

Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego  
w Poznaniu



Katedra Teorii i Metodyki Sportu  
Zakład Teorii Sportu

Praca doktorska

**mgr Marta Skotnicka**

**Charakterystyka morfologiczna i funkcjonalna  
zawodniczek aerobiku sportowego w kontekście osiągniętych wyników**

Promotor:

prof. dr hab. Ryszard Strzelczyk

Poznań, 2023

# Spis treści

1.	Wstęp .....	4
1.1.	Aerobik sportowy .....	6
1.2.	Aerobik sportowy i dyscypliny pokrewne .....	12
1.3.	Wysiłek startowy .....	16
1.4.	Trening .....	21
1.5.	Charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne .....	25
1.5.1.	Budowa somatyczna .....	25
1.5.2.	Sprawność fizyczna .....	29
1.5.3.	Sprawność funkcjonalna .....	35
1.5.4.	Charakterystyka psychologiczna .....	39
1.6.	Determinanty wyniku sportowego .....	41
2.	Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze .....	45
2.1.	Cel pracy .....	45
2.2.	Pytania badawcze .....	45
2.3.	Hipotezy badawcze .....	46
3.	Metodologia badań .....	47
3.1.	Podmiot i środowisko badań .....	47
3.2.	Przedmiot badań .....	48
3.3.	Metody badawcze .....	50
3.3.1.	Budowa somatyczna .....	50
3.3.2.	Sprawność fizyczna .....	53
3.3.3.	Sprawność funkcjonalna .....	63
3.3.4.	Charakterystyka psychologiczna (temperament) .....	69
3.3.5.	Charakterystyka wysiłku startowego .....	70
3.4.	Metody statystyczne .....	72
4.	Wyniki .....	73
4.1.	Zależności między poziomem sportowym a charakterystykami morfologicznymi i funkcjonalnymi .....	73
4.1.1.	Budowa somatyczna .....	73
4.1.2.	Sprawność fizyczna .....	87
4.1.3.	Sprawność funkcjonalna .....	105
4.1.4.	Charakterystyka psychologiczna (temperament) .....	113
4.2.	Charakterystyka wysiłku startowego .....	115
5.	Dyskusja .....	120

6.	Wnioski.....	142
7.	Piśmiennictwo.....	143
	Streszczenie.....	157
	Summary.....	160
	Spis tabel.....	163
	Spis rycin.....	165

## 1. Wstęp

Aerobik sportowy jest stosunkowo młodą dyscypliną, prężnie rozwijającą się i zyskującą coraz większą popularność w Polsce i na całym świecie. Można go sklasyfikować jako dyscyplinę gimnastyczną - obok gimnastyki sportowej, artystycznej czy akrobatyki sportowej (Brańska 2022).

Aerobik sportowy swoimi korzeniami sięga do aerobiku rekreacyjnego (tradycyjnego), jednak jest wzbogacony wysokiej trudności ćwiczeniami koordynacyjnymi, a także złożoną choreografią, która wymaga zarówno siły (statycznej i dynamicznej), wytrzymałości siłowej, jak i gibkości (statycznej i dynamicznej). Charakterystyczne dla aerobiku ruchy i kroki, połączone z określonej trudności elementami zawartymi w układzie, powinny kreować oryginalną i doskonałą pod względem techniki wykonania całość, wkomponowaną w muzykę (Brańska 2002, Ambroży i Dudek 2010).

Aerobik sportowy, podobnie jak rekreacyjny, narodził się w Stanach Zjednoczonych. Jego najbardziej dynamiczny rozwój miał miejsce w latach 1982-1989, głównie za sprawą Roberta Andersona – amerykańskiego publicysty i propagatora tej dyscypliny. W 1983 roku założył on National Aerobic Championship (NAC) – pierwszą amerykańską federację aerobiku sportowego. Rok później odbyły się I Mistrzostwa USA w Palo Alto, a w San Francisco – pierwsze zawody o zasięgu międzynarodowym. Pierwsze mistrzostwa świata odbyły się w 1990 roku w San Diego, w Kalifornii. Wzięło w nich udział 120 zawodników z 18 krajów, a zawody transmitowano w 60 krajach. O ogromnej popularności aerobiku świadczył fakt, że w Mistrzostwach Świata w 1993 roku brały udział 33 państwa, a transmisje telewizyjne trafiły do 150 krajów – w tym również do Polski (Brańska 2002).

Wraz z dynamicznym rozwojem aerobiku sportowego i jego coraz większą popularnością na całym świecie, powstały międzynarodowe federacje, promujące ową dyscyplinę. Momentem przełomowym okazał się rok 1994, kiedy to doszło do spotkania przedstawicieli wszystkich ówczesnych organizacji (ICAF, ANACW, IAF i FISAA), wspólnie szukających drogi do rozkwitu omawianej dyscypliny i wzniesienia jej na jeszcze wyższy poziom. Wówczas podjęto decyzję o utworzeniu nowej federacji – FISAF (Federation of International Sports Aerobics and Fitness) (Brańska 2002).

Obecnie do federacji najprężniej działających i o największym zasięgu oddziaływania zaliczamy:

- FISAF (Federation of International Sport Aerobics and Fitness) - Międzynarodowa Federacja Aerobiku Sportowego i Fitness;
- FIG (Fédération Internationale de Gymnastique) – Międzynarodowa Federacja Gimnastyczna;
- ANAC (The Association of National Aerobic Champions) - Stowarzyszenie Krajowych Mistrzostw w Aerobiku;
- IAF (International Aerobic Federation) - Międzynarodowa Federacja Aerobiku.

Granice terytorialne wymienionych federacji praktycznie już nie istnieją, a ich celem jest włączenie aerobiku sportowego do programu igrzysk olimpijskich (Brańska 2002).

W Polsce aerobik sportowy zaczął się rozwijać w 1993 roku, a największy udział miało w tym środowisko akademickie. Wówczas we Wrocławiu odbyły się pierwsze Otwarte Mistrzostwa Szkół Wyższych. Pierwsze Mistrzostwa Polski Szkół Wyższych miały miejsce w 1997 roku (obejmowały wyłącznie starty zespołów trójkowych), dwa lata później do rywalizacji wprowadzone zostały dywizje solistek i solistów (konkurencje indywidualne), a w 2001 roku – także par. Do dzisiaj akademickie mistrzostwa Polski przeprowadzane są według regulaminu FISAF (Brańska 2002).

FISAF obecnie zrzesza następujące kraje: Australia, Barbados, Belgia, Brazylia, Dania, Czechy, Finlandia, Francja, Niemcy, Węgry, Włochy, Wybrzeże Kości Słoniowej, Liban, Malezja, Malediwy, Meksyk, Maroko, Nowa Zelandia, Polska, Rumunia, Rosja, Serbia, Singapur, Republika Południowej Afryki, Korea Południowa, Tajwan, Holandia, Trynidad i Tobago, Szwajcaria ([www.fisafinternational.com](http://www.fisafinternational.com), 2023).

Polska ma na swoim koncie liczne sukcesy na arenie międzynarodowej w aerobiku sportowym (mistrzostwa organizowane przez FISAF). Wśród najważniejszych należy wymienić:

- Mistrzostwa Europy 2013 - brązowy medal w kategorii par mieszanych (dywizja adult);
- Mistrzostwa Świata 2017 – brązowy medal w kategorii par mieszanych (dywizja adult);
- Mistrzostwa Europy 2017 - brązowy medal w kategorii par mieszanych (dywizja adult);
- Mistrzostwa Europy 2018 – brązowy medal w kategorii solistów (dywizja adult);
- Mistrzostwa Europy 2019 - brązowy medal w kategorii solistów (dywizja adult);

([www.fisafinternational.com](http://www.fisafinternational.com), 2023).

## 1.1. Aerobik sportowy

Aerobik sportowy polega na wykonywaniu ciągłych, kompleksowych ruchów, zawartych w prezentowanym układzie z wysoką intensywnością. Układ (trwający 1:55-2:05 w przypadku kategorii solistek, duetów i trójek lub 1:40-1:50 w przypadku kategorii zespołów) przedstawiany w rytm muzyki w tempie 152-165 bpm (bity na minutę) na planszy o powierzchni 49 m<sup>2</sup> (7 m x 7 m) lub 81 m<sup>2</sup> (9 m x 9 m; w przypadku kategorii zespołów), musi prezentować ciągły ruch, gibkość i siłę zawodnika. Powinien także zawierać podstawowe kroki aerobiku, połączone z doskonałym wykonaniem elementów technicznych, zawartych w regulaminie FISAF (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020). Rywalizacja w aerobiku sportowym odbywa się w 4 kategoriach startowych: solistkach, solistach, duetach/parach i trójkach, a także w 3 dywizjach wiekowych: kadeci (11-13 lat), juniorzy (14-16 lat) i dorośli (17 lat i więcej). Ponadto w strukturach mistrzostw organizowanych przez FISAF została wyodrębniona rywalizacja zespołów, rozpoznawalnych jako mistrzostwa fitness (aerobic teams – układy grupowe). W Polsce (na poziomie akademickim) kategoria ta została wprowadzona stosunkowo niedawno, a zespół powinien liczyć 5 osób (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

Układ w aerobiku sportowym to kompozycja muzyczno-ruchowa, będąca powiązaniem (syntezą) elementów formalnych i motywów. Strukturę ruchową układu ogranicza głównie stopień rozwoju sprawności i motoryki zawodnika, jego muzykalność i wrażliwość, a także obowiązujące przepisy (Brańska 2002). Układ w omawianej dyscyplinie powinien utrzymywać sportowy charakter oraz indywidualny styl sportowca, a także być spójny z utworem muzycznym i ciekawy - zarówno w rysunku, jak i połączeniach. Wartość układu jest oceniana na podstawie techniki wykonania, zawartości pokazu, doborze i interpretacji muzyki, prezentowanej ekspresji ruchu i elegancji, rozmieszczenia poszczególnych ćwiczeń w czasie i przestrzeni. Układ powinien być wykonywany w trójwymiarowej przestrzeni, w trzech osiach i trzech płaszczyznach. Natomiast przestrzennie układ musi wykorzystywać całe dostępne, określone regulaminem pole ćwiczeń, wszystkie kierunki, przekątne, linie proste czy łuki (Brańska 2002).

Okolo 2-minutowy układ powinien być kreatywny oraz wykazywać złożoność ruchów (z doskonałą integracją z muzyką), a także siłę, gibkość, koordynację, zwinność i wytrzymałość

zawodnika. Oprócz tego powinien sprawiać wrażenie ekscytującego oraz estetycznego w odbiorze (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

Do komponentów układów w aerobiku sportowym zaliczamy obowiązkowe elementy (tzw. compulsory) i dowolne elementy trudności (tzw. obligatory), stanowiące trzon kompozycji. Compulsory to 3 elementy: 1) podskoki z postawy do stania w rozkroku i odwrotnie, wykonane 4-krotnie; 2) naprzemienne wymachy kończyn dolnych, powtórzone 4-krotnie; 3) ugięcia ramion w podporze przodem (tzw. „pompki”), wykonane 4-krotnie.

Z kolei obligatory to od 11 do 15 elementów dodatkowych, które zawodnik powinien wybrać spośród 4 istniejących grup elementów technicznych (*difficulty elements*): 1) grupy pompek; 2) grupy siły statycznej; 3) grupy skoków; 4) grupy gibkości (z równowagą) (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020) (tabela 1.).

Tabela 1. Liczba wymaganych elementów technicznych dla każdej z dywizji wiekowych.

	Dorośli (17 lat i więcej)	Juniorzy (14-15 lat)	Kadeci (11-13 lat)
Liczba „compulsorów”	3	3	3
Liczba elementów z grupy „pompek”	2-4	2-3	1-3
Liczba elementów z grupy siły statycznej	2-3	2-3	2-3
Liczba elementów z grupy skoków	Minimum 6	Minimum 5	Minimum 5
Liczba elementów z grupy gibkości	1-2	2-3	2-3

### Rundy zawodów

W zależności od liczby zarejestrowanych zawodników w każdej dywizji startowej, wszystkie zawody międzynarodowe mają co najmniej dwie rundy: eliminacje bądź półfinały oraz finały (tabela 2.)

Tabela 2. Liczba wymaganych elementów technicznych dla każdej z dywizji wiekowych.

<b>Liczba zarejestrowanych zawodników (solistek/solistów/par/trójek)</b>	<b>Rundy zawodów</b>
1-6	Półfinały + finały
7-11	Eliminacje + półfinały + finały
12-24	Eliminacje + półfinały (grupa 6A i 6B) + finały
25 i więcej	Eliminacje + półfinały (grupa 8A i 7B) + finały

### ***Eliminacje***

Celem rundy eliminacyjnej jest wyłonienie 12 najwyższej sklasyfikowanych zawodników, którzy awansują do rundy półfinałowej oraz pogrupowanie wszystkich sportowców. Eliminacje służą również sprawdzeniu zgodności z przepisami technicznymi (dotyczy to także stroju). Jeśli układ nie będzie zgodny z przepisami, zawodnicy zostaną o tym poinformowani przez sędziego głównego bezpośrednio po zakończeniu wspomnianej rundy. Jeżeli w danej dywizji jest mniej niż 6 zgłoszeń, wówczas runda eliminacyjna nie odbywa się, a zgodność z regulaminem jest sprawdzana podczas półfinałów. Kolejność występów jest losowa (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

### ***Półfinały***

Zadaniem rundy półfinałowej jest wyłonienie 6 najwyższej sklasyfikowanych zawodników, którzy przejdą do rundy finałowej. Jeżeli w poszczególnych kategoriach i dywizjach zawodników/zespołów jest od 7 do 11, kolejność startów jest wskazywana losowo przez komputer. Jeśli występów w tej rundzie jest 12 lub więcej, wówczas zastosowanie ma system grupowania. Zawodnicy są umieszczani w grupie A lub B w zależności od poziomu ich umiejętności (przy czym grupa A to zawodnicy z większymi umiejętnościami, którzy w rundzie półfinałowej startują jako ostatni). Sklasyfikowanie na tym etapie do danej grupy nie jest decydujące – zawodnicy z grupy B mogą awansować do grupy A poprzez swój występ (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

### ***Finały***

Celem rundy finałowej jest wskazanie rankingu 6 najlepszych zawodników. Po zakończeniu półfinałów kolejność występów solistek, solistów, par i trójek jest losowana przez komputer. Jeżeli w pierwszej szóstce znajduje się 3 zawodników z danego kraju, do finałów



dopuszczony zostaje siódmy zawodnik. Natomiast w przypadku zakwalifikowania się do rundy finałowej po 3 zawodników z 2 krajów, lista startowa w finale zostaje poszerzona o ósмого zawodnika/ósmego zespół (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

### **Panel sędziowski**

Charakterystyczny dla aerobiku sportowego jest sposób sędziowania zawodów, a konkretnie – stosunkowo obszerny panel sędziowski. Składa się on z 4 rodzajów sędziów (plus sędzia główny, który nie przyznaje ocen):

- Sędzia techniczny (dwóch w pełnym panelu sędziowskim lub dwóch w małym panelu);
- Sędzia umiejętności (jeden w pełnym panelu sędziowskim lub jeden w małym panelu);
- Sędzia aerobikowi (dwóch w pełnym panelu sędziowskim lub jeden w małym panelu);
- Sędzia artystyczny (dwóch w pełnym panelu sędziowskim lub jeden w małym panelu).

Pełny panel sędziowski liczy łącznie 8 osób, natomiast mały panel – 6 osób.

**Sędzia techniczny** ocenia poziom trudności, wykonanie i różnorodność wszystkich elementów trudności, compulsorów oraz pozostałych ruchów, takich jak aerobikowe sekwencje, tranzycje, podnoszenia czy wspierania. Do oceny zawodników używa indeksu technicznego, czyli wartości każdego elementu, ze wszystkich grup: siły statycznej, pompek, skoków oraz gibkości (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

**Sędzia umiejętności** weryfikuje compulsory oraz wszystkie elementy trudności pod kątem wykonania, wymienione w karcie zawodnika. Nie ocenia stopnia trudności układu czy różnorodności elementów. Sędzia umiejętności poddaje ocenie także odchylenia od doskonałego wykonania, które skutkują obniżeniem noty. Wśród kryteriów oceny, jakimi się posługuje, wymieniamy: właściwą postawę, kontrolę, prawidłowe ułożenie/ustawienie, swobodę wykonania ruchu, utrzymanie elementów statycznych i gibkościowych, dobre zakresy ruchów, ułożenie stawów kolanowych podczas inicjowania skoków oraz lądowania, a także zgodność każdego elementu z wytycznymi regulaminowymi (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

**Sędzia aerobikowy** ocenia wszystkie elementy, sekwencje aerobikowe i tranzycje. Zawodnik może uzyskać maksymalną ocenę aerobikową, jeśli zademonstruje podczas startu wysoki poziom wytrzymałości sercowo-naczyniowej i będzie go utrzymywać przez cały czas

trwania układu. Sędzia aerobikowy rozpatruje pokaz pod kątem intensywności (jakości wszystkich ruchów, wydatku energetycznego, trudności układu). Z kolei sekwencje aerobikowe, podobnie jak transycje, oceniane są pod kątem intensywności, jakości i złożoności (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

**Sędzia artystyczny** weryfikuje czy układ aerobikowy posiada artystyczną stronę, a taniec i muzyka zajmują w nim ważne miejsce. Ocenia jednocześnie taneczne i aerobikowe możliwości zawodnika oraz bierze pod uwagę: dobór muzyki do struktury ruchu (jej interpretację), możliwości sportowca czy jego strój. Muzyka, kostium, choreografia i jej prezentacja powinny charakteryzować się integralnością, spójnością. Sędzia artystyczny koncentruje się na oryginalności, kontraście (zróżnicowaniu elementów choreografii) i dynamice układu pod względem tempa, wykorzystanej przestrzeni czy prezentowanej energii – powyższe elementy powinny się zmieniać przez cały czas trwania występu. Oceniana jest także synchronizacja (układy par, trójek czy zespołów) pod względem czasu wykonania poszczególnych elementów i ruchów oraz tego samego poziomu wykonania. Ponadto zawodnicy aerobiku sportowego są oceniani pod kątem wyrażania emocji, prezentowania pewności siebie, ekspresji ruchowej i mimiki czy entuzjazmu (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

**Sędzia główny** nie przyznaje ocen za występy zawodników (poza wyjątkowymi sytuacjami), a nadzoruje pracę całego panelu sędziowskiego. Jest odpowiedzialny za zapewnienie spójnego i uczciwego zastosowania przepisów/regulaminu technicznego przez sędziów, nadzorowanie prawidłowego stosowania systemów ocen sędziowskich oraz tabelaryczne zestawienie wyników (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

### **System rankingowy**

Podczas zawodów organizowanych przez FISAF sędziowie wyłaniają zwycięzców na podstawie systemu rankingowego, który jest systemem porównawczym. Jego celem jest ustalenie po każdej rundzie miejsc poszczególnych zawodników – ułożenie ich w rankingu na podstawie pozycji przyznanych przez większość sędziów. Przykładowo pierwsza pozycja przypada zawodnikowi, którego większość osób sędziujących (przynajmniej 4 z 7) sklasyfikowała właśnie na tym miejscu. Sędziowie techniczny, aerobikowy i artystyczny biorą pod uwagę własne kryteria sędziowskie, na podstawie których przyznają punkty (maksymalnie

10). Właśnie z tej punktacji wynika ranga uzyskana przez danego zawodnika (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020).

## 1.2. Aerobik sportowy i dyscypliny pokrewne

Istnieje bardzo niewielka liczba doniesień naukowych, których podmiotem są zawodnicy aerobiku sportowego. Uznając ją za niesatysfakcjonującą, właściwym zdaje się być oparcie przeglądu piśmiennictwa także o inne, pokrewne dyscypliny sportowe. Za takie można uznać aerobik gimnastyczny (Międzynarodowej Federacji Gimnastycznej - FIG), gimnastykę sportową, gimnastykę artystyczną, akrobatykę sportową i taniec sportowy (Mehrtash i wsp. 2015; Niculescu 2014; Popescu i wsp. 2021; Zemková i wsp. 2010).

W wyżej wymienionych rodzajach działalności sportowej wymagana jest duża różnorodność ruchów, tranzycje z dynamicznych do statycznych elementów i odwrotnie, częste zmiany pozycji ciała (także w przestrzeni), skoki, rotacje (Mehrtash i wsp. 2015; Prassas i wsp. 2006; Zemková i wsp. 2010). By uzyskać wysokie wyniki, zawodnicy muszą wykonywać trudne elementy z dużą dokładnością i odpowiednią techniką (Prassas i wsp. 2006). Ponadto aerobik gimnastyczny i pozostałe dyscypliny gimnastyczne charakteryzują się wysokim poziomem siły i mocy w stosunku do masy ciała zawodników, a także dużą gibkością (Donti i wsp. 2014).

Aerobik gimnastyczny, podobnie jak aerobik sportowy, stanowi złożoną dyscyplinę sportową (Mezei i Cristea, 2014), estetyczno-techniczną (Kyselovičová i Danielová, 2012; Abalo-Núñez i wsp. 2015). Strona techniczna odnosi się do poprawnego, dokładnego wykonywania elementów zawartych w przepisach dyscypliny (tzw. Code of Points), z kolei estetyczna - do zdolności interpretacji artystycznej, przekazywania emocji w zgodzie z tłem muzycznym. Wszystko po to, aby ćwiczeniom sportowym nadać charakter widowiska artystycznego, spektaklu (Dobrescu i Dobreci, 2013; Mezei i Cristea, 2014). W tym sensie gimnastyk jest nie tylko sportowcem, ale również artystą.

Aerobik gimnastyczny posiada złożony repertuar ruchowy. Podobnie jak gimnastyka artystyczna i sportowa, oparty jest on o elementy zaczerpnięte z tańca klasycznego, a za takie uważa się: skoki, elementy równowagi, obroty, piruety, a także podstawowe ćwiczenia niezbędne do przygotowania tancerzy do doskonalenia techniki i wyrazu artystycznego (Cordun i wsp. 2021). Ponadto jak dowiedziono, w gimnastyce sportowej wymagany jest wysoki poziom sprawności fizycznej – mocy, siły, gibkości, równowagi i zwinności, a także wydolności beztlenowej glikolitycznej (Isacco i wsp. 2017).

W sportach gimnastycznych ważnym, wspólnym zagadnieniem są lądowania. To kluczowy element każdego układu, w każdej konkurencji gimnastyki sportowej. Lądowania powinny być zarówno bezpieczne dla zawodników, jak i poprawne pod względem oceny sędziowskiej (Niespodziński i wsp. 2021). Kwestia lądowań jest istotna, zwłaszcza biorąc pod uwagę towarzyszące ryzyko urazów, które z kolei jest związane z obciążeniami, wpływającymi na układ mięśniowo-szkieletowy (Niespodziński i wsp. 2021; Dufek i Bates, 1991). W zależności od zadania ruchowego (w tym przypadku – rodzaju lądowania) czy rodzaju powierzchni, na której się on odbywa, mamy do czynienia z różną aktywnością mięśniową (Niespodziński i wsp. 2021).

Należy mieć z kolei na uwadze, iż pomiędzy dyscyplinami istnieją pewne różnice. Aerobik sportowy jest dyscypliną, która posiada własną tożsamość i cechy charakterystyczne, odróżniające ją od innych sportów gimnastycznych (akrobatyki sportowej, gimnastyki sportowej i artystycznej). Jak podaje Brańska (2002), by zachować unikalny charakter aerobiku sportowego, pewne elementy, które są wymagane w wymienionych sportach gimnastycznych, nie są dozwolone w rozpatrywanej dyscyplinie. Elementami niedozwolonymi w aerobiku sportowym (według FISAF) są m.in. wszelkiego rodzaju: salta, przerzuty, wychwyty, stanie na rękach i głowie, przewroty, mostki, wagi tyłem, kołyski w leżeniu przodem, skoki szpagatowe do głowy, obroty o więcej niż 720 stopni (Brańska 2002). Do bardziej oczywistych różnic między aerobikiem sportowym a gimnastyką sportową czy artystyczną, należy także obecność (bądź nieobecność) przyrządów. Ponadto aspektem, który odróżnia aerobik (sportowy i gimnastyczny) od pozostałych dyscyplin gimnastycznych (gimnastyki sportowej i artystycznej, akrobatyki) jest treść pokazu, wywodzącego się z tradycyjnego aerobiku, który nadaje unikalny charakter strukturze układów (Lamošová i wsp. 2021).

Jak wykazały badania Kyselovičovej i wsp. (2023), aerobik gimnastyczny, gimnastyka sportowa i gimnastyka artystyczna najprawdopodobniej stawiają zawodnikom różne wymagania dotyczące utrzymania równowagi w warunkach dynamicznych oraz siły mięśniowej kończyn dolnych w ramach ich specjalizacji sportowych. Okazuje się, iż grupy przedstawicielek wymienionych dyscyplin istotnie różnią się między sobą pod względem równowagi dynamicznej, a także izokinetycznej siły wyprostu kończyny dolnej dominującej (Kyselovičová i wsp. 2023).

Aerobik sportowy, mimo wielu podobieństw, różni się także od aerobiku gimnastycznego pod względem charakterystyki działalności sportowej w postaci nacisku na

inne elementy techniczne, zawarte w regulaminach powyższych federacji (różna liczba wymaganych elementów z poszczególnych grup) (Aerobic Gymnastics Code of points 2017-2020; Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2018-2020). Różnice dotyczą także sposobu sędziowania. W aerobiku gimnastycznym FIG sędziowie zwracają uwagę na mniejszą liczbę aspektów: trudność, wykonanie i wartość artystyczną układów, prezentowanych przez zawodników (Cordun i wsp. 2021; Lamošová i wsp. 2021).

Jak zauważają Popescu i wsp. (2021) aerobik gimnastyczny Międzynarodowej Federacji Gimnastycznej (FIG) od 2016 roku podlega dynamicznym zmianom, spowodowanym próbami zwiększenia jego atrakcyjności i wprowadzenia go do rodziny sportów olimpijskich, poprzez zwiększenie nacisku na elementy akrobatyczne w układach. W związku z tym dokonywały się regularne zmiany regulaminowe, także ze szkodą dla specyfiki, tożsamości i oryginalnego charakteru tej dyscypliny, jaką jest strona aerobikowa. Przykładowo w konkurencji indywidualnej kobiet (solistek) liczba elementów akrobatycznych, zawartych w układzie oscyluje między 4 a 9, ze średnią 6,2 elementy na występ. Ukazuje to znaczny wysiłek dla zawodników. Zwłaszcza biorąc pod uwagę stosunkowo krótki czas trwania układów (krótszy niż w aerobiku sportowym FISAF). Czas trwania układów aerobiku gimnastycznego (FIG) wynosi obecnie 1 minutę 20 sekund  $\pm$  5 sekund, podczas gdy do niedawna była to 1 minuta 45 sekund  $\pm$  5 sekund. W przypadku aerobiku sportowego czas układów jest dłuższy (2 minuty  $\pm$  5 sekund). Z kolei konkurencja zespołów (grup) FIG została skrócona do 1 minuty 25 sekund  $\pm$  5 sekund. Zmiany te oznaczają redukcję czasu trwania układu o odpowiednio 17,25% i 13,80%, a w konsekwencji – jeszcze większą intensywność wysiłku. Zwiększeniu uległa również powierzchnia startowa – z 7 x 7 m (jak dotychczas w aerobiku sportowym FISAF) do 10 x 10 m, we wszystkich konkurencjach (Popescu i wsp. 2021).

Podobieństwa i różnice między aerobikiem sportowym a dyscyplinami pokrewnymi zawarto w tabeli 3.

Tabela 3. Podobieństwa i różnice między aerobikiem sportowym a dyscyplinami pokrewnymi (opracowanie własne na podstawie analizy piśmiennictwa).

<b>Aerobik sportowy i dyscypliny pokrewne</b>	
<b>Podobieństwa</b>	<b>Różnice</b>
Estetyczno-techniczne dyscypliny	Treść układu – unikalny, aerobikowy charakter
Duża różnorodność ruchów	Zróżnicowanie elementów technicznych (rodzaje i liczba)
Elementy wykonywane z dużą dokładnością i odpowiednią techniką	Obecność/brak przyrządów
Tranzycje z dynamicznych do statycznych elementów i odwrotnie	Kryteria oceny sędziowskiej
Częste zmiany pozycji ciała (także w przestrzeni)	Czas układów startowych
Skoki i rotacje	Powierzchnia startowa
Tło muzyczne w układach	Wymagania dotyczące równowagi dynamicznej
Elementy zaczerpnięte z tańca klasycznego	Wymagania dotyczące siły kończyn dolnych
Lądowania po skokach jako kluczowe elementy układów	
Wymagany wysoki poziom siły i mocy w stosunku do masy ciała zawodników	
Wymagany wysoki poziom gibkości	

Biorąc pod uwagę całokształt podobieństw i różnic postanowiono oprzeć przegląd piśmiennictwa niniejszej pracy na dostępnych pozycjach literaturowych z zakresu aerobiku gimnastycznego (FIG) oraz pozostałych dyscyplin gimnastycznych.

