraz beztłuszczowej masy ciała i masy mięśniowej na kończynach dolnych. Wyraźnie największą asymetrię masy tłuszczowej w obrębie kończyn górnych charakteryzowały się zawodniczki o nieustalonej ręczności. Otrzymane rezultaty zawarto w tabeli 8.

Tabela 8. Wielkość asymetrii morfologicznej w grupie zawodniczek wyodrębnionych z uwagi na ich typ ręczności

Charakterystyki somatyczne	Segment ciała	Wskaźnik asymetrii			
		Ogół Zawodniczek (n=60)	Zawodniczki praworęczne (n=21)	Zawodniczki leworęczne (n=11)	Zawodniczki o nieustalonej ręczności (n=28)
Masa tłuszczowa [%]	Kończyny górne	-16,1 ± 9,76	-15,49 ± 9,23	-7.74 ± 5.16	-19.79 ± 9.60
	Kończyny dolne	1,38 ± 2,04	1.34±2.07	1.90±2.48	1.20±1.86
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	Kończyny górne	-1,1 ± 5,24	1.47±3.56	-9.22±3.73	0.16±3.45
	Kończyny dolne	5,12 ± 1,9	5.50±1.70	4.12±1.37	5.23±2.13
Masa mięśniowa [kg]	Kończyny górne	-1,17 ± 5,57	1.57±3.78	-9.78±3.95	0.17±3.67
	Kończyny dolne	5,03 ± 1,91	5.54±1.89	4.081±1.493	5.01±1.99

Źródło: Badania własne

W kolejnych analizach sprawdzono, czy asymetria morfologiczna kończyn górnych i kończyn dolnych zawodniczek jest związana z precyzją prawej i lewej ręki. Obliczenia dokonane przy pomocy korelacji r Pearsona w całej grupie wykazały pozytywną zależność pomiędzy wielkością asymetrii beztłuszczowej masy ciała [kg] oraz masy mięśniowej [kg] a precyzją zadawania trafień przez florecistki. Wykazano, że im większa asymetria w obrębie kończyn górnych w tych parametrach, tym mniejsza precyzja prawej ręki. W przypadku precyzji ręki lewej takich zależności nie zaobserwowano. Wyniki zamieszczono w tabeli 9.

Tabela 9. Korelacje asymetrii morfologicznej ogółu badanych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki (n=60)

Charakterystyki somatyczne	Segment Ciała	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
		r	p	r	p
Masa tłuszczowa [%]	Kończyny górne	0.21	0.110	-0.05	0.720
	Kończyny dolne	0.10	0.460	-0.17	0.210
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	Kończyny górne	<b>-0.40**</b>	0.002	0.24	0.070
	Kończyny dolne	-0.19	0.157	0.22	0.107
Masa mięśniowa [kg]	Kończyny górne	<b>-0.40**</b>	0.002	0.24	0.070
	Kończyny dolne	-0.17	0.200	0.17	0.219

Legenda: \*\* Istotność wyników, *r*-współczynnik korelacji, *p*-istotność

Źródło: Badania własne

Analiza korelacji ze współczynnikiem *r* Pearsona wykonana w grupie zawodniczek praworęcznych nie wykazała żadnych istotnych związków charakterystyk morfologicznych z precyzją prawej i lewej ręki. Wyniki zawiera tabela 10.

Tabela 10. Korelacje asymetrii morfologicznej praworęcznych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki

Charakterystyki somatyczne	Segment ciała	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
		r	p	r	P
Masa tłuszczowa [%]	Kończyny górne	0.19	0.414	0.23	0.320
	Kończyny dolne	-0.15	0.521	0.15	0.526
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	Kończyny górne	-0.22	0.343	-0.12	0.611
	Kończyny dolne	0.15	0.513	0.13	0.562
Masa mięśniowa [kg]	Kończyny górne	-0.22	0.345	-0.12	0.609
	Kończyny dolne	0.16	0.492	0.16	0.496

Legenda: *r*-współczynnik korelacji, *p*-istotność

Źródło: Badania własne

W celu określenia korelacji precyzji ręki z charakterystycznymi somatycznymi w grupie osób leworęcznych zastosowano współczynnik korelacji *rho* Spearmana. Jak wskazują dane w tabeli 11 precyzja prawej ręki w tej grupie również nie koreluje statystycznie istotnie z żadną z badanych charakterystyk somatycznych.

Tabela 11. Korelacje asymetrii morfologicznej leworęcznych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki

Charakterystyki somatyczne	Segment ciała	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
		r	p	r	P
Masa tłuszczowa [%]	Kończyny górne	-0.36	0.311	-0.15	0.681
	Kończyny dolne	0.00	1.000	-0.43	0.215
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	Kończyny górne	0.25	0.486	0.02	0.960
	Kończyny dolne	-0.15	0.688	0.18	0.626
Masa mięśniowa [kg]	Kończyny górne	0.25	0.486	0.02	0.960
	Kończyny dolne	-0.17	0.638	0.07	0.854

Legenda: *r*-współczynnik korelacji, *p*-istotność

Źródło: Badania własne

Konsekwentnie wykonano obliczenia w grupie zawodniczek o niekreślonej ręczności i podobnie jak w podgrupach zawodniczek prawo- i leworęcznych nie stwierdzono istotnych związków między asymetrią morfologiczną a precyzją rąk. Ze statystycznego punktu widzenia jest to normalne – grupy o niskiej liczebności nie sprzyjają uzyskiwaniu wyników istotnych statystycznie, czyli takich, które pozwoliłyby wnioskować o występowaniu zależności stwierdzonej w próbie. Analiza całej grupy zawodniczek uprawdopodobnia występowanie stwierdzonego efektu w populacji zawodniczek (pod warunkiem, że jest on obecny i podobny we wszystkich podgrupach). Uzyskane wyniki zawiera tabela 12.

Tabela 12. Korelacje asymetrii morfologicznej zawodniczek o nieokreślonej ręczności z precyzją prawej i lewej ręki (n=28)

Charakterystyki somatyczne	Segment ciała	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
		r	p	r	p
Masa tłuszczowa [%]	Kończyny górne	0.05	0.806	0.01	0.951
	Kończyny dolne	0.25	0.207	-0.33	0.104
Beztłuszczowa masa ciała [kg]	Kończyny górne	-0.23	0.243	-0.01	0.963
	Kończyny dolne	-0.23	0.253	0.11	0.579
Masa mięśniowa [kg]	Kończyny górne	-0.23	0.244	-0.01	0.965
	Kończyny dolne	-0.20	0.312	0.01	0.963

Legenda: *r*-współczynnik korelacji, *p*-istotność

Źródło: Badania własne

### 3.2 Funkcjonalne (motoryczne) uwarunkowania precyzji zadawania trafień

Początkowo zaprezentowano charakterystyki opisowe (tab.13) a następnie wyniki istotności różnic dla analizowanych zmiennych w grupie florecistek (tab.14).

Tabela 13. Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu normalności rozkładu dla zmiennych ilościowych uwzględnionych w pracy w grupie badanych florecistek (n=60)

Charakterystyki funkcjonalne	M	Mdn	SD	Sk.	Kurt.	Min.	Maks	S-W
Sprawność manualna prawej ręki [s]	16,86	16,56	1,96	1,01	1,87	13,12	22,93	0,93
Sprawność manualna lewej ręki [s]	17,98	18,53	2,36	-0,06	-0,63	12,78	22,72	0,98
Precyzja prawej ręki [s]	0,85	0,86	0,15	-0,15	0,08	0,53	1,25	0,99
Precyzja lewej ręki [s]	0,96	0,98	0,17	-0,46	-0,65	0,58	1,22	0,96
Siła prawej dłoni [kg]	28,58	28,40	4,49	0,65	0,06	20,90	41,60	0,96
Siła lewej dłoni [kg]	26,83	26,60	4,48	0,07	-0,08	16,00	37,70	0,99
Czas reakcji bez obciążenia poznawczego - prawa ręka [s]	9,11	9,08	0,66	-0,06	-0,87	7,89	10,36	0,97
Czas reakcji bez obciążenia poznawczego - lewa ręka [s]	9,29	9,36	0,77	0,19	-0,33	7,83	10,91	0,98
Czas reakcji z obciążeniem poznawczym - prawa ręka [s]	22,10	22,44	3,84	0,54	0,43	14,90	32,08	0,97
Czas reakcji z obciążeniem poznawczym - lewa ręka [s]	22,82	22,56	3,79	0,89	1,59	15,89	33,30	0,94
Równowaga [cm <sup>2</sup> ]	222,91	185,87	158,10	1,28	2,27	28,64	769,37	0,91

Legenda: M – średnia arytmetyczna; Mdn – mediana; SD – odchylenie standardowe; Sk. – skośność; Kurt. – kurtoza; Min i Maks. – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; S-W – wynik testu Shapiro-Wilka; K-S – wynik testu Kolmogorowa-Smirnowa

Źródło: Badania własne



Tabela 14. Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w charakterystykach funkcjonalnych i ich istotność z precyzją prawej i lewej ręki

Charakterystyki funkcjonalne	t	df	p	M	SE
Czas reakcji bez obciążenia poznawczego-prawa ręka [s]	-0.453	11.094	0.659	-0.113	0.249
Czas reakcji bez obciążenia poznawczego-lewa ręka [s]	0.289	10.014	0.779	0.098	0.340
Czas reakcji z obciążeniem poznawczym-prawa ręka [s]	1.641	12.927	0.125	2.015	1.228
Czas reakcji z obciążeniem poznawczym-lewa ręka [s]	1.740	15.190	0.102	1.945	1.118
Siła prawej dłoni [kg]	3.994	30.246	< .001	3.733	0.935
Siła lewej dłoni [kg]	-0.106	14.813	0.917	-0.142	1.336
Równowaga [cm <sup>2</sup> ]	-0.612	10.246	0.554	-31.668	51.707

Legenda: t- wynik testu, df -stopnie swobody, p-istotność, M-średnia różnica, SE-błąd statystyczny różnicy

Źródło: Badania własne

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 14 nie wykazano istotnych różnic w badanych paramerów z precyzją zadawania trafień przez prawo - i leworęczne florecistki.

### 3.2.1 Sprawność manualna rąk a precyzja zadawania trafień

Na podstawie uzyskanych wyników badań wykazano, że nie ma istotnych różnic między sprawnością manualną prawej oraz lewej ręki wyznaczoną testem Nine Hole Peg w grupie zawodniczek prawo i leworęcznych (tab.15)

Tabela 15. Różnice w sprawności manualnej obu rąk między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi.

Charakterystyki funkcjonalne	t	df	p	M	SE
Sprawność manualna prawej ręki [s]	-1.574	10.918	0.144	-1.192	0.757
Sprawność manualna lewej ręki [s]	-0.008	11.051	0.994	-0.007	0.922

Legenda: *t*- wynik testu, *df*-stopnie swobody, *p*-istotność, *M*-średnia różnica, *SE*-błąd statystyczny różnicy

Źródło: Badania własne

Sprawdzono również, czy zachodzi związek między sprawnością manualną ręki a precyzją zadawania trafień. Obliczeń dokonano początkowo w całej badanej grupie. Do oceny zależności wykorzystano współczynnik korelacji *r* Pearsona. Zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 16 sprawność manualna prawej ręki koreluje statystycznie istotnie z precyzją prawej ręki. Kierunek tej zależności jest dodatni co oznacza, że im lepsza sprawność ręki, tym lepsza jej precyzja. Między pozostałymi analizowanymi zmiennymi nie odnotowano istotnych korelacji.

Tabela 16. Korelacje precyzji prawej ręki i lewej ręki ze sprawnością manualną prawej i lewej ręki dla całej badanej grupy n=60

Charakterystyki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Sprawność manualna prawej ręki	<b>0,30</b>	0,024	0,17	0,213
Sprawność manualna lewej ręki	-0,09	0,499	0,21	0,134

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona; *p*-istotność

Źródło: Badania własne

Następnie sprawdzono, czy opisana powyżej zależność występuje w grupach wyodrębnionych z uwagi na wyniki uzyskane w Edynburskim Kwestionariuszu Ręczności. Z uwagi na brak pojedynczych danych suma wszystkich badanych wyniosła w tym przypadku 56 osób. W przypadku osób praworęcznych i o nieokreślonej ręczności wykorzystano współczynnik korelacji *r* Pearsona. Zgodnie z otrzymanymi rezultatami, związek precyzji prawej ręki ze sprawnością manualną prawej ręki występuje wyłącznie w grupie osób leworęcznych. Dodatkowo w niniejszej grupie zaobserwowano również pozytywną zależność (na poziomie  $p < 0,10$ ) precyzji lewej ręki ze sprawnością manualną prawej ręki. W przypadku pozostałych podgrup nie zaobserwowano żadnych istotnych zależności w tym względzie (tab.17)

Tabela 17. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki ze sprawnością manualną prawej i lewej ręki w podziale na grupy o różnej ręczności (n=56)

Osoby praworęczne (n = 20)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Sprawność manualna prawej ręki	0,21	0,383	0,26	0,272
Sprawność manualna lewej ręki	0,19	0,412	0,34	0,148
Osoby leworęczne (n = 10)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Sprawność manualna prawej ręki	<b>0,74</b>	0,014	0,56	0,096
Sprawność manualna lewej ręki	0,22	0,546	0,38	0,279
Osoby o nieokreślonej ręczności (n = 26)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Sprawność manualna prawej ręki	0,07	0,722	0,18	0,402
Sprawność manualna lewej ręki	-0,28	0,160	-0,11	0,587

Legenda: r-współczynnik korelacji Pearsona; p-istotność

Źródło: Badania własne

### 3.2.2 Siła dłoni a precyzja zadawania trafień

Kolejna analiza miała na celu określenie związku precyzji zadawania trafień ręki z siłą dłoni. Na początku dokonano obliczeń w całej badanej grupie. Wyniki otrzymane przy pomocy analizy korelacji ze współczynnikiem r Pearsona pokazują, że precyzja prawej ręki jest dodatnio skorelowana z siłą prawej dłoni, natomiast precyzja lewej ręki jest dodatnio skorelowana z siłą lewej dłoni. Oznacza to, że wraz ze wzrostem wyniku w zakresie precyzji, maleją wyniki w obrębie siły dłoni. Zatem im większa siła tym większa precyzja ręki (rozumiana jako zdolność, a nie wynik badania) Siła odnotowanych związków jest słaba (tab.18)

Tabela 18. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z siłą prawej i lewej dłoni w całej badanej grupie (n=60)

Charekterytyki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Siła prawej dłoni	<b>0,43</b>	0,001	0,17	0,228
Siła lewej dłoni	0,22	0,110	<b>0,29</b>	0,037

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona; *p*-istotność

Źródło: Badania własne

Po zapoznaniu się ze związkami występującymi w całej badanej grupie przeprowadzono dalsze analizy korelacji w podziale na grupy o różnej ręczności. Obliczenia oparto na współczynniku korelacji *r* Pearsona (w przypadku osób praworęcznych i o nieokreślonej ręczności) oraz współczynniku korelacji rho Spearmana (dla osób leworęcznych). Otrzymane wyniki sugerują, że zarówno w grupie osób prawo- jak i leworęcznych precyzja ręki nie koreluje istotnie z siłą dłoni. Istotne zależności (na poziomie tendencji statystycznej) tych dwóch zmiennych zaobserwowano natomiast w grupie osób o nieokreślonej ręczności. Zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 19, im wyższy wynik uzyskany w teście określającym precyzję ręki, tym mniejsza siła dłoni (dotyczy to zarówno prawej, jak i lewej ręki). W przypadku tej analizy wzięto pod uwagę 53 zawodniczki, ponieważ nie wszystkie badane posiadały kompletne dane.

Tabela 19. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z siłą prawej i lewej dłoni w podziale na grupy o różnej ręczności (n=43)

Osoby praworęczne (n = 20)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Siła prawej dłoni	0,35	0,135	0,39	0,091
Siła lewej dłoni	0,18	0,451	0,29	0,210
Osoby leworęczne (n = 10)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	rho Spearmana	p	rho Spearmana	p
Siła prawej dłoni	0,02	0,947	0,09	0,802
Siła lewej dłoni	0,41	0,244	0,08	0,829
Osoby o nieokreślonej ręczności (n = 23)				
Charekterystryki funkcjonalne	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Siła prawej dłoni	0,40	0,060	-0,38	0,079
Siła lewej dłoni	0,37	0,086	-0,42	0,052

Legenda: r-współczynnik korelacji Pearson ; p-istotność

Źródło: badanie własne

Dokonano także porównania siły prawej i lewej dłoni wśród zawodniczek prawo i leworęcznych. Wyniki zawarto w tabeli 20.

Tabela 20. Różnice w sile prawej i lewej dłoni między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi

Charakterystyki funkcjonalne	t	df	p	M	SE
Siła lewa ręka	-0.106	14.813	0.917	-0.142	1.336
Siła prawa ręka	3.994	30.246	< .001	3.733	0.935

Legenda: Legenda: t- wynik testu, df -stopnie swobody, p-istotność, M-średnia różnica, SE-błąd statystyczny różnicy.

Źródło: badanie własne.

Na podstawie uzyskanych danych wykazano, że istnieje statystycznie istotne zróżnicowanie w sile prawej dłoni między zawodniczkami prawo i leworęcznymi. Silniejszą prawą dłonią charakteryzowały się zawodniczki praworęczne.

### 3.2.3 Równowaga a precyzja zadawania trafień

Analizując na kolejnym etapie ewentualne zależności pomiędzy równowagą badanych zawodniczek z precyzją zadawania trafień nie stwierdzono istotnych statystycznie związków w tym względzie, niezależnie od typu ręczności badanych (tab. 21)

Tabela 21. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z równowagą badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.

Grupa badanych	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Cała grupa	0.08	0.623	0.07	0.665
Osoby praworęczne	0.03	0.907	-0.07	0.803
Osoby leworęczne*	0.61	0.167	0.54	0.236
Osoby o nieustalonej ręczności	0.22	0.346	0.05	0.825

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona (empiryczny); *p*-istotność; \* - użyto współczynnika korelacji Spearmana

Źródło: Badanie własne

Sprawdzono także, czy typ ręczności związany był z uzyskanymi wynikami testu na utrzymanie równowagi (tab.22).

Tabela 22. Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w próbie równowagi i ich istotność

Charakterystyki funkcjonalne	t	df	p	M	SE
Równowaga [cm2]	-0.612	10.246	0.554	-31.668	51.707

Legenda: t- wynik testu, df -stopnie swobody, p-istotność, M-średnia różnica, SE-błąd statystyczny różnicy

Źródło: Badania własne

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że równowaga nie różnicowała w istotny sposób zawodniczek prawo- i leworęcznych.

### 3.2.4 Czas reakcji a precyzja zadawania trafień

W dalszych obliczeniach skoncentrowano się na poszukiwaniu związków między czasem reakcji z obciążeniem poznawczym oraz bez obciążenia poznawczego obu rąk z precyzją zadawania trafień przez badane florecistki, w zależności od ich typu ręczności. Stwierdzono istotny statystycznie związek o dużej sile między czasem reakcji bez obciążenia poznawczego lewej ręki a precyzją lewej ręki u osób praworęcznych. Wyniki przedstawia tabela 23.

Tabela 23. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji lewej ręki bez obciążenia poznawczego wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności

Czas reakcji lewej ręki bez obciążenia poznawczego	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	r Pearsona	p	r Pearsona	p
Cała grupa	0.04	0.760	<b>0.38</b>	<b>0.004</b>
Osoby praworęczne	0.34	0.127	<b>0.70</b>	<b>&lt;0.001</b>
Osoby leworęczne*	-0.22	0.544	-0.23	0.521
Osoby o nieustalonej ręczności	0.06	0.759	0.07	0.738

Legenda: r-współczynnik korelacji Pearsona; p-istotność, prawdopodobieństwo; \*- użyto współczynnika korelacji Spearmana

Źródło: Badanie własne.

Stwierdzono także istotny statystycznie związek o umiarkowanej sile między czasem reakcji bez obciążenia poznawczego prawej ręki a precyzją lewej ręki u osób praworęcznych. Siła związku jest duża. Wyniki zaprezentowano w tabeli 24.

Tabela 24. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji prawej ręki bez obciążenia poznawczego wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności

Czas reakcji prawej ręki bez obciążenia poznawczego	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Cała grupa	0.20	0.145	<b>0.37</b>	<b>0.005</b>
Osoby praworęczne	<b>0.46</b>	<b>0.035</b>	<b>0.67</b>	<b>0.001</b>
Osoby leworęczne*	0.02	0.947	0.19	<b>0.601</b>
Osoby o nieustalonej ręczności	0.05	0.808	0.19	0.363

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona (empiryczny); *p*-istotność; \* - użyto współczynnika korelacji Spearmana

Źródło: Badanie własne

Tylko wśród osób o dominującej prawej ręce stwierdzono związek między czasem reakcji lewej ręki z obciążeniem poznawczym a precyzją obu rąk. Tabela 25 ukazuje otrzymane wyniki badań.

Tabela 25. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji lewej ręki z obciążeniem poznawczym wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.

Czas reakcji lewej ręki z obciążeniem poznawczym	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Cała grupa	-0.07	0.611	0.11	0.426
Osoby praworęczne	<b>0.46</b>	<b>0.041</b>	<b>0.45</b>	<b>0.045</b>
Osoby leworęczne*	-0.05	0.894	0.06	0.868
Osoby o nieustalonej ręczności	-0.28	0.189	-0.39	0.071

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona; *p*-istotność; \* - użyto współczynnika korelacji Spearman

Źródło: Badanie własne



Również wśród osób praworęcznych stwierdzono umiarkowanie silny związek między czasem reakcji prawej ręki z obciążeniem poznawczym a precyzją obu rąk. Wyniki zaprezentowano w tabeli 26.

Tabela 26. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji prawej ręki z obciążeniem poznawczym wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.

Czas reakcji prawej ręki z obciążeniem poznawczym	Precyzja prawej ręki		Precyzja lewej ręki	
	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>	<i>r</i> Pearsona	<i>p</i>
Cała grupa	-0.01	0.968	<b>0.29</b>	<b>0.035</b>
Osoby praworęczne	0.60	<b>0.006</b>	0.61	<b>0.004</b>
Osoby leworęczne*	0.15	0.688	0.43	0.220
Osoby o nieustalonej ręczności	-0.21	0.336	-0.28	0.207

Legenda: *r*-współczynnik korelacji Pearsona; *p*-istotność; \*- użyto współczynnika korelacji Spearmana

Źródło: Badanie własne.

Dokonano również porównania czasu reakcji z obciążeniem poznawczym oraz bez obciążenia poznawczego prawej i lewej ręki zawodniczek prawo i leworęcznych, w przypadku którego nie wykazano istotnych różnic. Wyniki zawarto w tabeli 27.

Tabela 27. Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w zakresie czasu reakcji i ich istotność

Charakterystyki funkcjonalne	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Czas reakcji bop lewa ręka	0.289	10.014	0.779	0.098	0.340
Czas reakcji bop prawa ręka	-0.453	11.094	0.659	-0.113	0.249
Czas reakcji zop- lewa ręka	1.740	15.190	0.102	1.945	1.118
Czas reakcji zop prawa ręka	1.641	12.927	0.125	2.015	1.228

Legenda: *t*- wynik testu, *df*-stopnie swobody, *p*-istotność, *M*-średnia różnica, *SE*-błąd statystyczny różnicy; bop-bez obciążenia poznawczego; zop-z obciążeniem poznawczym

Źródło: Badania własne

### 3.3 Typ ręczności a precyzja zadawania trafień

Postanowiono następnie sprawdzić, czy ręczność jest czynnikiem różnicującym badaną grupę pod względem precyzji zadawania trafień. W tym celu przebadane zawodniczki podzielono na trzy grupy, za kryterium podziału biorąc wyniki uzyskane w Edynburskim Kwestionariuszu Ręczności. Następnie, tak wyodrębnione podgrupy (osoby praworęczne vs. osoby leworęczne vs. osoby o nieokreślonej ręczności) porównano ze sobą przy pomocy nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa. Uzyskane wyniki wskazują, że zawodniczki różnią się między sobą istotnie pod względem precyzji zadawania trafień (im wyższy wynik testu, tym niższa precyzja rozumiana jako umiejętność). Osoby leworęczne miały w celności lewej ręki niższe wyniki ( $M = 0.81 \pm 0.14$ ), niż osoby praworęczne ( $M = 0.99 \pm 0.17$ ) i nieokreślone ( $M = 0.96 \pm 0.17$ ) ( $F(2, 26.6) = 5.386, p = .011$ ). Miały także wyższe wyniki w celności prawej ręki ( $M = 0.98 \pm 0.151$ ) aniżeli osoby praworęczne ( $M = 0.79 \pm 0.134$ ) i niezróżnicowane pod względem ręczności ( $M = 0.79 \pm 0.17$ ) ( $F(2, 25) = 6.275, p = .006$ ).

Poniżej zaprezentowano wyniki istotności różnic w precyzji prawej i lewej ręki między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi (tab.28)

Tabela 28. Różnice w precyzji prawej i lewej ręki między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi i ich istotność

Charakterystyki funkcjonalne	t	df	p	M	SE
Precyzja prawej ręki	-3.750	9.526	<b>0.004</b>	-0.210	0.056
Precyzja lewej ręki	2.067	12.446	<b>0.060</b>	0.102	0.049

Legenda: t- wynik testu, df -stopnie swobody, p-istotność, M-średnia różnica, SE-błąd statystyczny różnicy

Źródło: Badania własne

Wykazano, że lepszą precyzją zadawania trafień prawą ręką charakteryzowały się zawodniczki praworęczne, podczas gdy zawodniczki o dominującej lewej ręce wykazywały lepszą precyzję zadawania trafień kończyną lewą. Otrzymane rezultaty zawarto w tabeli 29 oraz zobrazowano przy pomocy wykresu (ryc. 34). Zawodniczki praworęczne miały w precyzji

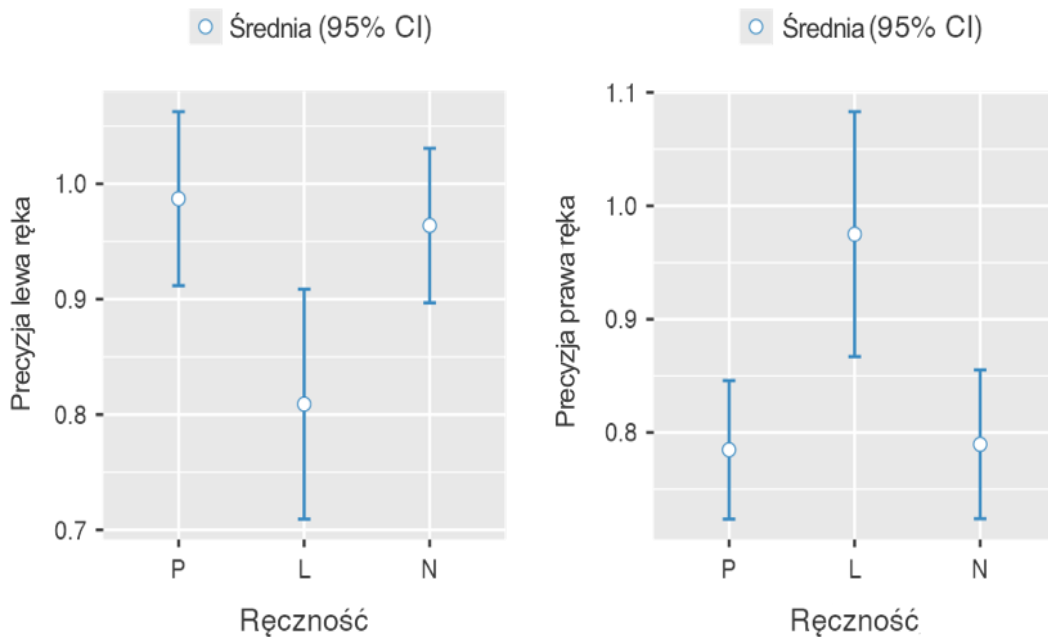
prawej ręki średnio o 0.210 punktu wynik lepszy, zaś w precyzji lewej ręki średnio o 0.102 punktu wynik gorszy aniżeli zawodniczki leworęczne.

Tabela 29. Wyniki średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic w zakresie precyzji prawej i lewej ręki w zależności od typu ręczności

Charakterystyki funkcjonalne	Osoby praworęczne (n = 21)		Osoby leworęczne (n = 10)		Osoby o nieokreślonej ręczności (n = 27)		H	p	E <sup>2</sup>
	M	SD	M	SD	M	SD			
Precyzja prawej ręki	0,78	0,13	0,98	0,15	0,79	0,17	9,18	<b>0,010</b>	0,16
Precyzja lewej ręki	0,99	0,17	0,81	0,14	0,96	0,17	8,28	<b>0,016</b>	0,14

Legenda: M – średnia; SD – odchylenie standardowe; H - wynik testu istotności różnic Kruskala-Wallisa, p – istotność, E<sup>2</sup> - eta-kwadrat - wielkość efektu.

Źródło: badanie własne



Legenda: P – osoby praworęczne, L – osoby leworęczne, O – osoby o nieustalonej ręczności

Rycina 24. Średnie wyniki zawodniczek w zakresie precyzji prawej i lewej ręki w zależności od ręczności.

Źródło: Badania własne

W celu sprawdzenia, między którymi grupami zachodzą statystycznie istotne różnice

w zakresie precyzji ręki prawej i lewej przeprowadzono testy U Manna Whitneya. Uzyskane rezultaty zawarto w tabeli 30.

Tabela 30. Istotność różnic w zakresie precyzji ręki prawej i lewej w zależności od typu ręczności

Charakterystyki funkcjonalne	Typ ręczności	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Precyzja prawej ręki	Osoby praworęczne vs. osoby leworęczne	37,50	<b>0,004</b>	-0,64
	Osoby praworęczne vs. osoby o nieokreślonej ręczności	280,00	0,941	-0,01
	Osoby leworęczne vs. osoby o nieokreślonej ręczności	55,50	<b>0,007</b>	0,59
Precyzja lewej ręki	Osoby praworęczne vs. osoby leworęczne	39,50	<b>0,006</b>	0,62
	Osoby praworęczne vs. osoby o nieokreślonej ręczności	250,00	0,622	0,08
	Osoby leworęczne vs. osoby o nieokreślonej ręczności	60,50	<b>0,014</b>	-0,53

*Legenda:* *U* - test nieparametryczny Manna-Whitney'a; *p* - istotność, *r* - siła efektu

Źródło: badanie własne

Otrzymane wyniki pozwalają wnioskować, że osoby leworęczne różnią się od osób praworęcznych oraz osób o nieokreślonej ręczności pod względem precyzji obu rąk. Siła efektu tych różnic jest umiarkowana. Między zawodniczkami praworęcznymi a tymi o nieokreślonej ręczności nie odnotowano istotnych różnic w zakresie precyzji zadawania trafień.

## **Rozdział IV Dyskusja i wnioski**

Nadrzędnym celem niniejszej pracy była identyfikacja czynników wpływających na precyzję zadawania trafień w szermierce. W tym kontekście istotne jest ich omówienie i przeprowadzenie analizy. Dyskusję poprowadzono w kilku aspektach odnoszących się do pytań badawczych.

### **Somatyczne (morfologiczne) uwarunkowania precyzji zadawania trafień**

Jak stwierdzono w wielu badaniach, budowa ciała i jej skład są jednym z czynników wyróżniających sportowców od osób nieuprawiających sportu (Carter 1990, Hattori i wsp. 1997), natomiast wielkość różnic uzależniona jest od danej dyscypliny (Leake, Carter 1991). Istnieją pewne schematy dotyczące charakterystyk morfologicznych, które typowe są w odniesieniu do konkretnych dyscyplin sportu. Na przykład pływacy mają rozbudowane barki (Górecka 2009), a narciarze alpejscy mięśnie ud (Korpanty i wsp. 2018). Koszykarzy, siatkarzy czy piłkarzy ręcznych charakteryzuje z kolei ponadprzeciętna wysokość ciała (Garcia-Gil i wsp. 2018, Tsoukos i wsp. 2019, Lijewski i wsp. 2019), dlatego cecha ta brana jest pod uwagę już w procesie naboru do sportu wyczynowego.

Wykazano także, że wyznacznikiem sukcesu w sporcie jest skład ciała (Ackland i wsp. 2012). W przypadku dyscyplin, w których oprócz umiejętności zawodników liczą się także wrażenia estetyczne, jak to ma miejsce na przykład w gimnastyce artystycznej, właściwe proporcje masy mięśniowej do masy tłuszczowej nabierają szczególnego znaczenia ze względu na subiektywną ocenę sędziego, której podstawą oprócz umiejętności zawodniczek są również względy wizualne (Bacciotti i wsp. 2017).

Każda dyscyplina wymaga innego treningu, co w sposób oczywisty wpływa na skład ciała sportowców, dlatego nie ma możliwości ustalenia tzw. optymalnych proporcji składników ciała (Thomas i wsp. 2016). Wiadomym jest jednak, że nadmierny poziom komponenty tłuszczowej wpływa negatywnie na osiąganie sukcesu w sporcie (Malina i Geithner 2011). W dyscyplinach, w których występują kategorie wagowe, zawodnicy muszą nieustannie kontrolować swoją masę ciała i jej skład (Franchini i wsp. 2012). Podkreśla się również, że w tym kontekście ważne jest także symetryczne rozmieszczenie komponentów ciała w organizmie zawodników, szczególnie w dyscyplinach wymagających szybkości i siły

(Thomas i wsp. 2016). W strzelectwie sportowym cechy morfologiczne odgrywają z kolei drugoplanową rolę (Naglak 1987), nie bez znaczenia jest jednak poziom posiadanej przez zawodnika wytrzymałości i znacznej siły statycznej rąk, które w dużym stopniu uwarunkowane są morfologicznie, umożliwiając nieruchome trzymanie broni i kontrolowanie jej odchyłeń podczas oddawania strzału (Bompa 1990).

Niewiele jest w literaturze rozważań dotyczących związku charakterystyk somatycznych z dokładnością wykonywania danej czynności ruchowej, która uważana jest za istotny element ostatecznego wyniku w sporcie (Duncan i wsp. 2017, Freestone i Roney 2014). Poszukuje się w związku z tym czynników, które mogą ją warunkować. Podkreśla się w tej kwestii znaczenie odpowiedniego stopnia przyswojenia elementów technicznych, właściwego poziomu zdolności motorycznych czy koordynacji ruchowej (Rakocevic 1996, Weineck 1999, Halgerud i wsp. 2001, Švraka 2003, Milenkovic i wsp. 2008, Stone i Oliver 2009, Milenkovic 2010, Milenkovic 2011). Przejawiać się może zarówno precyzyjnym strzałem/rzutem przedmiotu do celu (rzut piłki do siatki, kosza, serwis w piłce siatkowej, oddanie strzału w łucznictwie, strzelanie z broni palnej), jak i precyzyjnym kierowaniem przedmiotu lub części ciała w kierunku celu (uderzenie lub kopnięcie przeciwnika w sztukach walki, uderzenie bronią przeciwnika w szermierce) (Milenković i Stanojević 2013).

W wielu dyscyplinach sportu poszukuje się tzw. „modelu efektywności” związanego z poszukiwaniem czynników mogących zwiększyć prawdopodobieństwo osiągnięcia celu poprzez precyzję wykonywania rzutów, strzałów czy podań przez zawodników. Takie obserwacje poczyniono w stosunku do baseballa (Jagaciński 2019), koszykówki (Baskai 2019), hokeja (Macdonald 2012), tenisa ziemnego (Wei i wsp. 2016) i tenisa stołowego (Draschkowitz i wsp. 2015). Również w przypadku squasha podkreśla się konieczność precyzyjnego uderzania piłki w konkretne, najbardziej strategiczne miejsce kortu celem utrudnienia przeciwnikowi odbicia piłki (Williams i wsp. 2020). Zaobserwowano również, że zawodnicy znajdujący się na wyższym poziomie zaawansowania sportowego cechują się szybszymi i bardziej precyzyjnymi uderzeniami (Landlinger i wsp. 2012). Analiza strategii i skutecznego ataku jest obecnie warunkiem jakości i skuteczności we współczesnej piłce nożnej (Acar i wsp. 2007). Gra na najwyższym światowym poziomie wymaga w tej dyscyplinie wysokiej precyzji, która dotyczy dokładnych podań zarówno prawą, jak i lewą kończyną dolną (Nagasawaet i wsp. 2011).

Badań poszukujących zależności między precyzją wykonywania danej czynności w sporcie a charakterystykami somatycznymi jest jednak niewiele. Obserwacje takie poczyniono na przykład w stosunku do zawodników uprawiających piłkę ręczną stwierdzając

związek występujący między celnością rzutu do bramki a szerokością ręki (Burton i wsp. 1992) oraz między celnością a wysokością ciała w pozycji stojącej i siedzącej (Fragoula i wsp. 2021). W innych badaniach natomiast wykazano, że parametry somatyczne są raczej słabym prognostykiem zdolności motorycznych w grupie młodych piłkarzy ręcznych (Visnapuu i Jürimäe 2009). Nie wykazano również związku wysokości i masy ciała z precyzją oddawania strzałów w grupie zawodników uprawiających strzelanie z wiatrówki, jednocześnie podkreślając hipotetyczną rolę innych charakterystyk somatycznych takich jak proporcje składników ciała, poziom tkanki tłuszczowej czy długość poszczególnych segmentów ciała, mogących potencjalnie wpłynąć na technikę ruchu, a ostatecznie na wynik w tej dyscyplinie (Spancken i wsp. 2021).