### 1.3. Wysiłek startowy

Jak donosi wielu autorów, aerobik gimnastyczny stanowi wymagającą dyscyplinę pod względem krążeniowo-oddechowym oraz metabolicznym, w której pozyskiwanie energii zachodzi drogą tlenową i beztlenową, z przewagą procesów beztlenowych (Kyselovičová i Danielová, 2012; Mezei i Cristea, 2014; Alves i wsp. 2015; Aleksandravičienė i Stasiulis, 2005; Aleksandravičienė i wsp. 2012) oraz pod względem biomechanicznym (Mezei i Cristea, 2014), co uwidacznia się podczas lądowań, które są nieodłącznym elementem układu aerobikowego. Siły reakcji podłoża w trakcie lądowania po skoku aerobikowym mogą osiągnąć 3-, 4-, a nawet 5-krotność masy ciała (Zemková i wsp. 2010). Wysiłek startowy w aerobiku gimnastycznym charakteryzuje się wysokim stopniem intensywności, trudności i złożoności (Puiu i Dragomir, 2020).

Bota i Urzeală (2013) postanowiły zbadać odpowiedź funkcjonalną na wysiłek startowy zawodniczek aerobiku gimnastycznego, startujących w kategorii solistek (także w zawodach międzynarodowych). Podmiot stanowiło 11 junierek (12-14 lat). Celem badań było określenie intensywności układów, którą wyrażono poprzez wartości częstości skurczów serca, rejestrowane sport-testerami Polar. Wykazano, że intensywność wysiłku podczas prezentowania układów startowych była niezwykle wysoka. Częstość skurczów serca mieściła się w przedziale od 110 do 199 ud/min, z wyraźnie zaznaczonym wypłaszczeniem krzywej tętna między 185 a 199 ud/min przez ponad 30 sekund wysiłku. Wykonywanie poszczególnych elementów kompozycji stopniowo zwiększało wartość rozpatrywanego parametru. Między 25 a 57 sekundą trwania układu wartości HR wynosiły 187-194 ud/min. Przez pozostały czas trwania układu (aż do jego zakończenia) częstość skurczów serca spadła poniżej 193 ud/min. Pod względem zdolności do regeneracji, w pierwszych 2 minutach po zakończeniu wysiłku, częstość akcji serca obniżyła się do wartości 145 ud/min, co według autorek oznaczało odpowiednią odpowiedź sercowo-naczyniową, zgodną z celami okresu szkolenia. Wyniki badań wskazały znaczenie zarówno treningu wydolnościowego, jak i technicznego w aerobiku gimnastycznym, z uwagi na konieczność prezentowania skomplikowanych elementów technicznych podczas układów o wysokiej intensywności (Bota i Urzeală, 2013).

Inne badania również potwierdzają, że aerobik gimnastyczny jest sportem, który stawia zawodnikom wysokie wymagania pod względem sercowo-oddechowym i metabolicznym, a energia czerpana jest ze źródeł mieszanych, tlenowo-beztlenowych (Aleksandravičienė



i Stasiulis, 2005). Autorzy zbadali częstość skurczów serca (HR), pobór tlenu ( $VO_2$ ), wentylację minutową płuc (VE) oraz stężenie mleczanu we krwi (LA) podczas układów w kategorii zespołów. Podmiotem było 9 zawodniczek kadry Litwy w wieku  $21,6 \pm 4,4$  lat (wysokość ciała  $154 \pm 5$  cm, masa ciała  $55,1 \pm 6,2$  kg). Wartości HR, VE,  $VO_2$  rejestrowano w sposób ciągły, natomiast próbki krwi do oznaczenia stężenia LA we krwi pobierano po zakończeniu układu, w 3. oraz 18. minucie regeneracji. Częstość skurczów serca wynosiła średnio  $182,1 \pm 7,5$  ud/min, VE –  $82,4 \pm 17,8$  l/min-1,  $VO_2$  –  $2,34 \pm 0,22$  l/min, LA w 3 minucie po wysiłku –  $7,5 \pm 2,09$  mmol/l (Aleksandravičienė i Stasiulis, 2005).

Kyselovičová i Danielová (2012) postanowiły określić funkcjonalne reakcje organizmu poprzez rejestrację i analizę częstości skurczów serca (HR) oraz poziomu mleczanu we krwi (LA) elity zawodniczek aerobiku gimnastycznego podczas dwóch sesji treningowych w porównaniu do wysiłku podczas zawodów. Badaniami objęto 6 gimnastyczek (średni wiek  $19,2 \pm 1,1$  lat; średnia masa ciała  $57,1 \pm 4,26$  kg; średnia wysokość ciała  $1,66 \pm 0,04$  m), które rywalizowały na poziomie międzynarodowym (członkinie kadry narodowej Słowacji,  $n=5$ ) i krajowym ( $n=1$ ), w konkurencji solistek. Oznaczenia stężenia mleczanu dokonano za pomocą przenośnego analizatora paskowego. Różnice stężenia mleczanu we krwi w warunkach współzawodnictwa ( $17,3 \pm 2,6$  mmol/l) były istotnie wyższe ( $p \leq 0,5$ ) niż średnie wartości z pierwszej i drugiej sesji treningowej ( $14,6 \pm 0,8$  mmol/l i  $14,7 \pm 2,0$  mmol/l, odpowiednio). Warto odnotowania był również poziom mleczanu we krwi wynoszącym nawet do  $20,2$  mmol/l podczas zawodów. Indywidualne występy podczas zawodów charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami  $HR_{max}$  ( $179,0 \pm 5,7$  ud/min) w porównaniu do pierwszej sesji treningowej ( $HR_{max}$   $172,8 \pm 12,5$  ud/min), ale nie w stosunku do drugiej sesji ( $HR_{max}$   $179,7 \pm 8,9$  ud/min). Nie wykazano istotnych różnic co do średnich wartości częstości skurczów serca podczas zawodów, sesji treningowej nr 1 i sesji treningowej nr 2 ( $123,3 \pm 9,3$  ud/min;  $120,5 \pm 9,2$  ud/min;  $124,0 \pm 9,9$  ud/min). Jak zauważają autorki, uzyskane wartości dokumentują wyraźną dominację procesów beztlenowych (Kyselovičová i Danielová, 2012).

Guidetti i wsp. (2000) w swojej pracy określili źródła zapotrzebowania energetycznego oraz odpowiedź funkcjonalną podczas układów z piłką w gimnastyce artystycznej. W tym celu przebadano 9 zawodniczek (13-16 lat) i dokonano pomiarów częstości skurczów serca, poboru tlenu oraz stężenia mleczanu we krwi. Okazało się, że największy udział miały źródła tlenowe ( $VO_{2ex}$ ) -  $42 \pm 5$  ml/kg, następnie beztlenowe niekwasomlekowe ( $VO_{2al}$ ) -  $36 \pm 2$  ml/kg beztlenowe kwasomlekowe ( $VO_{2la}$ ) -  $8 \pm 2$  ml/kg. Ponadto częstość skurczów serca

oraz szczytowe wartości LA podczas układów z piłką były podobne do tych, odnotowanych podczas testu na bieżni. Krzywa stężenia LA zawsze wykazywała szczytowe wartości w 3. minucie po wysiłku ( $4,0 \pm 0,4$  mmol/l). Z kolei średnia częstość skurczów serca wynosiła  $177 \pm 13$  Ud/min, a  $HR_{max}$   $188 \pm 5$  ud/min (Guidetti i wsp. 2000).

Przedmiotem badań Manos i wsp. (2012) były wskaźniki funkcjonalne podczas układów startowych w gimnastyce artystycznej, obejmujące pomiary zużycia tlenu ( $VO_{2max}$ ), stężenia mleczanu we krwi (LA) oraz rejestrację częstości skurczów serca (HR). Przebadano w tym celu 10 gimnastyczek w wieku 15-17 lat (6 startujących w konkurencjach grupowych oraz 4 w konkurencjach indywidualnych). Okazuje się, że gimnastyczki artystyczne podczas zawodów pracują w warunkach zbliżonych do ich maksymalnego pułapu tlenowego, wyznaczonego w badaniach laboratoryjnych. Podczas układów indywidualnych maksymalna częstość skurczów serca badanych ( $HR_{max}$ ) wynosiła  $184,2 \pm 10,5$  ud/min, średnia częstość skurczów serca –  $171,4 \pm 5,59$  ud/min, a poziom mleczanu we krwi –  $6,58 \pm 1,94$  mmol/l. Z kolei zawodniczki prezentujące układy grupowe osiągały  $HR_{max}$   $184,2 \pm 6,07$  ud/min, średnie HR wynosiło  $168,2 \pm 4,59$  ud/min, natomiast LA –  $7,34 \pm 1,7$  mmol/l. Spośród konkurencji indywidualnych najwyższe wartości  $VO_{2max}$ , LA oraz  $HR_{max}$  charakteryzowały układy ze skakanką ( $55,36 \pm 3,69$ ;  $11,08 \pm 2,37$ ;  $186,2 \pm 0,45$ , odpowiednio). Nieco mniej intensywne okazały się układy z maczugami ( $VO_{2max}$   $53,10 \pm 2,56$ ; LA  $8,82 \pm 3,24$  mmol/l;  $HR_{max}$   $186 \pm 1,32$  ud/min) oraz z obręczą ( $VO_{2max}$   $51,58 \pm 4,25$ ; LA  $9,65 \pm 0,51$  mmol/l;  $HR_{max}$   $184,3 \pm 2,21$  ud/min). Najmniejsza intensywność wysiłku charakteryzowała układy z piłką ( $VO_{2max}$   $50,27 \pm 2,35$ ; LA  $8,35 \pm 1,58$  mmol/l;  $HR_{max}$   $180,6 \pm 1,52$  ud/min). W przypadku układów grupowych wyższymi wymaganiami funkcjonalnymi odznaczały się kompozycje z 3 wstążkami i 2 obręczami ( $VO_{2max}$   $54,10 \pm 4,36$ ; LA  $11,31 \pm 1,54$  mmol/l;  $HR_{max}$   $186,3 \pm 10,4$  ud/min) w porównaniu z 5 piłkami ( $VO_{2max}$   $52,40 \pm 4,22$ ; LA  $10,33 \pm 1,45$  mmol/l;  $HR_{max}$   $182,2 \pm 4,99$  ud/min). Autorzy wskazali, że wyższe stężenia mleczanu świadczą o znacznym udziale przemian beztlenowych podczas wysiłku startowego w gimnastyce artystycznej (Manos i wsp. 2012).

Marina i Rodríguez (2014) postanowili zbadać wskaźniki fizjologiczne podczas wykonywania układów w wyczynowej gimnastyce sportowej kobiet. W tym celu scharakteryzowano powysiłkową częstość skurczów serca (HR), pobór tlenu ( $VO_2$ ) oraz maksymalne stężenie mleczanu we krwi (LA) w trakcie oraz po symulowanych zawodach. Określono także HR,  $VO_2$  i LA podczas ciągłego testu na bieżni o wzrastającej intensywności. Podmiotem badań była grupa 8 elitarnych gimnastyczek sportowych, w średnim wieku

13,5±1,27 lat (średnia masa ciała 36,4±4,64 kg, średnia wysokość 145,2±5,29 cm). Konkurencjami gimnastycznymi o najwyższych wymogach krążeniowo-oddechowych okazały się ćwiczenia wolne (strukturą ruchu najbardziej zbliżone do aerobiku sportowego) oraz poręcze asymetryczne. Badane osiągały wówczas maksymalne wartości częstości skurczów serca od 183 do 199 ud/min. Wartości poboru tlenu  $VO_2/Bm$  mieściły się w przedziale 33-44 ml/kg/min, natomiast maksymalne stężenie mleczanu we krwi wynosiło od 7 do 9 mmol/l. Najniższe wartości HR oraz mleczanu odnotowano podczas konkurencji skoku (HR = 154-166ud/min, LA 2,4-2,6 mmol/l), natomiast podczas układów na równoważni zaobserwowano najniższe wartości  $VO_2$  (27-35 ml/kg/min). Pomimo krótkiego czasu wysiłku we wszystkich konkurencjach gimnastycznych, średnia maksymalna intensywność wynosiła od 65 do 85% indywidualnego poboru tlenu (wyznaczonego podczas testu laboratoryjnego). Autorzy zauważyli, że współczesna wyczynowa gimnastyka sportowa kobiet stawia przed zawodniczkami wyższe wymagania sercowo-oddechowe i metaboliczne niż dotychczas sądzono (Marina i Rodríguez, 2014).

Również Isacco i wsp. (2017) zbadali wymagania fizjologiczne poszczególnych konkurencji w gimnastyce sportowej podczas symulowanych zawodów. Podmiot stanowiła elita gimnastyczek francuskich (n=14; średni wiek 15,0 lat; 13-16 lat), trenujących do 25 godzin w tygodniu. Rejestrowano częstość skurczów serca, stężenie mleczanu we krwi i postrzegany wysiłek, a także dokonano pomiarów: antropometrycznych, izometrycznej siły chwytu dłoni, wytrzymałości (beep test). Ćwiczenia wolne oraz poręcze asymetryczne skutkowały najwyższymi wartościami częstości skurczów serca i stężenia mleczanu we krwi ( $HR_{max}$ : 193,6± 8,3 i 194,6±4,8 ud/min, odpowiednio; średnia częstość skurczów serca: 163,8±14,5 i 168,6±14,5 ud/min, odpowiednio). Maksymalna częstość skurczów serca podczas konkurencji równoważni wynosiła 190,3±6,1 ud/min, a podczas skoku 165,9±8,2 ud/min. HR średnia osiągnęła na równoważni 161,8±11,0 ud/min, a podczas skoku 144,5±11,9 ud/min). Zarówno maksymalna, jak i średnia częstość skurczów serca podczas konkurencji skoku była istotnie niższa niż podczas ćwiczeń wolnych, na poręczach asymetrycznych i równoważni.  $HR_{max}$  był także znacząco niższy podczas konkurencji równoważni ( $p<0,05$ ) w porównaniu do ćwiczeń wolnych czy poręcz asymetrycznych. Średnia częstość skurczów serca na poręczach asymetrycznych osiągała istotnie wyższe wartości niż w ćwiczeniach wolnych ( $p<0,05$ ) czy na równoważni ( $p<0,001$ ). Maksymalna częstość skurczów serca nie różniła się istotnie w konkurencji ćwiczeń wolnych i poręcz asymetrycznych.

Nie zaobserwowano także znaczących różnic między średnią częstością skurczów serca podczas ćwiczeń wolnych i na równoważni. Spoczynkowe stężenie mleczanu we krwi wynosiło 1,3 +/- 0,1 mmol/l, natomiast w 2., 4. i 10. minucie po zakończeniu skoków i układów na równoważni wartości te były istotnie niższe niż po wykonaniu układów ćwiczeń wolnych ( $p < 0,001$ ) czy na poręczach asymetrycznych ( $p < 0,001$ ) (Isacco i wsp. 2017).

## 1.4. Trening

Trening sportowy to celowo organizowany proces pedagogiczny, w toku którego zawodnik opanowuje i doskonali technikę oraz taktykę swojej specjalności, kształtuje sprawność fizyczną, doskonali dyspozycje psychiczne i intelektualne. Rozwój adaptacji wysiłkowej oraz optymalizacja funkcji ustroju, pozwalające na maksymalizację wyników stanowią cele treningu – niezależnie od rozpatrywanej dyscypliny sportowej. Trening zawsze powinien być ujmowany w funkcji celu, ponieważ determinuje on charakterystykę procesu treningowego, nakierowując go na osiągnięcie pożądanego efektu, który to przejawia się we wskaźnikach stanu wytrenowania, wynikach czy poziomie osiągnięć we współzawodnictwie (Sozański i wsp. 2015).

Rozpoczynając szkolenie w konkretnej dyscyplinie należy dobrze poznać jej charakter oraz najbardziej znaczące właściwości, które warunkują osiągnięcie wyników sportowych na najwyższym zakładanym poziomie. Model treningu jest jedną ze składowych modelu mistrzostwa sportowego i zajmuje w nim ważne miejsce. Dotyczy umiejscowienia treningu w strukturze czasowej (etapów szkolenia, makrocykli, mezocykli i mikrocykli), odnosi się do zastosowanych obciążeń treningowych (objętości i intensywności, treści, charakteru przerw wypoczynkowych) oraz stosowanych zasad, metod, form i środków treningu (łącznie z kontrolą efektów treningu) (Sozański i wsp. 2015).

Starty w zawodach aerobiku sportowego to rywalizacja poprzedzona wielomiesięcznym treningiem, a samo przygotowanie zawodnika do udziału w rywalizacji ma bardzo wszechstronny charakter (Ambroży, Dudek, 2010). Ogólna specyfika wysiłku startowego w aerobiku gimnastycznym powoduje trudności w tworzeniu planów treningowych, które będą powodować odpowiednią adaptację fizjologiczną i nerwowo-mięśniową – także pod kątem indywidualizacji (Puiu i Dragomir, 2020).

Trening w aerobiku sportowym to proces, w toku którego kształtuje się umiejętności specjalne w sferze wykorzystania siły statycznej i dynamicznej, wydolności w ćwiczeniach szybkościowo-siłowych, wytrzymałości specjalnej, gibkości i koordynacji ruchowej. Trening ten skutkuje maksymalnym rozwojem cech psychicznych i fizycznych, które zagwarantują osiągnięcie wyznaczonego celu, jakim jest optymalny wynik sportowy, w oparciu o wszechstronną sprawność fizyczną (Ambroży i Dudek, 2010; Brańska 2002).

Przygotowanie techniczne to proces ukierunkowany na przyswojenie i doskonalenie umiejętności sportowych, dzięki którym sportowiec w skomplikowanych warunkach współzawodnictwa przejawia swój potencjał motoryczny (Karpowicz i wsp. 2012). Z uwagi na charakterystykę dyscypliny i duży nacisk na aspekt przyswajania techniki przygotowanie sprawnościowe w aerobiku sportowym nabiera szczególnego znaczenia. W wielu dyscyplinach większość czasu w procesie treningowym poświęca się na doskonalenie techniki i taktyki, a rozwój zdolności motorycznych osiągany jest często jako efekt dodatkowy treningu specjalistycznego. Tymczasem fundamentem kształtowania techniki jest ogólna sprawność fizyczna, co podkreśla konieczność trenowania zdolności motorycznych (Wachowski 1991; Karpowicz i wsp. 2012).

W procesie przygotowania fizycznego zawodników kształtowany jest bardzo różnorodny wachlarz nawyków ruchowych, które są zróżnicowane koordynacją, złożonością i dokładnością. W treningu gimnastyki sportowej (pokrewnej aerobikowi sportowemu) ważną stroną wymagań w odniesieniu do organizmu i wykonywanej pracy jest wszechstronny rozwój możliwości siłowych. To właśnie od stopnia rozwoju siły dynamicznej, statycznej, „zrywowej” i od wytrzymałości siłowej zależą możliwości gimnastyka (Sawczyn, 2000).

Ważne miejsce w treningu gimnastycznym zajmuje określony poziom gibkości. Przy jej niewystarczającej wielkości zwiększają się trudności w przyswajaniu ćwiczeń gimnastycznych, jakość ich wykonania ulega obniżeniu, a to z kolei skutkuje zwiększeniem obciążenia treningowego. Dodatkowo w sytuacji ograniczeń gibkości szybciej pojawia się zmęczenie – nawet przy jednakowej liczbie powtórzeń (Sawczyn, 2000).

W treningu aerobiku sportowego dyscypliny zastosowanie mają przyjęte metody, formy i środki, w myśl specyficznych zasad. Szkolenie realizowane jest według założeń struktury rzeczowej i czasowej. Jednostki treningowe mogą mieć na celu zarówno nauczanie nowej techniki, jak również kształtowanie jednej zdolności motorycznej bądź ich zespołu (siły, szybkości, gibkości, wytrzymałości) czy też doskonalenie wcześniej poznanych elementów technicznych oraz łączenie ich w kombinacje. Podstawą budowania formy sportowej jest wykorzystanie zjawiska superkompensacji (Sozański i wsp. 2015; Ambroży i Dudek, 2010).

Każda jednostka treningowa aerobiku sportowego powinna rozpoczynać się od rozgrzewki, składającej się z prostych ćwiczeń kształtujących, które angażują wszystkie, bardziej istotne grupy mięśni, a także zawierające elementy gibkościowe i biegowe. Po zakończeniu rozgrzewki częstość skurczów serca powinna osiągnąć ok. 120 uderzeń na

minutę. Zaleca się, aby maksymalna intensywność wysiłku była osiągana w połowie lub w  $\frac{3}{4}$  zajęć i, aby kształtować wszystkie zdolności motoryczne (Ambroży i Dudek, 2010).

Cześć główna jednostki treningowej składa się z elementów nauczania trudniejszych form choreograficznych, z elementów z danej grupy trudności, kształtowania zdolności motorycznych z użyciem odpowiednich metod treningu, a także z fragmentów kombinacji choreograficznych, połączonych z elementami trudności, czy - nauki samokontroli i samooceny. Z kolei część końcowa, w zależności od intensywności treningu, składa się z ćwiczeń rozluźniających i uspokajających organizm. Mogą też być zastosowane ćwiczenia siłowe i gibkościowe jako uzupełnienie części głównej (Ambroży i Dudek, 2010).

Na całokształt procesu treningowego w aerobiku sportowym składa się przygotowanie sprawnościowe (baza do dalszego postępowania treningowego), przygotowanie taneczne, choreograficzne, jak również osadzenie ruchu w muzyce. Elementem, którego nie można pominąć, zwłaszcza w działalności startowej, jest przygotowanie psychiczne (Ambroży i Dudek, 2010).

W treningu aerobiku sportowego zwraca się szczególną uwagę na wszechstronne przygotowanie zawodnika (Brańska 2002). Istotne jest podniesienie poziomu sprawności fizycznej specjalnej (u podnóża której leży wypracowana sprawność ogólna). Trenowane powinny być zwłaszcza te elementy, które umożliwiają osiągnięcie możliwie najwyższego wyniku sportowego (Karpowicz i Strzelczyk, 2010; Ambroży i Dudek, 2010). Rozwój zdolności siłowych powinien iść w parze z właściwą adaptacją sercowo-naczyniową i metaboliczną (Puiu i Dragomir, 2020). Biorąc pod uwagę specyfikę treningu aerobiku sportowego, najbardziej optymalną metodą kształtowania siły mięśniowej zdaje się być trening obwodowy oraz plyometryczny. Uzupełnieniem właściwego treningu siły powinny być ćwiczenia izometryczne, które mogą być stosowane także na zakończenie treningu. Rozwój siły mięśniowej może też być celem odrębnych jednostek treningowych (Ambroży i Dudek, 2010).

Celem treningów jest opanowanie techniki jak największej liczby elementów i ćwiczeń, a w końcowym efekcie – utrwalenie i automatyzacja nawyków, aby wykonywać ruchy w sposób elegancki, swobodny, a jednocześnie ekspresyjny. Samokontrola zawodnika, jego świadomy stosunek do stawianych celów i zadań, a także aktywność i umiejętność obserwacji, przyspieszają przyswajanie techniki i zwiększanie liczby możliwych do wykonania ewolucji. Z kolei kontrola zmian pozycji ciała sportowca i zwiększone czucie mięśniowe jest ułatwione dzięki koncentracji uwagi na wykonywanej czynności (Brańska 2002).

W treningu aerobiku sportowego w pierwszej kolejności stosuje się ćwiczenia mające na celu nauczanie właściwej techniki łatwiejszych elementów oraz prostych choreografii, a następnie doskonalą się je poprzez wielokrotne powtórzenia (metoda powtórzeniowa). Dopiero na tym etapie wprowadza się ćwiczenia doskonalące koordynację i obszerność wykonania elementów oraz łączy się je w kombinacje, które następnie należy utrudniać (doskonalić) aż do momentu osiągnięcia perfekcji i optymalnej szybkości wykonania (z punktu widzenia wyrazu artystycznego). Oprócz metody powtórzeniowej, najczęściej stosuje się także metodę ciągłą oraz interwałową (Brańska 2002; Ambroży i Dudek, 2010).



## 1.5. Charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne

Aerobik sportowy to złożona dyscyplina estetyczno-techniczna (Mezei i Cristea, 2014; Kyselovičová i Danielová, 2012; Abalo-Núñez i wsp. 2015). Wysiłek startowy zwykle stawia przed zawodnikiem specyficzne wymagania wobec budowy somatycznej, potencjału motorycznego, umiejętności wykonywania elementów technicznych i szeregu cech psychologicznych (Bompa, 1983; Karpowicz i Strzelczyk, 2010; Sozański i wsp. 2015). Manifestacja umiejętności technicznych jest związana z poziomem zdolności motorycznych (Karpowicz i Strzelczyk, 2010). Z kolei struktura motoryczności w ujęciu J. Szopy składa się z predyspozycji i zdolności motorycznych (strona potencjalna), a także z efektów motorycznych (strona efektywna). Zgodnie z powyższym zdolności motoryczne (szybkościowe, siłowe, wytrzymałościowe, koordynacyjne) są warunkowane predyspozycjami: morfologiczno-strukturalnymi (m.in. wysokość ciała, beztłuszczowa masa ciała, masa tkanki tłuszczowej, gibkość, proporcje ciała), energetycznymi (np. VO<sub>2</sub>max,), koordynacyjnymi (m.in. czas reakcji, równowaga, częstotliwość ruchów) i psychicznymi (np. temperament, motywacja) (Szopa i wsp. 1996; Osiński, 2018).

### 1.5.1. Budowa somatyczna

Budowa somatyczna stanowi czynnik uwzględniany w kwalifikacji zawodników do danej dyscypliny sportowej, a z drugiej strony oznacza posiadanie optymalnych parametrów do osiągnięcia sukcesów (Sozański i wsp. 2015).

Celem badań przeprowadzonych przez Massidda i wsp. (2013) było określenie somatotypu elity włoskich gimnastyczek (42 kobiety) i gimnastyków sportowych (22 mężczyzn) różnych kategorii wiekowych, należących do kadry narodowej. Średni somatotyp badanych kobiet wynosił 1,4-4,4-3,2, natomiast mężczyzn - 1,6-6,3-2,1. Zarówno wśród gimnastyczek, jak i gimnastyków, somatotypy nie różniły się istotnie ze względu na kategorię wiekową. Średni somatotyp junierek wynosił 1,3-4,2-3,6, a senierek - 1,7-4,2-2,7. Juniorzy charakteryzowali się średnim somatotypem 1,5-6,3-2,5, natomiast seniorzy - 1,7-6,3-1,6. Wszyscy sportowcy wykazywali tendencję do bycia bardziej mezomorficznymi niż endomorficznymi. Powyższe wyniki badań zdaniem autorów podkreślają potrzebę posiadania określonego somatotypu do osiągnięcia elitarnego poziomu współzawodnictwa w sporcie, a także konieczność włączania analizy budowy ciała do baterii testów, służących selekcji talentów w gimnastyce sportowej (Massidda i wsp. 2013).

Badania Bacciotti i wsp. (2018) miały na celu identyfikację cech budowy ciała, włącznie ze wskazaniem somatotypu i proporcji konstytucji fizycznej, 249 brazylijskich gimnastyczek

sportowych z 26 klubów gimnastycznych (w wieku 9-20 lat), będących na różnym poziomie sportowym (sub-elita, n=68 oraz niższy poziom rywalizacji, n=181), w ramach różnych kategorii wiekowych. Gimnastyczki poddano ocenie pod kątem 16 cech antropometrycznych: wysokości i masy ciała, długości, szerokości i obwodów ciała oraz fałdów skórno-tłuszczowych). Somatotyp wyznaczono za pomocą metody Heath-Carter, do określenia tkanki tłuszczowej wykorzystano metodę analizy impedancji bioelektrycznej. Rezultaty badań sugerują, że gimnastyczki sportowe posiadają typową budowę ciała, w zależności od wieku i poziomu rywalizacji. Jak się okazuje, gimnastyczki będące na różnych poziomach rywalizacji wykazywały podobne wartości cech antropometrycznych, z wyjątkiem fałdów skórno-tłuszczowych. Zawodniczki reprezentujące niższy poziom sportowy charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami wspomnianego parametru ( $p < 0,01$ ) – we wszystkich kategoriach wiekowych. Najważniejszą, dominującą składową somatotypu (dla zawodniczek w każdym wieku) była mezomorfia. Zaobserwowano także wzrost endomorfii, z jednoczesnym spadkiem ektomorfii wraz z wiekiem. W przypadku proporcji budowy ciała, poszczególne zawodniczki na różnym poziomie sportowym, w obrębie danej kategorii wiekowej, były do siebie podobne (Bacciotti i wsp. 2018).

Miletić i wsp. (2004) postanowili określić wpływ czynników morfologicznych i zdolności motorycznych na wykonywanie charakterystycznych dla gimnastyki artystycznej elementów i ruchów. Przebadano 50 zawodniczek-nowicjuszek w wieku  $7,1 \pm 0,3$  lat. Charakterystyka morfologiczna obejmowała: masę ciała, wysokość ciała, obwód talii, obwód przedramienia, obwód uda, fałdy skórno-tłuszczowe (ramienia, łopatki, brzucha). Umiejętności w gimnastyce artystycznej są determinowane przez czynniki morfologiczne i motoryczne. Analiza czynnikowa wyizolowała 2 wymiary morfologiczne: związany z tkanką tłuszczową (podskórna tkanka tłuszczowa i obwody ciała) oraz związany z beztłuszczową masą ciała (wymiar szkieletu, masa i objętość ciała). Gibkość, siła eksplozywna oraz tkanka tłuszczowa wyjaśniały 41% powodzenia w wykonywaniu podstawowych elementów gimnastycznych - skoków, rotacji, elementów równowagi i gibkościowych. Z kolei częstotliwość ruchów oraz tkanka beztłuszczowa wyjaśniały 26% specyficznych dla omawianej dyscypliny ruchów z manipulacją przyrządem (Miletić i wsp. 2004).