Niedostatek badań w tym zakresie oraz niejednoznaczne ich wyniki skłaniają do dalszych poszukiwań. W oparciu o istniejącą wiedzę zakładającą związek parametrów somatycznych z osiągnięciem sukcesu w sporcie w **hipotezie 1** założono, że zawodniczki wyższe, bardziej umięśnione, z niższą zawartością tkanki tłuszczowej oraz bardziej symetrycznym ich rozmieszczeniem w organizmie charakteryzować się będą większą precyzją zadawania trafień. Hipoteza ta została tylko częściowo potwierdzona.

Z przeprowadzonych badań wynika, że badane florecistki charakteryzowała stosunkowo mała wysokość ciała ( $M=163.4\text{cm}$ ), która nie determinowała precyzji zadawania przez nie trafień. Na drodze badań wykazano jednak istnienie korelacji między beztłuszczową masą ciała, całkowitą zawartością wody w organizmie oraz masą mięśniową a precyzją lewej ręki stwierdzając, że im niższa zawartość wymienionych parametrów, tym lepsza precyzja zadawania trafień lewą ręką. Takich obserwacji nie poczyniono w stosunku do prawej ręki.

W innych badaniach przeprowadzonych na 128 Polskich zawodnikach (67 mężczyzn i 61 kobiet) uprawiających szermierkę w wieku 14-16 lat wykazano, że w przypadku mężczyzn poziom tkanki tłuszczowej mieścił się we właściwym zakresie, podczas gdy w grupie kobiet przekraczał normę populacyjną z tendencją rosnącą wraz z wiekiem (Krzykała i wsp. 2016). Badania te nie były jednak analizowane pod kątem precyzji zadawania trafień. Według badań Jagiełły i współautorów (2017) szermierze, nawet ci najwyższej klasy, posiadają więcej tkanki tłuszczowej aniżeli populacja, co związane jest z bardzo intensywnymi, krótkimi sekwencjami wysiłkowymi w tej dyscyplinie sportu, gdzie tłuszcz jako źródło energii odgrywa niewielką rolę. Odwołując się do badań przeprowadzonych w 2020 roku na grupie uczestniczek turniejów międzynarodowych oraz medalistek wysokich rang poza strefą medalową stwierdzono między nimi istotne różnice w charakterystykach morfologicznych. Medalistki były średnio o 5,8cm wyższe, o 7,1kg cięższe, a ich masa ciała wyższa o 4,9kg. Pozostałe cechy somatyczne, takie

jak względna zawartość masy tłuszczowej i beztłuszczowa masa ciała, różniły się tylko nieznacznie w badanych grupach. Wysunięto wniosek, że w szermierce umiejętności technicznej taktyczne są czynnikami, które znacząco wpływają na wynik. Cechy te rozwijają się wraz z doświadczeniem sportowym, dlatego wiek może być determinantą wpływającą na związek budowy somatycznej z wynikami sportowymi (Błach i Blanka 2020). Nie stwierdzono jednak, czy może być czynnikiem mogącym mieć znaczenie w kontekście zadawania celnych pchnięć przez zawodników uprawiających szermierkę, co warto rozważyć w dalszych badaniach.

Zachodzi pytanie, czy typ ręczności, który brany był pod uwagę w badaniach, może wykazywać związek z charakterystykami somatycznymi. Uzyskane wyniki wskazują na wyższy poziom masy mięśniowej oraz masy tłuszczowej na obu kończynach górnych praworęcznych florecistek w stosunku do zawodniczek leworęcznych. Ponadto wskazano na dominację otłuszczenia lewej kończyny górnej oraz wyższy poziom beztłuszczowej masy ciała na prawej kończynie górnej. W przypadku kończyn dolnych takich różnic nie zaobserwowano. Ma to swoje uzasadnienie. Zgodnie z powszechną wiedzą, w populacji większa asymetria dotyczy kończyn górnych aniżeli dolnych (Pałka i Bolach 2014, Choptiany 2016, Johne i wsp. 2016). Ponadto większa jest u osób praworęcznych aniżeli leworęcznych (Starosta 2015, Bidzińska 2015). Częściowo potwierdziły to wyniki przeprowadzonych badań, według których typ ręczności różnicuje badane zawodniczki pod względem asymetrii. W przypadku zawodniczek leworęcznych zaobserwowano mniejszą asymetrię masy tłuszczowej na kończynach górnych oraz beztłuszczowej masy ciała i masy mięśniowej na kończynach dolnych. Wyraźnie największą asymetrię masy tłuszczowej w obrębie kończyn górnych charakteryzowały się zawodniczki o nieustalonej ręczności.

W literaturze podkreśla się, że w badaniu szermierzy segmentarne rozmieszczenie poszczególnych parametrów somatycznych powinno być systematycznie poddawane obserwacjom pod kątem efektywności działania zawodników (Norton 2001, Goncalves i wsp. 2012). W dyscyplinie tej, poprzez zintensyfikowane asymetryczne ruchy kończyny dominującej, mogą występować pogłębione różnice stronne w poziomie badanych parametrów na korzyść wyższego poziomu beztłuszczowej masy ciała w stosunku do masy tłuszczowej na kończynie dominującej. Dokonując takiej analizy w całej grupie zawodniczek pod kątem precyzji zadawania trafień prawą i lewą ręką wykazano pozytywną zależność pomiędzy wielkością asymetrii beztłuszczowej masy ciała oraz masy mięśniowej kończyn górnych a precyzją prawej ręki. Oznacza to, że im większa asymetria w obrębie kończyn górnych



w badanych parametrach, tym mniejsza precyzja prawej ręki. Dokonując podziału zawodniczek z uwagi na typ ręczności nie zaobserwowano żadnych istotnych związków.

W sportach walki, do jakich należy szermierka, skład ciała może być wynikiem indywidualnego stylu walki czy też efektem zastosowanej techniki. Informacje na temat poziomu poszczególnych komponentów ciała stanowią cenny zbiór danych empirycznych o sportowcach, które mogą być skutecznie wykorzystane w celu podniesienia ich wyników sportowych. W szermierce poziom masy tłuszczowej uznaje się za jeden z ważniejszych czynników wpływających na uzyskiwanie oczekiwanych wyników (Vender i wsp. 1984, Torun i wsp. 2012). Wyniki badań prowadzonych w tym kierunku nie są jednoznaczne i dają często sprzeczne rezultaty, co tłumaczy zasadność ich systematycznego monitorowania już od pierwszych lat trenowania szermierki (Ntai i wsp. 2017). Należy podkreślić, że nie prowadzono do tej pory badań zmierzających do ustalenia związku charakterystyk somatycznych z precyzją zadawania trafień przez zawodniczki uprawiające szermierkę. Rozpatrywane w tej pracy zagadnienie stanowi więc nowatorski problem badawczy, a uzyskane wyniki uzasadniają potrzebę włączenia tego czynnika jako jednego z elementów monitorowania procesu treningowego pod kątem zwiększenia efektywności działań florecistek poprzez zwiększenie precyzji zadawania trafień.

Reasumując, czynnik morfologiczny jest ważnym, ale nie jedynym wyznacznikiem sukcesu w szermierce. Trudno jest wykazać, że ma on większe znaczenie od pozostałych. W porównaniu z innymi sportami walki dobre wyniki w szermierce zależą w dużej mierze od umiejętności koordynacyjnych, co jest związane z koniecznością wyboru działań, mogących stanowić element zaskoczenia przeciwnika.

Wyniki badań nie do końca pozwalają na jednoznaczną interpretację, co sugeruje potrzebę dalszych poszukiwań oraz konieczność włączenia do analizy dodatkowych zmiennych tj. poziom sportowy, wiek czy płeć, które pozwoliłyby z większym prawdopodobieństwem wyjaśnić potencjalny związek charakterystyk somatycznych z wynikiem sportowym, w szermierce przejawiającym się precyzją zadawania trafień.

## **Funkcjonalne (motoryczne) uwarunkowania precyzji zadawania trafień**

W pracy poszukiwano również związków pomiędzy charakterystykami funkcjonalnymi (motorycznymi) a precyzją zadawania trafień przez zawodniczki uprawiające szermierkę. Formułując **hipotezę 2** założono, że lepsza precyzja zadawania trafień cechować będzie zawodniczki, które uzyskały lepsze wyniki wybranych testów funkcjonalnych. Dokonano

między innymi oceny sprawności manualnej rąk (zręczności), odnoszącej się głównie do ruchów palców. W wielu dyscyplinach sportu oprócz kształtowania podstawowych składowych koordynacji ruchowej w zakresie dużych części ciała, istotne jest również ćwiczenie koordynacji małych mięśni (głównie dłoni i palców), tzw. motoryka mała lub zręczność manualna, której poziomy mogą być bardzo złożone w zależności od podejmowanej aktywności (Nowicki 1988, Ranganathan i wsp. 2001, Dovat i wsp. 2010, Rokowski i Pieprzycki 2019, Rokowski i Ręgwelski 2019). Zręczność mierzyć można różnymi sposobami. W piśmiennictwie opisanych jest wiele testów dotyczących jej pomiaru. Spośród nich warto wymienić: test stanu funkcjonalnego ręki JebsenTaylor (Jebsen 1969, Reumatol 1996), ocenę funkcji ręki Smith (Smith 1973), skalę aktywności Frenchay (Wade i wsp. 1983), testy sprawności manualnej BBT (Box and Block Test) (Desrosiers i wsp. 1994), testy sprawności palców i nadgarstka (Piskorz 1995), test Rosenbusch oceniający zręczność palców (Stein 1990), a także próby czynnościowe (Dylewicz i wsp. 1995). W praktyce stosuje się również testy 9 i 50 kołków (odpowiednio Nine-Hole Peg Test i Fifty-Hole Peg Test) (Kellor i wsp. 1971) oraz wersję Purdue Pegboard Test (Stein 1993). Wszystkie te testy są dość czasochłonne oraz wymagające - pod kątem konieczności kontrolowania ruchów - dobrej koordynacji i odpowiedniej szybkości wykonania zadania. Na potrzeby badań w pracy skorzystano z testu Nine Hole Peg (Mathiowetz i wsp. 1985), który umożliwił dokonanie oceny sprawności manualnej prawej i lewej ręki w grupie badanych zawodniczek. Uznano, że w szermierce zdolność ta może się wiązać ze sprawniejszym (swobodniejszym) operowaniem floretem, a tym samym z lepszą precyzją zadawania trafień.

Wykazano brak istotnych różnic między sprawnością manualną prawej oraz lewej ręki w grupie zawodniczek prawo i leworęcznych. Wyniki badań ukazały statystycznie istotną korelację sprawności manualnej prawej ręki z precyzją prawej ręki. Biorąc natomiast pod uwagę typ ręczności, wyłącznie w grupie leworęcznych florecistek wykazano związek między sprawnością manualną prawej ręki a precyzją zadawania trafień prawą i lewą ręką. W innych przeprowadzonych badaniach stwierdzono występowanie mniejszej ilości błędów wykonywanych dominującą kończyną w zadaniach wymagających dokładności (Rigamonti i wsp. 1998). W związku z tym, że sprawność manualna ręki obok choćby właściwego opanowania techniki prowadzenia broni czy zadawania pchnięć, w znacznym stopniu wpływa na wysoki stopień sztuki szermierczej, stąd praca zawodników nad rozwojem tej zdolności wydaje się być uzasadniona.

Postanowiono także sprawdzić, czy siła dłoni determinuje precyzję zadawania trafień przez florecistki. Siła jest zdolnością motoryczną, której optymalny poziom warunkuje zdrowie

(Drabik 1992; Trzaskoma 2003; Stefaniak 2017) oraz ogólną sprawność fizyczną na różnych etapach rozwoju ontogenetycznego (Drabik 1992), jest także istotna z punktu widzenia wyniku w sporcie (Trzaskoma 2003). Stwierdzono, że właściwy poziom względnej siły mięśniowej przekłada się na poprawę wszystkich zdolności koordynacyjnych (Stefaniak 2018). Ponadto kontrolowane i precyzyjne stosowanie siły jest konieczne podczas chwytania oraz trzymania danego przedmiotu w określonej pozycji (van Steenberghe i wsp. 1991), co ma znaczenie w wielu dyscyplinach sportu, również w szermierce, w przypadku której tym przedmiotem jest szabla, szpada lub floret. Często zdarza się tendencja do nadmiernego bądź zbyt słabego uścisku, stąd celem nadrzędnym jest nabycie umiejętności jak najdokładniejszego wykonywania danego zadania podczas jego każdorazowego powtarzania.

W badaniach różnych autorów wykazano występowanie różnicy w uzyskanych wielkościach siły rąk u osób o różnym typie ręczności. U praworęcznych studentów zaobserwowano większe różnice stronne w tym parametrze (12.72%) w stosunku do osób leworęcznych (0.08%) (Peterson i wsp. 1989). Obserwacje poczyniono także wśród zawodników uprawiających różne dyscypliny sportu, w przypadku których stwierdzono u osobników praworęcznych różnice wielkości 19.27%, a u leworęcznych 11.21% (Gümüş i Akalın 2016). W obu przypadkach osoby leworęczne wykazywały mniejsze zróżnicowanie stronne w wielkości siły dłoni.

Wyniki przeprowadzonych badań pokazują, że wraz ze wzrostem wyniku w zakresie precyzji, maleją wyniki w obrębie siły dłoni. Zatem im większa precyzja ręki (rozumiana jako zdolność, a nie wynik badania) tym większa siła. Siła prawej dłoni korelowała zatem z precyzją prawej ręki, a siła lewej dłoni z precyzją lewej ręki w grupie badanych zawodniczek.

W badaniach wysokiej klasy szermierzy wykazano związek między dominującą ręką a siłą dłoni (Gümüş 2017) co sugeruje, że wraz z doświadczeniem zawodniczym dominująca ręka specjalizuje się w wykonywaniu określonych czynności, którą w przypadku szermierki jest chwyt broni.

Na podstawie uzyskanych wyników można spróbować sformułować stwierdzenie, że w szermierce zarówno siła jako taka, ale również jej umiejętnie kontrolowanie (dokładność siłowa) w trakcie wykonywania pchnięć w kierunku przeciwnika mają istotne znaczenie. Spostrzeżenie to należy konsekwentnie weryfikować w toku dalszych badań.

Wysokie wyniki współczesnych sportowców są uwarunkowane m.in. dobrym poziomem koordynacji ruchowej charakteryzującym większość zawodników różnych dyscyplin sportu. Koordynacja ruchowa chroni organizm przed kontuzjami i wyrabia w zawodniku właściwy instynkt ruchowy, szczególnie istotny w różnych nieoczekiwanych

sytuacjach, które mają miejsce podczas walki sportowej. Jak wykazano w wielu badaniach jednym z podstawowych elementów koordynacji przejawiającym się podczas walki sportowej jest umiejętność utrzymania pozycji ciała w czasie wykonywania danej czynności ruchowej, która odgrywa kluczową rolę w przypadku sztuk i sportów walki (Błach i wsp. 2005, Pion i wsp. 2014, Witkowski i wsp. 2014, Mała i wsp. 2016). Jej utrata może przyczynić się do zmniejszenia efektywności podejmowanych działań lub braku możliwości ich wykonania (Rawhy i Abu 2010) dlatego zaleca się jej kształtowanie w procesie treningowym w wielu dyscyplinach sportu (McGuine i wsp. 2000, Brachman i wsp. 2017, Cigrovski i wsp. 2017), efektywny protokół treningowy uzależniony jest natomiast od charakteru i wymagań danej dyscypliny. Wykazano także, że „czucie równowagi” (ang. „sense of balance”) ćwiczących determinowane jest stażem szkoleniowym zawodników (Sterkowicz i wsp. 2012).

Utrzymanie stabilnej postawy, zarówno na treningach, czy podczas rozgrywanych zawodów stanowi więc jeden z czynników determinujących skuteczność atakujących oraz obronnych działań podejmowanych przez zawodników (Witkowski i Cieśliński 1987, Harasymowicz i Kalina 2006, Kalina i wsp. 2007, Cesari i Bertucco 2008, Shishida 2008, Rynkiewicz i wsp. 2010, Sterkowicz i wsp. 2012, Pion i wsp. 2014, Witkowski i wsp. 2014, Gierczuk i Sadowski 2015, Lech i wsp. 2015). Wiele elementów podczas walki (rzut, kopnięcie, wypady) wykonuje się bowiem przy zachwianej równowadze (Błach i wsp. 2005, Harasymowicz i Kalina 2005, Shishida 2008, Mała i wsp. 2016). Doskonalenie równowagi dynamicznej powinno zatem stanowić podstawowy aspekt treningu sztuk i sportów walki (Błach i wsp. 2005). W szeregu publikacji potwierdza się, że ich uprawianie istotnie kształtuje równowagę ciała ćwiczących (Falk i Mor 1996, Measure i wsp. 1997, Perrot i wsp. 1998, Mikheev i wsp. 2002, Paillard i wsp. 2002, Perrin i wsp. 2002, Samołyk i wsp. 2003, Błach i wsp. 2005, Cesari i Bertucco 2008, Sterkowicz i wsp. 2012, Pons i wsp. 2013, Juras i wsp. 2013, Witkowskii wsp. 2014, Truszczyńska i wsp. 2015, Feizolahi i Azarbayjani 2015, Mała i wsp. 2016).

Również w przypadku szermierki zdolność poczucia równowagi odgrywa dużą rolę, zachodzi w niej bowiem do częstych zakłóceń pozycji ciała. Interesujące jest, że w badaniach szermierzy wykazano brak asymetrii równowagi dynamicznej między kończynami dolnymi wysokiej klasy zawodników, pomimo asymetrycznej natury tej dyscypliny sportu (Abdelkade i wsp. 2021).

Z przeprowadzonej analizy badań florecistek ukierunkowanych na poszukiwanie zależności pomiędzy równowagą a precyzją zadawania trafień nie stwierdzono istotnych statystycznie związków w tym względzie, niezależnie od typu ręczności zawodniczek.

Jednakże uwzględniając charakter walki sportowej w tej dyscyplinie sportu, a także wyniki niektórych badań naukowych, nie należy umniejszać roli tego elementu koordynacji ruchowej w szermierce. Udowodniono, że jest ona ważnym czynnikiem w osiągnięciu wysokich wyników (Cook 2003, Herpin i wsp. 2010). Stanowi to inspirację do kolejnych badań, w toku których należy dokonać oceny równowagi dynamicznej w kontekście precyzji zadawania trafień, która bardziej odpowiada warunkom walki szermierczej. Sugestie takie wysunięto również w innych badaniach, podkreślając brak obszernych analiz w tym względzie w stosunku do zawodników uprawiających szermierkę (Abdelkader i wsp. 2021). Ponadto inne zmienne wśród których wymienia się w literaturze np. masę ciała wraz z segmentarnym rozmieszczeniem jej komponentów czy stopień zmęczenia, mogą wpływać na umiejętność utrzymywania równowagi ciała (Simoneau i wsp. 2006, Abuzayan 2020), co również w przyszłości należałoby zweryfikować.

Kolejnym badanym elementem koordynacji ruchowej jest szybkość reakcji. Na dalszym etapie badań podjęto próbę wyjaśnienia czy ma on związek z precyzją zadawania trafień przez florecistki. Szybkość reakcji i dokładność reakcji na działania przeciwnika jest w nowoczesnej walce na florecy niezwykle istotna, ponieważ wielokrotnie wykonuje się zaskakujące, nieprzewidywalne ruchy. Właściwe określenie czasu oraz odległości do przeciwnika, poprawne skierowanie broni oraz odpowiednia szybkość przeprowadzenia działania celem zadania mu trafienia jest więc kluczowa. Jest to szczególnie istotne w obliczu faktu, że zawodnicy są pod ciągłą presją czasu, w związku z powyższym muszą się zmobilizować do maksymalnego skracania czasu podejmowania decyzji oraz reakcji sensomotorycznych (Milic i wsp. 2020), jest to więc jeden z dominujących czynników w osiągnięciu wyników sportowych w szermierce (Czajkowski 2005). Szybkość reakcji w tej dyscyplinie sportu definiuje się jako zdolność zawodnika do wykonywania i ukończenia ruchu w jak najkrótszym czasie, stanowiącą odpowiedź na działanie przeciwnika, co jest związane z koordynacją mięśni, umiejętnościami technicznymi i taktycznymi, stanem psychicznym oraz z przetwarzaniem bodźców wzrokowych lub dotykowych (Balkó i wsp. 2016).

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotny statystycznie związek między czasem reakcji bez obciążenia poznawczego lewej ręki a precyzją lewej ręki oraz między czasem reakcji bez obciążenia poznawczego prawej ręki a precyzją prawej i lewej u osób praworęcznych. Również wśród osób o dominującej prawej ręce stwierdzono związek między czasem reakcji z obciążeniem poznawczym lewej ręki a precyzją obu rąk, a także między czasem reakcji z obciążeniem poznawczym prawej ręki a precyzją prawej i lewej ręki.

Podsumowując, wykazano związek między czasem reakcji a precyzją zadawania trafień, jednak wyłącznie w przypadku zawodniczek praworęcznych.

Jak sugerują wyniki badań czas reakcji można poprawić poprzez wprowadzenie treningu symetryzacyjnego u szermierzy (Johne 2021). Dokonane analizy czasu reakcji prostej i czasu ruchu dla ręki dominującej i niedominującej za pomocą Vienna Test System ukazują, że szpadzistki wysokiej klasy sportowej charakteryzowały się istotnie szybszym czasem reakcji niż mniej doświadczone zawodniczki. W testach przeprowadzonych po trzech latach treningu symetryzacyjnego zawodniczki z grupy eksperymentalnej uzyskały również znacznie lepsze wyniki w zakresie czasu reakcji niż te z grupy kontrolnej trenujące metodą jednostronną. Badacze wysunęli wniosek, że długotrwały jednostronny trening szpad mistrzowskich kobiet doprowadził do dynamicznej asymetrii, która w przyszłości może powodować kontuzje i mieć negatywny wpływ na rozwój wybranych umiejętności motorycznych. Trening symetryczny przeprowadzony w grupie eksperymentalnej miał pozytywny wpływ na wskaźniki czasu reakcji oraz zapobiegał występowaniu asymetrii dynamicznej w grupie badanych (Johne 2021), co stwarza podstawy do dalszych poszukiwań w tym zakresie.

Podsumowując, uzyskane na drodze analiz rezultaty badań częściowo weryfikują sformułowaną hipotezę, wskazując na największy wpływ sprawności manualnej rąk, siły dłoni oraz czasu reakcji na precyzję zadawania trafień przez badane zawodniczki. W przypadku równowagi nie zaobserwowano takiego związku. Wyniki skłaniają do stwierdzenia, że poszukiwane związki są bardziej złożone i wymagają pogłębionych poszukiwań.

## **Związek typu ręczności z precyzją zadawania trafień**

W toku badań poszukiwano również odpowiedzi na pytanie, czy typ ręczności florecistek warunkuje precyzję zadawania przez nie trafień. W szermierce, podczas bezpośredniej walki sportowej widoczne jest stronne zróżnicowanie ruchów przy wykonywaniu najważniejszych elementów technicznych. Symetria i asymetria funkcjonalna, najczęściej przejawiające się w czynnościach kończyn górnych, mają istotne znaczenie w zakresie ruchowej działalności człowieka. Z przeglądu dotychczas opublikowanego piśmiennictwa wynika, że prawo- i leworęczność powstaje, kształtuje się i utrwała w wyniku oddziaływania czynników wrodzonych oraz wpływów środowiskowych (Pietraszewski i Struzik 2013, Fernández i wsp. 2015, Krupińska 2018).

Jak wykazano, w sporcie wysokiej klasy zawodników leworęcznych i lewonóżnych charakteryzuje zazwyczaj wysoka precyzja ruchów oraz łatwe przyswajanie techniki wykonywania zadań ruchowych (Gołyszny 2021). W badaniach założono, że leworęczne florecistki uzyskiwać będą znacząco lepsze wyniki w testach precyzji zadawania trafień w porównaniu z zawodniczkami praworęcznymi (**hipoteza 3**). Przeprowadzone badania pozwoliły na zweryfikowanie hipotezy.

Ustalono, że badane zawodniczki charakteryzował różny typ ręczności. W grupie 60 dziewcząt odnotowano 36% osobniczek praworęcznych, 15% leworęcznych oraz 49% o nieokreślonym typie ręczności. Dane literaturowe dotyczące zlateralizowania kończyn górnych są dość rozbieżne, co między innymi wynikać może ze stosowania różnych metod badawczych umożliwiających wyróżnienie osób o różnym typie ręczności. W badaniach Bescos i wsp. (2009) spośród 87 szermierzy z 32 krajów 21% stanowili osobnicy leworęczni, natomiast zgodnie z wynikami badań Voracka i Dresslera (2010) z 99 szermierzy 11,1% miało dominującą lewą rękę. Przeprowadzone badania są potwierdzeniem faktu, iż w niektórych dyscyplinach sportu, również w szermierce, ma miejsce nadreprezentatywność osobników leworęcznych (Witkowski 2019). Procent osób o nieustalonej asymetrii funkcjonalnej kończyn górnych w przeprowadzonych badaniach jest wyższy aniżeli w badaniach innych autorów (Rzepa i Wójcik 2009, Wieczorek i Świerczek 2012).

Poszukuje się związku lateralizacji ze sprawnością motoryczną. Przyjmuje się, że większa efektywność wykonywania konkretnej czynności dotyczy kończyny dominującej, co potwierdzają liczne badania (Elliott i wsp. 1993, Wang i wsp. 2011, Schaffer i Sainburg 2017). Wykazano, że osobnicy praworęczni byli znacznie szybsi od leworęcznych w momencie, gdy obie grupy wykonywały czynność ręką dominującą, jednak w momencie używania niedominującej kończyny szybsi okazali się leworęczni (Mouloua i wsp. 2018). Wykazano także lepszą precyzję w ruchach wymagających celności w przypadku dominującej kończyny (Aoki i wsp. 2016, Moulton i wsp. 2017). Udowodniono ponadto, że przewaga taka wynikać może z umiejętności lepszego jej kontrolowania (Mathew i wsp. 2019). Bisiacchi i wsp. (1985) w swoich badaniach wykazali, że wśród leworęcznych szermierzy precyzja ruchu lewej ręki dotyczy wyłącznie czynności zautomatyzowanych.

W prezentowanych badaniach ujawniono różnice dotyczące precyzji zadawania trafień w zależności od typu ręczności. Wykazano istotne zróżnicowanie między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi oraz między leworęcznymi a o nieokreślonej ręczności w precyzji zadawania trafień prawą oraz lewą ręką. Jednocześnie osoby leworęczne charakteryzowały się

istotnie mniejszą precyzją prawej ręki oraz istotnie większą precyzją lewej ręki w porównaniu do pozostałych grup.

Wydaje się, że ważne jest zrozumienie i pogłębienie podjętego zagadnienia. Przeprowadzone analizy niewątpliwie mają swoje istotne ograniczenia. Jednym z nich są pewne niejasności wynikające choćby z przyjętej powszechnie metody oceny dominacji rąk, co utrudnia porównanie wyników badań różnych autorów, a także interpretację uzyskanych danych. Ponadto liczebność grupy jest niewielka, aby można było postawić jednoznaczne wnioski dotyczące wpływu badanych charakterystyk morfologicznych i funkcjonalnych na precyzję zadawania trafień. Z uwagi jednak na fakt, że współczesna szermierka charakteryzuje się wysoką szybkością i dużą agresywnością w obronie, zmusza to do poszukiwania coraz nowszych rozwiązań ułatwiających zawodnikom zdobywanie punktów, wykorzystując do tego celu nieodkryte do tej pory rezerwy. To było zamiarem przeprowadzonych badań. Nawet jeśli interpretacja wyników nie do końca jest jednoznaczna, to odkryto pewną tendencję - inspirację do dalszych badań i możliwe do wdrożenia urozmaicenia rozwiązań treningowych, a także możliwości diagnozowania przewidywalności wyników sportowych.

Na podstawie analizy wyników badań sformułowano następujące spostrzeżenia nawiązujące do głównych pytań badawczych:

1. Stwierdzono, że do charakterystyk somatycznych mających wpływ na precyzję zadawania trafień lewą ręką należy beztłuszczowa masa ciała, masę mięśniową oraz całkowita zawartość wody w organizmie (im mniejsza wielkość tych komponentów, tym większa precyzja zadawania trafień). Nie zaobserwowano takich zależności w przypadku celności prawej ręki.
2. Z grupy czynników funkcjonalnych, największy wpływ na precyzję zadawania trafień miała sprawność manualna rąk, siła dłoni oraz czas reakcji. Jedynie w przypadku równowagi nie wykazano żadnych zależności w tym zakresie.
3. W toku badań wykazano, że zawodniczki praworęczne charakteryzowały się lepszą precyzją prawej w stosunku do lewej ręki, podczas gdy zawodniczki o dominującej lewej ręce wykazywały lepszą precyzję zadawania trafień kończyną lewą. Ponadto uwzględniając typ ręczności zaobserwowano, że florecistki różnią się między sobą istotnie pod względem precyzji zadawania trafień. Leworęczne florecistki cechowała lepsza precyzja obu rąk w stosunku do pozostałych dwu grup.



Sformułowano także wnioski aplikacyjne, odnoszące się do procesu badawczego dokonanego w pracy:

1. Uzyskane wyniki uzasadniają potrzebę włączenia segmentarnej analizy składu ciała do monitorowania procesu treningowego.
2. Z uwagi na istniejące w większości przypadków związki między badanymi charakterystykami funkcjonalnymi a precyzją wykonania zadania ruchowego sugerowane są dalsze obserwacje w tym względzie, poszerzone o dodatkowe zmienne, tj. wiek, płeć, staż czy poziom sportowy.
3. W procesie naboru do sekcji szermierczych należy zwrócić szczególną uwagę na osoby leworęczne, które mogą wykazywać pewną przewagę w stosunku do rówieśniczek o innym typie ręczności w kontekście efektywności działań.
4. Istnieje potrzeba uporządkowania/usystematyzowania metod/narzędzi pozwalających na sprawną oraz dokładną ocenę lateralizacji badanych zarówno w sporcie, jak i w badaniach populacyjnych.

## Bibliografia

1. Abdelkader N., Brown S., Beach T., Howarth J. (2021). Dynamic Balance is Similar Between Lower Extremities in Elite Fencers. *IJSPT*;16(6),1426-1433.
2. Abuzayan K. (2020) Physical and neurophysiological factors influencing dynamic balance. Doctoral thesis, Liverpool John Moores University.
3. Adamczyk, JG., Sozański, H. (2014). Trening wszechstronny jako podstawa prawidłowego rozwoju młodych lekkoatletów. AWF Warszawa.
4. Acar, M., Yapıcıoğlu, B., Arıkan, N., Yalçın, S., Ateş1, N. Ergun, M. (2007). Analysis of goals scored in 2006 World Cup. In Feza Korkuzus Emin Ergen (Eds). Vith world congress on science and football. Book of abstracts (pp 3-4). Antalya: Journal of Sports Science and Medicine.
5. Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports medicine*, 42(3), 227-249.
6. Aggleton, J. P., Wood, C. J. (1990). Is there a left-handed advantage in "ballistic" sports? *International Journal of Sport Psychology*. 21(1), 46–57.
7. Alvaro N. (2003). Equipment for practicing sport fencing USA.
8. Annett, M. (1999). The theory of an agnosic right shift gene in schizophrenia and autism. *Schizophrenia research*, 39(3), 177-182.
9. Azemar, G. (1983). Etude neuropsychologique du comportement des gauchers en escrime. *Cinesiologie*, 22, 7-18.
10. Azémar, G., Stein, J. F., Ripoll, H. (2008). Effets de la dominance oculaire sur la coordination oeil–main dans les duels sportifs. *Science sports*, 23(6), 263-277.
11. Bacciotti, S., Baxter-Jones, A., Gaya, A., Maia, J. (2017). The physique of elite female artistic gymnasts: a systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 247-259.
12. Bache, M., Orellana, J. N. (2014). Laterality and sports performance. *Archivos de Medicina del Deporte*, 31(161), 200-204.
13. Balkó, Š. (2016). The surface electromyography in fencing: the analysis of the acyclic movement in three different performance level groups of fencers. Publishing House of Opole University of Technology.
14. Barth, B., Beck, E. (2007). The complete guide to fencing. Meyer Verlag.

15. Battinelli, T., Gleason, R. E. (1992). Comparison of frame size and body mass index methods of assessment in the study of blood lipids. *Perceptual and motor skills*, 75(3), 881-882.
16. Bechtol, C. O. (1954). Grip test: the use of a dynamometer with adjustable handle spacings. *JBJS*, 36(4), 820-832.
17. Bergier, J., Buraczewski, T. (2003). Wzorce symetrii techniki strzałów i podań w piłce nożnej w Mistrzostwach Świata 2002 r. W: Nowoczesna gra w piłkę nożną. Teoria i praktyka. Red. A. Stuła. ZWWF AWF w Gorzowie.
18. Bergier, J., Nowicki, P. (2008). Symetria i asymetria strzałów na bramkę w mistrzostwach Europy w piłce nożnej 2004. *Rozprawy Naukowe. Państwowa Wyższa Szkoła Naukowa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej*, 2.
19. Bernolak, K. (1898). *Podręcznik szermierczy i krótki opis szabli polskiej*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha (Kraków). Biblioteka Główna.
20. Bernstein, L. (1975). Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annual review of phytopathology*, 13(1), 295-312.
21. Bescós, R., Esteve, M., Porta, J., Mateu, M., Iurrtia, Voracek, A. M. (2009). Prenatal programming of sporting success: Associations of digit ratio (2D:4D), a putative marker for prenatal androgen action, with world rankings in female fencers. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 625-632.
22. Beshai, P. (2014). Buckets: Basketball Shot Visualization. *Semantic Scholar Preprint*, 1–14.
23. Beutler, I. (2008). Sport serving development and peace: Achieving the goals of the United Nations through sport. *Sport in society*, 11(4), 359-369.
24. Bidzińska, J. (2017). Różnice międzypłciowe w asymetrii funkcjonalnej w wykonaniu ćwiczeń gimnastycznych oraz zadań poznawczych. *UJ. Kraków*
25. Bisiacchi, P. S., Ripoll, H., Stein, J., Simonet, P., Azemar, G. (1985). Left-handedness in fencers: an attentional advantage? *Perceptual and motor skills*, 61(2), 507-513.
26. Bloomfield J., Blanksby B.A., Beard D.F., Ackland T.R., Elliott B.C. (1984.) Biological characteristics of young swimmers, tennis players and non-competitors. *British Journal of Sport Medicine* 18 (2): s. 97–103,
27. Błach, W., Pujszo, R., Pyskir, M., Adam, M. (2005). Kontrola postawy ciała zawodniczek judo (badania pilotażowe). *UKW Bydgoszcz*.
28. Błach, B. (2020). Budowa i skład ciała szpadzistek a sukces sportowy. *Polish Journal of Sports Medicine/Medycyna Sportowa*, 36(2).

29. Bołoban, W., Wiśniowski, W., Gruszkiewicz, R., Wiśniowski, P., Piróg, B. (2009). Struktura układów ćwiczeń w indywidualnych skokach na trampolinie kobiet i mężczyzn medalistów Igrzysk Olimpijskich w Atenach (2004) i Pekinie (2008). *Pedagogika, Psychologia ta mediko-biologiczni problemi fizycznego wchowaniya i sportu*. Red. Ermakov S. Charków, (9), 170-187.
30. Borysiuk Z. (2000) Factors Determining Sport Performance Level for Fencers at the Preliminary and Championship Stages of their Training, ECSS Conference, Jyvaskyla, 721.
31. Borysiuk Z. (2006) Complex Evaluation of fencers' predisposition in three stages of sport development. *Biology of Sport*, vol. 23, No.1, pp. 41-5
32. Borysiuk, Z., Waskiewicz, Z. (2008). Information processes, stimulation and perceptual training in fencing. *Journal of Human Kinetics*, 19(1), 63-82.
33. Borysiuk, Z. (2008). 1 st International Congress on Science and Technology in Fencing, Barcelona 15–17 February 2008/I Międzynarodowy Kongres Naukowy o Nauce i Technologii w Szermierce.
34. Borysiuk S., Novhorodska Y., Hlebiak S., Rudzka A. (2020). Mieczysław Łobocki- twórca współczesnej teorii wychowania. *Наукові записки. Серія" Психолого-педагогічні науки"(Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)*, (4), 87-96.
35. Bronikowski, M., Kantanista, A., Glapa, A. (2014). Wychowanie fizyczne-praca z uczniem zdolnym. Ośrodek Rozwoju Edukacji. Warszawa.
36. Brooks, R., Bussiere, L. F., Jennions, M. D., Hunt, J. (2004). Sinister strategies succeed at the cricket World Cup. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(suppl.3), 64-66.
37. Burton, A., Greer, N., Wiese, D., (1992). Changes in overhand throwing patterns as a function of ball size. *Pediatric exercise science* 4, 50–67.
38. Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Andrzejewska, J., Stachoń, A. (2016). Morphological optimization of female combat sports athletes as seen by the anthropologists. *Anthropological Review*, 79(2), 201-210.
39. Calbet, J. A. L., Moysi, J. S., Dorado, C., Rodriguez, L. P. (1998). Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcified tissue international*, 62(6), 491-496.
40. Carter J., Heath B.H. (1990). Somatotyping: development and applications. *Cambridge Studies in Biological Anthropology*. Cambridge-NewYork-Port Chester-Melbourne-Sydney: Cambridge University Press.