Arriaza i wsp. (2016) zidentyfikowali cech morfologiczne 60 gimnastyczek artystycznych, podzielonych na 3 grupy według kategorii wiekowych: najmłodszy (n=11; 9-12 lat;  $10,6 \pm 1,1$  lat), juniorki (n=28; 13-15 lat;  $13,7 \pm 0,8$  lat) i seniorki (n=21; 16-19 lat;  $17,0 \pm 1,1$

lat). Charakterystykę morfologiczną określono w oparciu o badanie składu ciała, somatotyp (Heath & Carter) oraz wskaźnika masy ciała (Quetelet); fałdy skórno-tłuszczowe (triceps, podłopatkowy, nadgrzebieniowy, brzuszny, udowy i na podudziu); szerokości nasad kostnych (kość ramienna i kość udowa); obwody ciała (ramię w napięciu i spoczynku, przedramię, klatka piersiowa, udo i podudzie). Jeśli chodzi o somatotyp, w najmłodszej grupie stwierdzono przewagę komponentu ektomorfii (ektomorf mezomorficzny), w grupie junierek zaobserwowano balans między ektomorfią i mezomorfią (ektomorf-mezomorf), a w grupie senierek dominował typ centralny (endomorfia 2,9; mezomorfia 3,4; ektomorfia 3,0). Ponieważ między grupami istniały istotne statystycznie różnice wnioskowano, że cechy morfologiczne są zależne od kategorii wiekowej zawodniczek (Arriaza i wsp., 2016).

Jak się okazuje, trening w dyscyplinach pokrewnych aerobikowi sportowemu powoduje różnorakie efekty w obrębie budowy somatycznej. Celem badań Tibenskiej i wsp. (2010) było określenie zmian somatycznych i funkcjonalnych oraz ich relacji na skutek 2-letniego treningu aerobiku gimnastycznego. Podmiot stanowiło 15 zawodniczek-junierek w średnim wieku  $14,08 \pm 1,19$  lat na początku badań (13-17 lat). Pod uwagę wzięto następujące parametry: wysokość i masa ciała, BMI, procentowa zawartość tkanki tłuszczowej, aktywna masa ciała, częstość skurczów serca, ciśnienie skurczowe i rozkurczowe, QRS max w spoczynku i po obciążeniu. Zaobserwowano, że trening aerobiku gimnastycznego wpływa na zwiększenie masy ciała, tkanki tłuszczowej (o  $1,42 \pm 2,30\%$  w ciągu 2 lat) i aktywnej masy ciała (Tibenska i wsp. 2010).

Z kolei trening gimnastyki artystycznej, jak dowiedziono w badaniach, wpływa na zwiększenie komponentów endomorfii i mezomorfii. Nie zauważono natomiast istotnych różnic po wdrożeniu treningu w tej dyscyplinie, jeśli chodzi o grubość fałdów skórno-tłuszczowych (Poliszczuk i wsp. 2012). W innej pracy, która również badała efekty treningu gimnastyki artystycznej, zauważono znaczne różnice w obwodach prawej i lewej kończyny dolnej, świadczące o specyficznej, jednostronnej adaptacji treningowej (Douda i wsp. 2002). W przypadku treningu gimnastyki sportowej odnotowano wśród zawodniczek obustronną, symetryczną poprawę siły mięśni kończyn górnych (Douda i wsp. 2002).

Związki między treningiem gimnastyki artystycznej a m.in. budową somatyczną zbadali Campos-Pérez i wsp. (2022). Podmiotem badań były 34 dziewczęta w wieku od 10 do 17 lat. Dokonano pomiarów wysokości i masy ciała, fałdu trójgłowego ramienia oraz obwodu ramienia. Do wyznaczenia masy ciała i procentowej zawartości tkanki tłuszczowej posłużono

się metodą analizy impedancji bioelektrycznej z użyciem analizatora Tanita (model MC-780MA). Wyniki wykazały, że trening gimnastyki artystycznej nie zmienia normalnego, fizycznego rozwoju masy mięśniowej, a nawet prowadzi do zmniejszenia zawartości tkanki tłuszczowej. Badane grupy dziewcząt (zawodniczki i grupa kontrolna, a także osoby trenujące i grupa kontrolna) różniły się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ , odpowiednio) pod względem wysokości ciała oraz fałdów skórno-tłuszczowych na ramieniu. Stwierdzono również istotne statystycznie różnice ( $p < 0,05$ ) w przypadku grupy trenującej i kontrolnej dla innych zmiennych, takich jak BMI, masa ciała i obwód ramienia. Uzyskane wyniki wskazywały, że osoby trenujące gimnastykę artystyczną uzyskiwały lepsze wyniki w zakresie budowy somatycznej w porównaniu z grupą kontrolną (Campos-Pérez i wsp. 2022).

### 1.5.2. Sprawność fizyczna

Jak zauważa Karpowicz (2014) sprawność fizyczna człowieka stanowi w naukach o kulturze fizycznej nieodłączny temat licznych prac badawczych. Badania, których celem jest wyodrębnienie właściwości organizmu, umożliwiających osiągnięcie wysokich wyników sportowych, zajmują szczególne miejsce w procesie szkoleniowym. Uzyskane wyniki owych badań mają także znaczenie w procesie planowania treningu. O poziomie sprawności fizycznej decydują skumulowane efekty rozwoju poszczególnych zdolności motorycznych. Nie oznacza to jednak sumy wartości poszczególnych elementów, a określony model, który jest uwarunkowany wymogami wysiłku startowego (Karpowicz i Strzelczyk, 2010).

Sprawność fizyczna w aerobiku sportowym jest rozumiana jako pewien poziom możliwości ruchowych zawodnika, który może być podnoszony, zarówno poprzez rozwój zdolności motorycznych, jak i nabywanie nowych umiejętności ruchowych (Osiński, 2018; Ambroży i Dudek, 2010).

Wszystkie elementy trudności (compulsory i obligatory) mają w aerobiku sportowym bardzo skrupulatnie określoną przepisami technikę oraz formę wykonania. Za dobrą uznaje się tę, która jest ekonomiczna (prezentowana najmniejszym kosztem energetycznym, adekwatnym do złożoności zadania), a także efektywna (umożliwiająca uzyskanie najlepszych rezultatów). Technika ta zależy od cech somatycznych, psychicznych oraz motorycznych sportowca i stanowi kryterium oceny wyszkolenia zawodnika (Brańska 2002).

Z teoretycznych rozważań nad aerobikiem sportowym wynika, że jedną z ważniejszych zdolności, decydującą o dobrej technice, jest zdolność równowagi. Im wyższa pozycja ciała w elemencie gibkościowym, tym trudniejsze jest utrzymanie w niej równowagi czy wymaganego rysunku. Podobnie rzecz ma się w skokach, w których należy zaprezentować dużą amplitudę ruchu (Brańska 2002). Podkreśla się, że w aerobiku sportowym istotną rolę odgrywają: siła, szybkość, wytrzymałość, koordynacyjne zdolności motoryczne (ściśle związane z równowagą, zręcznością i zwinnością) (Ambroży i Dudek, 2010). O dobrej koordynacji ruchowej zawodnika aerobiku sportowego świadczą szybkie zmiany tempa ruchu, rytmu i trudności połączeń ćwiczeń rozmaitych części ciała, a także zdolność zachowania równowagi w różnych pozycjach ciała i wyczucie przestrzeni (Brańska 2002).

W omawianej dyscyplinie ważne miejsce zajmuje także gibkość, ulokowana na pograniczu cech strukturalnych i funkcjonalnych. To jeden z głównych czynników,

wpływających na zakresy ruchu (umożliwia osiągnięcie pożądanego amplitudy wykonywanych elementów). Zależy od elastyczności ścięgien, mięśni i torebek stawowych, a także od kształtu stawów. Decyduje o efektywności ruchu i wpływa na estetykę wykonywanych kompozycji (Cordun i wsp. 2021; Ambroży i Dudek, 2010).

Siła mięśniowa, a dokładniej jej wysoki poziom (zwłaszcza siły względnej), jest niezbędnym dla efektywnego prezentowania złożonych, skomplikowanych elementów w aerobiku sportowym. Ponadto integralną częścią sprawności fizycznej, ważnej w omawianej dyscyplinie, jest moc (Ambroży, Dudek, 2010). Wysoki poziom siły i mocy w stosunku do masy ciała oraz gibkość są charakterystyczne również dla gimnastyki sportowej i artystycznej. Jednak w obrębie poszczególnych dyscyplin gimnastycznych sportowcy różnią się pod względem owych parametrów. Gimnastyczki sportowe są znacznie silniejsze od gimnastyczek artystycznych, a te ostatnie z kolei charakteryzuje większa gibkość i zakres ruchomości w stawach (Donti i wsp. 2014).

Za istotne komponenty sprawności fizycznej w aerobiku gimnastycznym uważa się: gibkość (szczególnie kończyn dolnych), siłę eksplozywną i względną (w odniesieniu do lokalizacji zwłaszcza górnej części ciała oraz zginaczy stawów biodrowych), moc i koordynacyjne zdolności motoryczne, w tym równowagę (Abalo-Núñez i wsp. 2015; Mehrtash i wsp. 2015; Danielová 2012; Niculescu 2014; Niculescu i wsp. 2010; Kyselovičová i Danielová, 2012). Siła, szybkość, gibkość, koordynacyjne zdolności motoryczne wraz z równowagą i wytrzymałość przejawiają się w komponentach układu aerobikowego, jednak w różnej konfiguracji: elementach siły statycznej, dynamicznej, gibkości, równowagi, skokach, elementach choreografii w kombinacji, dynamicznej kontroli posturalnej, figurach i podnoszeniach (w przypadku układów dwójkowych i trójkowych) (Vernetta i wsp. 2011).

W sportach gimnastycznych gibkość i zakres ruchomości stanowiły częsty przedmiot badań, a do oceny wykorzystywano testy aktywnego i pasywnego wznosu kończyny dolnej oraz skłon tułowia w siadzie i w staniu (Donti i wsp. 2014; Moskovljević, 2016; Douda i wsp. 2008; Vandorpe i wsp. 2012; Vandorpe i wsp. 2011; Pion i wsp., 2015; Batista i wsp. 2019). W badaniach Donti i wsp. (2014) gimnastyczki artystyczne (średni wiek 18,1 lat) uzyskiwały w teście pasywnego wznosu kończyny dolnej 182°, natomiast gimnastyczki sportowe (średni wiek 18,6 lat) - 169° (Donti i wsp., 2014). Młodsze gimnastyczki artystyczne (średni wiek 9 lat) w teście pasywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej uzyskiwały 170,2° (wyższy poziom sportowy) oraz 159,5° (niższy poziom sportowy) (Donti i wsp., 2016). Z kolei starsze

gimnastyczki (w średnim wieku 13 lat) prezentowały w teście aktywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej zakres ruchomości na poziomie  $170,53^\circ$  i  $164^\circ$  (odpowiednio wyższy i niższy poziom sportowy, prawa noga), a także  $150,26^\circ$  i  $148,94^\circ$  (odpowiednio wyższy i niższy poziom sportowy, lewa noga). Wspomniane zawodniczki charakteryzował również bardzo dobry poziom gibkości w teście skłonu w siadzie (sit-and-reach), gdzie uzyskiwały średnio 22,16 cm (wyższy poziom sportowy) oraz 23,55 cm (niższy poziom sportowy) (Douda i wsp., 2008). W przytaczanym teście gimnastyczki artystyczne w wieku 9 lat otrzymywały rezultaty na poziomie 43,1 cm (wyższy poziom sportowy) i 42,1 cm (niższy poziom sportowy) (Donti i wsp., 2016). Z kolei biorąc pod uwagę gimnastyczki sportowe osiągnięta odległość wynosiła w badaniach: 31 cm (9-10 lat) (Vandorpe i wsp., 2012); 31,9 cm (wyższy poziom sportowy, elita) i 31,1 cm (niższy poziom sportowy) (Vandorpe i wsp., 2011); 32 cm (7,7 lat) (Pion i wsp., 2015). Batista i wsp. (2019) wykorzystali w swoich badaniach na gimnastyczkach artystycznych test skłonu dosiężnego w staniu (forward stand-and-reach). Okazało się, że zawodniczki na poziomie elitarnym (średni wiek 14,8 lat) uzyskiwały lepsze rezultaty (24,72 cm) niż dziewczęta należące do I ligi, w średnim wieku 13,5 lat (21,71 cm) (Batista i wsp., 2019).

Puiu i Dragomir (2020) podjęli się próby oceny znaczenia poszczególnych zdolności motorycznych w elementach i ruchach charakterystycznych dla aerobiku gimnastycznego. Ich zdaniem duża zmienność ruchów w owej dyscyplinie wymaga od zawodników siły, równowagi i gibkości. Z kolei odpowiednia technika i postawa, synchronizacja ruchu czy orientacja przestrzenna wymagają wysokiego poziomu koordynacyjnych zdolności motorycznych (między partnerami, na poziomie intersegmentalnym, a także do muzyki). Na możliwość wykonywania doskonałych technicznie i precyzyjnych ruchów (prawidłowych pod względem formy, postawy i ułożenia ciała) rzutuje gibkość aktywna i pasywna (czynna i bierna), siła, zakres ruchomości (amplituda ruchu), moc, a także wytrzymałość mięśniowa.

Podczas skoków, a dokładniej lądowania, czy też w trakcie wykonywania elementów równoważnych, kluczową rolę odgrywa propriocepcja stawu skokowego, która jest ważną składową układu czuciowo-ruchowego i odpowiada za płynną, precyzyjną i skoordynowaną kontrolę ruchu (Han i wsp. 2014). Ważne elementy w nauczaniu skoków stanowią: równowaga dynamiczna, siła, mobilność stawów biodrowych we wszystkich płaszczyznach i orientacja czasowo-przestrzenna (Niculescu i wsp. 2010). Z racji, iż aerobik gimnastyczny stanowi dyscyplinę techniczną, wysokie wyniki warunkowane są precyzyjną kontrolą motoryczną podczas wykonywania złożonych kinematycznie elementów (Bota i Urzeală, 2013; Bota i wsp.

2012). Ponadto owa właściwość odgrywa istotną rolę w prewencji urazów mięśniowo-szkieletowych, dlatego też ocena równowagi dynamicznej zyskuje na znaczeniu w sporcie (Marković i wsp. 2016).

Jednym z podstawowych elementów w aerobiku gimnastycznym (podobnie jak w aerobiku sportowym) jest ugięcie ramion w podporze przodem (tzw. „pompki”), który jest wykonywany w różnych wariantach, eksplozywnie, a także stanowi pozycję końcową skoku (pozycję lądowania). Z tego względu bardzo ważne jest kształtowanie siły kończyn górnych (Albano i wsp. 2021). Test ugięć ramion w podporze przodem jest często wykorzystywaną próbą także w gimnastyce sportowej (dla młodszych w nieco zmodyfikowanej formie). Vandorpe i wsp. (2011) przebadali zawodniczki w wieku 6-8 lat. Okazuje się, że uzyskiwały (w czasie 30 sekund) 28,5 powtórzeń (wyższy poziom sportowy) oraz 24,3 powtórzeń (niższy poziom sportowy). Z kolei dziewczęta w wieku 9-10 lat wykonywały 32,8 powtórzeń (wyższy poziom sportowy) oraz 26,3 powtórzeń (niższy poziom sportowy) (Vandorpe i wsp. 2012). Również Pion i wsp. (2015) przebadali młodociane gimnastyczki w średnim wieku 7,7 lat, które zyskiwały porównywalne wyniki we wspomnianym teście - 28 powtórzeń (Pion i wsp. 2015).

Przedmiotem badań prowadzonych na gimnastyczkach sportowych była również szybkość, określana za pomocą biegu na odcinku 20 metrów. Vandorpe i wsp. (2011) za pomocą fotokomórek przebadali 168 zawodniczek (6-8 lat), które średnio uzyskiwały 4,14 sekundy (n=103; wyższy poziom sportowy) oraz 4,27 sekundy (n=65; niższy poziom sportowy). Z kolei czas omawianego testu wśród gimnastyczek w wieku  $7,7 \pm 0,7$  lat (n=243) wynosił 4,098 sekundy (Pion i wsp. 2015).

Kondycja fizyczna, obok właściwej techniki, warunkuje możliwość prezentowania przez zawodnika aerobiku sportowego typowych ćwiczeń aerobikowych przez cały czas trwania układu z identyczną, wysoką intensywnością, a także z lekkością i swobodą ruchu. Dobra kondycja fizyczna jest konieczna do utrzymania szybkiego tempa bardzo różnych ruchów – na przemian dynamicznych i statycznych (Brańska 2002). Podobnie w aerobiku gimnastycznym - aby sprostać wymaganiom technicznym, niezbędna jest wytrzymałość beztlenowa (Abalo-Núñez i wsp. 2015). Wytrzymałość specjalna (wraz z wysokim poziomem zdolności koncentracji) jest warunkiem kontynuowania specyficznego, intensywnego wysiłku podczas całego układu startowego (Puiu i Dragomir, 2020).

Również gimnastyka sportowa kobiet stawia wysokie wymagania wydolnościowe. Elita gimnastyczek sportowych, przebadana przez Isacco i wsp. (2017), w 20-metrowym teście



wahadłowym (tzw. beep test) uzyskiwała szacowany  $VO_2\max$  na poziomie 50,2 (5,7) ml/kg/min (40,5-57,1 ml/kg/min). Maksymalna osiągnięta prędkość wynosiła 12,1 (1,0) km/h (10,5-13,5 km/h), maksymalna częstość skurczów serca – 200 (5) uderzeń na minutę (193-205), stężenie mleczanu we krwi – 9,8 (2,5) mmol/l (8,1-13,5), a postrzegany wysiłek – 9,7 (0,5) punktów w skali Borga (9-10) (Isacco i wsp. 2017).

Aby wykonać elementy techniczne w aerobiku gimnastycznym, konieczny jest wysoki poziom mocy kończyn dolnych (Puiu i Dragomir, 2020). Owa właściwość jest istotna także w gimnastyce sportowej. Gimnastycy sportowi, bez względu na etap szkolenia sportowego, charakteryzują się wyższym poziomem mocy względnej w porównaniu z nietreningującą grupą kontrolną. Badania Niespodzińskiego i wsp. (2021) wykazały, że różnica ta wynosi 9%. Dodatkowo badani sportowcy uzyskiwali o 21,5% większą wysokość względną skoku w teście CMJ, w porównaniu do grupy kontrolnej. Coraz wyższe wartości obu wspomnianych zmiennych (mocy oraz wysokości względnej) obserwowano w kolejnych grupach wiekowych, co wskazuje na istotny wpływ treningu gimnastycznego, wykazany w przeprowadzonej analizie wariancji (Niespodziński i wsp. 2021).

Moc kończyn dolnych czy parametry określające skoczność były często brane pod uwagę w badaniach prowadzonych na gimnastyczkach. Donti i wsp. (2014) przebadali gimnastyczki sportowe w średnim wieku 18,1 lat. Okazuje się, że w teście CMJ (countermovement jump) ich moc względna wynosiła 40,0 W/kg, a wysokość lotu 29,5 cm (Donti i wsp. 2014). Z kolei przebadane przez powyższych autorów gimnastyczki artystyczne (średni wiek – 18,6 lat) charakteryzowały się mocą względną na poziomie 33,0 W/kg i wysokością lotu 24,0 cm (Donti i wsp. 2014). Di Cagno i wsp. (2009) prowadzili badania wśród gimnastyczek artystycznych (średni wiek – 22 lata), w których posłużono się testami CMJ oraz SJ (squat jump). Wysokość lotu, zarówno w pierwszym, jak i drugim teście wynosiła 25 cm (Di Cagno i wsp. 2009). Powyższy parametr był często wykorzystywany także w innych badaniach, w których gimnastyczki artystyczne (średni wiek – 14,7 lat) uzyskiwały 27,0 cm (elita) i 29,0 cm (niższy poziom sportowy) (Di Cagno i wsp. 2008). Młodsze gimnastyczki (średni wiek – 9 lat) w teście CMJ prezentowały wysokość lotu na poziomie 21,3 cm (wyższy poziom sportowy) oraz 21,0 cm (niższy poziom sportowy). Badacze określili także wysokość lotu w teście DJ (drop jump), w którym zawodniczki uzyskiwały 22,3 cm (wyższy poziom sportowy) oraz 21,6 cm (niższy poziom sportowy) (Donti i wsp. 2016). Z kolei gimnastyczki sportowe (9-10 lat)

prezentowały wysokość lotu w teście CMJ na poziomie 25,4 cm (wyższy poziom sportowy, elita) oraz 25,0 cm (niższy poziom sportowy) (Vandorpe i wsp., 2012).

Salonia i wsp. (2004) przebadali 60 gimnastyczek w wieku 10-11 lat w celu określenia związków między siłą eksplozywną kończyn górnych a klasą sportową. Zastosowano test rzutu piłką lekarską (ważącą 2,72 kg) w przód zza głowy (FMBT) oraz w tył znad głowy (BOMBt). Zawodniczki charakteryzujące się wyższym poziomem sportowym uzyskiwały wyższe wyniki w teście FMBT (4,35 m) niż zawodniczki o niższym poziomie sportowym (3,70 m). Natomiast w teście BOMBt pierwsza grupa otrzymywała niższe rezultaty (3,55 m) w porównaniu z drugą grupą (4,10 m). Średnia dla obu grup w teście FMBT wynosiła 4,03 m, a w teście BOMBt 3,53 m. Wyniki nie wykazały istotnego związku między siłą eksplozywną górnej części ciała a rodzajem testu, wiekiem i poziomem sportowym (Salonia i wsp. 2004).

Jak się okazuje, trening aerobiku gimnastycznego może również oddziaływać na komponenty sprawności fizycznej. Z badań wynika, że wpływa on na wskaźniki rozwoju motorycznego: siłę mięśni brzucha, grzbietu i ramion oraz równowagę statyczną (Zaharia, 2014). Ponadto udowodnionym efektem treningu aerobiku gimnastycznego jest obniżenie tętna spoczynkowego i wysiłkowego, a także ciśnienia skurczowego (Tibenska i wsp. 2010).

### 1.5.3. Sprawność funkcjonalna

Sprawność funkcjonalna kojarzona jest głównie z optymalnym i prawidłowym funkcjonowaniem ciała, co może zostać zakłócone wskutek wielokrotnego powtarzania czynności sportowej lub niedostatecznej mobilności i stabilności. W efekcie mogą pojawić się kompensacje ruchowe, dysbalans mięśniowy, a nawet - zmiany postawy ciała. W testach sprawności funkcjonalnej nacisk stawiany jest na identyfikację „najsłabszych ogniw”, wskazanie deficytów funkcjonalnych, ograniczeń i asymetrii, co w konsekwencji ma na celu zmniejszenie ryzyka urazów (Cook i wsp. 2010).

Kyselovičová i wsp. (2023) określili i porównali równowagę dynamiczną (mierzoną za pomocą testu funkcjonalnego Y Balance Test - YBT) oraz izokinetyczną siłę mięśniową podczas zginania i wyprostu stawu kolanowego przy różnych prędkościach kątowych ( $60^\circ/s$ ,  $180^\circ/s$  i  $300^\circ/s$ ) elity przedstawicielek różnych sportów gimnastycznych: gimnastyki sportowej ( $n=5$ ), gimnastyki artystycznej ( $n=6$ ) oraz aerobiku gimnastycznego ( $n=7$ ). Okazuje się, że badane grupy zawodniczek różnią się znacząco pod kątem wyników osiągniętych w teście równowagi dynamicznej dla kończyny dolnej dominującej i niedominującej. Wykazano również istotne różnice pod względem średniej mocy wytwarzanej podczas wyprostu i zgięcia stawu kolanowego przy prędkości  $60^\circ/s$ ,  $180^\circ/s$  i  $300^\circ/s$  ( $p<0,05$ ). Ponadto u zawodniczek aerobiku gimnastycznego zaobserwowano istotną zależność między łącznym wynikiem równowagi dynamicznej kończyny dolnej dominującej a izokinetyczną siłą kończyny dolnej dominującej podczas wyprostu stawu kolanowego przy prędkości  $60^\circ/s$  ( $r=0,54$ ),  $180^\circ/s$  ( $r=0,87$ ) i  $300^\circ/s$  ( $r=0,84$ ) – podczas gdy u zawodniczek gimnastyki sportowej i artystycznej taki związek wykazano tylko przy prędkości  $60^\circ/s$ . Autorki zauważyły, że podczas gdy specyficzne elementy we wszystkich trzech dyscyplinach wymagają zarówno utrzymania równowagi dynamicznej w niestabilnych warunkach, jak i siły kończyn dolnych podczas skoków i lądowań, to w aerobiku gimnastycznym dodatkowo należy wygenerować dużą siłę w krótkim czasie. W związku z tym trening tych sportowców powinien być ukierunkowany na poprawę siły mięśniowej i szybkości (mocy), gdyż oba czynniki rzutują na równowagę dynamiczną (Kyselovičová i wsp. 2023).

Aleksić-Veljković i wsp. (2014) zbadali różnice między gimnastyczkami sportowymi pod kątem zdolności równowagi (również w ćwiczeniach specjalnych na równoważni). Badane zostały podzielone na 2 grupy ze względu na wiek: grupa pierwsza, licząca 22 osoby ( $9,0\pm 1,1$  lat, wysokość ciała  $136,0\pm 7,6$  cm, masa ciała  $30,8\pm 4,3$  kg) oraz grupa druga, licząca 26 osób

(12,1±0,6 lat, wysokość ciała 146,0±7,0 cm, masa ciała 36,9±6,6 kg). Zastosowano testy równowagi statycznej (obunóż, jednonóż oraz w pozycji wykroczo-zakroczonej), testy równowagi specjalnej (waga, stanie na rękach na równoważni), równowagi dynamicznej (Y Balance Test dolnego kwadrantu – YBT-LQ), równowagi dynamicznej specjalnej (obrót o 360°, skok z obrotem o 180° i przerzut bokiem na równoważni). Wykazano istotne statystycznie różnice między grupami w teście równowagi statycznej (jednonóż), równowagi statycznej specjalnej (stanie na rękach na równoważni) oraz równowagi dynamicznej specjalnej (2 przerzuty bokiem na równoważni). Grupa młodsza w teście równowagi dynamicznej (Y Balance Test) uzyskiwała wynik 79,09±6,01% dla prawej kończyny dolnej oraz 80,96±7,04% dla lewej kończyny dolnej. Z kolei grupa starsza osiągała następujące rezultaty: 80,89±4,88% dla prawej kończyny dolnej oraz 80,16±5,0% dla lewej kończyny dolnej. Nie zaobserwowano w tym przypadku znaczących różnic. Uzyskane wyniki sugerują, że starsze gimnastyczki osiągają lepsze rezultaty w trudniejszych testach specjalnych, czyli zdolność równowagi jest związana z wiekiem zawodniczek (Aleksić-Veljković i wsp. 2014).

Zdaniem Mendez-Rebolledo i wsp. (2022) równowaga jest wysoce pożądaną zdolnością motoryczną w gimnastyce sportowej, dlatego autorzy postanowili sprawdzić, jaki rodzaj treningu może poprawiać ową zmienną. W tym celu porównano wpływ 3 rodzajów treningu (CONV - konwencjonalny trening gimnastyki sportowej, SEBT – trening Star Excursion Balance Test oraz NM - trening nerwowo-mięśniowy). Przebadano 33 gimnastyczki sportowe, które zostały losowo przydzielone do grup: CONV (n=11; 13,0±1,5 lat), SEBT (N=11; 13,1±1,2 lat), NM (N=11; 13,7±1,6 lat). Wyniki uzyskane przez badane z poszczególnych grup dla kończyny dolnej dominującej przedstawiały się następująco: CONV przed 95,1±7,1% i po 98,3±9,6%; SEBT przed 88,0±5,7% i po 96,0±9,1%; NM przed 90,7±8,6% i po 106,9±6,6%. Z kolei dla kończyny dolnej niedominującej: CONV przed 97,1±9,6% i po 102,0±11,9%; SEBT przed 89,1±5,7% i po 96,6±11,0%; NM przed 91,3±6,8% i po 104,5±11,6%. Po 8-tygodniowej interwencji (treningi 2 razy w tygodniu) zaobserwowano istotne różnice po zastosowaniu treningu SEBT w kierunku posteromedial (p=0,0003; % zmiana=13,4), a także po treningu NM w kierunku anterior (p=0,0001; % zmiana=23,9), posteromedial (p=0,0001; % zmiana=23,1) i wyniku kompozytowym – łącznym (p=0,0001; % zmiana=17,8), mierzonymi testem YBT-LQ. Ponadto trening NM powodował istotne statystycznie różnice w porównaniu z treningiem CONV w kierunku posteromedial (p=0,0001; % zmiana=14,0) i SEBT (p=0,0001; % zmiana=12,8). Wykazano również istotne różnice po treningu NM w porównaniu z treningiem

CONV ( $p=0,0392$ ; % zmiana=8,8) i SEBT ( $p=0,0065$ ; % zmiana=11,3), biorąc pod uwagę wynik kompozytowy. Uzyskane rezultaty pozwoliły stwierdzić, że trening nerwowo-mięśniowy powoduje istotną poprawę w zakresie zdolności równowagi, w porównaniu z treningiem konwencjonalnym i SEBT u kobiet trenujących gimnastykę sportową (Mendez-Rebolledo i wsp. 2022).

Niewielu autorów podjęło się określenia równowagi dynamicznej górnej części ciała w dyscyplinach gimnastycznych. Beyranvand i wsp. (2017) ocenili i porównali stabilność funkcjonalną kończyn górnych u gimnastyków sportowych bez wad postawy ( $n=15$ ;  $10,47\pm 1,12$  lat) oraz z plecami okrągłymi ( $n=15$ ;  $10,27\pm 0,96$  lat). W tym celu zastosowano Y Balance Test górnego kwadrantu (YBT-UQ), biorąc pod uwagę wynik łączny oraz w 3 kierunkach: medial, inferolateral i superolateral. Wyniki gimnastyków bez wad postawy przedstawiały się następująco dla kończyny górnej dominującej: wynik kompozytowy  $83,80\pm 2,52\%$ ; medial  $94,73\pm 2,40\%$ ; inferolateral  $85,07\pm 2,52\%$ ; superolateral  $71,60\pm 3,29\%$ . Natomiast dla kończyny górnej niedominującej: wynik kompozytowy  $84,37\pm 2,49\%$ ; medial  $95,27\pm 2,57\%$ ; inferolateral  $85,73\pm 3,73\%$ ; superolateral  $72,13\pm 3,11\%$ . Gimnastycy z plecami okrągłymi osiągnęli następujące rezultaty kończyną górną dominującą: wynik kompozytowy  $81,15\pm 3,54\%$ ; medial  $92,13\pm 3,42\%$ ; inferolateral  $82,80\pm 3,36\%$ ; superolateral  $68,53\pm 4,05\%$ . Z kolei kończyną górną niedominującą: Wynik kompozytowy  $81,62\pm 2,32\%$ ; medial  $92,67\pm 2,49\%$ ; inferolateral  $83,13\pm 3,09\%$ ; superolateral  $69,07\pm 3,63\%$ . Uzyskane wyniki nie wykazały znaczących różnic w stabilności funkcjonalnej kończyn górnych między kończyną górną dominującą i niedominującą. Okazało się również, że równowaga dynamiczna górnego kwadrantu jest istotnie wyższa w grupie bez wad postawy w porównaniu z grupą o plecach zaokrąglonych (Beyranvand i wsp. 2017).

Taniec, podobnie jak aerobik sportowy, wymaga integracji i synergii pomiędzy ruchem, stabilnością postawy i ułożeniem ciała, aby skutecznie realizować techniczne i estetyczne założenia układów. Negatywny wpływ na sportowe i techniczne aspekty występów tanecznych mogą mieć dysfunkcje ruchowe, które z kolei są możliwe do zidentyfikowania dzięki ocenie kompetencji ruchowych (jakości wzorców ruchowych) i równowagi dynamicznej. Powyższe badania mogą być pomocne w doskonaleniu technicznym, poprawie wyników, a w końcu – redukcji urazów (Misegades i wsp. 2020). Misegades i wsp. (2020) postanowili ocenić wspomniane zmienne przy użyciu testu Functional Movement Screen (FMS) i testu Y Balance

dolnego kwadrantu (YBT-LQ) oraz określić zależności między nimi w grupie 15 kobiet, należących do klasy baletowej (19,1±1,18 lat). Badania wykazały, że tancerki uzyskiwały średnio 15,32±2,30 punktów (9-18) w teście FMS, natomiast wynik kompozytowy YBT wyniósł 86,62±8,17%. Asymetria odległości uzyskanej w poszczególnych kierunkach wynosiła: 3,25±3,53 cm (anterior), 4,06±3,59 cm (posteromedial) i 3,28±2,61 cm (posterolateral). Łączny wynik FMS™ nie był istotnie skorelowany z wynikiem kompozytowym YBT-LQ ( $r=0,44$ ,  $p=0,10$ ). Zebrane rezultaty wskazują, że FMS i YBT nie oceniają tych samych konstruktów, dlatego zalecane jest ich łączne wykorzystanie w programach zarządzania ryzykiem urazów wśród tancerzy (Misegades i wsp. 2020).

Jak zauważają Coogan i wsp. (2020) taniec wymaga dużego wysiłku fizycznego, a 50-85% tancerzy doznaje urazów (zwykle kończyn dolnych) podczas tylko jednego sezonu występów. W celu wykrycia i określenia dysfunkcji łańcucha kinetycznego, często stosowany jest test Functional Movement Screen™ (FMS™). Autorzy postanowili zastosować powyższe narzędzie w celu sprawdzenia czy uzyskane wyniki mogą przewidzieć ryzyko wystąpienia kontuzji u 43 tancerzy (34 kobiet i 9 mężczyzn) w średnim wieku 18,3±0,7 lat (wysokość ciała 163,9±7,3cm; masa ciała 60,8±8,1kg). Badana grupa uzyskiwała średnio 16,2±0,7 punktów (z 21 możliwych), a wyniki mieściły się w zakresie od 11 do 19 punktów. Dwudziestu tancerzy doznało kontuzji, a liczba urazów wynosiła 55. Okazało się, że w tym przypadku rezultaty testu FMS nie przewidywały wystarczająco ryzyka wystąpienia urazów (Coogan i wsp. 2020).

Armstrong i wsp. 2017 podjęli się określenia, czy zmęczenie wywołane specyficznym dla tańca testem sprawności aerobowej (DAFT) może powodować zmiany w rezultatach testu FMS, co może wpływać na wydajność i ryzyko urazów. Przebadano 33 tancerki (19,71±0,94 lat) i 8 tancerzy (21,03±2,11 lat). Rejestrowano także częstość skurczów serca oraz subiektywne odczuwanie zmęczenia (RPE) w skali Borga. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że na skutek zastosowania testu DAFT łączny rezultat testu FMS (15,39±1,86 punktów) był istotnie niższy ( $p\leq 0,01$ ) od tego, uzyskanego przed wykonaniem ćwiczenia (16,83±1,83 punktów) – o 8,56%. Wynika z tego, że zmęczenie wpływa na pogorszenie jakości wzorców ruchowych i może zwiększać ryzyko urazów wśród tancerzy (Armstrong i wsp. 2017).

#### 1.5.4. Charakterystyka psychologiczna

Jak wskazuje Gracz (2015) wiedza psychologiczna wykorzystywana na użytek sportu jest koniecznym uzupełnieniem procesu nauczania i treningu, opierającego się na prawidłowościach, wynikających z nauk związanych z teorią sportu (Gracz, 2015).

Sportowiec może najlepiej przystosować się do konkretnej sytuacji i umiejętnie ją modyfikować dzięki właściwościom psychicznym. Na tle wymogów (maksymalizacji działania, długotrwałego treningu, współzawodnictwa, aktywności ruchowej, społecznego odbioru) do istotnych właściwości psychicznych zalicza się: właściwości temperamentu (określa m.in. rodzaj regulacji czynności psychomotorycznych w sytuacjach sportowych, takich jak trening i zawody), procesy emocjonalne (determinują skuteczność podczas współzawodnictwa), a także motywację (wyrażana silnym, stałym dążeniem do maksymalizacji rezultatów) (Gracz, 2015). Charakterystyka psychiczna, obok cech somatycznych i zdolności motorycznych, wpływa na technikę w aerobiku sportowym. Z kolei technika stanowi kryterium oceny wyszkolenia zawodnika (Brańska 2002).

Celem badań Shepelenko (2017) było sprawdzenie integralnych technologii w treningu psychofizycznym zawodników aerobiku gimnastycznego. W badaniach uczestniczyło łącznie 46 zawodniczek (24 stanowiło grupę eksperymentalną, a 22 grupę kontrolną) oraz 19 zawodników (9 w grupie eksperymentalnej i 10 w grupie kontrolnej). Zaobserwowano pozytywny wpływ treningu psychofizycznego, polegającego na realizacji dedykowanych zestawów ćwiczeń wraz z treningiem wyobrażeniowym charakteru ruchów, na efektywność i wyniki sportowe. Przed eksperymentem grupy kontrolna i eksperymentalna nie różniły się od siebie, natomiast po wdrożeniu eksperymentalnego programu treningowego, wykazano istotne statystycznie różnice ( $p < 0,05$ ). Autorka podsumowuje, że tego typu trening powinien zostać włączony do programu szkolenia zawodników, trenujących omawianą dyscyplinę. Shepelenko (2017) ponadto zauważa, że przygotowanie psychofizyczne zawodników stanowi wyzwanie, ponieważ aerobik gimnastyczny to nie tylko dyscyplina sportowa (złożona, związana z emocjami), ale to także sztuka, która wymaga odzwierciedlenia w układach startowych emocjonalnych wątków fabularnych. Istotne jest doskonalenie zdolności zawodników do przekazywania poprzez ruchy różnorodnych obrazów, a powodzenie w owym sporcie w dużej mierze jest zależne od umiejętności przekazania, oprócz ogólnej struktury ruchy, także tematu przewodniego pokazu (Shepelenko, 2017).

Dobrescu (2013) eksperymentalnie określiła profil psychologiczny zespołu zawodniczek aerobiku gimnastycznego Uniwersytetu "Vasile Alecsandri" w Bacau. Badaniom poddano 10 osób w wieku od 18 do 22 lat. Podczas eksperymentu wskazano istotne elementy użytecznego modelu i ważne wskaźniki w selekcji studentek. Jak twierdzi autorka, komponenty modelu psychologicznego są istotne z punktu widzenia rzutowania na model mistrzowski, który obejmuje: temperament, cechy osobowości, uwagę, koncentrację. Przytoczone komponenty stanowiły bazę wyjściową w doborze instrumentów do badania (w połączeniu ze specyfiką omawianej dyscypliny). Ocena statystyczno-matematyczna pozwoliła na opracowanie profilu, określonego przez zdolność koncentracji, podzielność uwagi, wytrzymałość na zmęczenie psychiczne, wizualną kreatywność, a także iloraz inteligencji. Koncentracja uwagi oraz odporność na zmęczenie psychiczne świadczyły o zaangażowaniu w przyswajanie elementów i treści technicznych, kreatywność wizualna – o twórczych zdolnościach i zaangażowaniu w komponowanie kroków w blokach choreograficznych (Dobrescu, 2013). O znaczeniu wysokiego poziomu zdolności koncentracji, potrzebnej do kontynuowania specyficznego, intensywnego wysiłku podczas całego układu startowego pisali także Puiu i Dragomir (2020).

Temperament, zgodnie z Regulacyjną Teorią Temperamentu, rozumiany jest jako pierwotnie biologicznie uwarunkowane i względnie stałe cechy organizmu, które przejawiają się w formalnych (czasowych i energetycznych) cechach zachowania (Strelau 1998; Strelau 2006; Cyniak-Cieciura i wsp. 2018), i jest silnie związany z właściwościami układu nerwowego, a w literaturze można znaleźć doniesienia o powiązaniu sukcesu sportowego oraz niektórych procesów neuropsychicznych, w tym wspomnianej zmiennej (Gracz, 2015).



## 1.6. Determinanty wyniku sportowego

Wiadomym jest, że pewne cechy somatyczne, zdolności motoryczne i dyspozycje psychiczne mogą wpływać na wynik sportowy w różnych dyscyplinach (Di Cagno i wsp. 2009). Nie znaleziono jednak doniesień na temat czynników związanych z wynikami czy poziomem sportowym w aerobiku sportowym. W związku z powyższym przegląd piśmiennictwa w niniejszym podrozdziale oparto w całości o badania w dyscyplinach pokrewnych.

Fragoso i wsp. (2004) zbadali 32 zawodniczki aerobiku gimnastycznego (rywalizujące na poziomie krajowym i międzynarodowym), aby dokonać oceny wpływu czynników morfologicznych, motorycznych i psychologicznych na rezultaty sportowe. Okazało się, że aż 74% zmienności wartości trudności układów zostało wyjaśnione przez wiek dojrzewania, gibkość (szpagaty wykonywane dominującą kończyną dolną), siłę eksplozywną, fałdy skórno-tłuszczowe na klatce piersiowej i udzie. Z kolei 77% zmienności oceny artystycznej wyjaśniały: gibkość, szerokość stawu skokowego, siła mięśni odcinka lędźwiowego, fałdy skórno-tłuszczowe brzucha oraz siła mięśni grzbietu (Fragoso i wsp. 2004). W pozostałych pracach naukowych, traktujących o aerobiku gimnastycznym, dokonano korelacji pojedynczego parametru z poziomem sportowym (Han i wsp. 2014; Abalo-Núñez i wsp. 2018).

Badania Hana i wsp. (2014) wykazały, że w grupie sportowców różnych dyscyplin, w tym także aerobiku gimnastycznego, propriocepcja stawu skokowego była istotnie skorelowana z uzyskanym poziomem rywalizacji sportowej, ale nie z czasem trwania treningu specjalnego (mierzonym w latach). Ponadto ocena propriocepcji stawu skokowego ( $p=0,001$ ) i lata treningu specjalnego ( $p=0,009$ ) były dwoma istotnymi predyktorami w równaniu, które mogło z powodzeniem sklasyfikować 80% sportowców jako elitarnych bądź rywalizujących na niższym poziomie, co podkreśla znaczenie owego parametru w osiąganiu sukcesu sportowego (Han i wsp. 2014). Z kolei Abalo-Núñez i wsp. (2018) wykazali, że z poziomem sportowym w aerobiku gimnastycznym istotnie skorelowane były globalne obciążenie treningowe – wyższy poziom sportowy odpowiadał większej liczbie dni treningowych.

Nieco szerszymi badaniami w kontekście liczby parametrów branych pod uwagę w analizie były te przeprowadzone przez Tibenską i Medekową (2014). Okazało się, że młodocieni zawodnicy aerobiku gimnastycznego, charakteryzujący się niższymi wartościami wysokości i masy ciała, BMI, zawartości tkanki tłuszczowej oraz beztłuszczowej masy ciała, a także wyższymi rezultatami w testach sprawności fizycznej (ugięcia tułowia z leżenia tyłem,

podciąganie na drążku, ugięcia ramion w podporze, bieg wahadłowy 4x10 m), z reguły uzyskiwali lepsze wyniki podczas rywalizacji sportowej (Tibenska i Medekova, 2014).

Okazuje się, że charakterystykami pomocnymi w rozróżnianiu gimnastyczek artystycznych pod kątem wyników sportowych są gibkość oraz skład ciała. Dodatkowo sprawność fizyczna na niższym poziomie sportowym zdaje się mieć większy wpływ na wynik techniczny w owej dyscyplinie (Donti i wsp. 2016). Gibkość kończyn dolnych (wyprost kończyny dolnej do boku), zawartość tkanki tłuszczowej i wytrzymałość siłowa kończyn górnych (ugięcia ramion w podporze) stanowiły znaczną część (62,9%) wariacji wyniku technicznego wśród osób, które nie zakwalifikowały się do finału. Natomiast wśród osób, które uzyskały takową kwalifikację, gibkość kończyn dolnych (wyprost kończyny dolnej do boku) i gibkość kręgosłupa stanowiły 37,3% wariacji oceny technicznej. Wynika z tego, iż sprawność fizyczna zdaje się odgrywać większą rolę na niższym poziomie sportowym (Donti i wsp. 2016).

Wybrane cechy somatyczne, moc aerobowa, gibkość i siła eksplozywna są ważnymi wyznacznikami wysokiej wydajności w gimnastyce artystycznej według Doudy i wsp. (2008). Komponent somatyczny wyjaśnił 45% całkowitej wariacji w wydajności, gibkość - 12,1%, siła eksplozywna - 9,2%, wydolność tlenowa - 7,4%, wymiary ciała - 6,8% i metabolizm beztlenowy - 4,6%. Składowe somatyczne ( $r=0,50$ ) i wydolność aerobowa ( $r=0,49$ ) były istotnie skorelowane z wynikami ( $p<0,01$ ). Gdy w przypadku elity gimnastyczek zastosowano model regresji wielokrotnej, 92,5% wariacji zostało wyjaśnione przez  $VO_2max$  (58,9%), rozpiętość ramion (12%), obwód uda (13,1%) i masę ciała (8,5%). Owe odkrycia mogą mieć praktyczne implikacje dla treningu i identyfikacji talentów w gimnastyce artystycznej (Douda i wsp. 2008).

Di Cagno i wsp. (2009) zbadali udział charakterystyk somatycznych i zdolności motorycznych na sprawność specjalną gimnastyczek artystycznych. W przypadku czasu lotu w skoku szpagatowym zawartość tkanki tłuszczowej wyjaśniała 47,2% wariacji, a stosunek wysokości siedzeniowej do wysokości ciała (SHSR) - 17,3%. Rozpatrując z kolei predyktory czasu lotu w skoku Cossack: tkanka tłuszczowa wyjaśniała 38,8%, a SHSR - 36,7%. Czas kontaktu z podłożem w podskokach (hopping test) został wyjaśniony przez 54% SHSR. Wśród kobiet żaden z powyższych parametrów nie okazał się być istotną determinantą skoków gimnastycznych. Wynika z tego, iż niski poziom zawartości tkanki tłuszczowej i niewielki stosunek wysokości siedzeniowej do wysokości ciała, a także wysokie wartości beztłuszczowej masy ciała i długości kończyn dolnych są pożądanymi parametrami by osiągać wysokie wyniki sportowe w gimnastyce artystycznej (Di Cagno i wsp. 2009).

W swoich badaniach Miletić i wsp. (2004) również podjęli próbę określenia udziału czynników motorycznych i morfologicznych w wykonywaniu podstawowych elementów w gimnastyce artystycznej. Gibkość, siła eksplozywna i zawartość tkanki tłuszczowej wyjaśniały 41% skoków, rotacji, elementów wymagających równowagi i gibkości. Natomiast częstotliwość ruchów i zawartość beztłuszczowej masy ciała wyjaśniały 26% wykonania elementów wymagających manipulacji przyrządem, typowych w owej dyscyplinie. Zgodnie z wynikami badań proces treningowy w gimnastyce artystycznej powinien być tak zaprogramowany, aby akcentował rozwój gibkości, siły eksplozywnej, szybkości, siły stawów obwodowych i redukcję tkanki tłuszczowej (Miletić i wsp. 2004).

Wyniki sportowe w gimnastyce artystycznej (wyrażone jako poziom sportowy i średni rezultat z 4 zawodów), jak dowiedli Hume i wsp. (1993), były najbardziej związane ze skumulowanym i aktualnym czasem poświęcanym na trening ( $r=0,84-0,53$ ). W dalszej kolejności z: wiekiem, masą ciała szczupłego, gibkością, mocą kończyn dolnych, sprawnością wzrokowo-ruchową ( $r=0,69-0,29$ ), a także demokratyczną postawą trenera ( $r=0,41-0,28$ ) (Hume i wsp. 1993).

Zdaniem niektórych badaczy różne zdolności w grupie gimnastyczek artystycznych korelują znacząco z każdą z trzech ocen sędziowskich i z całkowitym wynikiem wieloboju w każdej grupie wiekowej. Wśród najmłodszych sportowców koordynacja oko-ręka, czas reakcji (całego ciała) i głęboka percepcja wyjaśniały 40% umiejętności wieloboju. W najstarszej grupie równowaga dynamiczna, kinestezja i głęboka percepcja wyjaśniały 56% umiejętności wieloboju (Kioumourtzoglou i wsp. 1998).

Najistotniejszymi czynnikami wpływającymi na wyniki sportowe w grupie 13-14-letnich gimnastyczek artystycznych były: siła eksplozywna ( $r=0,819$ ), wytrzymałość siłowa ( $r=0,794$ ), koordynacja ruchowa ( $r=0,756$ ) i całkowity wskaźnik sprawności fizycznej ( $r=0,840$ ) (Rutkauskaitė i Skarbalius, 2011). W starszej grupie zawodniczek (14-15 lat) na rezultaty sportowe oddziaływał czas przeznaczony na opanowanie układu konkursowego. Oprócz znaczenia ogólnej sprawności fizycznej, siły eksplozywnej i wytrzymałości siłowej, badania wykazały znaczenie możliwości aerobowych ( $r=0,704$ ) w kontekście wyników sportowych. Ponadto istotność parametrów somatycznych zwiększyła się w porównaniu z poprzednimi latami szkoleniowymi: wysokość ciała ( $r=-0,819$ ), masa ciała ( $r=-0,657$ ) i BMI ( $r=-0,836$ ) (Rutkauskaitė i Skarbalius, 2012).

Vandorpe i wsp. (2012) podjęli próbę zidentyfikowania bieżących charakterystyk gimnastyczek sportowych, które cechowałyby największą wartością predykcyjną sukcesu po 2 latach od testowania. Okazało się, że zmienne określające wydajność fizyczną nie były istotnie związane z rezultatami po upływie założonego czasu. Jednak wykazane istotne różnice między zawodniczkami prezentującymi odmienny poziom sportowy wskazują, że zmienne te mogą odróżniać utalentowane gimnastyczki od tych mniej utalentowanych – pierwsze z kolei były lepsze pod względem siły górnej części ciała, gibkości, szybkości i wytrzymałości (Vandorpe i wsp. 2012).

Umiarkowanie wysokie, istotne korelacje ( $p < 0,01$ ) obserwowano pomiędzy fałdami skórno-tłuszczowymi i endomorfią a wynikami sportowymi wśród gimnastyczek sportowych (od -0,38 do -0,60 dla dwugłowego ramienia i wyniku na równoważni, a także endomorfii i wyniku wieloboju, odpowiednio). Korelacje sugerują, że gimnastyczki z większą zawartością podskórnej tkanki tłuszczowej i większą endomorfią mają niższe rezultaty. Od 32% do 45% wariacji w wyniku sportowym może być wyjaśnione przez wymiary antropometryczne i/lub zmienne pochodne, ale endomorfia i wiek chronologiczny są najważniejszymi predyktorami (Claessens i wsp. 1999).

Jak wskazuje Arazi i wsp. (2013) zrozumienie czynników przyczyniających się do sukcesu sportowego jest jednym z wyzwań, przed którymi stoją zarówno trenerzy, jak i zawodnicy. Wiedza o znaczeniu poziomu i struktury zdolności motorycznych związanych z wynikiem sportowym może pomóc trenerom w jeszcze skuteczniejszym planowaniu szkolenia czy w identyfikacji utalentowanych, młodych sportowców (Kioumourtzoglou i wsp. 1998). Ponadto określenie owych związków może być użyteczne z punktu widzenia rozwijania tych atrybutów, które rzutują na wynik sportowy i zdaje się być również właściwą drogą do poprawy rezultatów oraz zmniejszenia występowania ewentualnych urazów (Hume i wsp. 1993). Na podstawie analizy dostępnego piśmiennictwa można określić, od czego zależy wynik sportowy w aerobiku gimnastycznym, gimnastyce sportowej czy gimnastyce artystycznej. Pomimo istniejących podobieństw pomiędzy przytoczonymi dyscyplinami a aerobikiem sportowym, należy zdawać sobie sprawę z istniejących różnic (wskazanych w rozdziale 1.2.). Każda z dyscyplin posiada swój unikalny charakter. Do chwili obecnej nie wiadomo, co wpływa na osiągnięte rezultaty w aerobiku sportowym – istnieje tutaj luka w doniesieniach naukowych, która stanowiła przyczynę podjęcia badań, mających na celu rozwiązanie powyższego problemu.

## 2. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze

### 2.1. Cel pracy

Celem pracy było zidentyfikowanie charakterystyk morfologicznych i funkcjonalnych związanych z osiąganym poziomem sportowym przez zawodniczki aerobiku sportowego.

Charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne obejmowały:

- budowę somatyczną;
- sprawność fizyczną;
- sprawność funkcjonalną;
- charakterystykę psychologiczną (temperament).

Ponadto - scharakteryzowanie wysiłku startowego w aerobiku sportowym.

### 2.2. Pytania badawcze

Aby zrealizować przyjęty cel pracy, sformułowane zostały następujące pytania badawcze:

1. Czy cechy budowy somatycznej różnicują zawodniczki aerobiku sportowego o różnym poziomie sportowym, a jeśli tak, to jakie to zmienne?
2. Czy zawodniczki aerobiku sportowego różnią się parametrami sprawności fizycznej w kontekście osiągniętych wyników, a jeśli tak, to jakie to parametry?
3. Czy badane różnią się parametrami sprawności funkcjonalnej w kontekście poziomu sportowego, a jeśli tak, to jakie to parametry?
4. Czy charakterystyka psychologiczna (temperament) różnicuje zawodniczki aerobiku sportowego pod względem poziomu sportowego?
5. Jak przedstawia się charakterystyka walki sportowej w badanej dyscyplinie i jaką odpowiedź funkcjonalną wywołuje u zawodniczek?

### 2.3. Hipotezy badawcze

Dokonany przegląd piśmiennictwa umożliwił postawienie następujących hipotez badawczych:

H1: Cechy budowy somatycznej istotnie różnicują zawodniczki aerobiku sportowego. Kobiety z niższymi wartościami tkanki tłuszczowej i wyższymi wartościami beztłuszczowej masy ciała osiągają wyższe wyniki sportowe.

H2: Zawodniczki aerobiku sportowego istotnie różnią się parametrami sprawności fizycznej. Badane prezentujące wyższy poziom sportowy charakteryzują się znacząco lepszą gibkością, mocą kończyn dolnych, siłą eksplozywną i wytrzymałością siłową kończyn górnych oraz wytrzymałością krążeniowo-oddechową w porównaniu do tych niżej sklasyfikowanych.

H3: Badane znacząco różnią się parametrami sprawności funkcjonalnej. Kobiety osiągające lepsze wyniki sportowe uzyskują wyższe wyniki równowagi dynamicznej kończyn dolnych.

H4: Charakterystyka psychologiczna (temperament) istotnie różnicuje zawodniczki aerobiku sportowego pod względem poziomu sportowego.

H5: Walka sportowa w omawianej dyscyplinie charakteryzuje się wysoką intensywnością, porównywalną z intensywnością wysiłku startowego w pokrewnych dyscyplinach sportowych.

### 3. Metodologia badań

#### 3.1. Podmiot i środowisko badań

Badaniami objęto grupę 25 kobiet w wieku od 19 do 28 lat (średnia  $21,8 \pm 2,1$ ), będących zawodniczkami aerobiku sportowego z sekcji klubów sportowych z całej Polski: Politechniki Warszawskiej, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Uniwersytetu Gdańskiego, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie. Minimalny staż treningowy wynosił rok, a maksymalny 6,5 roku. Badane trenowały średnio 2 razy w tygodniu po 3 godziny. Charakterystykę badanych zawodniczek przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Charakterystyka badanych zawodniczek.

zmienna	średnia $\pm$ SD	min-max
wiek [lata]	$21,8 \pm 2,1$	19-28
wysokość ciała [cm]	$162,6 \pm 6,1$	150-173,6
masa ciała [kg]	$57,3 \pm 5,4$	49,3-67,2
staż treningowy [lata]	$2,2 \pm 1,5$	1-6,5

*SD – odchylenie standardowe*

Dla realizacji przyjętych założeń zawodniczki podzielono na dwie grupy, biorąc pod uwagę ich poziom sportowy. Wynikał on z uzyskanych rezultatów podczas zawodów sportowych.

Badania odbyły się w obiektach Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu oraz obiektach wyżej wymienionych uczelni wyższych, w których działają sekcje aerobiku sportowego. W każdej z sekcji zbieranie danych, niezbędnych do realizacji celów niniejszej pracy, trwało 2 dni. Jeden dzień poświęcony został na rejestrację parametrów wysiłku startowego, a kolejny – przeprowadzenie pomiarów, prób i testów, służących określeniu charakterystyk morfologicznych i funkcjonalnych. Przed rozpoczęciem testowania została przeprowadzona wystandaryzowana rozgrzewka. Zespół badawczy składał się z przeszkolonych i doświadczonych osób.

Udział w badaniach był dobrowolny, wszystkie zawodniczki wyraziły na nie zgodę i nie miały przeciwwskazań lekarskich do udziału w nich. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (numer Uchwały 307/18).

### 3.2. Przedmiot badań

Przedmiot badań stanowiły charakterystyki morfofunkcjonalne, wybrane w oparciu o dokonaną analizę piśmiennictwa, na które składały się:

#### A. Budowa somatyczna

- wysokość i masa ciała;
- typ budowy ciała;
- proporcje budowy ciała;
- komponenty tkankowe masy ciała;

#### B. Sprawność fizyczna

- szybkość reakcji;
- szybkość w kompleksowych działaniach ruchowych;
- gibkość i zakres ruchomości;
- siła mięśniowa dłoni;
- siła eksplozywna kończyn górnych;
- moc kończyn dolnych;
- wytrzymałość siłowa mięśni kończyn górnych;
- wytrzymałość krążeniowo-oddechowa;

#### C. Sprawność funkcjonalna

- Równowaga dynamiczna dolnego kwadrantu;
- Równowaga dynamiczna górnego kwadrantu;
- Jakość wzorców ruchowych;

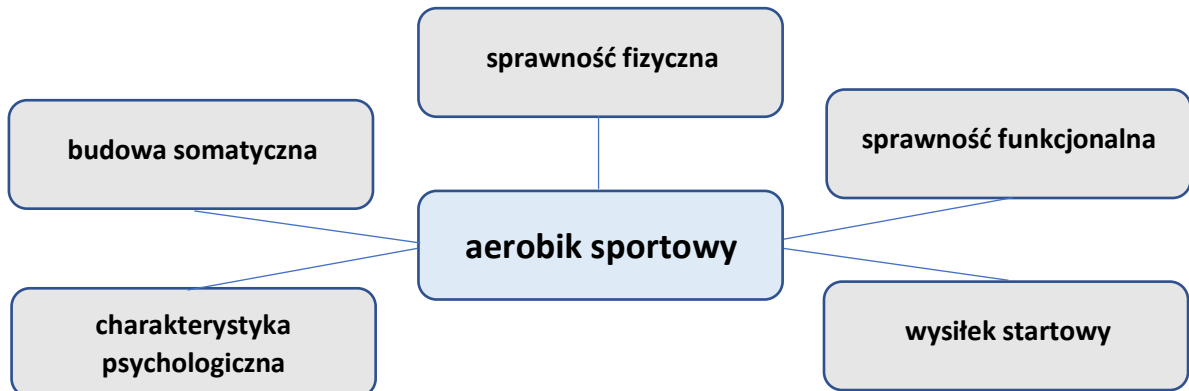
#### D. Charakterystyka psychologiczna - formalna charakterystyka zachowania



Aby w pełni scharakteryzować elementy modelu mistrzostwa sportowego w aerobiku sportowym (Sozański i wsp. 2015), podjęto się także określenia:

E. Charakterystyki walki sportowej – wysiłku startowego;

Przedmiot badań niniejszej pracy ilustruje rycina 1.