41. Castiello, U., Stelmach, G. E. (1993). Generalized representation of handwriting: evidence of effector independence. *Acta psychologica*, 82(1-3), 53-68.
42. Carey, D. P., Smith, G., Smith, D. T., Shepherd, J. W., Skriver, J., Ord, L., Rutland, A. (2001). Footedness in world soccer: an analysis of France'98. *Journal of sports sciences*, 19(11), 855-864.
43. Carter, P. I., Moss, R. A. (1984). Screening for anorexia and bulimia nervosa in a college population: Problems and limitations. *Addictive Behaviors*, 9(4), 417-419.
44. Carter, T. (2002). On the need for an anthropological approach to sport. *Identities: Global studies in culture and power*, 9(3), 405-422.
45. Castle, E. (1970) *Zarys dziejów szermierki w Europie od czasów średniowiecza do przełomu XIX i XX wieku/Concise history of fencing in Europe from the Middle Ages to the turn of 19th and 20th century.*
46. Castle E. (1970), *Schools and Masters o f Fence*, Arms and Armour Press, Woking and London.
47. Cesari, P., Bertuccio, M. (2008). Coupling between punch efficacy and body stability for elite karate. *Journal of science and medicine in sport*, 11(3), 353-356.
48. Chapman, J. A., Henneberg M., (1999). Switching the handedness of adults: results of 10 weeks training of the non-dominant hand. *Perspectives in Human Biology*, 4(1), 211-17.
49. Chen, C. M. (1988). *Social/Cultural Anthropology: Man and Land in Chinese History: An Economic Analysis.* Kang Chao.
50. Choptiany, M. (2016). Poziom rozwoju somatycznego i niektóre przejawy asymetrii ciała w aspekcie morfologicznym, funkcjonalnym i sensorycznym wśród 10–12 letnich. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 2.
51. Choptiany, M. (2017). Symetria i asymetria wzroku, słuchu i powonienia wśród młodzieży szkolnej w wieku 10-12 lat. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 3.
52. Choptiany, M. (2018). Asymetria i symetria funkcjonalna u dzieci w wieku 11–13 lat. *Sport i Turystyka Środkowoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 1(2), 79-91.
53. Cigrovski, V., Franjko, I., Rupcic, T., Bakovic, M., Matkovic, A. (2017). Comparison of standard and newer balance tests in recreational alpine skiers and ski novices. *Montenegrin journal of sports science and medicine*, 6(1), 49.
54. Ciupak Z. (1986). Ewolucja pojęcia fair play. W: Z. Krawczyk, R. Kaniuk, J. Kosiewicz. (red.). *Spoleczne wartości kultury fizycznej.* Warszawa: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, 62-66.

55. Clever, I., Ruberg, W. (2014). Beyond cultural history? The material turn, praxiography, and body history. *Humanities*, 3(4), 546-566.
56. Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson, K. E. (2001). Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 646-653.
57. Clymer, P. E., Silva, P. A. (1985). Laterality, cognitive-ability and motor-performance in a sample of 7-years-olds. *Journal of Human Movement Studies*, 11(2), 59-68.
58. Cook, G. (2003). Athletic body in balance. *Human Kinetics*.
59. Çolakoğlu, H., Akgün, N., Yalaz, G., Ertat, A. (1987). The Effects of Velocity Training on Acoustics and Visual Reaction Time. *The Journal of Spor Hekimliği*, 22(1), 4.
60. Corballis, M. C. (2014). Left brain, right brain: facts and fantasies. *PLoS biology*, 12(1), e1001767.
61. Coren, S., Halpern, D. F. (1991). Left-handedness: a marker for decreased survival fitness. *Psychological bulletin*, 109(1), 90.
62. Cronin, J., McNAIR, P., Marshall R., (2003). Lunge performance and its determinants. *Journal of Sports Sciences*, 21(1), 49-57.
63. Cynarski, W. J. (2017). Samoobrona indywidualna w perspektywie ogólnej teorii sztuk walki. *Kultura Bezpieczeństwa. Nauka-Praktyka-Refleksje*, (27), 46-69.
64. Czajkowski, Z. (1951). *Nowa szermierka*, MON, Warszawa. 9.
65. Czajkowski, Z. (1968). *Teoria i metodyka współczesnej szermierki*, SiT, Warszawa.
66. Czajkowski, Z. (1977). *Szermierka na szpady*, SiT, Warszawa.
67. Czajkowski, Z. (1982). *Taktyka szermierki*, AWF Katowice.
68. Czajkowski, Z. (1984). *Taktyka i psychologia w szermierce*, AWF Katowice.
69. Czajkowski, Z. (1987). *Szermierka. Floret*, SiT, Warszawa.
70. Czajkowski, Z. (1988). *Trening szermierza – wybrane zagadnienia, cz. I, II*, AWF Katowice.
71. Czajkowski, Z. (1991). *Z badań nad czynnikami wpływającymi na wyniki sportowe w szermierce [w:] Podstawowe problemy badawcze w naukach o kulturze fizycznej*, AWF Katowice.
72. Czajkowski, Z. (1998). Zależności czasów odpowiedzi czuciowo-ruchowych od programowania oraz złożoności ruchu. *Sport Wyczynowy*, 3-4, 27-30.
73. Czajkowski, Z. (2004). *Porady metodyczne Szermierza praca nog-przykład ćwiczeń wielozadaniowych*. *Sport Wyczynowy*, 37-44.

74. Czajkowski, Z. (2006). The essence and importance of timing (sense of surprise) in fencing. *Kinesiology*, 16 (33), 35-42.
75. Czajkowski, Z. (2007). Szermierka w dawnej Polsce. Ido–Ruch dla Kultury/Movement for Culture, 7, 55-64.
76. Czajkowski, Z. (2011). Characteristics of contemporary fencing. *Ido Movement for Culture*, 11(2), 55-62.
77. Dawson, J. L. (1977). An anthropological perspective on the evolution and lateralization of the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 299, 424-447.
78. Dega, W. (1933). Anatomical and mechanical study of the fetal hip for the purpose of elucidating the etiology and pathogenesis of congenital dislocation. *Chir Organi Mov*, 18(5), 425.
79. De Brito, S. A., Mechelli, A., Wilke, M., Laurens, K. R., Jones, A. P., Barker, G. J., Viding, E. (2009). Size matters: Increased grey matter in boys with conduct problems and callous–unemotional traits. *Brain*, 132(4), 843-852.
80. De Leon, M. J., la Regina, M. E., Ferris, S. H., Gentes, C. I., Miller, J. D. (1986). Reduced incidence of left-handedness in clinically diagnosed dementia of the Alzheimer type. *Neurobiology of aging*, 7(3), 161-164.
81. Draschkowitz, L., Draschkowitz, C., and Hlavacs, H. (2015). Using video analysis and machine learning for predicting shot success in table tennis. *EAI Endorsed Trans. Creat. Technol.* 2:150096.
82. Desrosiers, J., Bravo, G., Hébert, R., Dutil, É., Mercier, L. (1994). Validation of the Box and Block Test as a measure of dexterity of elderly people: reliability, validity, and norms studies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 75(7), 751-755.
83. Dhillon, G. S., Kruger, T. B., Sandhu, J. S., Horch, K. W. (2005). Effects of short-term training on sensory and motor function in severed nerves of long-term human amputees. *Journal of neurophysiology*, 93(5), 2625-2633.
84. Dovat, L., Lamercy, O., Salman, B., Johnson, V., Milner, T., Gassert, R., Leong, T. C. (2010). A technique to train finger coordination and independence after stroke. *Disability and rehabilitation: Assistive technology*, 5(4), 279-287.
85. Drabik, J. (1992). Sprawność fizyczna i jej testowanie u młodzieży szkolnej. *Akad. Wychowania Fizycznego w Gdańsku*.
86. Drozdowski, Z. (1998). Antropometria w wychowaniu fizycznym. *Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego. Podręczniki nr 24*.

87. Drozdowski, Z. (1972). *Antropologia sportowa*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa-Poznań, Seria: Podręczniki nr 12.
88. Ducher, G., Jaffré, C., Arlettaz, A., Benhamou, C. L., Courteix, D. (2005). Effects of long-term tennis playing on the muscle-bone relationship in the dominant and nondominant forearms. *Canadian journal of applied physiology*, 30(1), 3-17.
89. Duncan, M., Chan, C., Clarke, ND The effect of badminton-specific exercise on badminton short-serve performance in competition and practice climates. *Eur J Sport Sci* 2017; 17: 119–126.
90. Edwards, S., Beaton, A. (1996). Why is there an over-representation of left-handed bowlers in professional cricket in the UK?. *Laterality*, 1(1), 45-50.
91. Elliott, D., Roy, E. A., Goodman, D., Carson, R. G., Chua, R., Maraj, B. K. (1993). Asymmetries in the preparation and control of manual aiming movements. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 47(3), 570.
92. Evangelista, N. (2000). *The inner game of fencing*. McGraw-Hill.
93. Fagan, K. E. (2016). *The spectacle of female athleticism in classic Hollywood, 1935-1955*. The University of Iowa.
94. Fagan, F., Haugh, M., Cooper, H. (2019). The advantage of lefties in one-on-one sports. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 15(1), 1-25.
95. Falk, B., Mor, G. (1996). The Effects of Resistance and Martial Arts Training in 6-to 8-Year-Old Boys. *Pediatric exercise science*, 8(1).
96. Faurie, C., Raymond, M. (2004). Handedness frequency over more than ten thousand years. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(suppl.3), 43-45.
97. Feizolahi F., Azarbayjani M. A. (2015). Comparison of static and dynamic balance in amateur male athletes, *Rehabilitation Medicine*, 3(4), 89-98.
98. Fenu, G., Cogoni, D., Bacchetta, G. (2016). The role of fencing in the success of threatened plant species translocation. *Plant Ecology*, 217(2), 207-217.
99. Fernández, M., Fernández, R., Zurita, F., Jiménez, C., Almagià, A., Yuing, T., Curilem, C. (2015). Relación entre escoliosis, sexo y lateralidad manual en una muestra de escolares. *International Journal of Morphology*, 33(1), 24-30.
100. Fidziński, J. (1982). *Materiały informacyjno szkoleniowe*. Boks. AWF Wrocław.



101. Finnoff, J. T., Newcomer, K., Laskowski, E. R. (2002). A valid and reliable method for measuring the kicking accuracy of soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(4), 348-353.
102. Flamma, A. (2015). Sportowa (r) ewolucja: od „Fify” do Kinecta. Nowe przestrzenie wirtualnego sportu. *Homo Ludens*, 1 (7), 69-86.
103. Fousekis, K., Tsepis, E., Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sport Science and Medicine*, 9(3), 364.
104. Fragoula P, Elissavet RN, Noutsos PM, Konstantinos S. (2021). Relationship between throwing accuracy and performance indices in female and male adolescent handball players. *Journal of Physical Education and Sport*, Vol. 21 (5): 2633 – 2640.
105. Franchini, E., Brito, C. J., Artioli, G. G. (2012). Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 52.
106. Franchini, E., Takito, M. Y., Kiss, M., Strerkowicz, S. (2005). Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. *Biology of sport*, 22(4), 315.
107. Freeston, J, Rooney, K. (2014). Throwing speed and accuracy in baseball and cricket players. *Percept Mot Skills*, 118, 637–650.
108. Gabbett, T., Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 902-908.
109. Gabryś, T., Szmatlan, U., Gabryś, O. (2014). Obciążenia treningowe a wynik sportowy w rocznym makrocyklu treningowym sprinterów na różnych poziomach zaawansowania sportowego. *Atletika*.
110. Garcia-Gil, M., Torres-Unda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S. M., Gil, J., Irazusta, J. (2018). Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1723-1730.
111. Geisser, H., Reyer H.U., (2004). Efficacy of hunting, feeding, and fencing to reduce crop damage by wild boars. *The Journal of Wildlife Management*, 68(4), 939-946.
112. Geschwind, N., Behan, P. (1982). Left-handedness: Association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 79(16), 5097-5100.

113. Gierczuk, D., Sadowski, J. (2015). Dynamics of the development of coordination motor abilities in freestyle wrestlers aged 16-20. *Archives of Budo*, 11, 79-85.
114. Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 438-445.
115. Gilbert, A. N., Wysocki, C. J. (1992). Hand preference and age in the United States. *Neuropsychologia*, 30(7), 601-608.
116. Gołyszny, M. (2021). Mózgowe (neuronalne) korelaty leworęczności: przyczyny i manifestacje z perspektywy neuronauk i nauk pedagogicznych. *Pedagogical Context*, 2(17), 87-109.
117. Gonzalez, C. L., Goodale, M. A. (2009). Hand preference for precision grasping predicts language lateralization. *Neuropsychologia*, 47(14), 3182-3189.
118. Grabowska A. (1994). Left-handedness and lateralization of visual-spatial functions in the brain. *Przegląd Psychologiczny* 3, 301-312.
119. Grabowska, A. (1997). *Asymetria półkul mózgowych [w:] T. Górska, A. Grabowska, J. Zagrodzka (red.), Mózg a zachowanie. Warszawa: PWN, 400-428.*
120. Grebot, C., Gros Lambert, A., Rouillon, J. D. (2002). La relation vitesse-précision au tir debout en biathlon. *Science and Sports*, 17(1), 35-37.
121. Grobbelaar, H. W. (2003). Upper body anthropometrical differences amongst participants of asymmetrical (fast bowlers in cricket) and symmetrical (crawl stroke swimmers) sport and sedentary individuals in South Africa (Doctoral dissertation, North-West University).
122. Grouios, G. (2004). Motoric dominance and sporting excellence: Training versus heredity. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 53-66.
123. Gülaç, M. (2019). Examination of the Correlation between Dynamic Balance and Leg Strength of 11 and 12-Year-Old Children Who Have Fencing Training. *Asian Journal of Education and Training*, 5(1), 39-43.
124. Gümüş, M. (2017). Analysis of the Relationship between Cerebral Lateralization and Grip Strength in Elite Fencing Athletes. *Journal of Sports and Physical Education*, Volume 4, Issue 5.
125. Gür, H., Akova, B., Pündük, Z., Küçüköğlü, S. (1999). Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 9(2), 81-87.

- 126.Górecka, K. (2009). Porównanie poziomu rozwoju fizycznego dzieci kieleckich trenujących i nietrenujących pływaniem. *Studia Medyczne*, 15, 33-40.
- 127.Haapasalo, H., Kannus, P., Sievänen, H., Pasanen, M., Uusi-Rasi, K., Heinonen, A., Vuori, I. (1998). Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13(2), 310-319.
- 128.Hagel, G., Chudecka, M. (1997). Cechy morfologiczne piłkarek ręcznych a wynik sportowy. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*.
- 129.Häger-Ross, C., Rösblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4–16 years. *Acta Paediatrica*, 91(6), 617-625.
- 130.Harris, L. J. (2016). In fencing, are left-handers trouble for right-handers? What fencing masters said in the past and what scientists say today. In *Laterality in Sports* (pp. 31-64). Academic Press.
- 131.Harasymowicz, J., Kalina, R. M. (2006). Honourable selfdefence—the theoretical and methodological basis of training. *Płock: Wydawnictwo Novum*.
- 132.Harasymowicz, J., Kalina, R. M. (2007). *Godziwa samoobrona—teoretyczne i metodyczne podstawy treningu. Podręcznik dla nauczycieli, studentów, dydaktyków sportów i sztuk walki. Wydawnictwo Naukowe Novum Fundacja PMP. Płock*.
- 133.Hattori, K., Tatsumi, N., Tanaka, S. (1997). Assessment of body composition by using a new chart method. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 9(5), 573-578.
- 134.Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exercise*, 33 (11), 1925-1931.
- 135.Hepper, P. G., Shahidullah, S., White, R. (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29(11), 1107-1111.
- 136.Hepper, P. G., McCartney, G. R., Shannon, E. A. (1998). Lateralised behaviour in first trimester human foetuses. *Neuropsychologia*, 36(6), 531-534.
- 137.Herpin, G., Gauchard, G. C., Lion, A., Collet, P., Keller, D., Perrin, P. P. (2010). Sensorimotor specificities in balance control of expert fencers and pistol shooters. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 162-169.
- 138.Holtzen, D. W. (2000). Handedness and professional tennis. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 101-119.

139. Himes, J. H., Malina, R. M. (1975). Age and secular factors in the stature of adult Zapotec males. *American Journal of Physical Anthropology*, 43(3), 367-369.
140. Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*, 41(3), 221-232.
141. Iglesias i Reig, X. (1998). Valoració funcional específica en l'esgrima. Tesi doctoral. Barcelona.
142. ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions.
143. Incel, N. A., Ceceli, E., Durukan, P. B., Erdem, H. R., Yorgancioglu, Z. R. (2002). Grip strength: effect of hand dominance. *Singapore medical journal*, 43(5), 234-237.
144. Jagiełło, W., Marina, J., Maciej, K. R., Jan, B. B., Artur, L., Jarosław, K. (2017). Properties of body composition of female representatives of the Polish national fencing team—the sabre event. *Biology of Sport*, 34(4), 401.
145. Jagacinski, R. J., Newel, K. M., and Isaac, P. D. (2019). Predicting the success of a basketball shot at various stages of execution. *J. Sport Psychol.* 1, 301–310.
146. Jarząbek R, Ryguła I. (1994) Współzależność między koordynacyjnymi zdolnościami motorycznymi a sprawnością specjalną i efektywnością gry w piłce ręcznej. W: *Zespołowe gry sportowe w wychowaniu fizycznym i sporcie. Materiały konferencyjne*. Wrocław.
147. Jaysawal, N., Saha, S. (2015). Impact of Land alienation, Displacement and Migration on livelihood and its response through Resettlement and Rehabilitation. *International Journal of Sociology, Social Anthropology and Social Policy*, 1(2), 152-167.
148. Jebsen, R. H. (1969). An objective and standardized test of hand function. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 50(6), 311-319.
149. John M., Poliszczuk T., Poliszczuk D., Dąbrowska-Perzyna A. (2013). Asymmetry of complex reaction time in female epee fencers of different sport classes. *Pol J Sport Tourism*, 20, 25-34.
150. John M., Poliszczuk, T., Poliszczuk, D., Dąbrowska-Perzyna, A. (2013). Asymmetry of complex reaction time in female épée fencers of different sports classes. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 20(1), 25-34.
151. Johnston, L. H., Carroll, D. (1998). The context of emotional responses to athletic injury: a qualitative analysis. *Journal of Sport Rehabilitation*, 7(3), 206-220.
152. Josty, I. C., Tyler, M. P. H., Shewell, P. C., Roberts, A. H. N. (1997). Grip and pinch strength variations in different types of workers. *Journal of Hand Surgery*, 22(2), 266-269.