Rycina 1. Przedmiot badań nad modelem mistrzostwa w aerobiku sportowym.

### 3.3. Metody badawcze

W oparciu o dostępne i przedstawione wcześniej wyniki badań oraz o cechy charakterystyczne dyscypliny, jaką jest aerobik sportowy, skonstruowano wszechstronną baterię pomiarowo-testową w celu wyjaśnienia podjętego problemu badawczego.

#### 3.3.1. Budowa somatyczna

##### **Pomiary antropometryczne**

W celu scharakteryzowania budowy somatycznej zawodniczek wykonano pomiary antropometryczne, które obejmowały:

- wysokość ciała;
- masę ciała;
- wysokość siedzeniową;
- długość tułowia (sst-sy);
- długość kończyny dolnej (sy-B – tro-B);
- długość kończyny górnej (a-B – da-B);
- szerokość nasady łokciowej i kolanowej;
- szerokość barków (a-a);
- szerokość bioder (ic-ic);
- obwody ciała (ramię w spoczynku, talia, biodra, udo, podudzie);
- grubości fałdów skórno-tłuszczowych (łopatka, triceps, biodro, podudzie).

Pomiarów dokonano za pomocą antropometru, cyrkla liniowego, cyrkla kąłkowego dużego, taśmy centymetrowej i fałdomierza. Wymienione parametry posłużyły określeniu proporcji ciała poprzez obliczenie wskaźników somatycznych (Drozdowski, 1998) oraz scharakteryzowaniu typu budowy ciała. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami stosowanymi w antropometrii (Drozdowski, 1998; Łaska-Mierzejewska 1997).

##### **Proporcje budowy ciała**

Po wykonaniu pomiarów antropometrycznych określono proporcje budowy ciała. Obliczono je na podstawie następujących wskaźników somatycznych:

- Manouviera (długości kończyn):  $I = \frac{\text{wysokość ciała} - \text{wysokość siedzeniowa}}{\text{wysokość siedzeniowa}} \times 100$

- Smukłości:  $I = \frac{\text{wysokość ciała [cm]}}{\sqrt[3]{\text{masa ciała [kg]}}}$
- Tułowia:  $I = \frac{\text{długość tułowia}}{\text{wysokość ciała}} \times 100$
- Barków:  $I = \frac{\text{szerokość barków}}{\text{długość tułowia}} \times 100$
- Miednicy:  $I = \frac{\text{szerokość miednicy}}{\text{szerokość barków}} \times 100$
- WHR:  $I = \frac{\text{obwód talii}}{\text{obwód bioder}}$
- Długości kończyny górnej:  $I = \frac{\text{długość kończyny górnej}}{\text{wysokość ciała}} \times 100$
- Długości kończyny dolnej:  $I = \frac{\text{długość kończyny dolnej}}{\text{wysokość ciała}} \times 100$
- Wskaźnik międzykończynowy:  $I = \frac{\text{długość kończyny górnej}}{\text{długość kończyny dolnej}} \times 100$
- Wskaźnik barkowo-wzrostowy:  $I = \frac{\text{szerokość barków}}{\text{wysokość ciała}} \times 100$
- Wskaźnik biodrowo-wzrostowy:  $I = \frac{\text{szerokość bioder}}{\text{wysokość ciała}} \times 100$

(Drozdowski, 1998).

### Typ budowy ciała

Typ budowy ciała został określony na podstawie typologii Sheldona w modyfikacji Heath-Carter (1990). Powyższa typologia opiera się na występowaniu u każdego człowieka trzech podstawowych elementów budowy (w różnym nasileniu): endomorfii, mezomorfii oraz ektomorfii. Każdy z komponentów został oznaczony cyfrą – od 1 do 7. Endomorfia jest związana z dominacją układu trawiennego, okrągłymi kształtami ciała oraz względnym otluszczeniem. Mezomorfia jest związana z dominacją układu mięśniowo-szkieletowego. Skrajny mezomorf posiada atletyczną budowę ciała, ma silnie rozwinięty szkielet, umięśnienie

oraz tkankę łączną. Ektomorfia jest związana z przewagą smukłości i delikatności budowy. Skrajny ektomorf jest słabo umięśniony i otłuszczony (Drozdowski 1998; Heath-Carter 1990).

### **Komponenty tkankowe masy ciała**

Określenia komponentów tkankowych dokonano przy użyciu analizatora składu ciała TANITA model MC – 780 MA, wykorzystującego metodę analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). Urządzenie wraz z oprogramowaniem wygenerowało następujące parametry:

- masa ciała (kg);
- BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) (Body Mass Index – wskaźnik masy ciała);
- BMR (Basal Metabolic Rate – podstawowa przemiana materii);
- FAT% (Fat Percent – procent tkanki tłuszczowej);
- FAT (kg) (Fat Mass – masa tkanki tłuszczowej);
- FFM (kg) (Fat Free Mass – beztłuszczowa masa ciała);
- Masa mięśniowa (kg);
- TBW (%) (Total Body Water – całkowita zawartość wody w organizmie);
- VF (Visceral Fat – stopień wisceralnej tkanki tłuszczowej);
- Segmental Analysis (analiza segmentowa) – oznaczenie w/w parametrów w poszczególnych partiach ciała



Rycina 2. Analizator składu ciała Tanita MC – 780 MA

[źródło: <http://www.tanitapolska.pl/>]

Do powyższego badania zawodniczki podchodziły boso, w stroju sportowym, bez jakichkolwiek dodatków w postaci zegarków, biżuterii, i tym podobnych.

### **3.3.2. Sprawność fizyczna**

W celu określenia struktury sprawności fizycznej wykorzystano powszechnie stosowane metody i testy, których rzetelność oraz trafność zostały zweryfikowane (Wachowski i Strzelczyk, 1999; Osiński, 2003; Ljach i Witkowski, 2011; Zatoń i Jastrzębska, 2010).

#### **Szybkość reakcji prostej na sygnał świetlny**

Pomiaru szybkości reakcji prostej (czasu reakcji) na bodziec optyczny dokonano z wykorzystaniem elektronicznego licznika czasu – reakcjometru (konstrukcja AWF Poznań). Urządzenie 10-krotnie emitowało sygnał świetlny. Zadaniem badanego było jak najszybsze wciśnięcie przycisku, trzymanego w dłoni, po dostrzeżeniu owego sygnału. Badanie przeprowadzono w pozycji siedzącej (Ljach, Witkowski, 2011).

#### **Szybkość**

Do pomiaru szybkości (przejawianej w kompleksowych działaniach ruchowych) zastosowano 20-metrowy bieg ze startu wysokiego. Narzędziem pomiarowym były fotokomórki WITTY firmy Microgate (Witty, Microgate, Bolzano, Włochy), pozwalające na rejestrację wyników z dokładnością do 1/1000s. Zastosowana technologia w fotokomórkach WITTY sprawia, że mogą być wykorzystywane w terenie, halach sportowych, na lodowiskach czy boiskach treningowych (<http://microgatepolska.pl/sport-i-trening/sport-witty/sport-fotokomorki-witty/>). Każda z badanych wykonała łącznie trzy próby: jedną zapoznawczą oraz dwie właściwe. Do analizy wzięto wynik lepszy (Moeskops i wsp. 2021; Pion i wsp. 2015; Vandorpe i wsp. 2011; Vandorpe i wsp. 2012).



Rycina 3. Fotokomórki WITTY firmy Microgate

[Źródło: <http://www.microgate.it>]

Jak donosi Haines i wsp. (2016) sprint na odcinku 20 metrów charakteryzuje się wysoką rzetelnością i jest dobrym miernikiem wydajności u dorastających sportowców. Ponadto fotokomórki WITTY są powszechnie stosowanym narzędziem pomiarowym w teście biegu na 20 metrów ze startu wysokiego (Vandorpe i in., 2011; Pion i in., 2015; Vandorpe i in., 2012). W badaniach wykazano istotne korelacje między szybkością na odcinku 20m a parametrami CMJ (Talpey i wsp. 2016).

### **Gibkość (cm, °)**

Zdaniem López-Miñarro i Rodríguez-García (2010) testy „kątowe”, takie jak wznosy czy wyprosty kończyn dolnych, są zalecane do oceny gibkości grupy kulszowo-goleniowej. Z kolei testy skłonu w siadzie oraz w staniu powinny być stosowane w przypadku osób o umiarkowanej gibkości. W związku z powyższym zastosowano w niniejszych badaniach dwa rodzaje testów: funkcjonalne („kątowe”) i tzw. „terenowe”.

### **Testy funkcjonalne długości mięśni (tzw. testy „kątowe”)**

#### ***Pasywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej***

Osoba badana znajdowała się w pozycji leżenia tyłem o nogach wyprostowanych, natomiast osoba przeprowadzająca badanie podnosiła biernie kończynę dolną badanego (utrzymując wyprost w stawie kolanowym). Test ten był wykonywany do momentu, w którym wyczuwalny był opór tkankowy i/lub zauważalna była rotacja miednicy (Muyor i wsp. 2016).

Pasywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej jest przyjętą miarą kryterium do badania gibkości grupy kulszowo-goleniowej i stanowi najprawdopodobniej najczęstsze badanie kliniczne wykorzystywane właśnie w tym celu (Hartman i Looney, 2003).

### **Aktywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej**

Podobnie jak w poprzednim teście, osoba badana znajdowała się w pozycji leżenia tyłem o nogach wyprostowanych. Test polegał na wykonaniu przez zawodniczkę wznosu wyprostowanej kończyny dolnej tak wysoko, jak to możliwe, z jednoczesnym utrzymaniem wyprostowania w stawie kolanowym oraz bez wykonywania ruchu rotacji miednicy.

Zarówno w teście pasywnego, jak i aktywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej, badane wykonały każdą nogą po 3 powtórzenia w odstępach 10-sekundowych. Do analizy wzięto wynik lepszy (Ylinen i wsp. 2010).

Narzędziem pomiarowym był czujnik inercyjny GYKO (Microgate, Bolzano, Włochy), umieszczony na wysokości dystalnej części podudzia i informujący o zakresie ruchomości, wyrażonym w stopniach ( $^{\circ}$ ). GYKO to system inercyjny do analizowania ruchu całego ciała i jego segmentów. Wykorzystuje trójwymiarowy akcelerometr (do pomiaru przyspieszeń liniowych), żyroskop (do pomiaru prędkości kątowych) oraz magnetometr (do pomiaru zmian pola magnetycznego) (Lesinski i wsp. 2016). Dowiedziono, iż rzetelność i obiektywność aktywnych badań zakresu ruchomości może zostać ulepszona właśnie poprzez zastosowanie czujników inercyjnych (Schiefer i wsp. 2015).



Rycina 4. Czujnik inercyjny Gyko

[Źródło: <http://www.medicalexpo.it>]

## **Testy gibkości („terenowe”)**

### ***Skłon tułowia w przód w siadzie (sit-and-reach) (cm)***

W powyższym teście badana osoba przyjmowała pozycję siadu prostego o nogach złączonych, ze stopami opartymi płasko o podwyższenie, posiadające przymocowaną podziałkę centymetrową (punkt zero na linii stóp, wartości rosły w dół). Badana została poinstruowana, aby ułożyć na podwyższeniu obie dłonie (jedna na drugiej) i wykonać skłon w przód tak daleko, jak to możliwe, przesuwając dłonie po podwyższeniu z podziałką. Następnie odczytywano wartość, którą wskazywały opuszki palców. Test wykonano trzykrotnie, lepszy wynik wzięto do dalszych analiz (Muyor i wsp. 2016).

### ***Skłon tułowia w przód w staniu (forward stand-and-reach)***

Badana osoba stawiała bez obuwia na podwyższeniu (wysokość = 32 cm, długość = 35 cm, szerokość = 45 cm), do którego przymocowana była podziałka centymetrowa (punkt zero na linii stóp, wartości rosły w dół). Badana otrzymywała instrukcję, aby wykonać wznos ramion, a następnie możliwie głęboki skłon w przód, utrzymując stopy złączone i wyprostowane w stawach kolanowych kończyny dolne. Badana zaznaczała opuszkami palców możliwie najniższy punkt na przytwierdzonej podziałce. Badanie powtórzono trzykrotnie, a do analizy wzięto wynik lepszy (Ljach i Witkowski, 2011).

Wyniki wykazały wysoką rzetelność w teście skłonu w siadzie (typowy błąd 4,48%, zmiana 0,84% średniej, 0,95 ICC), skłonu w staniu (typowy błąd 5,89%, średnia zmiana 2,31%, 0,89 ICC) (Ayala i wsp. 2012), a obserwowana zmiana większa niż 6,72%, 7,55% i 5,59% dla każdego z kolei może wskazywać, że nastąpiła realna poprawa gibkości grupy kulszowo-goleniowej (Ayala i wsp. 2012).

### **Siła ręki (pomiar dynamometryczny)**

Siłę ręki określono za pomocą cyfrowego dynamometru ręcznego TAKEI (Takei, Japonia), który posiada możliwość dostosowania do wielkości dłoni badanej osoby. Badanie przeprowadzono zgodnie z opisem próby, podanej w teście Eurofit (1989).





Rycina 5. Dynamometr ręczny Takei

[Źródło: [www.mikropolis.pl](http://www.mikropolis.pl)]

Badana osoba znajdowała się w pozycji stojącej (kończyny dolne w niewielkim rozkroku), a rączkę dynamometru każdorazowo dostosowywano do indywidualnego rozmiaru dłoni zawodniczki tak, aby ściśle do niej przylegała. Badana kończyna górna była wyprostowana i ułożona wzdłuż ciała w taki sposób, by go nie dotykała (w pewnej, niewielkiej odległości od ciała). Wolna kończyna górna pozostała w pozycji swobodnej. W takim ułożeniu ciała następowało krótkie, maksymalne ściśnięcie dynamometru. Dwukrotnie przebadano obie kończyny górne, w kolejności: prawa ręka, lewa ręka, prawa ręka, lewa ręka. Do analizy wzięto wynik lepszy, wyrażony z dokładnością do 1/10 kg. Wyznaczono siłę absolutną oraz siłę względną dłoni, podobnie jak w badaniach Sterkowicz-Przybycień i wsp. (2019).

Jak wykazał w badaniach Walker i wsp. (2011), siła dłoni jest wskaźnikiem globalnej siły mięśniowej górnej części ciała z uwagi na istniejące między nimi związki. Powyższy test był wykorzystywany w wielu badaniach, także wśród gimnastek (Tsoukos i wsp. 2019; Sterkowicz-Przybycień i wsp. 2019; Walker i wsp. 2011) oraz zastosowano go podczas próby określania związków siły dłoni z wynikami sportowymi (Claessens i Lefevre, 1998; McGill i wsp. 2012).

### **Siła eksplozywna kończyn górnych**

W celu określenia siły eksplozywnej kończyn górnych posłużono się 3 testami rzutów piłką lekarską, ważącą 2 kg (Salonia i wsp. 2004; Mayhew i wsp. 2005; Hackett i wsp. 2018; Stockbrugger i Haennel, 2001). Zastosowano następujące warianty rzutów (testów):

- sprzed klatki piersiowej z pozycji siadu prostego (Salonia i wsp. 2004; Hackett i wsp. 2018);
- w przód zza głowy (przodem do kierunku rzutu) (Salonia i wsp. 2004);
- w tył znad głowy (tyłem do kierunku rzutu) (Salonia i wsp. 2004; Beckman i wsp. 2014).

### ***Rzut piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z pozycji siadu prostego***

Badana przyjmowała pozycję siadu prostego na podłodze (kończyny dolne wyprostowane w stawach kolanowych), z plecami i głową opartymi o ścianę. Piłka lekarska trzymana była na wysokości klatki piersiowej, po bokach i lekko z tyłu, a przedramiona znajdowały się równolegle do podłoża. Test polegał na wypchnięciu piłki sprzed klatki piersiowej tak, daleko jak to możliwe, z jednoczesnym utrzymaniem głowy, ramion i pleców w kontakcie ze ścianą. Kryterium stanowiła odległość rzutu (wyrażona w metrach, z dokładnością do 1/10 m). Test wykonano trzykrotnie, a pod uwagę wzięto wynik lepszy (Salonia i wsp. 2004; Hackett i wsp. 2018).

### ***Rzut piłką lekarską w przód zza głowy***

Test polegał na rzucie piłki lekarskiej tak daleko, jak to możliwe przodem w kierunku rzutu z pozycji stania. Badana stała za wyznaczoną linią ze stopami w niewielkim rozkroku, trzymając piłkę dłońmi umieszczonymi po bokach i lekko z tyłu. Rzut wykonywany był zza głowy, bez skoków czy dodatkowych kroków po wypuszczeniu piłki. Kryterium była odległość rzutu w metrach (z dokładnością do 1/10 m), mierzona za pomocą taśmy mierniczej. Test wykonano trzykrotnie, a pod uwagę został wzięty wynik lepszy (Gabbett i wsp. 2015; Ignjatovic i wsp. 2012; Salonia i wsp. 2004; Stöggli i wsp. 2015).

### ***Rzut piłką lekarską w tył znad głowy***

Z pozycji wyjściowej w staniu tyłem do kierunku rzutu (w niewielkim rozkroku), badana z wyprostowanymi kończynami górnymi trzymała piłkę lekarską. Następnie wykonała przysiad, obniżając piłkę do wysokości stawów kolanowych. W dalszej kolejności nastąpił energiczny wyprost w stawach skokowych, kolanowych i biodrowych ze wznosem ramion z piłką w celu wypuszczenia piłki za głowę tak daleko, jak to możliwe (nadając poziomy kierunek lotu w stosunku do podłoża). Odległość rzutu wyznaczono za pomocą taśmy mierniczej, pod uwagę wzięto wynik lepszy z 3 prób (Beckman i wsp. 2014; Mayhew i wsp. 2005; Salonia i wsp. 2004; Stockbrugger i Haennel, 2001).

Beckman i wsp. (2014) zalecają testy siły eksplozywnej/mocy kończyn górnych przy użyciu piłki lekarskiej, jeśli nie dysponuje się bardziej skomplikowanym sprzętem czy aparaturą. Wykazano wysoką rzetelność między próbami w teście rzutu piłki w tył z nad głowy na poziomie 0,996 i silną korelację (0,906) z wydajnością skoku CMJ (Beckman i wsp. 2014). Badania wskazują na dobrą zdolność przewidywania siły i mocy kończyn górnych rzutem sprzed klatki piersiowej (Hackett i in., 2018).

### **Moc kończyn dolnych**

Do oceny mocy kończyn dolnych, wynikającej z poziomu zdolności szybkościowo-siłowych, warunkujących z kolei skoczność, wykorzystano 3 testy:

#### ***Squat Jump (SJ) – wyskok dosiężny bez zamachu z pozycji półprzysiadu***

Badana osoba rozpoczynała test z pozycji wyprostowanej ze stopami rozstawionymi na szerokość bioder, a następnie wykonała zgięcie w stawach skokowych, kolanowych i biodrowych do pozycji półprzysiadu. Po około 3 sekundach zawodniczka miała za zadanie wykonać wyskok tak wysoko, jak to możliwe. Badane zostały poinstruowane by nie obniżać ponownie środka ciężkości, aby wyizolować fazę koncentryczną skoku (Glatthorn i wsp. 2011; Markovic i wsp. 2004).

#### ***Counter Movement Jump (CMJ) – wyskok dosiężny bez zamachu***

Test polegał na wykonaniu wyskoku pionowego bez zamachu, poprzedzonego obniżeniem środka ciężkości poprzez ugięcie kończyn dolnych w stawach kolanowych do wybranego przez badaną osobę kąta. Każda z badanych uzyskała informację, aby wyskoczyć tak wysoko, jak to możliwe (Talpey i wsp. 2016; Haines i wsp. 2016). Jak donoszą Booyesen i wsp. (2015) test Counter Movement Jump jest nieinwazyjną i trafną metodą oceny zdolności skocznościowych oraz siły eksplozywnej kończyn dolnych.

#### ***Drop Jump (DJ) – wyskok dosiężny bez zamachu po zeskoku***

Test ten polegał na wyskoku pionowym po wcześniejszym zeskoku z 30-centymetrowego podwyższenia (Flanagan i wsp. 2008). Każda z badanych została poinstruowana, aby wyskoczyć tak szybko i tak wysoko, jak to możliwe, pozostając jak najkrócej w kontakcie z podłożem (Beattie i Flanagan, 2015). Wykazano, iż parametry owego

skoku: wysokość, czas kontaktu z podłożem i indeks siły reaktywnej są wysoce rzetelne między pomiarami (Flanagan i wsp. 2008).

We wszystkich zastosowanych testach mocy kończyn dolnych ramiona były każdorazowo ułożone na biodrach, aby zminimalizować przemieszczenia lateralne i horyzontalne podczas wykonywania ruchu, zapobiec ewentualnemu wpływowi pracy ramion na wyskok i jednocześnie uniknąć w ocenie pracy nerwowo-mięśniowej prostowników kończyn dolnych i koordynacji jako zmiennej zakłócającej (Hammami i wsp. 2016). Każdy ze skoków wykonany został 3-krotnie, a do analizy wzięto wynik lepszy (Haines i wsp. 2016; Hammami i wsp. 2016; Flanagan i wsp. 2008; Stockbrugger i Haennel, 2001). Pomiędzy próbami zastosowano 1-minutową przerwę (Haines i wsp. 2016; Flanagan i wsp. 2008).

Narzędziem, służącym ocenie mocy kończyn dolnych był optyczny system pomiarowy OPTOGAIT (Optogait, Microgate, Bolzano, Włochy) oraz czujnik inercyjny GYKO (Gyko, Microgate, Bolzano, Włochy). Na rynku dostępny jest także optyczny system pomiarowy Optojump tego samego producenta, wykazujący doskonałą trafność w szacowaniu wysokości skoku (ICC = 0.99) oraz rzetelność między pomiarami (ICC = 0,98) (Lesinski i wsp. 2016). W niniejszych badaniach wykorzystano system Optogait, który posiada więcej funkcji oraz atest medyczny.

System Optogait składa się z listw, wyposażonych w czujniki optyczne, umieszczone co 1 centymetr. Podczas testów wykrywane są przerwy w komunikacji wiązek świetlnych, dzięki czemu możliwy jest pomiar czasu lotu i czasu kontaktu z podłożem (z dokładnością do 1/1000 sekundy), a na ich podstawie także: wysokości skoku, indeksu siły reaktywnej (RSI), mocy absolutnej, mocy względnej. System rejestruje parametry z dokładnością do 1/1000 sekundy i wysyła je w czasie rzeczywistym do dedykowanego oprogramowania.

Czujnik inercyjny Gyko (Microgate, Bolzano, Włochy) zawiera komponenty najnowszej generacji (tj. trójwymiarowy akcelerometr, żyroskop i magnetometr), które zapewniają bardziej dokładne i powtarzalne dane dotyczące przyspieszenia, prędkości kątowej i pola magnetycznego w trzech wymiarach (Lesinski i wsp. 2016). Podczas oceny sygnały są przesyłane za pośrednictwem bluetooth do komputera i przechowywane za pomocą oprogramowania GykoRePower. Oprogramowanie automatycznie oblicza wysokość skoku z uzyskaną z czasu lotu, stosując następujący wzór: wysokość skoku =  $1/8 \times g \times t^2$ , gdzie g jest przyspieszeniem z powodu grawitacji, a t jest czasem lotu (Lesinski i wsp. 2016).

Do obliczenia mocy kończyn dolnych w poszczególnych testach posłużono się formułą Sayers'a i wsp. (1999):

$$P [W] = 60,7 \times \text{wysokość skoku [cm]} + 45,3 \times \text{masa ciała [kg]} - 2055$$

Jak dowiedziono w badaniach, istnieją znaczące korelacje średnich i dużych rozmiarów między wszystkimi miarami równowagi z siłą prostownika pleców ( $r = .486- .791$ ) i istotne związki z mocą kończyn dolnych ( $r = .511-827$ ) (Hammami i wsp. 2016).

### **Wytrzymałość siłowa mięśni kończyn górnych**

Test ten jest używany do szacowania siły zginaczy i prostowników mięśni ramion i obręczy barkowej. Jest przydatnym narzędziem do kontroli przygotowania gimnastyków. Kryterium oceny stanowi liczba ugięć ramion w pozycji podporu przodem w jednostce czasu – 30 sekund. Czas odmierzano był za pomocą stopera, a wzięte pod uwagę były tylko powtórzenia, w których ugięcie kończyn górnych w stawach łokciowych wynosiło przynajmniej 90 stopni (Ljach i Witkowski, 2011; Vandorpe i wsp. 2011; Pion i wsp. 2015). Ponieważ uproszczony wariant (*eng. knee push-up*) stosuje się u osób o niskim poziomie przygotowania fizycznego, postanowiono zastosować pełną formę (Ljach i Witkowski, 2011).

### **Wydolność krążeniowo-oddechowa – 20-metrowy test wahadłowy („Beep Test”)**

W celu określenia wydolności krążeniowo-oddechowej posłużono się testem wahadłowym o wzrastającej intensywności na odcinku 20 metrów (tzw. BEEP TEST). Test składa się z 1-minutowych etapów ciągłego biegu o wzrastającej prędkości. Początkowa prędkość wynosi 8,5 km/h i rośnie o 0,5 km/h co każdą minutę. Badany ma za zadanie przebiec między dwoma liniami (w odległości 20 m), utrzymując przy tym tempo zgodne z emitowanym sygnałem audio. Test kończy się, gdy osoba nie znajdzie się na linii końcowej jednocześnie z sygnałem dwa razy z rzędu lub badany odmówi dalszego biegu (Mayorga-Vega i wsp. 2015). W wymienionym teście posłużono się sport-testerami Polar (Polar, Finlandia), wykorzystującymi metodę telemetryczną do rejestracji częstości skurczów serca.



Rycina 6. Sport-tester Polar

[Źródło: <https://www.runexpert.pl>]

Beep test to użyteczna alternatywa do wyznaczenia wydolności sercowo-oddechowej, określanej poprzez maksymalny pobór tlenu ( $VO_2max$ ), kiedy zastosowanie testów laboratoryjnych nie jest możliwe (Mayorga-Vega i wsp. 2015). Badania wykazały, iż wynik osiągnięty w teście miał umiarkowaną do wysokiej trafność w szacowaniu  $VO_2max$  ( $r_p = 0,66-0,84$ ), będąc wyższym, gdy uwzględniono inne zmienne (np. płeć, wiek lub masę ciała) ( $r_p = 0,78-0,95$ ). Dowiedziono również, że trafność była statystycznie wyższa dla dorosłych ( $r_p = 0,94, 0,87-1,00$ ) niż dla dzieci ( $r_p = 0,78, 0,72-0,85$ ). Wynik testu zdaje się być silnym wskaźnikiem wydolności sercowo-oddechowej u dorosłych (Mayorga-Vega i wsp. 2015). Ponadto jest jednym z parametrów odróżniającym jednostki pod względem poziomu aktywności fizycznej (wyższy poziom aktywności fizycznej był związany z wyższymi wynikami testu) (Batez i wsp. 2018).

Podczas 20-metrowego testu wahadłowego o wzrastającej intensywności rejestrowano stężenie mleczanu (LA) jako markera zmęczenia mięśni – przed wysiłkiem (w spoczynku) oraz w 3 minucie po zakończeniu testu, pobierając próbkę krwi kapilarnej z opuszki palca (Douda i wsp. 2008). Pomiaru dokonano za pomocą przenośnego analizatora paskowego, na którym wyświetlana była wartość owego parametru.

Dodatkowo określono subiektywny poziom odczuwanego wysiłku, posługując się 20-stopniową skalą Borga (RPE). Pomiaru dokonano natychmiast po zakończeniu testu (Zemková i wsp. 2010).

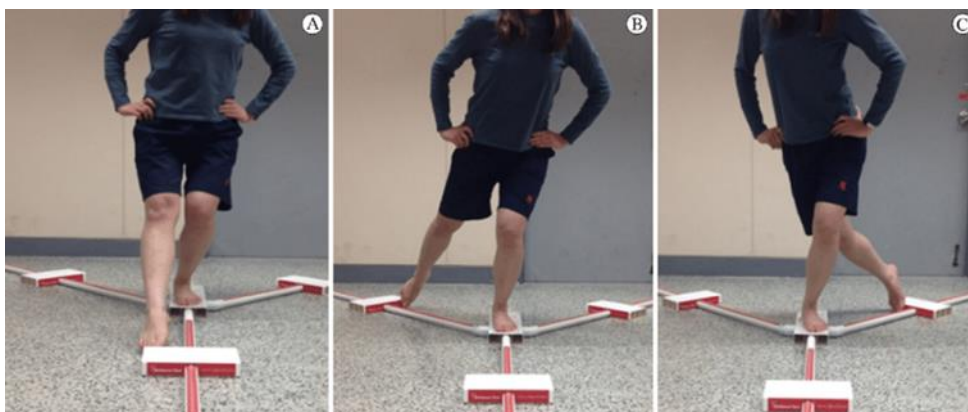
### 3.3.3. Sprawność funkcjonalna

#### **Równowaga dynamiczna**

Ze względu na specyfikę dyscypliny, jaką jest aerobik sportowy, postanowiono dokonać oceny równowagi dynamicznej dolnej części ciała (z wykorzystaniem Lower Quarter Y Balance Test) oraz równowagi dynamicznej górnej części ciała (przy użyciu Upper Quarter Y Balance Test). Oba testy określa się mianem funkcjonalnego goniometru, zapewniającego kompleksową ocenę dynamicznej stabilności/równowagi dynamicznej oraz kontroli motorycznej kończyn górnych i tułowia, określanych jako górny kwadrant (YBT-UQ) oraz kończyn dolnych i tułowia, zwanych dolnym kwadrantem (YBT-LQ), stabilności w krańcowych zakresach ruchomości (limity stabilności) (Cook i wsp. 2010).

#### ***Równowaga dynamiczna dolnego kwadrantu (Lower Quarter Y Balance Test)***

Test wykonywany był w pozycji stania jednonóż bez obuwia na środkowym podeście (jednym z czterech), z ramionami umieszczonymi na biodrach. Zadaniem badanej osoby było przesunięcie wolną kończyną dolną trzech mniejszych podestów w kierunkach: anterior (ANT; do przodu), posteromedial (PM), posterolateral (PL) – tak daleko jak to możliwe, jednak bez utraty równowagi i utrzymując kontakt stopy z przesuwającym obiektem. Kryterium oceny stanowiła odległość (wyrażona w centymetrach), mierzona za pomocą przymocowanej do narzędzia badawczego taśmy mierniczej. Narzędziem służącym ocenie równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu był zestaw testowy Y-Balance Test (Move2Perform, Evanville, IN, Stany Zjednoczone).



Rycina 7. Test Y Balance dolnego kwadrantu

[Źródło: Dong-Kyu i in., 2015]

Kierując się dotychczasowymi doniesieniami postanowiono zastosować 3 próby właściwe poprzedzone 4 „ćwiczeniowymi” w celu zminimalizowania efektu uczenia się. Do analizy wzięto wynik lepszy (Sandrey i Mitzel, 2013; Butler i wsp. 2016; Booyesen i wsp. 2015). Aby porównywanie jednostek było możliwe, dokonuje się normalizacji poprzez pomiar długości kończyny oraz zastosowanie odpowiedniego wzoru obliczeniowego. Sumowane są odległości w 3 kierunkach, wartość ta dzielona jest przez 3-krotność długości kończyny dolnej, a następnie wynik mnożony jest przez 100, aby uzyskać wynik wyrażony w procentach (Cook i wsp. 2010).

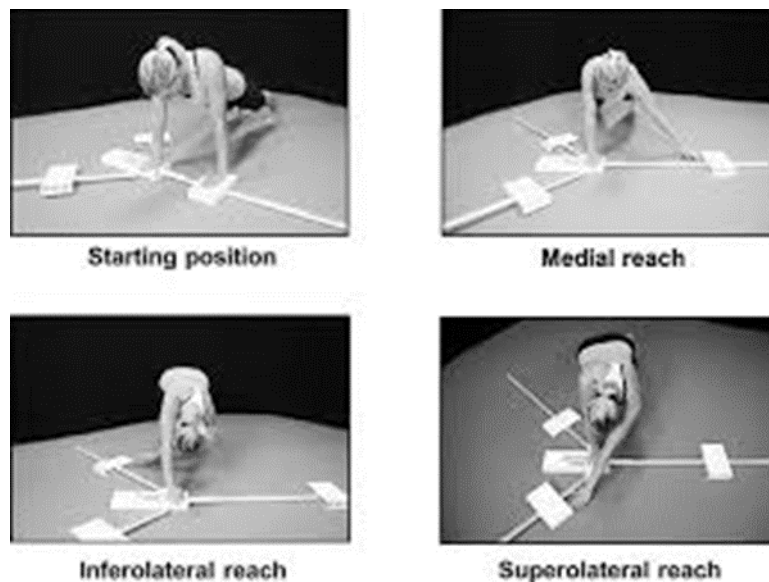
$$\text{Wynik kompozytowy YBT-LQ [\%]} = \frac{ANT [cm] + PM [cm] + PL [cm]}{3 \times \text{długość kończyny dolnej}} \times 100$$

Test Y Balance dolnego kwadrantu (YBT-LQ) był z powodzeniem stosowany w grupie zawodniczek aerobiku gimnastycznego (Kyselovičová i wsp. 2023), gimnastyczek artystycznych (Kyselovičová i wsp. 2023), gimnastyczek sportowych (Aydin i wsp., 2020; Kyselovičová i wsp. 2023; Mendez-Rebolledo i wsp. 2022) czy tancerek (Misegades i wsp. 2020). Powyższy test stanowi wiarygodne narzędzie do oceny funkcjonalnej kończyny dolnej (Gribble i wsp. 2012). Zarówno rzetelność między pomiarami (0,85-0,91), jak i między testującymi (0,99-1,00) jest doskonała (Plisky i wsp. 2009). Stanowi skuteczne narzędzie do oceny skutków implementowanego treningu – stabilizacji core (Sandrey i Mitzel, 2013) czy też nerwowo-mięśniowego z użyciem własnej masy ciała (Benis i wsp. 2016). Jest wystarczająco czuły, aby wykryć funkcjonalne deficyty związane z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, rekonstrukcją więzadła krzyżowego przedniego czy bólem rzepkowo-udowym (Robinson i Gribble, 2008). Niskie wyniki w teście mogą być związane ze zwiększonym ryzykiem doznania urazu bezkontaktowego. Badania przeprowadzone w grupie zawodników futbolu amerykańskiego wykazały, iż wynik poniżej 89,6%, był 3,5-krotnie bardziej związany z obrażeniami (Butler i wsp. 2013). Komponenty testu są rzetelnymi i predyktywnymi pomiarami urazów kończyn dolnych u koszykarzy szkół średnich. Modele regresji logistycznej wskazały, że zawodnicy z różnicą w odległości między kończynami w kierunku anterior (do przodu) wynoszącą ponad 4 cm byli 2,5-krotnie bardziej podatni na urazy kończyny dolnej. Z kolei dziewczęta, u których odległością kompozytowa (łączna) była mniejsza niż 94,0% długości kończyn, były o 6,5 razy bardziej narażone na doznanie urazu (Plisky i wsp. 2006). Ponadto istnieje związek mocy kończyn dolnych z równowagą dynamiczną ( $r=0,52$ ,  $p<0,0002$ ) (Booyesen i wsp. 2015).



### **Równowaga dynamiczna górnego kwadrantu (Upper Quarter Y Balance Test)**

Test był wykonywany w pozycji podporu przodem, z ręką podporową umieszczoną na środkowym podeście (jednym z czterech) i stopami rozstawionymi na szerokość bioder. Test polegał na jak najdalszym przesunięciu za pomocą wolnej kończyny górnej trzech pozostałych podestów, w trzech kierunkach: medial (MED), inferolateral (IL), superolateral (SL) – bez utraty równowagi i utrzymując kontakt dłoni z przesuwany obiekt. Kryterium oceny stanowiła odległość [cm], mierzona za pomocą przytwierdzonej do narzędzia badawczego podziałki centymetrowej. Oceniana była zarówno prawa, jak i lewa kończyna górna. Wykonano 3 próby właściwe, poprzedzone 1 „zapoznawczą”. Narzędziem służącym ocenie równowagi dynamicznej górnego kwadrantu był zestaw testowy Y-Balance Test (Move2Perform, Evanville, IN, Stany Zjednoczone) (Cook i wsp. 2010).



Rycina 8. Test Y Balance górnego kwadrantu

[Źródło: Butler i in., 2014]

Podobnie jak w poprzednim teście dokonano pomiaru długości kończyny górnej celem znormalizowania wyników i zastosowano odpowiedni wzór obliczeniowy (jak w opisanym teście YBT-LQ), umożliwiając wyliczenie wyniku kompozytowego:

$$\text{Wynik kompozytowy YBT-UQ [\%]} = \frac{MED [cm] + IL [cm] + SL [cm]}{3 \times \text{długość kończyny górnej}} \times 100$$

Celem testu jest ocena funkcjonalna stabilności kończyn górnych. Badania wykazały, iż jest przydatnym narzędziem podczas wskazywania osób z wadami postawy ciała, które to

uzyskiwały niższe rezultaty w teście (Beyranvand i wsp. 2017). Test YBT-UQ stanowił także narzędzie badawcze w grupie gimnastyków sportowych (Beyranvand i wsp. 2017).

### **Jakość wzorców ruchowych**

Ocenie jakości fundamentalnych i funkcjonalnych wzorców ruchowych posłużyła bateria testów FMS (Functional Movement Screen), pozwalająca na ewaluację podstawowej mobilności, stabilności, równowagi pomiędzy owymi komponentami oraz kontroli motorycznej, a także wykrycie ewentualnych asymetrii, ograniczeń i deficytów funkcjonalnych (Cook i wsp. 2006). Bateria składa się z 7 prób:



Rycina 9. Głęboki przysiad  
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 10. Przeniesienie nogi nad płotkiem  
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 11. Przysiad w wykroku  
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 12. FMS: Ruchomość obręczy barkowej  
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 13. FMS: Aktywny wznos wyprostowanej nogi  
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 14. FMS: Ugięcie ramion w podporze

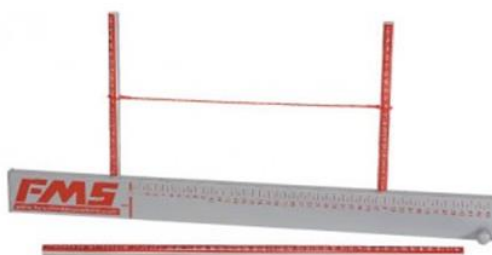
[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]



Rycina 15. FMS: Stabilność rotacyjna tułowia

[źródło: Cook, Burton, Kiesel i in., 2010]

Każdy z testów FMS oceniany jest w skali od 0 do 3, bazując na wystandaryzowanym protokole (zasady przyznawania punktów oraz instrukcje słowne). W skład baterii wchodzi także 3 testy tzw. „wykluczające”, oceniające jedynie dolegliwości bólowe. Posługiwano się wyłącznie wystandaryzowanymi instrukcjami słownymi (Cook i wsp. 2010; s.381-385). Do przeprowadzenia badania użyto zestawu FMS wraz z dedykowanymi kartami ocen.



Rycina 16. Zestaw Functional Movement Screen (FMS)

[źródło: <http://www.technomex.pl>]

Test Functional Movement Screen jest rzetelnym narzędziem pomiarowym (Onate i wsp. 2012; Smith i wsp. 2013), służącym określeniu ryzyka urazów (Kiesel i wsp. 2007; Chorba i wsp. 2010; Garrison i wsp. 2015). Z kolei w badaniach nie wykazano związku między wynikiem sportowym czy wynikami testów sprawności motorycznej a rezultatami testu FMS (Ransdell i Murray, 2016; Beardsley i Contreras, 2014; McGill i wsp. 2012). Nie odnaleziono jednak doniesień odnoszących się do przedstawicieli dyscyplin z komponentą jakościową, takich jak na przykład aerobik sportowy.

#### 3.3.4. Charakterystyka psychologiczna (temperament)

Aby scharakteryzować podstawowe i względnie stałe cechy osobowości, które są zwykle wyrażane w formalnych (czasowych i energetycznych) właściwościach reakcji i zachowań (zgodnie z Regulacyjną Teorią Temperamentu), posłużono się Kwestionariuszem Temperamentu w wersji zrewidowanej – Formalna Charakterystyka Zachowania (FCZ-KT<sup>®</sup>) (Cyniak-Cieciura i wsp. 2018; Strelau, 2008).

FCZ-KT<sup>®</sup> posiada siedem skal treściowych. Sześć z nich jest analogicznych do FCZ-KT, stworzonego przez Jana Strelaua i Bogdana Zawadzkiego w 1997 roku, natomiast jedna skala jest całkowicie nowa (poz. 3.):

- 1) Żwawość;
- 2) Perseweratywność;
- 3) Rytmiczność;
- 4) Wrażliwość sensoryczna;
- 5) Wytrzymałość;
- 6) Reaktywność emocjonalna;
- 7) Aktywność;

(Cyniak-Cieciura i wsp. 2018).

Kwestionariusz FCZ-KT<sup>®</sup> składał się ze 100 stwierdzeń, do których badana musiała się ustosunkować na 4-stopniowej skali (1 – Zdecydowanie nie zgadzam się; 2 – Nie zgadzam się; 3 – Zgadzam się; 4 – Zdecydowanie się zgadzam). Każda skala zawierała taką samą liczbę twierdzeń (po 15), z wyjątkiem Rytmiczności (10) (Cyniak-Cieciura i wsp. 2018).

Zgodność wewnętrzną każdej ze skal mieści się w zakresie od 0,73 (najniższe dla Żwawości i Perseweratywności) do 0,88 (najwyższe dla Reaktywności i Aktywności). Z kolei

współczynniki określające stabilność czasową znajdowały się w przedziale od 0,77 do 0,90, gdzie najwyższe uzyskano dla skal Aktywność, Wytrzymałość i Reaktywność emocjonalna. Wszystkie skale FCZ-KT® charakteryzują się zatem satysfakcjonującą rzetelnością. Ustalono również związki z innymi miarami temperamentu/osobowości (Cyniak-Cieciura i wsp. 2018).

Przy określaniu formalnej charakterystyki zachowania badanych zawodniczek podjęto współpracę z wykwalifikowanym psychologiem.

### 3.3.5. Charakterystyka wysiłku startowego

#### ***Odpowiedź funkcjonalna (fizjologiczna i biochemiczna)***

W celu scharakteryzowania wysiłku startowego w aerobiku sportowym określono funkcjonalną odpowiedź organizmów badanych podczas wykonywania układów (w konkurencji solistek, duetów, trójek i zespołów), na podstawie częstości skurczów serca i stężenia mleczanu we krwi (Aleksandravičienė i Stasiulis, 2005; Cheung i Fung 2008; Guidetti i wsp. 2000; Kyselovičová i Danielová, 2012; Manos i wsp. 2012; Marina i Rodríguez 2014; Isacco i wsp. 2017).

Częstość skurczów serca rejestrowano w sposób ciągły za pomocą sport-testerów Polar (Polar, Finlandia), które były wykorzystywane w podobnym celu w badaniach innych autorów, wśród pokrewnych dyscyplin gimnastycznych (Bota i Urzeală, 2013; Cheung i Fung 2008; Marina i Rodríguez 2014).

Aby dokonać oznaczenia stężenia mleczanu (LA) we krwi (i ocenić wpływ wysiłku fizycznego na organizm), próbka krwi kapilarnej została pobrana od badanych osób przed wysiłkiem (w spoczynku) oraz w 3 minucie po zakończeniu układu (Aleksandravičienė i Stasiulis, 2005; Douda i wsp. 2008; Guidetti i wsp. 2000; Marina i Rodríguez 2014). Pomiaru dokonano z użyciem przenośnego analizatora paskowego, wyświetlającego wartość owego parametru.

Podobnie jak w przypadku określania wytrzymałości krążeniowo-oddechowej, do scharakteryzowania wysiłku startowego w aerobiku sportowym zastosowano 20-stopniową skalę Borga (RPE - Ratings of Perceived Exertion) (Douda i wsp. 2006; Zemková i wsp. 2010). Jak donoszą Douda i wsp. (2006) RPE zdaje się być właściwą miarą intensywności wysiłku fizycznego, zwłaszcza u wytrenowanych gimnastyczek artystycznych. Pomiaru dokonano natychmiast po zakończeniu układów (Zemková i wsp. 2010).

### ***Analiza kinematyczna***

Aby uzyskać informację na temat pokonanej drogi podczas wysiłku startowego (prezentowania układów) w aerobiku sportowym, wykorzystano system analizy ruchu 2D Dartfish (Dartfish Inc., Fribourg, Szwajcaria). Kamera wideo rejestrowała ruch poszczególnych zawodniczek, a następnie dane kinematyczne pozyskane z nagrania były analizowane za pomocą wspomnianego oprogramowania. Pokonana odległość została wyrażona w metrach [m].

Dartfish to oprogramowanie, które umożliwia ponadto określenie amplitudy i prędkości ruchu, współrzędnych przestrzennych czy kątów stawowych. Jak wskazują badania, stanowi rzetelne narzędzie, zapewniające obiektywne pomiary (Kassay i wsp. 2021; Lu i wsp. 2020; Norris i Olson, 2011) i może być użytecznym instrumentem w monitorowaniu techniki przejawianej w aktywności sportowej (Ilie, 2010). Znajduje także zastosowanie w badaniach, mających na celu określenie związku pomiędzy niektórymi cechami somatycznymi a wynikami sportowymi (Păunescu i Mircică, 2016). Ponadto był wykorzystywany w badaniach, których podmiotem były gimnastyczki (Johnson i wsp. 2019; Köse i wsp. 2023).

### 3.4. Metody statystyczne

W pracy wyliczono średnie oraz odchylenia standardowe zmiennych ilościowych, także w podziale na grupy. Wyniki zmiennych ilościowych przedstawiono graficznie za pomocą wykresów ramka-wąsy, na których pokazano wartość średnią. Ponadto przedstawiona na wykresach ramka zawierała się w wartościach od różnicy wartości średniej i odchylenia standardowego do sumy wartości średniej i odchylenia standardowego, a wąsy wskazywały wyniki: minimalny oraz maksymalny danej zmiennej.

Normalność rozkładów zmiennych ilościowych zbadano za pomocą testu Shapiro-Wilka, natomiast jednorodność wariancji za pomocą testu Levene'a.

Dla porównań zmiennych ilościowych między dwoma grupami zastosowano: test t-Studenta dla prób niezależnych, test t-Studenta z estymacją wariancji oraz test U Manna-Whitney'a - w zależności od normalności rozkładu zmiennych oraz jednorodności wariancji. W przypadku zmiennej o rozkładzie normalnym w obu grupach i jednorodnej wariancji, użyto testu t-Studenta dla prób niezależnych. Dla zmiennych o rozkładzie normalnym w obu grupach oraz braku jednorodnej wariancji, stosowano test t-Studenta z estymacją wariancji. Natomiast, jeśli zmienna w co najmniej jednej grupie nie miała rozkładu normalnego, wykorzystywano test U Manna-Whitney'a.

Jeżeli różnica między zmiennymi w grupach różniła się statystycznie istotnie lub wykazała tendencję do istotności, policzono wielkość tej różnicy za pomocą effect size. W pracy zastosowano współczynnik d Cohena wraz z następującą interpretacją (Cohen, 1988):

$d < 0,2$  – brak różnicy;

$0,2 \leq d < 0,5$  – mała różnica;

$0,5 \leq d < 0,8$  – średnia różnica;

$0,8 \leq d$  – duża różnica.

Poziom statystycznej istotności został ustalony na poziomie  $p < 0,05$ , natomiast jako tendencję do istotności uznano wartości  $p$  w przedziale od 0,05 do 0,10 ( $0,05 \leq p < 0,10$ ).

Analizy statystyczne wykonano za pomocą programu TIBCO Software Inc. (2017) Statistica (data analysis software system; version 13; available at <http://statistica.io>). Przy wyborze i wykonaniu analiz statystycznych, podjęto współpracę ze statystykiem. Uzyskane wyniki zostały zebrane w tabelach i przedstawione na wykresach (rozdział „Wyniki”).



## 4. Wyniki

Badania przeprowadzone na grupie zawodniczek aerobiku sportowego obejmowały szereg pomiarów, które opisano w poprzednim rozdziale. Umożliwiły one otrzymanie wartości parametrów obrazujących zależności między poziomem sportowym a charakterystykami morfologicznymi i funkcjonalnymi, a także pozwoliły określić charakterystykę wysiłku startowego w omawianej dyscyplinie.

### 4.1. Zależności między poziomem sportowym a charakterystykami morfologicznymi i funkcjonalnymi

#### 4.1.1. Budowa somatyczna

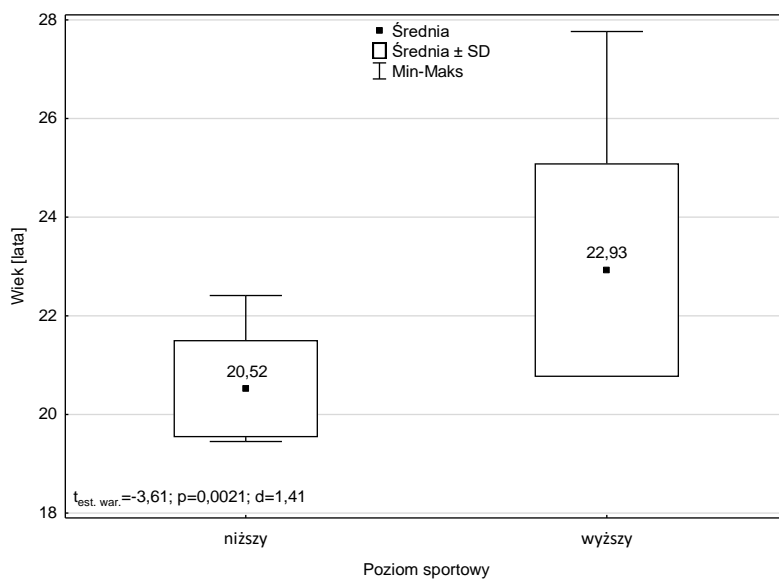
Wiek zawodniczek w grupie z niższym poziomem sportowym był średnio o 2,41 lat niższy od wieku zawodniczek w grupie z wyższym poziomem sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0021$ ), a jej wielkość została określona jako duża ( $d=1,41$ ) (Tabela 5., Rycina 17.).

Tabela 5. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wieku, stażu zawodniczego, wysokości i masy ciała oraz BMI.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia $\pm$ SD			
wiek [lata]	20,52 $\pm$ 0,99	22,93 $\pm$ 2,17	-3,61 <sup>c</sup>	<b>0,0021</b>
staż zawodniczy [lata]	1,29 $\pm$ 0,50	2,96 $\pm$ 1,70	-3,41 <sup>b</sup>	<b>0,0007</b>
wysokość ciała [cm]	163,07 $\pm$ 7,17	162,19 $\pm$ 5,10	0,35 <sup>a</sup>	0,7270
masa ciała [kg]	58,34 $\pm$ 5,31	56,25 $\pm$ 5,55	0,96 <sup>a</sup>	0,3472
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	21,98 $\pm$ 1,55	21,37 $\pm$ 1,34	0,71 <sup>b</sup>	0,4790

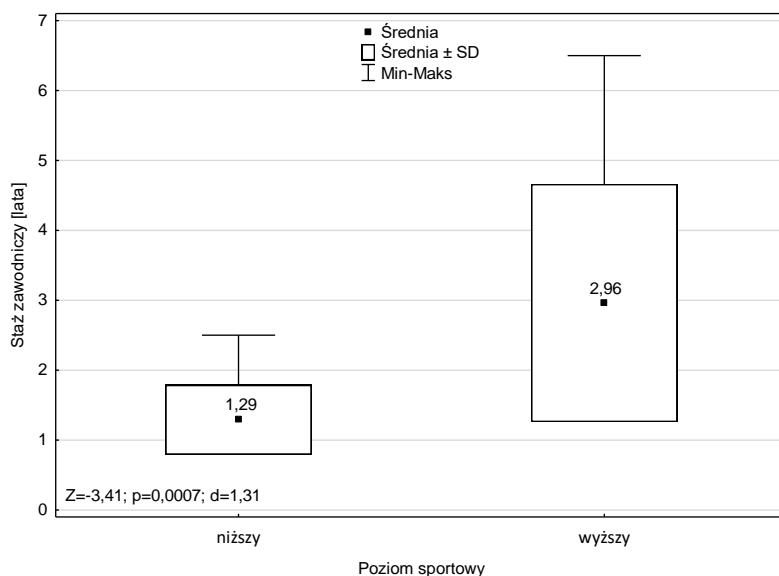
<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a, <sup>c</sup> – test t-Studenta z estymacją wariancji.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p<0,05$ ) pogrubiono.



Rycina 17. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wieku.

Również staż zawodniczy badanych w grupie z niższym poziomem sportowym był niższy (średnio o 1,67 lat) od stażu zawodniczego badanych w grupie z wyższym poziomem sportowym. Różnica ta także była statystycznie istotna ( $p=0,0007$ ), a jej wielkość była duża ( $d=1,31$ ) (Tabela 5., Rycina 18.).



Rycina 18. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem stażu zawodniczego.

Dla wysokości ciała, masy ciała oraz BMI nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między zawodniczkami w zależności od poziomu sportowego (Tabela 5.).

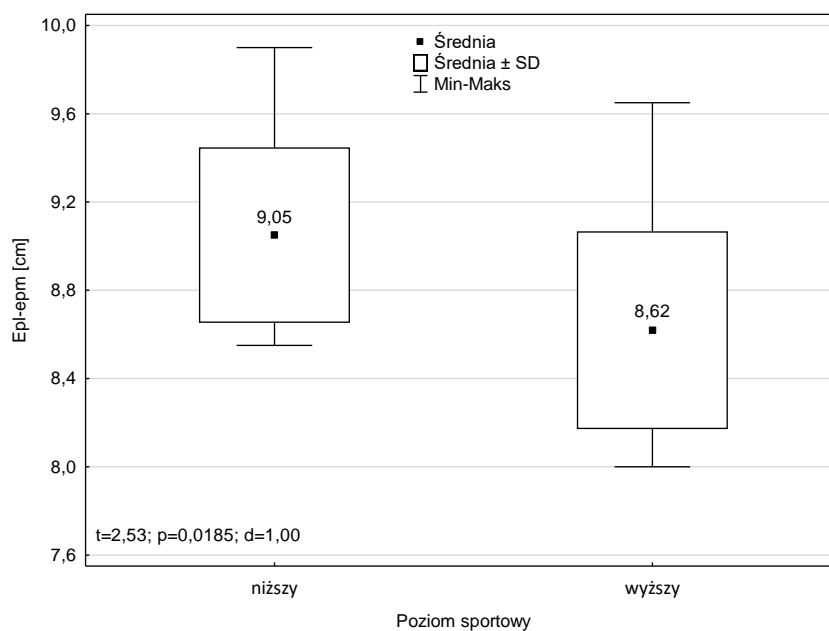
Szerokość nasady kolanowej w grupie zawodniczek z niższym poziomem sportowym była średnio o 0,43 cm wyższa niż w grupie zawodniczek z wyższym poziomem sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0185$ ), a jej wielkość została określona jako duża ( $d=1,00$ ) (Tabela 6., Rycina 19.).