153. Juras G., Słomka K., Trzaska J., Błaszczuk J. (2003). Does a general balancing ability exist. New ideas in sport sciences Part 1, Warszawa-Poznań-Leszno: State School of Higher Vocational Education in Leszno, s. 108-111.
154. Kamieniarz, M., Stryła, W., Kowalska, P., Grzegorz, K. (2002). Assessment of the children manual dexterity and hand grip strength: test-retest reliability study. *CMST*, 8(1), 69-78.
155. Kocahan, T., Ustundag, B., Tortu, E., Deliceoglu, G., (2018). Eskrime özgü görsel reaksiyon simülasyon testi ile denge, anaerobik güç ve görsel reaksiyon parametreleri arasındaki ilişkisinin incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(4), 169-180.
156. Kosendiak, J. (2007). Wielostopniowy system naboru i selekcji do wyczynowego uprawiania sportu. Za: Kurzawski K.(red). Wrocław, 53-56.
157. Kosendiak, J., Naglak, F., Kosendiak, J. (2007). Evaluation of the polish national team junior golf players and aerobic function and motor capacity. *Studies in Physical Culture Tourism*, 14.
158. Kostorz, K., Skorupińska, A. (2017). Równowaga ciała ćwiczących sztuki i sporty walki-przegląd badań. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, (1 (19)), 5-16.
159. Koszycz, T. (1991). Asymetria morfologiczna i dynamiczna oraz możliwości ich kształtowanie u dzieci w wieku szkolnym. Tom 27, *Studia i monografie*, AWF Wrocław.
160. Koley, S., Yadav, M. K., Sandhu, J. S. (2009). Estimation of hand grip strength and its association with some anthropometric traits in cricketers of Amritsar, Punjab, India. *Internet Journal of Biological Anthropology*, 3(1).
161. Kolayis, İ. E., Çilli, M., Ertan, H., Knicker, J. A. (2014). Assessment of target performance in archery. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 451-456.
162. Koley, S., Singh, J., Sandhu, J. S. (2010). Anthropometric and physiological characteristics on Indian inter-university volleyball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(3), 389-399.
163. Korpanty, J. (2018). Najczęstsze urazy wśród narciarzy alpejskich i fizjoprofilaktyka. UJ Kraków.
164. Koszycz, T. (1991). Dynamical and Morphological Asymmetry and the Capabilities of its Forming with Regard to Young Schoolboys and Schoolgirls. *Studies and Monographs of the Academy of Physical Education at Wrocław*, 27.
165. Krawczyk Z., (1995). *Socjologia kultury fizycznej*, Wydawnictwo AWF, Warszawa.

166. Krawczyk B., Skład M., Majle B., et al. (1998). Lateral asymmetry in upper and lower limb measurements in selected groups of male athletes. *Biol Sport*, 1998. 15 (1): 33-38.
167. Kruger, A., De Ridder, H., Underhay, C., Grobbelaar, H. (2005). Die voorkoms van morfologiese asimmetrie by elite-internasionale manlike spiesgooiers. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 27(2), 47-55.
168. Krupińska, M. (2018). Symetria i asymetria u człowieka. UJ Kraków.
169. Krzykała, M. (2010). Dual energy X-ray absorptiometry in morphological asymmetry assessment among field hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 25(1), 77-84.
170. Krzykała, M. (2012). Dxa as a Tool for the Assessment of Morphological Asymmetry in Athletes. AEM, editors. *Dual Energy X-Ray Absorptiometry*. Rijeka Croatia inTech, 59-74.
171. Krzykała, M., Konarski, J. M., Malina, R. M., Rachwalski, K., Leszczyński, P., Ziółkowska-Łajp, E. (2016). Fatness of female field hockey players: Comparison of estimates with different methods. *Homo*, 67(3), 245-257.
172. Krzykała, M., Leszczyński, P., Grześkowiak, M., Podgórski, T., Woźniewicz-Dobrzyńska, M., Konarska, A., Konarski, J. M. (2018). Does field hockey increase morphofunctional asymmetry? A pilot study. *Homo*, 69(1-2), 43-49.
173. Kumar, A., Tanaka, Y., Grigoriadis, A., Grigoriadis, J., Trulsson, M., Svensson, P. (2017). Training-induced dynamics of accuracy and precision in human motor control. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
174. Kumar, A., Das, S., Kong, L., Snášel, V. (2021). Self-Adaptive Spherical Search With a Low-Precision Projection Matrix for Real-World Optimization. *IEEE Transactions on Cybernetics*.
175. Kurzawski, K. 2016 Kontrola treningu. AWF Wrocław.
176. Kyle, D. G. (2014). *Sport and spectacle in the ancient world* (Vol. 5). John Wiley Sons.
177. Landlinger, J., Stöggl, T., Lindinger, S., Wagner, H., Müller, E. (2012). Differences in ball speed and accuracy of tennis groundstrokes between elite and high-performance players. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 301–308.
178. Laubach, L. L., McConville, J. T. (1969). The relationship of strength to body size and typology. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 1(4), 189-194.
179. Leake, C. N., Carter, J. E. L. (1991). Comparison of body composition and somatotype of trained female triathletes. *Journal of Sports Sciences*, 9(2), 125-135.

180. Lech G., Palka T., Tyka A., Jaworski J., Chwała W., Sterkowicz S., Ambrozy T. (2015). Effect of motor abilities on the course of fight and achievement level in judokas at different age, *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 11, 169-179.
181. Leśniak-Moczuk, A. D. (2017). Historyczne i współczesne aspekty etyki w sporcie. *Młoda Humanistyka*, 10(3).
182. Leyk, D., Gorges, W., Ridder, D., Wunderlich, M., Rütger, T., Sievert, A., Essfeld, D. (2007). Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *European journal of applied physiology*, 99(4), 415-421.
183. Libkuman, T. M., Otani, H., Steger, N. (2002). Training in timing improves accuracy in golf. *The Journal of general psychology*, 129(1), 77-96.
184. Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Stachoń, A., Andrzejewska, J., Chromik, K. (2019). Anthropometric and strength profiles of professional handball players in relation to their playing position—multivariate analysis. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4).
185. Ljach W., Witkowski. (2004). Koordynacyjne zdolności motoryczne w piłce nożnej. *Biblioteka Trenera*, Warszawa.
186. Loch, F., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., Kellmann, M. (2019). Resting the mind—a novel topic with scarce insights. Considering potential mental recovery strategies for short rest periods in sports. *Performance Enhancement and Health*, 6(3-4), 148-155.
187. Loffing, F., Schorer, J., Hagemann, N., Baker, J. (2012). On the advantage of being left-handed in volleyball: further evidence of the specificity of skilled visual perception. *Attention, Perception, Psychophysics*, 74, 446-453.
188. Loffing, F., Hagemann, N., Strauss, B. (2012). Left-handedness in professional and amateur tennis. *PloS one*, 7(11), e49325.
189. Loffing, F., Hagemann, N., Strauss, B., MacMahon, C. (Eds.). (2016). *Laterality in sports: Theories and applications*. Academic Press.
190. Lupul-Nawrocka, A. (2013) Równowaga i stabilność w kajakarstwie klasycznym. *Szkolna kultura fizyczna* 61, 167.
191. Lyakh, D. I., Lotrich, V. F., Bartlett, R. J. (2011). The ‘tailored’CCSD (T) description of the automerization of cyclobutadiene. *Chemical Physics Letters*, 501(4-6), 166-171.
192. Łagan, S., Stopka, J. (2017). Assessment geometry of feet in children training fencing using podoscope-analysis of individual cases. *Aktualne Problemy Biomechaniki*.
193. Łaska-Mierzejewska, T. (1997). Biological effects of socio-economic changes in the rural environment of the Krosno province in 1967-1997 . *Anthropological Review*, 60, 25-34.

194. Łuczak, M. (2002). Szermierka w Polsce w latach 1945-1989. Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu. Monografia 348.
195. Łuczak, M. (2009). Wpływ myśli teoretycznej i praktycznej szkoleniowców węgierskich na sukcesy polskiej szermierki. Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. *Kultura Fizyczna, Kultura Fizyczna*, 8.
196. Łuczak, M., Jaroszewski, J. (2014). Zbigniew Czajkowski–praktyk i teoretyk szermierki. Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie *Kultura Fizyczna*, 13(1), 59-73.
197. Łuczak, M., Jaroszewski, J. (2016). Wybitni trenerzy medalistów olimpijskich–absolwenci Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu. *Sport i Turystyka Środkowoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 15(2), 89-106.
198. Łukiewicz W. (1998), Fair play: teoria i praktyka, Brześć.
199. Maćkała, K., Cych, P. (2011). Charakterystyka czynników wpływających na czas reakcji w nauczaniu i doskonaleniu startu niskiego (Characteristics of factors affecting the response time and teaching and improvement of low body starting position). *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 33, 5-11.
200. Macdonald, B. (2012). An expected goals model for evaluating NHL teams and players, in MIT Sloan Sports Analytics Conference 2012 (Boston, MA), 1–8.
201. Majewska Z. and Szelożyńska K. (2017). Neurological Problems, 165. Cases Aomi.
202. Margonato, V., Roi, G. S., Cerizza, C., Galdabino, G. L. (1994). Maximal isometric force and muscle cross-sectional area of the forearm in fencers. *Journal of sports sciences*, 12(6), 567-572.
203. Mathew, J., Sarlegna, F. R., Bernier, P. M., Danion, F. R. (2019). Handedness matters for motor control but not for prediction. *Eneuro*, 6(3).
204. Mathiowetz, V., Weber, K., Kashman, N., Volland, G. (1985). Adult norms for the nine hole peg test of finger dexterity. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 5(1), 24-38.
205. Mala L., Maly T., Zahalka F. (2016). Influence of maximal anaerobic performance on body posture stability in elite senior and junior male judo athletes, *Archives of Budo*, No. 12, s. 117-124.
206. Malec, Z. (2011). Zdolności motoryczne dziecka–przejawy i kontrola w edukacji wczesnoszkolnej. *Pedagogika przedszkolna i wczesnoszkolna w sytuacji zmiany społecznej, kulturowej i oświatowej*, 174.



207. Malina, R. M., Geithner, C. A. (2011). Body composition of young athletes. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5(3), 262-278.
208. Mathiowetz M., Cheryl S., Rennells B., Donahoe B. (1985). Effect of elbow position on grip and key pinch strength *The Journal of Hand Surgery*, 10(5), 694-697.
209. Maughan, R. J. (1986). Exercise-induced muscle cramp: A prospective biochemical study in marathon runners. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 31-34.
210. Mauss, M. (2006). *Techniques of the Body (1935)*. Techniques, technology and civilisation, 77-96.
211. Martiskainen, P., Tuomisto, L., Huuskonen, A., Mononen, J. (2008). Training dairy bull calves to stay within light-built electric fences (Research Note).
212. McGuine, T. A., Greene, J. J., Best, T., Levenson, G. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 239-244.
213. McFarland, K., Anderson, J. (1980). Factor stability of the Edinburgh Handedness Inventory as a function of test-retest performance, age and sex. *British Journal of Psychology*, 71(1), 135-142.
214. McLean, J. M., Ciurczak, F. M. (1982). Bimanual dexterity in major league baseball players: a statistical study. *The New England journal of medicine*, 307(20), 1278-1279.
215. McManus, I. C., Bryden, M. P. (1993). The neurobiology of handedness, language, and cerebral dominance: A model for the molecular genetics of behavior. *Brain development and cognition: A reader* (pp. 679–702). Blackwell Publishing.
216. Mesure, S., Amblard, B., Crémieux, J. (1997). Effect of physical training on head—hip coordinated movements during unperturbed stance. *Neuroreport*, 8(16), 3507-3512.
217. Mon D, Zakythinaki MS, Calero S. Connection between performance and body sway/morphology in juvenile Olympic shooters. *Journal of Human Sport and Exercise*.
218. Montgomery, J. P., Chambers, M. A. (2008). *Mastering swimming*. Human Kinetics.
219. Moulton, E., Galléa, C., Kemlin, C., Valabregue, R., Maier, M. A., Lindberg, P., Rosso, C. (2017). Cerebello-cortical differences in effective connectivity of the dominant and non-dominant hand during a visuomotor paradigm of grip force control. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 511.
220. Mouloua, S. A., Mouloua, M., McConnell, D. S., Hancock, P. A. (2018). The Effects of Handedness and Dominance on Motor Task Performance. In *Proceedings of the Human*

*Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 62, No. 1, pp. 1237-1241). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

221. Michaluk, T. (2011). Sport osób niepełnosprawnych w semiotyczno-filozoficznej perspektywie badawczej/Sport of the disabled in the semiotic and philosophical research perspective. *Physiotherapy Quarterly*, 19(1), 41.
222. Milenković, D., Branković, N., Petković, M., Kostić, M. Stanković, D. (2008). The connection between motor skills and situational-motor skills in soccer among elementary school children. *Fizička kultura, spisane za naučni i stručni prašanja od fizičkata kultura* (Skopje), 36 (1), 115-121.
223. Milenković, D. (2010). Endurance training in the pre-season period at football players. *Acta Kinesiologica*, 4 (2), 41-45.
224. Milenković, D. (2011). Speed as an important component of football game. *Acta Kinesiologica*, 5 (1), 57-61.
225. Milenković, D., Stanojević, I. (2013). Accuracy in football: scoring a goal as the ultimate objective of football game. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education* 1(2), 33–37. Retrieved from <https://ijcrsee.com/index.php/ijcrsee/article/view/16>
226. Milic, M., Janicijevic, D., Nedeljkovic, A., Cuk, I., Mudric, M., Garcia-Ramos, A. (2020). Optimal Instructions to Maximize Attack Efficiency in Beginners and Experienced Fencers. *Motor Control*, 25(2), 153-166.
227. Mikheev M., Mohr C., Afanasiev S., Landis T., Thut G. (2002) Motor control and cerebral hemispheric specialization in highly qualified judo wrestlers, *Neuropsychologia*, 40(8), 1209-1219.
228. Nagasawa, Y., Demura, S., Matsuda, S., Uchida, Y. Demura, T. (2011). Effect of Differences in Kicking Legs, Kick Directions, and Kick Skill on Kicking Accuracy in Soccer Players. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 7 (4).
229. Naglak, Z. (1987). Społeczne i metodyczne aspekty sportu klasyfikowanego. AWF Wrocław.
230. Naglak, Z. (1991). *Metodyka trenowania sportowca*. AWF Wrocław.
231. Naglak Z. (1999). *Metodyka trenowania sportowca*. AWF Wrocław.
232. Nawrocka, W. (1957). Kształcenie naprzemianstronne, czyli transfer bilateralny w czynnościach motorycznych (Education of bilateral transfer in motor activities). *Wych. Fiz. i Sport*, 1, 109-128.

- 233.Ntai, A., Zahou, F., Paradisis, G., Smirniotou, A., Tsolakis, C. (2017). Anthropometric parameters and leg power performance in fencing. Age, sex and discipline related differences. *Science Sports*, 32(3), 135-143.
- 234.Nawrocki S. (tłum.) (1966). *Regulamin zawodów szermierczych*, PZSz, Warszawa.
- 235.Newsham, P. (2013). *Historia Sportu. The International Journal of the History of Sport*, 30, 915-917
- 236.Nevill, A. M., Holder, R. L. (2000). Modelling handgrip strength in the presence of confounding variables: results from the Allied Dunbar National Fitness Survey. *Ergonomics*, 43(10), 1547-1558.
- 237.Norjali, R., Mostaert, M., Pion, J., Lenoir, M. (2018). Anthropometry, physical performance, and motor coordination of medallist and non-medallist young fencers. *Archives of Budo*, 14, 33-40.
- 238.Norton, R. (2001). Common Worlds and Single Lives: Constituting Knowledge in Pacific Societies. *The Australian Journal of Anthropology*, 12(1), 96.
- 239.Nowak, I. (2017). Rajdy samochodowe-logistyczne wyzwanie dla całego zespołu. *Logistyka*, (3), 14-19.
- 240.Nowicki, G. (1988). Zmiany zręczności manualnej w rozwoju osobniczym. *Gdzie?!*
- 241.Ochoa, A., Gutiérrez, G., Margain, L. (2013). Determining anthropometry related with Fencing using social data mining. *Journal of Physical Education and Sport Management*, 4(3), 31-35.
- 242.Olex-Zarychta, D. (2010). *Lateralizacja funkcjonalna kończyn człowieka i jej uwarunkowania w zakresie koordynacji motorycznej*. AWF Katowice.
- 243.Osiński W. (2000). *Antropomotoryka*. Poznań: Podręcznik nr 49, Wydawnictwo AWF.
- 244.Osiński W., (2003). *Antropomotoryka*, Wydawnictwo AWF w Poznaniu, Poznań.
- 245.Paillard T., Costes-Salon C., Lafont C., Dupui P. (2002). Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 36, No. 4, s. 304-305.
- 246.Pałka, K., Bolach, E. (2014). Stronność kończyn górnych po wyzwoleniu maksymalnej siły izometrycznej u niepełnosprawnych ciężarowców. *2/2014 (23)*, 237.
- 247.Payne, M. A. (1987). Impact of cultural pressures on self-reports of actual and approved hand use. *Neuropsychologia*, 25(1), 247-258.
- 248.Perrin P., Deviterne D., Hugel F., Perrot C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control, *Gait and Posture*, 15(2), 187-194.