Tabela 6. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem pomiarów antropometrycznych.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia $\pm$ SD			
wysokość siedzeniowa [cm]	86,52 $\pm$ 3,63	85,25 $\pm$ 2,66	1,00 <sup>a</sup>	0,3257
B-sst [cm]	131,93 $\pm$ 6,13	130,75 $\pm$ 4,54	0,55 <sup>a</sup>	0,5893
B-sy [cm]	82,18 $\pm$ 4,85	82,64 $\pm$ 3,37	-0,27 <sup>a</sup>	0,7862
sst-sy [cm]	49,74 $\pm$ 3,10	48,11 $\pm$ 2,38	1,48 <sup>a</sup>	0,1520
B-a [cm]	133,62 $\pm$ 6,49	131,41 $\pm$ 5,35	0,93 <sup>a</sup>	0,3619
B-da(III) [cm]	63,94 $\pm$ 3,61	61,80 $\pm$ 3,81	1,44 <sup>a</sup>	0,1639
a-da(III) [cm]	69,68 $\pm$ 4,53	69,61 $\pm$ 3,52	0,04 <sup>a</sup>	0,9671
cm-cl [cm]	5,98 $\pm$ 0,41	6,03 $\pm$ 0,50	-0,26 <sup>a</sup>	0,7969
epl-epm [cm]	9,05 $\pm$ 0,40	8,62 $\pm$ 0,45	2,53 <sup>a</sup>	<b>0,0185</b>
a-a [cm]	35,30 $\pm$ 1,95	35,38 $\pm$ 1,39	0,22 <sup>b</sup>	0,8277
ic-ic [cm]	24,82 $\pm$ 1,30	23,86 $\pm$ 2,03	1,42 <sup>c</sup>	0,1696
obwód ramienia [cm]	26,15 $\pm$ 1,52	26,03 $\pm$ 2,22	0,16 <sup>a</sup>	0,8739
obwód talii [cm]	68,31 $\pm$ 3,62	67,25 $\pm$ 3,27	0,77 <sup>a</sup>	0,4472
obwód bioder [cm]	95,18 $\pm$ 3,51	93,64 $\pm$ 4,66	0,92 <sup>a</sup>	0,3655
obwód uda [cm]	51,50 $\pm$ 2,27	51,61 $\pm$ 2,85	-0,11 <sup>a</sup>	0,9152
obwód podudzia [cm]	35,89 $\pm$ 1,78	36,07 $\pm$ 1,88	-0,25 <sup>a</sup>	0,8069
fałd skórno-tłuszczowy - łopatką [mm]	14,98 $\pm$ 2,44	11,70 $\pm$ 2,89	3,05 <sup>a</sup>	<b>0,0057</b>
fałd skórno-tłuszczowy - ramię [mm]	18,49 $\pm$ 3,11	15,29 $\pm$ 3,37	2,46 <sup>a</sup>	<b>0,0216</b>
fałd skórno-tłuszczowy - biodro [mm]	16,19 $\pm$ 3,32	11,41 $\pm$ 3,90	3,29 <sup>a</sup>	<b>0,0032</b>
suma 3 fałdów skórno-tłuszczowych [mm]	49,66 $\pm$ 5,92	38,40 $\pm$ 8,85	3,71 <sup>a</sup>	<b>0,0012</b>
fałd skórno-tłuszczowy - podudzie [mm]	12,26 $\pm$ 2,92	9,92 $\pm$ 3,31	1,86 <sup>a</sup>	<u>0,0750</u>

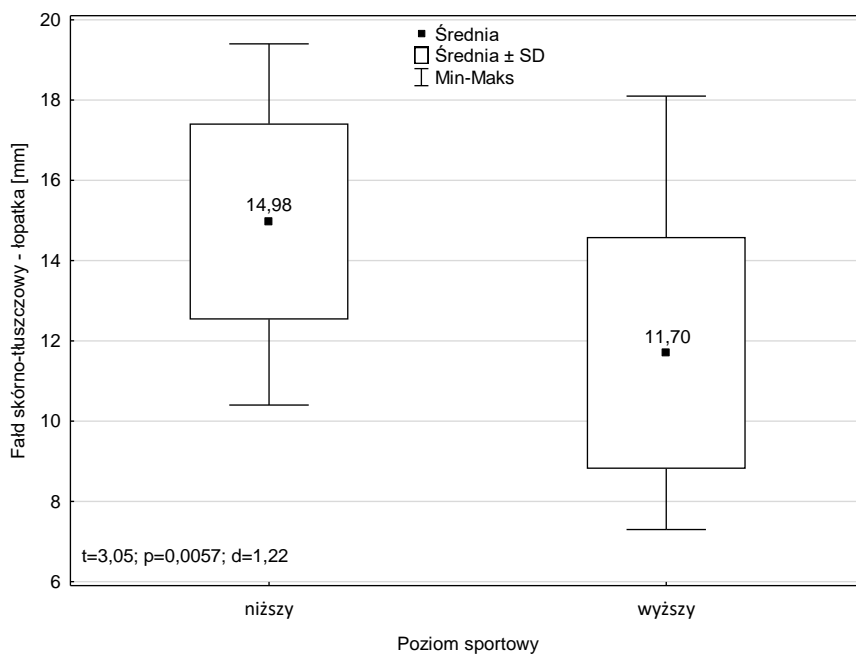
<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a, <sup>c</sup> – test t-Studenta z estymacją wariancji.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic ( $0,10 < p \leq 0,05$ ) podkreślono.

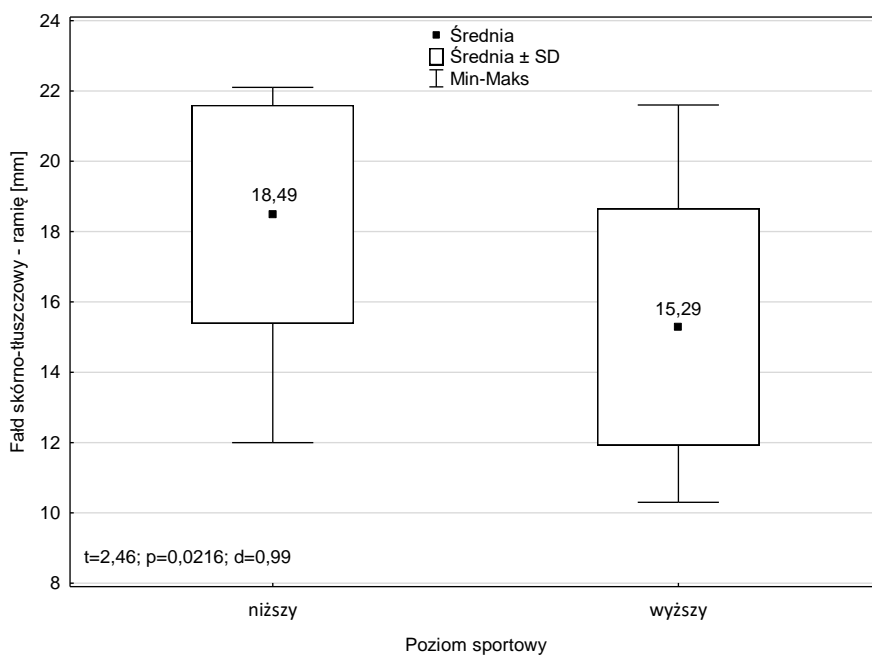


Rycina 19. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem szerokości nasady kolanowej.

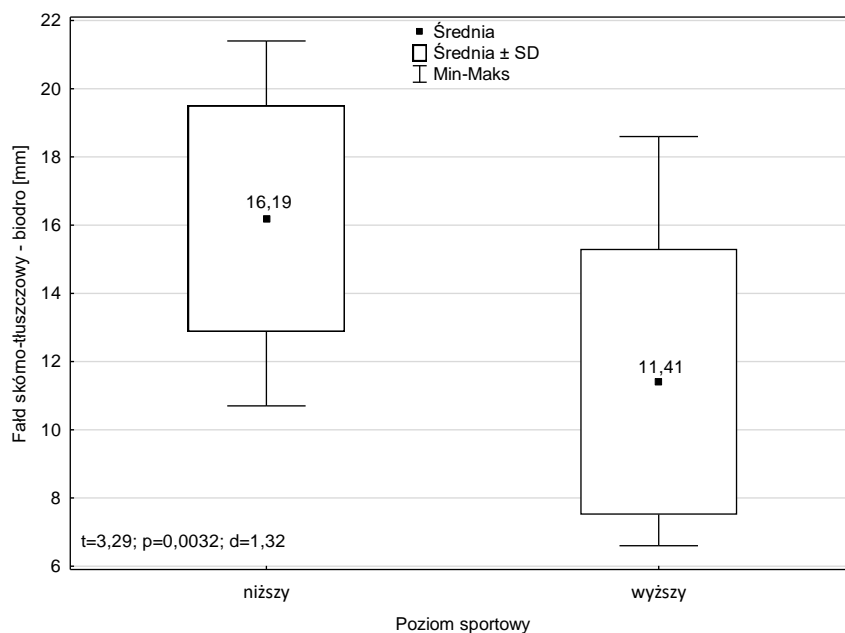
Zawodniczki z niższym poziomem sportowym osiągały statystycznie istotnie wyższe wyniki od badanych z wyższym poziomem sportowym w przypadku fałdu skórno-tłuszczowego, zarówno łopatki ( $p=0,0057$ ), ramienia ( $p=0,0216$ ), jak i biodra ( $p=0,0032$ ), a także sumy tych trzech fałdów skórno-tłuszczowych ( $p=0,0012$ ). Wielkość wszystkich wskazanych różnic została uznana jako duża i wynosiła w przypadku łopatki  $d=1,22$ , w przypadku ramienia  $d=0,99$ , dla biodra –  $d=1,32$ , a dla sumy trzech fałdów –  $d=1,49$  (Tabela 6., Rycina 20., Rycina 21., Rycina 22., Rycina 23.).



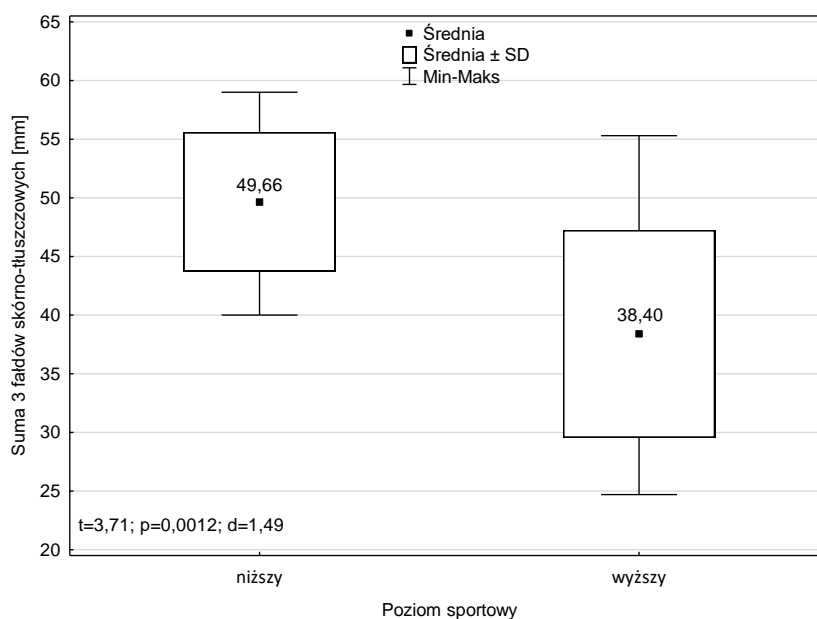
Rycina 20. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego łopatki.



Rycina 21. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego ramienia.



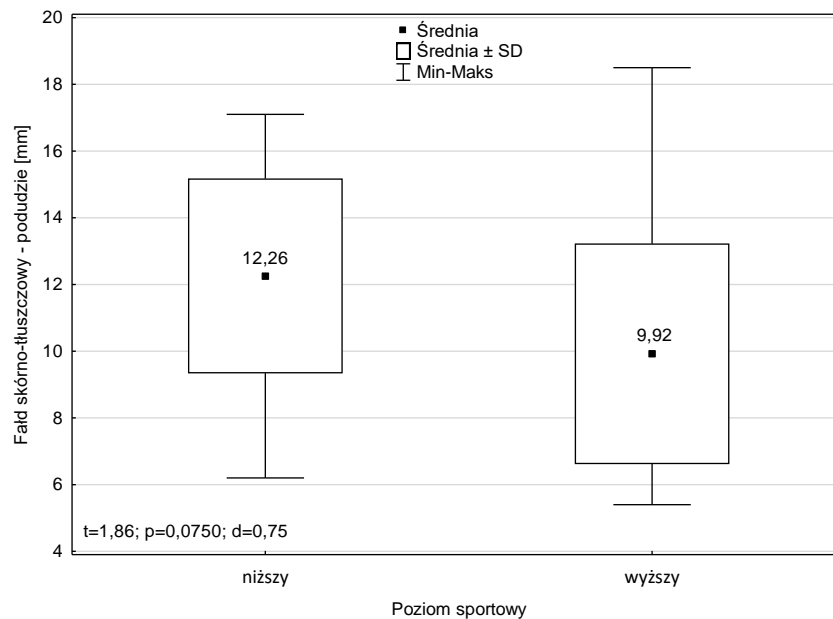
Rycina 22. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego biodra.



Rycina 23. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem sumy grubości trzech fałdów skórno-tłuszczowych.

Również w przypadku fałdu skórno-tłuszczowego podudzia zawodniczki z niższym poziomem sportowym uzyskiwały wyższe wyniki (średnio o 2,34 mm) od kobiet z wyższym poziomem sportowym. Wykazano tendencję do statystycznie istotnej różnicy ( $p=0,0750$ )

między poziomami sportowymi dla fałdu skórno-tłuszczowy podudzia. Wielkość owej różnicy została określona jako średnia ( $d=0,75$ ) (Tabela 6., Rycina 24.).



Rycina 24. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego podudzia.

W przypadku pozostałych pomiarów antropometrycznych nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między zawodniczkami w zależności od poziomu sportowego (Tabela 6.).

Żaden ze wskaźników określających proporcje budowy ciała badanych zawodniczek nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 7.).

Tabela 7. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wskaźników określających proporcje budowy ciała.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
Średnia ± SD				
wskaźnik Manouviere	88,50 ± 3,90	90,30 ± 3,67	-1,17 <sup>b</sup>	0,2422
wskaźnik smukłości	42,08 ± 1,35	42,38 ± 0,91	-0,66 <sup>c</sup>	0,5194
wskaźnik tułowia	30,51 ± 1,52	29,66 ± 1,07	1,63 <sup>a</sup>	0,1166
wskaźnik barków	71,20 ± 5,61	73,66 ± 3,96	-1,28 <sup>a</sup>	0,2143
wskaźnik miednicy	70,44 ± 4,10	67,44 ± 5,22	1,59 <sup>a</sup>	0,1264
wskaźnik WHR	0,72 ± 0,03	0,72 ± 0,03	-0,07 <sup>a</sup>	0,9425
wskaźnik długości kończyn górnych	42,71 ± 1,51	42,91 ± 1,49	-0,34 <sup>a</sup>	0,7384
wskaźnik długości kończyn dolnych	50,38 ± 1,58	50,95 ± 1,21	-1,00 <sup>a</sup>	0,3255
wskaźnik międzykończynowy	84,83 ± 3,71	84,27 ± 3,63	0,19 <sup>b</sup>	0,8490
wskaźnik barkowo-wzrostowy	21,66 ± 1,15	21,83 ± 1,02	-0,38 <sup>a</sup>	0,7096
wskaźnik biodrowo-wzrostowy	15,24 ± 0,85	14,74 ± 1,48	0,95 <sup>b</sup>	0,3412

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a, <sup>c</sup> – test t-Studenta z estymacją wariancji.

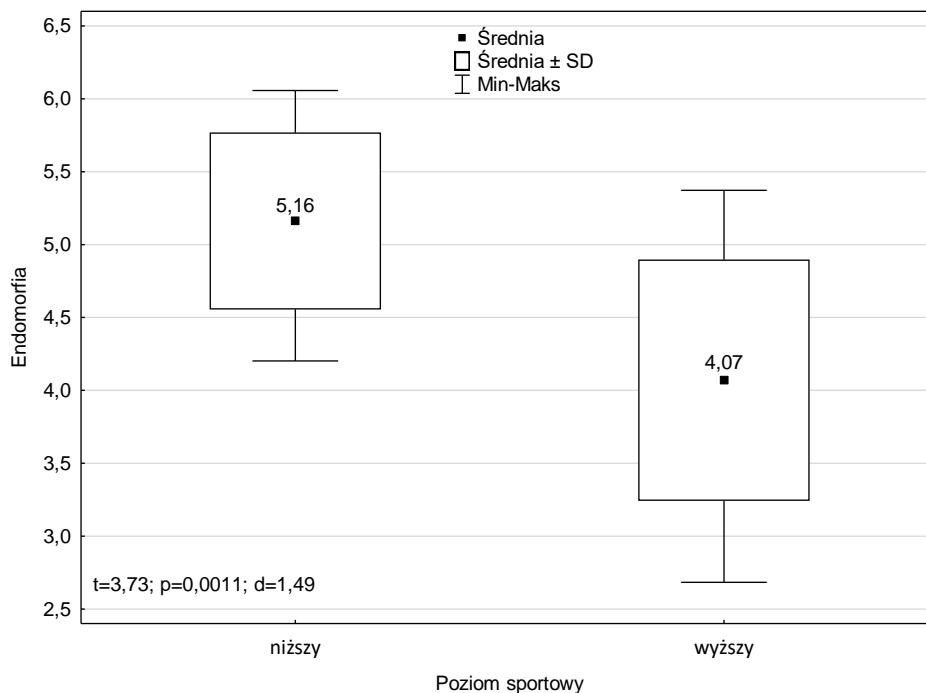
Wynik komponentu endomorfii w grupie zawodniczek o niższym poziomie sportowym był wyższy o średnio 1,09 niż dla zawodniczek o wyższym poziomie sportowym. Stwierdzono statystyczną istotność tej różnicy ( $p=0,0011$ ), a jej wielkość określono jako dużą ( $d=1,49$ ) (Tabela 8., Rycina 25.).

Tabela 8. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem komponentów somatotypu.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
Średnia ± SD				
endomorfia	5,16 ± 0,61	4,07 ± 0,83	3,73 <sup>a</sup>	<b>0,0011</b>
mezomorfia	3,86 ± 1,29	3,86 ± 0,93	0,00 <sup>a</sup>	0,9991
ektomorfia	2,22 ± 0,99	2,45 ± 0,67	-0,66 <sup>c</sup>	0,5194

Uwaga: <sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>c</sup> – test t-Studenta z estymacją wariancji. Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p<0,05$ ) pogrubiono.





Rycina 25. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem

W przypadku komponentów mezomorfii oraz ektomorfii nie zauważono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między zawodniczkami w zależności od poziomu sportowego (Tabela 8.).

Tkanka tłuszczowa zawodniczek z niższym poziomem sportowym była o 3,24 punkty procentowe wyższa niż badanych z wyższym poziomem sportowym. Stwierdzono statystycznie istotną różnicę ( $p=0,0231$ ) między wynikami tkanki tłuszczowej w grupach z niższym oraz wyższym poziomem sportowym. Wielkość tej różnicy została określona jako duża ( $d=0,98$ ) (Tabela 9, Rycina 26.).

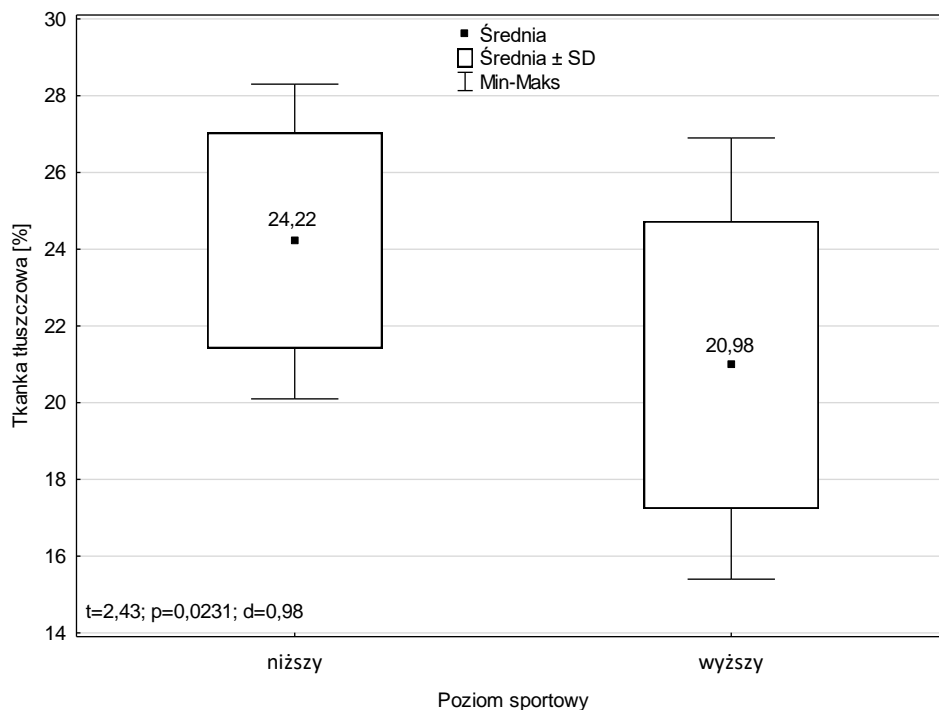
Tabela 9. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem komponentów tkankowych masy ciała badanych zawodniczek.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
tkanka tłuszczowa [%]	24,22 ± 2,80	20,98 ± 3,74	2,43 <sup>a</sup>	<b>0,0231</b>
masa tkanki tłuszczowej [kg]	14,18 ± 2,45	11,94 ± 2,96	2,05 <sup>a</sup>	<u>0,0516</u>
beztłuszczowa masa ciała [kg]	44,16 ± 3,85	44,32 ± 3,31	-0,11 <sup>a</sup>	0,9136
całkowita zawartość wody w organizmie [%]	54,65 ± 2,05	56,98 ± 2,75	-2,39 <sup>a</sup>	<b>0,0256</b>
masa mięśniowa [kg]	41,92 ± 3,66	42,06 ± 3,15	-0,10 <sup>a</sup>	0,9210
tkanka tłuszczowa - KDP [%]	31,24 ± 1,91	28,21 ± 2,34	3,53 <sup>a</sup>	<b>0,0018</b>
masa tkanki tłuszczowej - KDP [kg]	3,39 ± 0,39	2,97 ± 0,42	2,61 <sup>a</sup>	<b>0,0156</b>
beztłuszczowa masa ciała - KDP [kg]	7,46 ± 0,51	7,51 ± 0,49	-0,25 <sup>a</sup>	0,8062
masa mięśniowa - KDP [kg]	7,05 ± 0,49	7,09 ± 0,46	-0,22 <sup>a</sup>	0,8264
tkanka tłuszczowa - KDL [%]	31,46 ± 2,12	28,49 ± 2,13	3,49 <sup>a</sup>	<b>0,0020</b>
masa tkanki tłuszczowej - KDL [kg]	3,35 ± 0,39	2,93 ± 0,43	2,56 <sup>a</sup>	<b>0,0176</b>
beztłuszczowa masa ciała - KDL [kg]	7,28 ± 0,48	7,32 ± 0,46	-0,26 <sup>a</sup>	0,8003
masa mięśniowa - KDL [kg]	6,87 ± 0,46	6,92 ± 0,42	-0,32 <sup>a</sup>	0,7537
tkanka tłuszczowa - KGP [%]	27,11 ± 3,81	24,37 ± 4,19	1,70 <sup>a</sup>	0,1017
masa tkanki tłuszczowej - KGP [kg]	0,76 ± 0,14	0,65 ± 0,16	1,26 <sup>b</sup>	0,2080
beztłuszczowa masa ciała - KGP [kg]	2,02 ± 0,26	2,02 ± 0,23	0,10 <sup>a</sup>	0,9227
masa mięśniowa - KGP [kg]	1,93 ± 0,26	1,92 ± 0,23	0,18 <sup>a</sup>	0,8566
tkanka tłuszczowa - KGL [%]	27,81 ± 3,51	25,31 ± 4,45	1,55 <sup>a</sup>	0,1343
masa tkanki tłuszczowej - KGL [kg]	0,77 ± 0,14	0,68 ± 0,17	1,29 <sup>a</sup>	0,2110
beztłuszczowa masa ciała - KGL [kg]	1,99 ± 0,25	1,98 ± 0,22	0,16 <sup>a</sup>	0,8750
masa mięśniowa - KGL [kg]	1,89 ± 0,25	1,88 ± 0,22	0,16 <sup>a</sup>	0,8750
tkanka tłuszczowa - T [%]	18,68 ± 4,71	15,19 ± 5,46	1,70 <sup>a</sup>	0,1026
masa tkanki tłuszczowej - T [kg]	5,92 ± 1,84	4,70 ± 1,96	1,60 <sup>a</sup>	0,1243
beztłuszczowa masa ciała - T [kg]	25,41 ± 2,41	25,49 ± 2,09	-0,09 <sup>a</sup>	0,9265
masa mięśniowa - T [kg]	24,19 ± 2,27	24,25 ± 1,98	-0,07 <sup>a</sup>	0,9423

KDP – kończyna dolna prawa, KDL – kończyna dolna lewa, KGP – kończyna górna prawa, KGL – kończyna górna lewa, T – tułów.

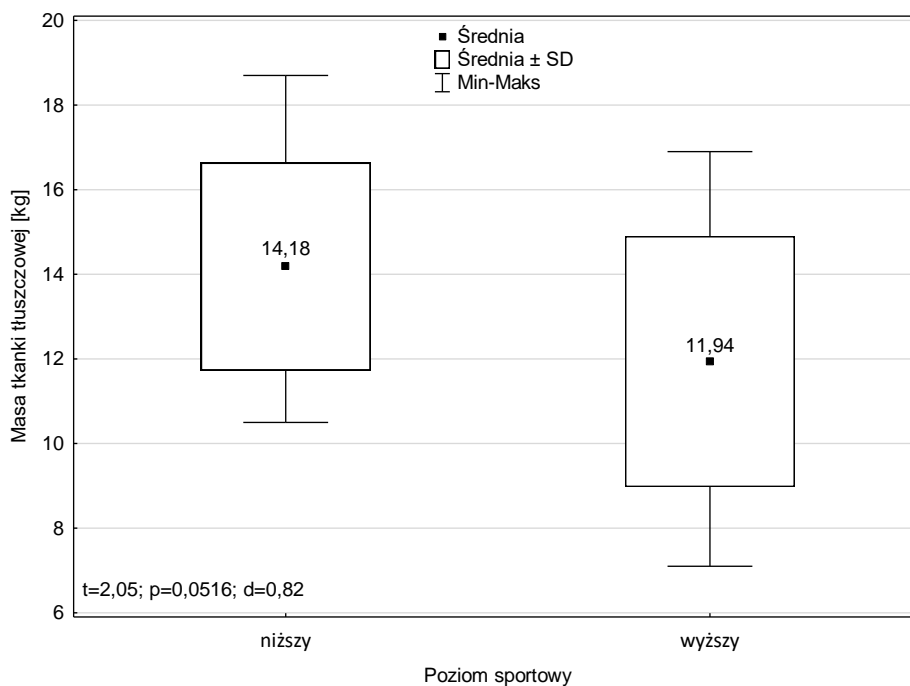
<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice (p<0,05) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic (0,10<p≤0,05) podkreślono.



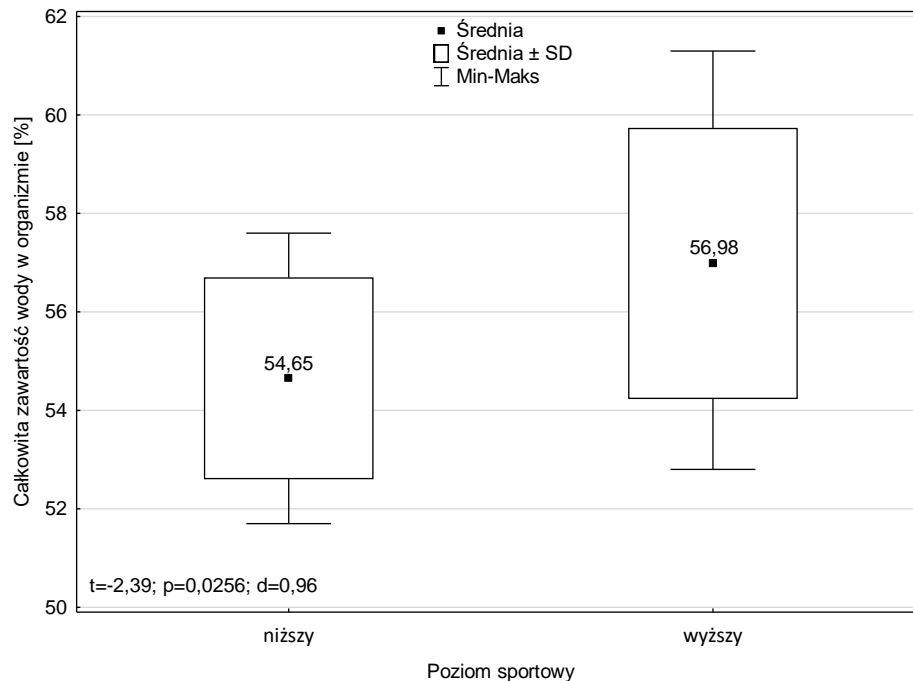
Rycina 26. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej badanych.

W przypadku masy tkanki tłuszczowej zauważono tendencję do statystycznej istotności ( $p=0,0516$ ) między wynikami badanych z niższym oraz wyższym poziomem sportowym. Wielkość różnicy została określona jako duża ( $d=0,82$ ) (Tabela 9., Rycina 27.).



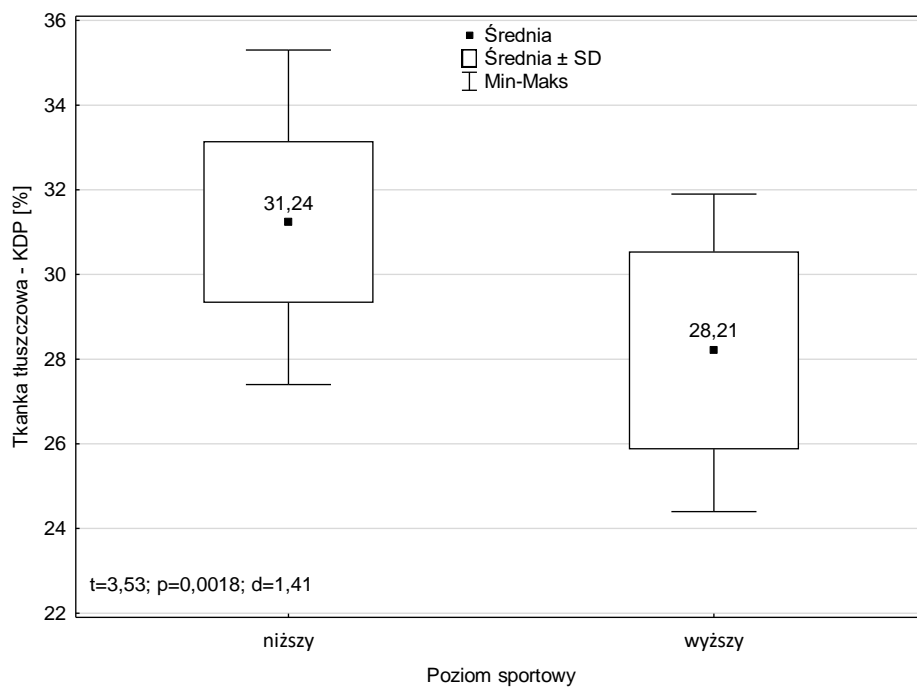
Rycina 27. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej.

Badane z wyższym poziomem sportowym osiągały wyższe (średnio o 2,33 punkty procentowe) wyniki zawartości wody w organizmie niż zawodniczki z niższym poziomem sportowym. Wykazano statystycznie istotną różnicę ( $p=0,0256$ ) między tymi grupami badanych i wielkość tej różnicy była duża ( $d=0,96$ ) (Tabela 9., Rycina 28.).

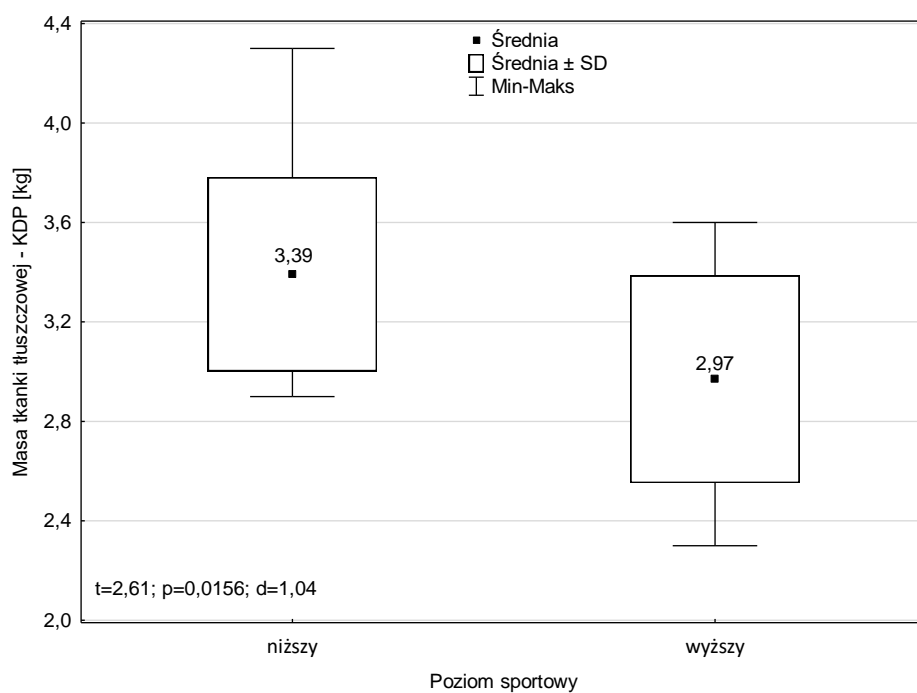


Rycina 28. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem całkowitej zawartości wody w organizmie.

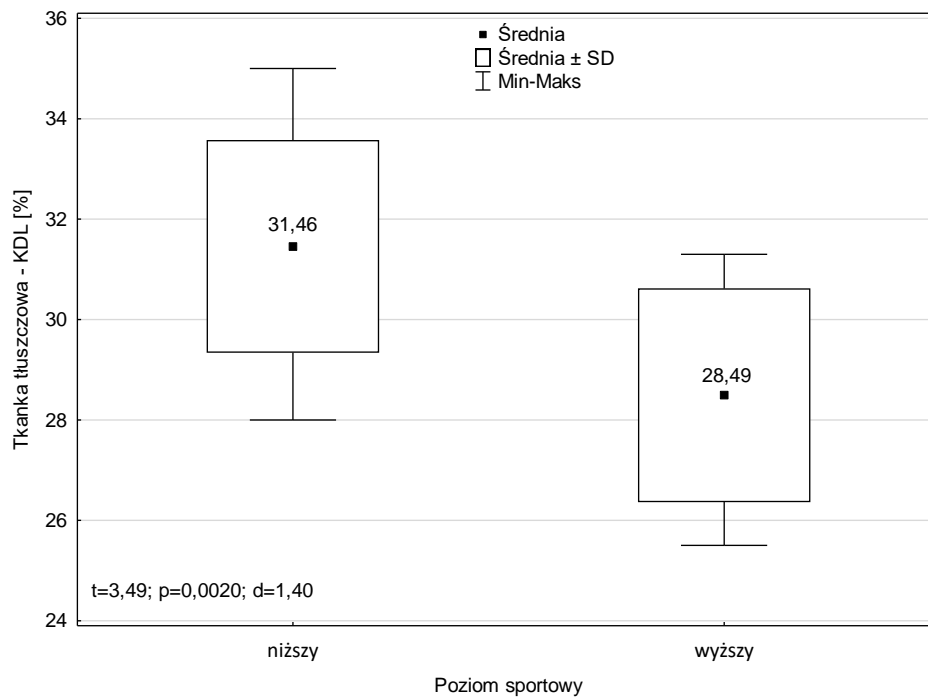
Zawodniczki z niższym poziomem sportowym osiągały statystycznie istotnie wyższe wyniki od badanych z wyższym poziomem sportowym, zarówno w przypadku tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej oraz lewej, wyrażonych w procentach (odpowiednio  $p=0,0018$  oraz  $p=0,0020$ ), jak i dla tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej oraz lewej, wyrażonej w kilogramach (odpowiednio  $p=0,0156$  oraz  $p=0,0176$ ). Każda z czterech różnic uznana została za dużą, o czym świadczą wartości  $d$  Cohena wyższe od 0,80, wynoszące odpowiednio  $d=1,41$  i  $d=1,40$  dla tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej i lewej oraz  $d=1,04$  i  $d=1,02$  dla masy tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej i lewej (Tabela 9., Rycina 29., Rycina 30., Rycina 31., Rycina 32.).



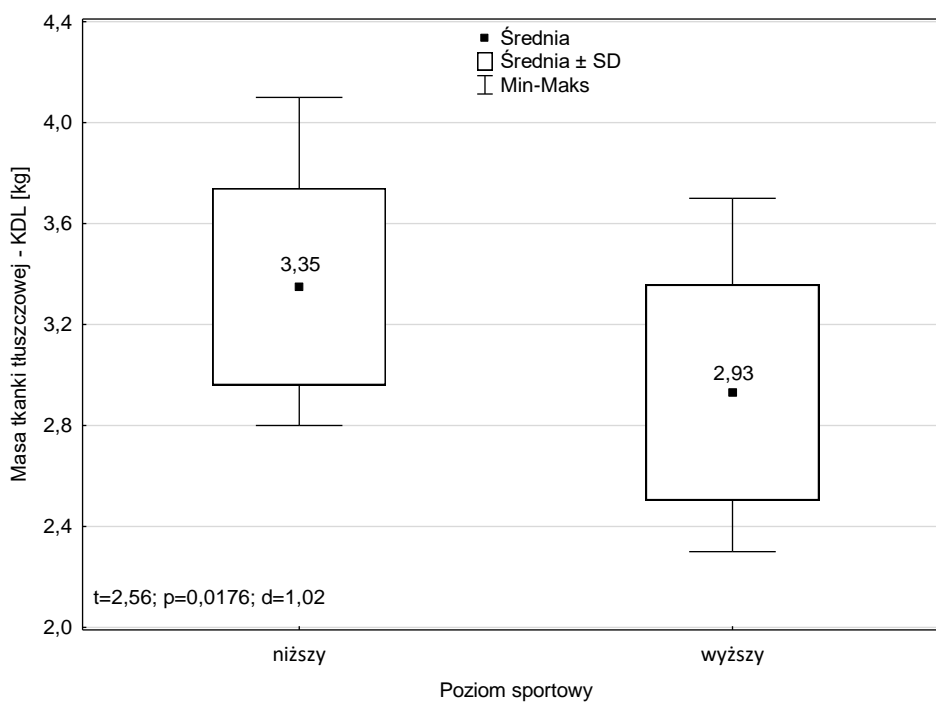
Rycina 29. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej.



Rycina 30. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej.



Rycina 31. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej.



Rycina 32. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej.

W przypadku pozostałych komponentów tkankowych masy ciała nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między zawodniczkami w zależności od poziomu sportowego (Tabela 9.).

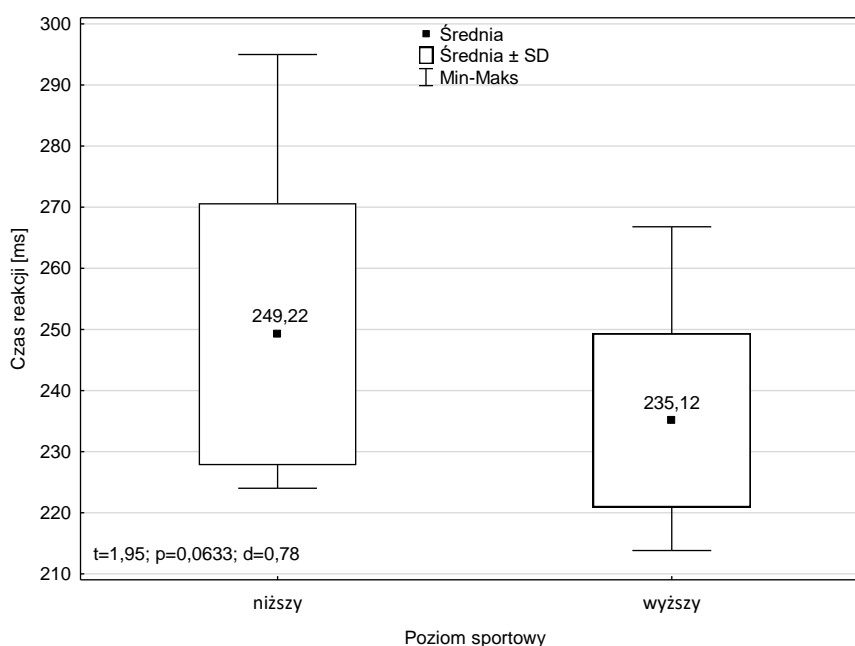
#### 4.1.2. Sprawność fizyczna

Czas reakcji był krótszy średnio o 14,10 ms u zawodniczek o wyższym poziomie sportowym niż zawodniczek o niższym poziomie sportowym. Różnica ta wykazała tendencję do statystycznej istotności ( $p=0,0633$ ), a jej wielkość została uznana za średnią ( $d=0,78$ ) (Tabela 10., Rycina 33.).

Tabela 10. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem czasu reakcji oraz szybkości.

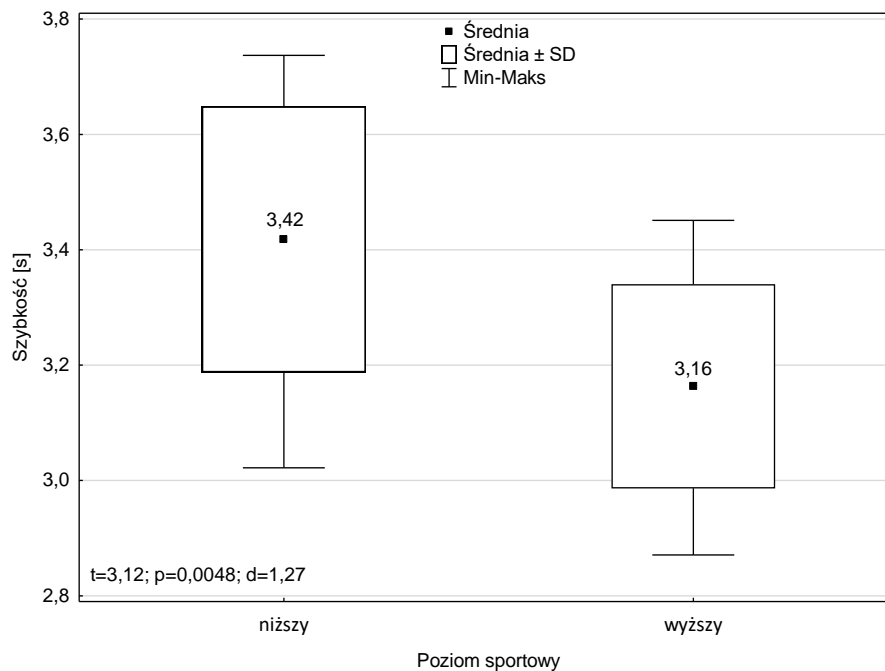
Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia $\pm$ SD			
czas reakcji [ms]	249,22 $\pm$ 21,45	235,12 $\pm$ 14,21	1,95	<u>0,0633</u>
szybkość [s]	3,42 $\pm$ 0,23	3,16 $\pm$ 0,18	3,12	<b>0,0048</b>

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic ( $0,10 < p \leq 0,05$ ) podkreślono.



Rycina 33. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu reakcji.

Podobnie, szybkość mierzona testem biegu na 20 m ze startu wysokiego była lepsza u zawodniczek o wyższym poziomie sportowym (średnio o 0,26 s) niż w przypadku badanych o niższym poziomie sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0048$ ), a jej wielkość została uznana za dużą ( $d=1,27$ ) (Tabela 10., Rycina 34.).



Rycina 34. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem szybkości.

Zawodniczki o wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe wyniki, zarówno w teście skłonu dosiężnego w siadzie (średnio o 5,87 cm), jak i skłonu dosiężnego w staniu (średnio o 7,44 cm) niż badane o niższym poziomie sportowym. Różnice te były statystycznie istotne (odpowiednio  $p=0,0056$  dla skłonu dosiężnego w siadzie oraz  $p=0,0014$  dla skłonu dosiężnego w staniu), a ich wielkość – duża (odpowiednio  $d=1,22$  i  $d=1,46$ ) (Tabela 11., Rycina 35., Rycina 36.).



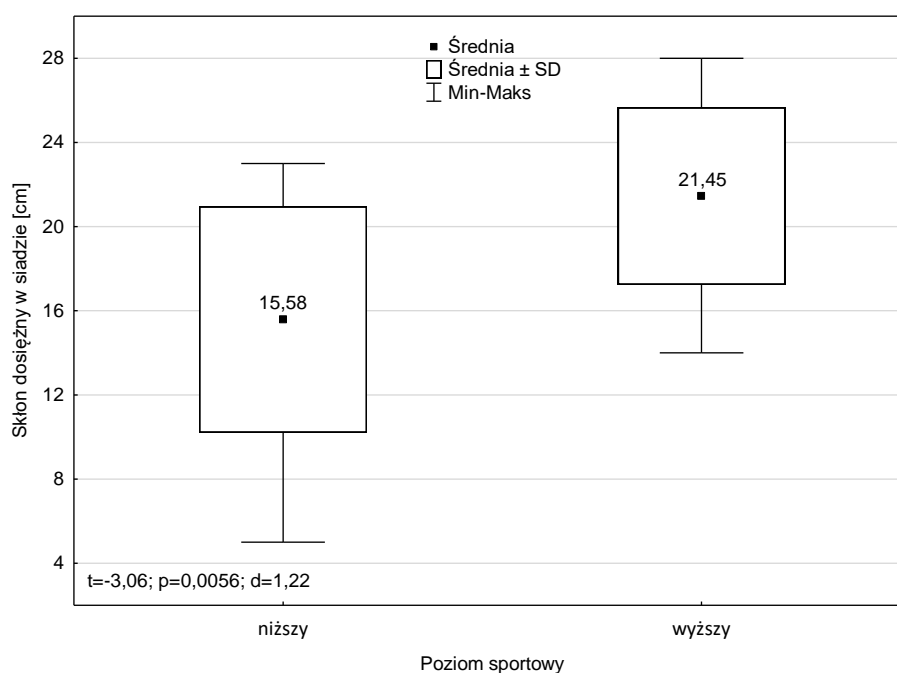
Tabela 11. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów gibkości i zakresów ruchomości.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
skłon dosiężny w siadzie [cm]	15,58 ± 5,37	21,45 ± 4,21	-3,06 <sup>a</sup>	<b>0,0056</b>
skłon dosiężny w staniu [cm]	14,58 ± 5,58	22,02 ± 4,64	-3,63 <sup>a</sup>	<b>0,0014</b>
ASLR - KDP [°]	123,85 ± 13,20	135,75 ± 13,14	-2,26 <sup>a</sup>	<b>0,0338</b>
ASLR - KDL [°]	123,70 ± 16,20	135,40 ± 12,47	-1,55 <sup>b</sup>	0,1211
ASLR - różnica między kończynami [°]	8,77 ± 6,65	7,07 ± 6,39	0,65 <sup>a</sup>	0,5201
PSLR - KDP [°]	119,31 ± 13,67	132,08 ± 11,39	-2,55 <sup>a</sup>	<b>0,0181</b>
PSLR - KDL [°]	121,02 ± 14,69	130,38 ± 14,39	-1,61 <sup>a</sup>	0,1211
PSLR - różnica między kończynami [°]	7,74 ± 5,59	10,89 ± 11,24	-0,14 <sup>b</sup>	0,8918

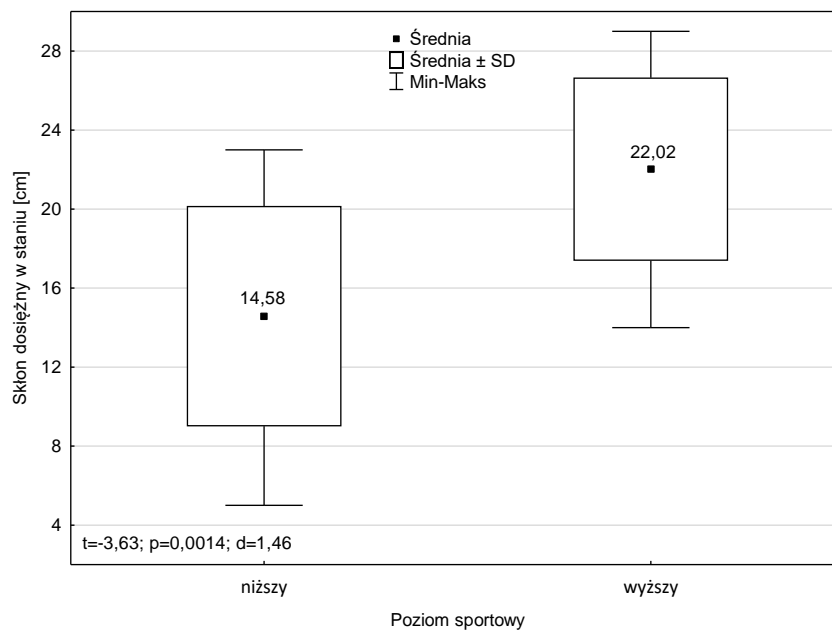
ASLR – aktywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej, PSLR – pasywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej, KDP – kończyna dolna prawa, KDL – kończyna dolna lewa,

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice (p<0,05) pogrubiono.

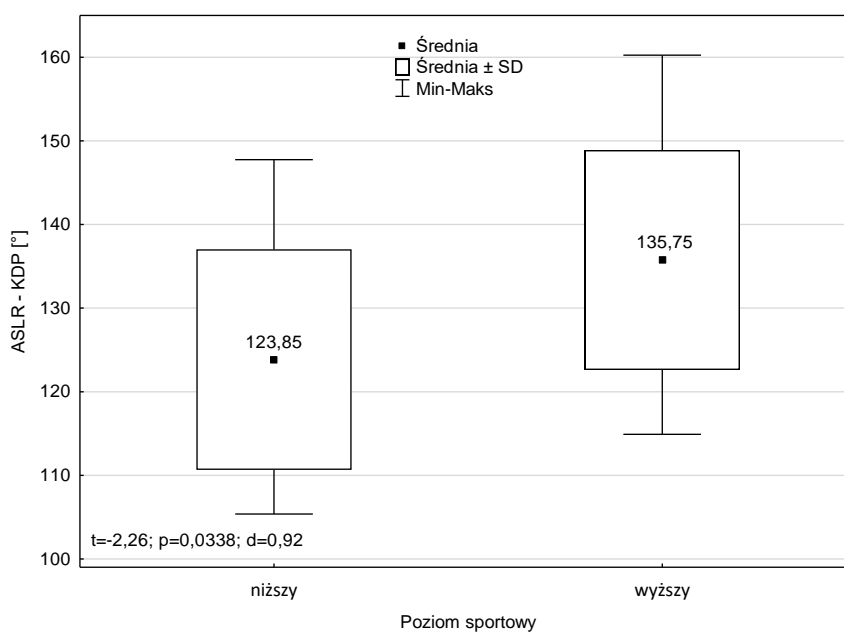


Rycina 35. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości skłonu dosiężnego w siadzie.



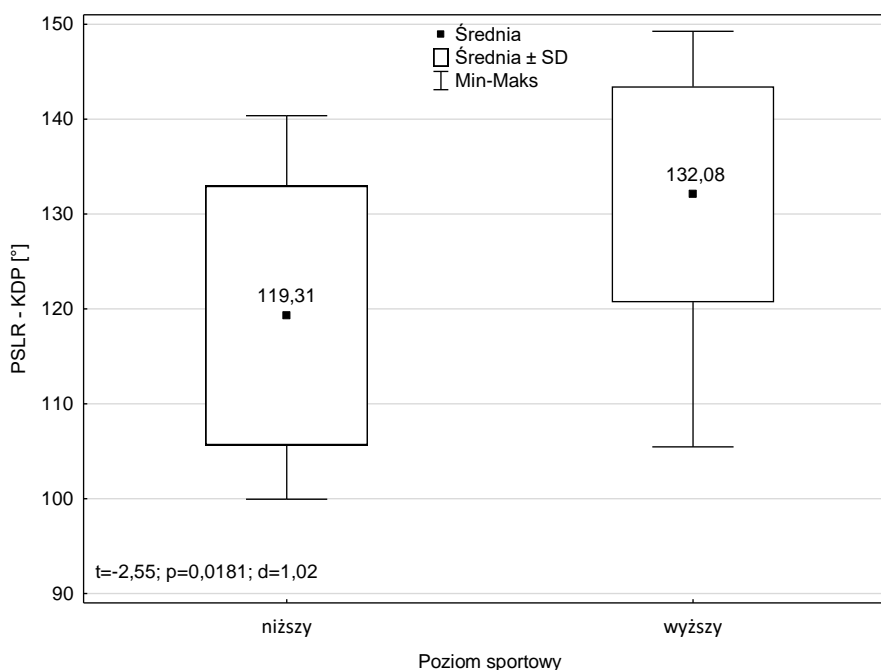
Rycina 36. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości skłonu dosiężny w staniu.

Aktywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej prawej był wyższy średnio o  $9,90^\circ$  u badanych o wyższym poziomie sportowym niż u zawodniczek z niższym poziomem sportowym. Stwierdzono statystyczną istotność tej różnicy ( $p=0,0338$ ), a jej wielkość uznano za dużą ( $d=0,92$ ) (Tabela 11., Rycina 37.).



Rycina 37. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości aktywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej.

Pasywny wznos wyprostowanej kończyny dolnej prawej był wyższy średnio o 12.77° u badanych o wyższym poziomie sportowym niż u badanych z niższym poziomem sportowym. Stwierdzono statystyczną istotność tej różnicy ( $p=0,0181$ ), a jej wielkość określono jako dużą ( $d=1,02$ ) (Tabela 11., Rycina 38.).



Rycina 38. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości pasywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej.

Żaden z pozostałych parametrów giętkości i zakresów ruchomości nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 11.).

Biorąc pod uwagę siłę ręki (absolutną i względną dla kończyny górnej prawej oraz lewej), mierzoną za pomocą dynamometru, nie wykazano statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 12.).

Tabela 12. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających siłę ręki.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
Średnia ± SD				
siła absolutna - KGP [kgf]	25,76 ± 4,48	27,48 ± 5,89	-0,82	0,4230
siła absolutna - KGL [kgf]	24,27 ± 3,4	25,38 ± 7,24	-0,49	0,6307
siła względna - KGP [kgf/kg]	1,18 ± 0,23	1,30 ± 0,31	-1,07	0,2966
siła względna - KGL [kgf/kg]	1,11 ± 0,18	1,19 ± 0,35	-0,75	0,4594

KGP – kończyna górna prawa, KGL – kończyna górna lewa.

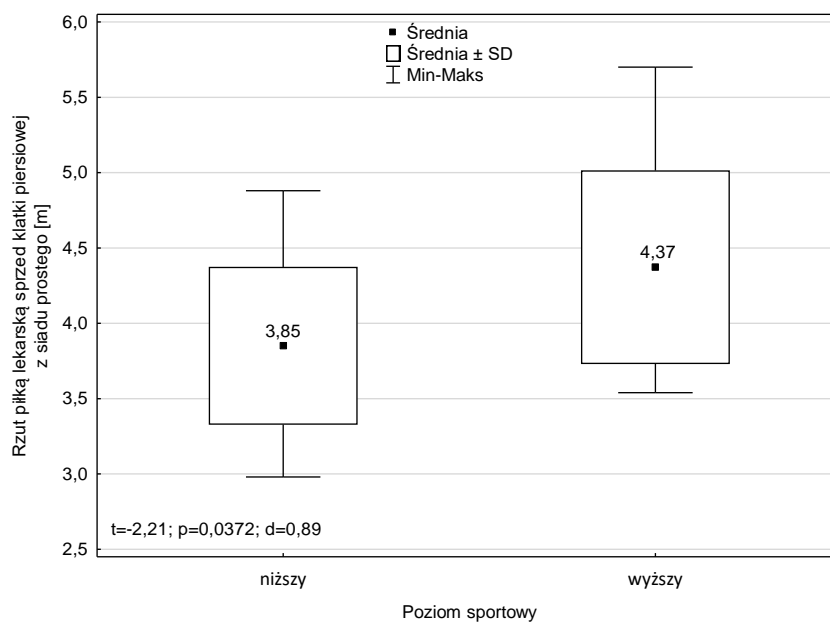
Zawodniczki o wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe wyniki średnio o 0,52 m w rzucie piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z siadu prostego niż badane z niższym poziomem sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0372$ ) i została uznana za dużą ( $d=0,89$ ) (Tabela 13., Rycina 39.).

Tabela 13. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających siłę eksplozywną i wytrzymałość siłową kończyn górnych.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
Średnia ± SD				
rzut piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z siadu prostego [m]	3,85 ± 0,52	4,37 ± 0,64	-2,21	<b>0,0372</b>
rzut piłką lekarską w przód zza głowy [m]	6,23 ± 1,01	7,94 ± 1,89	-2,79	<b>0,0103</b>
rzut piłką lekarską w tył znad głowy [m]	8,49 ± 1,86	10,00 ± 2,20	-1,84	<u>0,0787</u>
ugięcia ramion w podporze przodem [n]	17,75 ± 6,62	20,46 ± 5,09	-1,15	0,2607

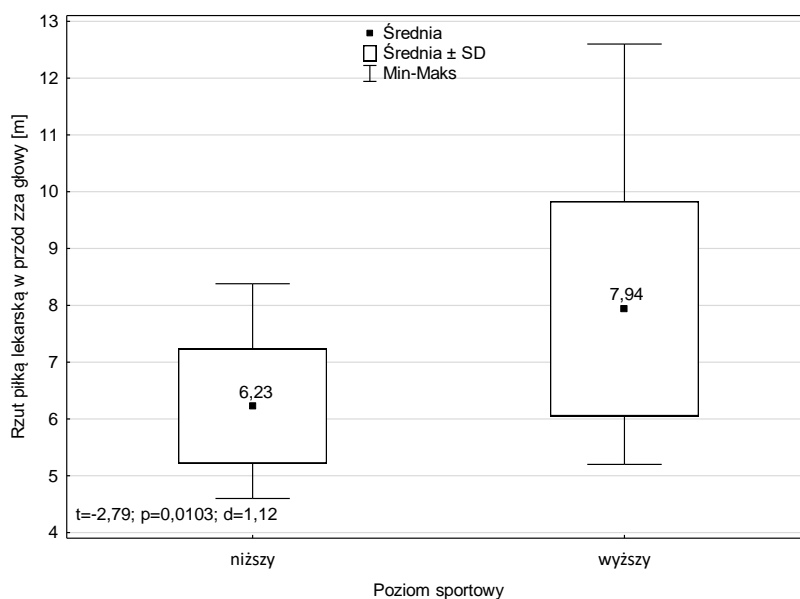
n – liczba ugięć.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p<0,05$ ) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic ( $0,10<p\leq 0,05$ ) podkreślono.



Rycina 39. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską przed klatki piersiowej z siadu prostego.

Również w przypadku rzutu piłką lekarską w przód zza głowy zawodniczki o wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe wyniki (średnio o 1,71 m) niż zawodniczki z niższym poziomem sportowym. Stwierdzono statystyczną istotność tej różnicy ( $p=0,0103$ ) i została ona uznana jako duża ( $d=1,12$ ) (Tabela 13, Wykres 40.).



Rycina 40. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską w przód zza głowy.

Także w rzucie piłką lekarską w tył znad głowy badane o wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe rezultaty o średnio 1,51 m niż badane z niższym poziomem sportowym. Różnica ta wykazała tendencję do statystycznej istotności ( $p=0,0787$ ), a jej wielkość określono jako średnią ( $d=0,74$ ) (Tabela 13, Wykres 41.).



Rycina 41. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską w tył znad głowy.

W przypadku ugięć ramion w podporze przodem nie wykazano statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy zawodniczek (Tabela 13.).