249. Piepiora, P. A., Witkowski, K., Migasiewicz, J. (2017). Przygotowanie motoryczne zawodnika karate do walki sportowej kumite. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, (1 (19)), 17-23.
250. Pietraszewska, J. (1998). Zróżnicowanie morfologiczne zawodników różnych dyscyplin sportowych. AWF Wrocław.
251. Pietraszewski, B., Struzik, A. (2013). Evaluation of selected biomechanical parameters in female team sports players. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(4).
252. Pietraszewska J., Pietraszewski B., Burdukiewicz A. (2009). Komputerowa ocena postawy ciała młodych piłkarzy nożnych – wybrane parametry biomechaniczne. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*. 15(4), 352–355
253. Perrot C., Moes R., Deviterne D., Perrin P. (1998). Postural adaptations during specific combative sport movements, *Science and Sports*, 2(13), 64-74.
254. Pons V. D. G., Lenssen A. F., Leffers P., Kingma H., Lodder J. (2013). Taekwondo training improves balance in volunteers over 40, *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5(10), 1-6.
255. Porac, C., Coren, S. (1981). Lateral preferences and human behavior (pp. 181-191). New York: Springer-Verlag.
256. Poliszczuk, T., Lampkowska, M. (2007). Asymetria funkcjonalna i dynamiczna czasu reakcji prostej u zawodniczek trenujących szermierkę. *Pediatric Endocrinology, Diabetes Metabolism*, 13(4).
257. Połaniecka A. (2019). Holistyczny wymiar aktywności fizycznej w kształtowaniu młodego człowieka w kolejnych etapach edukacyjnych Nr1/2019.
258. Pujszo, R. (2020). Zróżnicowanie morfologiczne i funkcjonalne kobiet uprawiających sporty walki. UKW Bydgoszcz
259. Przyłuska-Fischer, A. (1990). Sport i ideały moralne sportu w kategoriach etyki, [w:] *Oblicza sportu*, red. Z. Krawczyk, AWF, Warszawa, 30-53.
260. Quitzau, E. A. (2021). A local history of physical culture in Uruguay: Horseracing and football outside Montevideo. *The International Journal of the History of Sport*, 1-18.
261. Raciborski A. (1894), *Historia i psychologia szermierki*, Lwów.
262. Raczek J., Mynarski W. (1992) *Koordynacyjne zdolności motoryczne dzieci i młodzieży. Struktura wewnętrzna i zmienność osobnicza. (W:) Studia nad motorycznością ludzką.* AWF Katowice.

263. Rakočević, T. (1996). Efikasnost primene aktivnosti za razvoj repetitivne snage u manifestaciji situacione preciznosti početnika u fudbalu, Doktorska disertacija. Novi Sad: Fakultet fizičke kulture.
264. Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Sahgal, V., Liu, J. Z., Yue, G. H. (2001). Skilled finger movement exercise improves hand function. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(8), M518-M522.
265. Raymond, M., Pontier, D., Dufour, A. B., Møller, A. P. (1996). Frequency-dependent maintenance of left handedness in humans. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 263(1377), 1627-1633.
266. Raymond, M., Pontier, D. (2004). Is there geographical variation in human handedness? *Laterality: Asymmetries of body, brain and cognition*, 9(1), 35-51.
267. Rigal, R. (1994). Right-left orientation: Development of correct use of right and left terms. *Perceptual and motor skills*, 79(3), 1259-1278.
268. Rigamonti, M. M., Previde, E. P., Poli, M. D., Marchant, L. F., McGrew, W. C. (1998). Methodology of motor skill and laterality: New test of hand preference in *Macaca nemestrina*. *Cortex*, 34(5), 693-705.
269. Rokita, A., Bronikowski, M., Popowczyk, M., Cichy, I., Witkowski, M. (2014). Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers. *Med. Dello Sport*, 67, 369-381.
270. Rokowski, R., Pieprzycki, A. (2019). *Możliwości testowania zdolności siłowych we wspinaczce sportowej – wybrane zagadnienia*. PWSZ Tarnów
271. Rokowski, R., Ręgwelski, T. (2019). *Naukowe podstawy treningu we wspinaczce sportowej*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha. Monografie nr 40. AWF Kraków.
272. Roi, G. S., Bianchedi, D. (2008). The science of fencing. *Sports medicine*, 38(6), 465-481.
273. Roy, N., Mahadevan, M. S., McLean, M., Shutter, G., Yaraghi, Z., Farahani, R., MacKenzie, A. (1995). The gene for neuronal apoptosis inhibitory protein is partially deleted in individuals with spinal muscular atrophy. *Cell*, 80(1), 167-178.
274. Roy, S., Babu, P. S., Babu, N. P. (2017). A Synchronphasor Measurement-Based Fault Locator with Novel Fault Detection Technique. *Journal of Electrical Systems*, 13(3), 457-471.
275. Roy, P. (2018). Reader response: Incorporating students into clinic may be associated with both improved clinical productivity and educational value. *Neurology: Clinical Practice*, 8(3), 173-174.

276. Rutkowska-Kucharska A., Bober T. (1986). *Badania koordynacji ruchów. Potencjał ruchowy człowieka* (red.) T. Bober. Warszawa
277. Ryguła, I. (2000). Neural models as tools of sport prediction. *Journal of Human Kinetics*, 4(1), 133-146.
278. Rynkiewicz T., Żurek P., Rynkiewicz M., Starosta W., Nowak M., Kitowska M., Kos H. (2010). The ability to maintain the static balance depending on the engagement of visual receptors among the elite sumo wrestlers, *Archives of Budo*, 6(3), 149-153.
279. Rzepa, T., Wójcik, A. (2009). Wykorzystanie piłek edukacyjnych w doskonaleniu asymetrii funkcjonalnej dzieci realizujących edukację wczesnoszkolną. *Antropomotoryka*, 48, 61-72.
280. Samołyk A., Wierzbicka-Damska I., Witkowski K. (2003). The influence of judo training on posture control in quiet standing, *University School of Physical Education in Wrocław, Department of Physiologymateriały pokonferencyjne*, Bratysława, 13.
281. Sanchís Moysi, J., González Rodríguez, J. C., López Calbet, J. A., Dorado García, C., Chavarren Cabrero, J. (1998). Propuesta de un modelo de entrenamiento de squash a partir de parámetros obtenidos durante la competición. *Apunts. Educació física i esports. Educació física i esports*. 1998, n. 52, segundo trimestre ; p. 43-52
282. Sallis, J. F., Simons-Morton, B. G., Stone, E. J., Corbin, C. B., Epstein, L. H., Faucette, N., Taylor W., (1992). Determinants of physical activity and interventions in youth. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(6), 248-257.
283. Schaffer, J. E., Sainburg, R. L. (2017). Interlimb differences in coordination of unsupported reaching movements. *Neuroscience*, 350, 54-64.
284. Schwarcz, S. L. (2012). Controlling Financial Chaos: The Power and Limits of Law, 2012 *Wis. L. Rev*, 815, 818-21.
285. Senff, O., Weigelt, M. (2011). Sequential effects after practice with the dominant and non-dominant hand on the acquisition of a sliding task in schoolchildren. *Laterality*, 16(2), 227-239.
286. Simoneau, M., Begin, F., Teasdale, N. (2006). The effects of moderate fatigue on dynamic balance control and attentional demands, *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 3, 1-9.
287. Skoczeń, D. (2016). Portal edukacyjny o nowoczesnej szermierce klasycznej. UJ Kraków.

288. Smith, S. M., (1973). Subjective experiences during a 32-year period after resurfacing of hands for severe and acute radiation burns. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 51(1), 23-26.
289. Snelawska-Stempień (2019) Z. Taniec i ruch jako środek ekspresji Nowego Cyrku. Analiza spektaklu " Dralion" Cirque du Soleil. In *Nie tylko klaun i tygrys. Szkice o sztuce cyrkowej* (pp. 43-67). Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
290. Sorel, A., Plantard, P., Bideau, N., Pontonnier, C. (2019). Studying fencing lunge accuracy and response time in uncertain conditions with an innovative simulator. *Plos One*, 14(7), e0218959.
291. Sozański H., 1999, *Podstawy teorii treningu sportowego*, Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
292. Spancken S, Steingrebe H, Stein T. (2021). Factors that influence performance in Olympic air-rifle and small-bore shooting: A systematic review. *Plos one*. 2021 ;16(3): e0247353.
293. Spera, R., Belviso, I., Sirico, F., Palermi, S., Massa, B., Mazzeo, F., Montesano, P. (2019). Jump and balance test in judo athletes with or without visual impairments *Journal of Human Sport and Exercise*. 2019, 14(Proc4): S937-S947. doi:10.14198/jhse.2019.14.Proc4.56
294. Spieszny, M., Starowicz, M., Klocek, T. (2012). Propozycja testów zdolności szybkościowo-siłowych dla potrzeb kontroli treningu w piłce ręcznej i w koszykówce (Proposition of speed and strength tests for the training in handball and basketball). *Acta Scientifica Academiae Ostroviensis, Sectio B*, 112-121.
295. Starosta W. (1975). *Symetria i asymetria ruchu w sporcie*. Wyd. Sport i Turystyka, Warszawa.
296. Starosta W. (1990a). *Symetria i asymetria ruchów w treningu sportowym*. Instytut Sportu, Warszawa.
297. Starosta, W., Anioł Strzyżewska, K. (1990). *Zmiany w zdolności do różnicowania kinestetycznego amplitudy ruchu pod wpływem obciążeń treningowych u zaawansowanych zawodników kajakarstwa. Koordynacja ruchowa w sporcie*, Starosta W. Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej, Gorzów Wlkp., Warszawa.
298. Starosta W. (1993). *Problemy stronnego różnicowania ruchów człowieka*. Polskie Towarzystwo Naukowe Kultury Fizycznej, Oddział w Gorzowie Wlkp.
299. Starosta W., Belej M., Hirtz P., Starischka S. i in. (1993): *Poszukiwanie uwarunkowań poziomu koordynacji ruchowej u dzieci i zawodników różnych dyscyplin sportu*. Instytut Sportu. Raport z badań (3 częściowe oparte na streszczeniach). Warszawa, 1-1.

300. Starosta W. (1995). Koordinations - und Konditionsfähigkeit bei Mannschaftsspielen. Science in Sports Team Games. (Ed. J. Bergier). Academy of Physical Education in Warsaw - International Association of Sport Kinetics, Biała Podlaska, 69-104.
301. Starosta W. (1996). Symetryzacja ruchów – metoda rozwijania koordynacji u początkujących i zaawansowanych zawodników. Sport Wyczynowy, 7, 8: 36-46
302. Starosta, W. (2003). Motoryczne zdolności koordynacyjne: (znaczenie, struktura, uwarunkowania, kształtowanie). Instytut Sportu.
303. Starosta, W. (2006). Globalna i lokalna koordynacja ruchowa w wychowaniu fizycznym i sporcie (Global and local movement coordination in physical education and sport). International Association of Sport Kinetics, Warsaw.
304. Starosta, W., Anioł Strzyżewska, K. (1990). Zmiany w zdolności do różnicowania kinestetycznego amplitudy ruchu pod wpływem obciążeń treningowych u zaawansowanych zawodników kajakarstwa (w:) Koordynacja ruchowa w sporcie, (red) Starosta W. Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej, Gorzów Wlkp., Warszawa.
305. Starosta W. (2003). Motoryczne zdolności koordynacyjne (znaczenie, struktura, uwarunkowania, kształtowanie) (Motor co-ordination abilities (significance, structure, conditions, development). Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej, Instytut Sportu w Warszawie, II wydanie poprawione i uzupełnione, Warszawa, 1-564. (Monografia).
306. Starosta W. (2006) Globalna i lokalna koordynacja ruchowa w wychowaniu fizycznym i w sporcie (Global and local motor coordination in physical education and sport). Warszawa: Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej poznańskiej AWF w Gorzowie Wlkp. 1-746. (Biblioteka MSMS: Vol.19) (Monografia).
307. Starosta W. (2008) Stronne zróżnicowanie techniki ćwiczeń zawodników rozmaitych dyscyplin sportu, International Association of Sport Kinetics, Warszawa – Supraśl.
308. Starosta, W., Bergier, J., Soroka, A. (2010). Lateral differentiation of executed shots at the goal in female soccer players of European and world championships; Lateral differentiation of shots at the goal. Polish Journal of Sport Tourism, 17(1).
309. Starosta, W., Lamcha, L., Zurek, P. (2017). Pojęcie, struktura i uwarunkowania „czucia piłki” oraz ich znaczenie dla odnoszenia sukcesów sportowych. Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku, 4.
310. Sterkowicz, S., Lech, G., Jaworski, J., Ambrozy, T. (2012). Coordination motor abilities of judo contestants at different age. Journal of Combat Sports and Martial Arts, 1(2), 5-10.



311. Starosta, W., Wangryn, M. (2012). ABC polskiej gry w ringo. Metodyka nauczania techniki i taktyki. Wydawnictwo „INTERGRAF” Warszawa.
312. Stokłosa H. (1995) Symetria i asymetria ciała człowieka. UP Kraków.
313. Stone, K.J. Oliver, J.L. (2009). The effect of 45 minutes of soccer-specific exercise on the performance of soccer skills. *Int. J. Sports Physiol Perform*, 4 (2), 163-175.
314. Stathatou, A. (1984). Effects of stimulus control and exercise on internal and external overweight females (Doctoral dissertation).
315. Sterkowicz-Przybycień, K. (2009). Body composition and somatotype of the elite of Polish fencers. *Collegium Antropologicum*, 33(3), 765-772.
316. Stojiljković, S. (2003). Osnove opšte antropomotorike. Niš: Studentski kulturni centar.
317. Stokłosa, H. (1995). Symetria i asymetria. *Roczniki Naukowe AWF Katowice*, 23, 83-97.
318. Švraka, N. (2003). Tehničko-taktički elementi kao faktor uspešnosti fudbalske igre u napadu, X međunarodni skup FIS komunikacije 2003, Niš: FFK.
319. Szajna, G. (2015). Teoretycy i praktycy szermierki w Towarzystwie Gimnastycznym "Sokół" w Galicji. *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Kultura Fizyczna*, 14(2).
320. Szajna, G., Szajna, L. (2018). Zarys rozwoju szermierki sportowej w regionie wschodniej Słowacji w XIX–XX wieku. *Sport i Turystyka Środkowoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 1(1), 29-41.
321. Teixeira L.A., Gasparetto E.R., Sugie M.M. (1999). Is there asymmetry in movement preparation? *Percept Mot Skills*. 89: 205-208.
322. Teixelra, L. A., Gasparetto, E. R. (2002). Lateral asymmetries in the development of the overarm throw. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 151-160.
323. Thomas, D., Erdman, K., Burke, L. (2016). American College of Sports Medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 543-568.
324. Torun, V., Ince, G., Durgun, B. (2012). The effect of basic fencing Studies and velocity training on reaction time in the 9-12 years old beginners of fencing. *Sport Sci*, 5, 59-66.
325. Todor, J. I., Kyprie, P. M. (1980). Hand differences in the rate and variability of rapid tapping. *Journal of Motor Behavior*, 12(1), 57-62.
326. Tsolakis, C. K., Bogdanis, G. C., Vagenas, G. K., Dessypris, A. G. (2006). Influence of a twelve-month conditioning program on physical growth, serum hormones, and neuromuscular performance of peripubertal male fencers. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 20(4), 908-914.

327. Tsolakis, C., Kostaki, E., Vagenas, G. (2010). Anthropometric, flexibility, strength-power, and sport-specific correlates in elite fencing. *Perceptual and motor skills*, 110(3\_suppl), 1015-1028.
328. Tsoukos, A., Drikos, S., Brown, L. E., Sotiropoulos, K., Veligeas, P., Bogdanis, G. C. (2019). Anthropometric and motor performance variables are decisive factors for the selection of junior national female volleyball players. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 163-173.
329. Tulley, P. N., Webb, A., Chana, J. S., Grobbelaar, A. O., Harrison, D. H., Tan, S. T., Hudson, D. A. (2000). Paralysis of the marginal mandibular branch of the facial nerve: treatment options. *British journal of plastic surgery*, 53(5), 378-385.
330. Turner, A., James, N., Dimitriou, L., Greenhalgh, A., Moody, J., Fulcher, D., Kilduff, L. (2014). Determinants of Olympic fencing performance and implications for strength and conditioning training. *The journal of streng conditioning research*, 28(10), 3001-3011.
331. Truszczyńska A., Drzał-Grabiec J., Snela S., Rachwał M. (2015). Postural stability of children undergoing training in karate, *Archives of Budo*, 11, 53-60.
332. Trzaskoma, Z. (2003). Maksymalna siła mięśniowa i moc maksymalna kobiet i mężczyzn uprawiających sport wyczynowo. AWF Warszawa.
333. Ulatowski, T. (1996). *Praktyka sportu*. Estrella.
334. Varnum, R. (1996). *Fencing with Words: A History of Writing Instruction at Amherst College during the Era of Theodore Baird, 1938-1966*. Refiguring English Studies Series. National Council of Teachers of English, 1111 W. Kenyon Rd., Urbana, IL 61801-1096.
335. van Steenberghe, D., Brånemark, P. I., Quirynen, M., De Mars, G., Naert, I. (1991). The rehabilitation of oral defects by osseointegrated implants. *Journal of Clinical Periodontology*, 18(6), 488-493.
336. Vasconcelos, M. (2020). *A casa e os seus mestres: a educação no Brasil de oitocentos*. Editora Gryphus.
337. Visnapuu, M.; Jürimäe, T. (2009). Relations of Anthropometric Parameters with Scores on Basic and Specific Motor Tasks in Young Handball Players. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 670-676.
338. Voracek, M., Reimer, B., Dressler, S. G. (2010). Digit ratio (2D:4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors. *Scandinavian Life Science Journal* 2017;14(8)
339. Voracek, M., Reimer, B., Ertl, C., Dressler, S. G. (2006). Digit ratio (2D: 4D), lateral preferences, and performance in fencing. *Perceptual and Motor Skills*, 103(2), 427-446.

340. Wade, D. T., Langton-Hewer, R., Wood, V. A., Skilbeck, C. E., Ismail, H. M. (1983). The hemiplegic arm after stroke: measurement and recovery. *Journal of Neurology, Neurosurgery Psychiatry*, 46(6), 521-524.
341. Waller, L., Krüger, K., Conrad, K., Weiss, A., Alack, K. (2020). Effects of different types of exercise training on pulmonary arterial hypertension: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1689.
342. Wang, Y. C., Magasi, S. R., Bohannon, R. W., Reuben, D. B., McCreath, H. E., Bubela, D. J., Rymer, W. Z. (2011). Assessing dexterity function: a comparison of two alternatives for the NIH Toolbox. *Journal of Hand Therapy*, 24(4), 313-321.
343. Ważny, Z. (1981). Współczesny system szkolenia w sporcie wyczynowym. Wydawnictwo "Sport i Turystyka".
344. Wei, X., Lucey, P., Morgan, S., Reid, M., and Sridharan, S. (2016). The Thin Edge of the Wedge: accurately predicting shot outcomes in tennis using style and context priors, in MIT Sloan Sports Analytics Conference (Boston, MA), 1–11.
345. Weineck, J. (1999). *Optimales fussballtraining*. Nirberg: Spitta-Veri.
346. Wieczorek, M., Świerczek, R. (2012). Ocena zmian zlateralizowania ciała dzieci w młodszym wieku szkolnym (7-10 lat). *Probl Hig Epidemiol*, 93(2), 304-308.
347. Williams BK, Sanders RH, Ryu JH, Graham-Smith P Sinclair PJ (2020). The kinematic differences between accurate and inaccurate squash forehand drives for athletes of different skill levels, *Journal of Sports Sciences*, 38:10, 1115-1123.
348. Williams, L., Walmsley, A. (2000). Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal of science and medicine in sport*, 3(4), 460-475.
349. Witkowski, K., Cieśliński, W. (1987). Sport rank and body stability in judoists. International Congress on Judo "Contemporary Problems of Training and Judo Contest". Spała, Poland, 9-11.
350. Witkowski, M., Łuczak, M. (2016). *Studies in modern competitive fencing*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
351. Witkowski, M., Bronikowski, M., Nowik, A., Tomczak, M., Strugarek, J., Króliczak, G. (2017). Evaluation of the effectiveness of a transfer (interhemispheric) training program in the early stages of fencing training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(9), 1368-1374.

352. Witkowski, M., Tomczak, M., Bronikowski, M., Tomczak, E., Marciniak, M., Borysiuk, Z. (2018). Visual perception strategies of foil fencers facing right-versus left-handed opponents. *Perceptual and Motor Skills*, 125(3), 612-625.
353. Witkowski, M., Tomczak, M., Karpowicz, K., Solnik, S., Przybyła, A. (2019). Effects of fencing training on motor performance and asymmetry vary with handedness. *Journal of motor behavior*. 52(1), 50-57
354. Witkowski, M., Bojkowski, Ł., Karpowicz, K., Konieczny, M., Bronikowski, M., Tomczak, M. (2020). Effectiveness and Durability of Transfer Training in Fencing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 849.
355. Wood, C. J., Aggleton, J. P. (1989). Handedness in 'fast ball' sports: Do lefthanders have an innate advantage? *British Journal of Psychology*, 80(2), 227-240.
356. Wolański, N. (1957). Typy postawy ciała i ich określanie. *Kultura Fizyczna*, 7, 520-29.
357. Wolanski, N. (1962). Kinetics and dynamics of growth and differentiation of body proportions in children and youth. PZW Warszawa
358. Wolanski N., Tomonari K., Siniarska A. (1980). Genetics and the motor development of man. *Japanese Journal of Health and Human Ecology*, 46(4), 169-191.
359. Wrzosek A. (1927). Aleksander Mickiewicz. Ostatni professor prawa w dawnym Liceum Krzemienieckim (Sylwetka skreślona przez jego ucznia). *Minerwa Poska*, 1, 75-79.
360. Zabłocki W. (1982), Szablą i piórkiem, SiT, Warszawa.
361. Zaciorski, W.M. (1970). Kształtowanie cech motorycznych sportowca (in Polish) (Shaping the motoric features of a sportsman). Warszawa: Sport i Turystyka.
362. Zverev, Y. P. (2006). Cultural and environmental pressure against left-hand preference in urban and semi-urban Malawi. *Brain and Cognition*, 60(3), 295-303.
363. Zeyland-Malawka, E., Prętkiewicz-Abacjew, E., (2006). Objawy asymetrii w postawie ciała dzieci i młodzieży – potencjalne zagrożenie pełnosprawności układu ruchu i zdrowia. *Nowiny Lekarskie*, 75(4), 394-398.
364. Ziyagil, M. A., Gursoy, R., Dane, Ş., Yuksel, R. (2010). Left-handed wrestlers are more successful. *Perceptual and motor skills*, 111(1), 65-70.
365. Ziyagil, M. A., Gürsoy, R., Dane, Ş., Türkmen, M., Çebi, M. (2015). Effects of handedness on the hand grip strength asymmetry in Turkish athletes. *Comprehensive Psychology*, 4, 25-CP.
366. Zurek, P., Rynkiewicz, M., Starosta, W., Rynkiewicz, T. (2017). Wpływ zmęczenia wysiłkiem fizycznym na zdolność zachowania równowagi u czołowych polskich tenisistów. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 4

## Spis tabel

Tabela 1. Rozkład częstości lewych i praworęcznych kobiet w grupie osób sklasyfikowanych przez Międzynarodową Federację Szermierczą (2016/2017) .....	42
Tabela 2. Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu dla charakterystyk morfologicznych w grupie badanych florecistek .....	60
Tabela 3. Wynik testu istotności różnic pod względem cech morfologicznych między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi .....	61
Tabela 4. Korelacje charakterystyk somatycznych z precyzją prawej i lewej ręki w całej badanej grupie (n=60) .....	62
Tabela 5. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek praworęcznych .....	63
Tabela 6. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek leworęcznych .....	64
Tabela 7. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z charakterystykami somatycznymi w grupie zawodniczek o nieokreślonej ręczności (n=28) .....	65
Tabela 8. Wielkość asymetrii morfologicznej w grupie zawodniczek wyodrębnionych z uwagi na ich typ ręczności .....	66
Tabela 9. Korelacje asymetrii morfologicznej ogółu badanych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki (n=60) .....	67
Tabela 10. Korelacje asymetrii morfologicznej praworęcznych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki .....	68
Tabela 11. Korelacje asymetrii morfologicznej leworęcznych zawodniczek z precyzją prawej i lewej ręki .....	69
Tabela 12. Korelacje asymetrii morfologicznej zawodniczek o nieokreślonej ręczności z precyzją prawej i lewej ręki (n=28) .....	70
Tabela 13. Podstawowe statystyki opisowe wraz z wynikiem testu normalności rozkładu dla zmiennych ilościowych uwzględnionych w pracy w grupie badanych florecistek (n=60).....	71
Tabela 14. Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w charakterystykach funkcjonalnych i ich istotność z precyzją prawej i lewej ręki .....	72
Tabela 15. Różnice w sprawności manualnej obu rąk między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi .....	72

Tabela 16. Korelacje precyzji prawej ręki i lewej ręki ze sprawnością manualną prawej i lewej ręki dla całej badanej grupy n=60 .....	73
Tabela 17. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki ze sprawnością manualną prawej i lewej ręki w podziale na grupy o różnej ręczności (n=56) .....	74
Tabela 18. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z siłą prawej i lewej dłoni w całej badanej grupie (n=60) .....	75
Tabela 19. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z siłą prawej i lewej dłoni w podziale na grupy o różnej ręczności n=43 .....	76
Tabela 20. Różnice w sile prawej i lewej dłoni między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi.....	76
Tabela 21. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z równowagą badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności .....	77
Tabela 22 Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w próbie równowagi i ich istotność .....	78
Tabela 23. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji lewej ręki bez obciążenia poznawczego wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.....	78
Tabela 24. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji prawej ręki bez obciążenia poznawczego wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.....	79
Tabela 25. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji lewej ręki z obciążeniem poznawczym wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.....	79
Tabela 26. Korelacje precyzji prawej i lewej ręki z czasem reakcji prawej ręki z obciążeniem poznawczym wśród badanych zawodniczek w podziale na grupy o różnej ręczności.....	80
Tabela 27. Różnice między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi w zakresie czasu reakcji i ich istotność .....	80
Tabela 28. Różnice w precyzji prawej i lewej ręki między zawodniczkami prawo- i leworęcznymi i ich istotność .....	81
Tabela 29. Wyniki średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic w zakresie prawej i lewej ręki w zależności od ręczności .....	82
Tabela 30. Istotność różnic w zakresie precyzji ręki prawej i lewej w zależności od ręczności.....	83

## Spis rycin

Rycina 1. Floret z rączką belgijską .....	10
Rycina 2. Oznaczone pole trafień we florecie .....	11
Rycina 3. Walka na florecie .....	12
Rycina 4. Szpada z uchwytem francuskim .....	12
Rycina 5. Oznaczone pole trafień w szpadzie .....	14
Rycina 6. Walka na szpady .....	13
Rycina 7. Szabla płaska kompletna. Klinga węgierska .....	14
Rycina 8. Oznaczone pole trafień w szabli .....	15
Rycina 9. Walka na szable .....	16
Rycina 10. Plansza szermiercza .....	18
Rycina 11. Różnica pomiędzy dokładnością a precyzją .....	20
Rycina 12. Wybrane korelaty uwarunkowania precyzji trafień w szermierce .....	24
Rycina 13. Schemat hierarchicznego ujęcia podstawowych zdolności motorycznych .....	32
Rycina 14. Rodzaje przejawiania się leworęczności u ludzi w życiu codziennym i sporcie.....	37
Rycina 15. Klasyfikacja stronnego zróżnicowania podstawowych ruchów wykonywanych w różnych dyscyplinach sportu (Starosta, 2003, s. 456) .....	44
Rycina 16. Analizator składu ciała TANITA MC980 MA .....	48
Rycina 17. Dynamometr ręczny .....	49
Rycina 18. Zestaw semaforów Witty Sem .....	50
Rycina 19. Sposób przeprowadzenia próby czasu reakcji .....	51
Rycina 20. Sposób przeprowadzenia próby równowagi .....	52
Rycina 21. Kamizelka z czujnikiem inercyjnym .....	53
Rycina 22. Pojemnik z kołkami do przeprowadzenia testu Nine Hole Peg .....	54
Rycina 23. FAVERO: Electronic Fencing Target .....	56
Rycina 24. Średnie wyniki zawodniczek w zakresie precyzji prawej i lewej ręki w zależności od ręczności .....	82

# STRESZCZENIE

## Uwarunkowania precyzji zadawania trafień w szermierce

**Wstęp.** Szermierkę określa się jako sztukę władania „białą bronią”, w której istotę stanowi zadanie przeciwnikowi trafienia pchnięciem lub cięciem, przy jednoczesnym unikaniu trafienia z jego strony. Dyscyplina ta opiera się głównie na zdolnościach szybkościowych i koordynacyjnych (Roi i Bianchedi 2008). Wymaga przejawiania od zawodników najwyższego, tj. trzeciego poziomu koordynacji ruchowej, a więc wykonywania elementów technicznych dokładnie (precyzyjnie), błyskawicznie i w zmieniających się warunkach (Starosta 1990). Jej trenowanie wyrabia gibkość, zręczność, zwinność oraz umiejętność utrzymania równowagi. Osiągnięcie sukcesu w szermierce determinowane jest wieloma czynnikami, wśród których wymienia się charakterystyki morfologiczne, kondycyjne i koordynacyjne, biochemiczne, fizjologicznymi i inne (Roi i Bianchedi 2008).

**Cel badań.** Celem badań było zidentyfikowanie związków czynników morfo-funkcjonalnych z precyzją zadawania trafień w szermierce.

**Material i metody badawcze.** Podmiot badawczy stanowiła grupa 60 florecistek w wieku 14 - 17 lat, które reprezentowały co najmniej średni poziom przygotowania specjalistycznego. Staż zawodniczy badanych wahał się między 5 a 12 lat.

Zawodniczki poddano pomiarom antropometrycznym, dokonano także oceny składu ciała metodą bioelektrycznej analizy impedancji (BIA) z użyciem wieloczęstotliwościowego analizatora TANITA MC 980 MA. Następnie zbadano charakterystyki funkcjonalne, takie jak siła dłoni z wykorzystaniem atestowanego dynamometru ręcznego, czas reakcji prostej i złożonej przy użyciu urządzenia WITTY SEM. Zbadano również równowagę za pomocą czujnika inercyjnego GYKO. Sprawność manualną rąk zbadano za pomocą testu Nine Hole Peg. Dominacja funkcjonalna kończyn górnych (ręczność) określona została na podstawie kwestionariusza Edynburskiego. Określono również precyzję zadawania trafień prawą i lewą ręką z zastosowaniem elektronicznej tablicy Favero EFT-1. Analizy statystyczne obliczono przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistic w wersji 25.

**Wyniki badań.** Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że do charakterystyk somatycznych mających wpływ na precyzję zadawania trafień lewą ręką należy beztłuszczowa masa ciała, masę mięśniową oraz całkowita zawartość wody w organizmie (im mniejsza wielkość tych komponentów, tym większa precyzja zadawania trafień). Nie zaobserwowano



takich zależności w przypadku celności prawej ręki. Z grupy czynników funkcjonalnych, największy wpływ na precyzję zadawania trafień miała sprawność manualna rąk, siła dłoni oraz czas reakcji. Jedynie w przypadku równowagi nie wykazano żadnych zależności w tym zakresie. Zawodniczki praworęczne charakteryzowały się lepszą precyzją prawej w stosunku do lewej ręki, podczas gdy zawodniczki o dominującej lewej ręce wykazywały lepszą precyzję zadawania trafień kończyną lewą. Leworęczne florecistki cechowała lepsza precyzja obu rąk w stosunku do dwóch pozostałych grup.

**Wnioski.** Uzyskane wyniki uzasadniają potrzebę włączenia segmentarnej analizy składu ciała do monitorowania procesu treningowego. Z uwagi na istniejące w większości przypadków związki między badanymi charakterystykami funkcjonalnymi a precyzją wykonania zadania ruchowego sugerowane są dalsze obserwacje w tym względzie, poszerzone o dodatkowe zmienne, tj. wiek, płeć, staż czy poziom sportowy. Wykazano, że w procesie naboru do sekcji szermierczych należy zwrócić szczególną uwagę na osoby leworęczne, które mogą wykazywać pewną przewagę w stosunku do rówieśniczek o innym typie ręczności. Podkreślono również potrzebę uporządkowania/usystematyzowania metod/narzędzi pozwalających na sprawną oraz dokładną ocenę lateralizacji badanych zarówno w sporcie, jak i w badaniach populacyjnych.

**Słowa kluczowe:** szermierka, charakterystyki somatyczne i funkcjonalne, asymetria, precyzja zadawania trafień

## SUMMARY

### **Determinants of striking hits precision in fencing**

**Introduction.** Fencing is defined as the art of wielding a "bladed weapon" in which the essence is to strike an opponent with a thrust or cut while avoiding a hit from the other side. The discipline relies primarily on speed and coordination (Roi and Bianchedi 2008). It requires that athletes display the highest, i.e. third, level of motor coordination, and thus perform technical elements accurately (precisely), rapidly and under changing conditions (Starosta 1990). Training it develops flexibility, agility, dexterity and the ability to maintain balance.

The achievement of success in fencing is determined by many factors, including morphological, fitness and coordination, biochemical, physiological and other characteristics (Roi and Bianchedi 2008).

**Research Objective.** The objective was to identify the associations of morpho-functional factors with the precision of striking in fencing.

**Research material and methods.** The research subject was a group of 60 female fencers aged 14-17 years, who represented at least an average level of specialist preparation. The competition experience of the participants varied from 5 to 12 years.

The athletes were subjected to anthropometric measurements, and body composition was assessed by bioelectrical impedance analysis (BIA) using a TANITA MC 980 MA multi-frequency analyzer. Then, functional characteristics were examined, such as hand strength using a certified hand dynamometer, simple and complex reaction time through a WITTY SEM. Balance was also investigated by means of the GYKO inertial sensor. Manual dexterity of the hands was examined by the Nine Hole Peg test. Upper limb functional dominance (handedness) was assessed with the Edinburgh Questionnaire. The precision of right and left hand hits was also evaluated according to the Favero EFT-1 electronic scoreboard. Statistical analyses were calculated using the IBM SPSS Statistic package version 25.

**The results.** On the basis of the conducted tests it was shown that the somatic characteristics influencing the accuracy of the left hand hitting include lean body mass, muscle mass and total body water content (the smaller the size of these components, the higher the accuracy of hitting). No such relationships were observed for right hand accuracy. From the group of functional factors, the greatest influence on the accuracy of the hits occurred in the case of hand dexterity, hand strength and reaction time. Only in the case of balance no correlation was found. Right-handed athletes were more precise with their right hand in comparison to their left hand,

whereas left-handed athletes were more precise with their left hand. Left-handed female fencers had better precision with both hands compared to the other two groups.

**Findings.** The results obtained justify the need to include segmental body composition analysis in the monitoring of the training process. Due to the relationship between the examined functional characteristics and the precision of movement task performance in most cases further observations are suggested in this regard, extended by additional variables such as age, gender, training experience or sport level. It was demonstrated that in the recruitment process to fencing sections special attention should be paid to left-handed individuals, who may present a certain advantage over peers with a different type of handedness. It was also emphasized that there is a need to organize/ systematize methods/tools allowing for efficient and accurate assessment of lateralization of subjects in sport as well as in population studies.

**Keywords:** fencing, somatic and functional characteristics, asymmetry, accuracy of hitting

## Załączniki

Data przeprowadzenia badania\* .....

Kod badanego\*

### EDYNBURSKI KWESTIONARIUSZ RĘCZNOŚCI

IMIĘ I NAZWISKO: ..... PŁEĆ:\*\* **kobieta / mężczyzna / inna**

WIEK: .....

**Instrukcja dla osoby badanej:** Zaznacz pola najlepiej opisujące, którą **ręką / nogą** wykonujesz wskazane w tabeli czynności. Zostaw pusty wiersz jedynie wtedy, gdy nie masz żadnego doświadczenia w wykonywaniu danej czynności.

Lp.		<i>Zawsze lewą</i>	<i>Zazwyczaj lewą</i>	<i>Brak preferencji</i>	<i>Zazwyczaj prawą</i>	<i>Zawsze prawą</i>
1	Pisanie					
2	Rysowanie					
3	Rzucanie					
4	Cięcie nożyczkami					
5	Używanie noża (bez widelca)					
6	Szczotkowanie zębów					
7	Używanie łyżki					
8	Zamiatanie zmiotką					
9	Otwieranie pudełka (ręką zdejmującą pokrywkę)					
10	Zapalanie zapalniczki (ręką trzymającą zapalniczkę)					
11 <sup>^</sup>	Rysunek					
12 <sup>^</sup>	Rzucanie					
13 <sup>^</sup>	Korzystanie z miotły (górną ręką)					
14 <sup>^</sup>	Otwieranie pudełka (przytrzymanie pokrywy)					
15 <sup>^</sup>	Trzymanie myszy komputerowej					

Data przeprowadzenia badania\* .....

Kod badanego\*

16^	Używanie klucza do otwierania drzwi					
17^	Trzymanie młotka					
18^	Trzymanie pędzla lub grzebienia					
19^	Trzymanie filiżanki podczas picia					
20^	Której nogi używasz do kopania piłki					
21^	Którego oka używasz, kiedy musisz użyć tylko jednego					

Wyniki testu \*

\* Wypełnia eksperymentator

\*\* Niepotrzebne skreślić

^ Pytania uzupełniające kwestionariusz

Lp.	Pytania uzupełniające ankietę	Odpowiedz
1	Ile lat trenujesz wyczynowo	
2	Jakie stosujesz techniki motywacyjne	
3	Czy w ostatnich 3 latach miałeś kontuzję?	
4	Czy poza floretem startujesz w innych kategoriach?	
5	Miejsce w rankingu ?	

Laterality Quotient:

Laterality Score: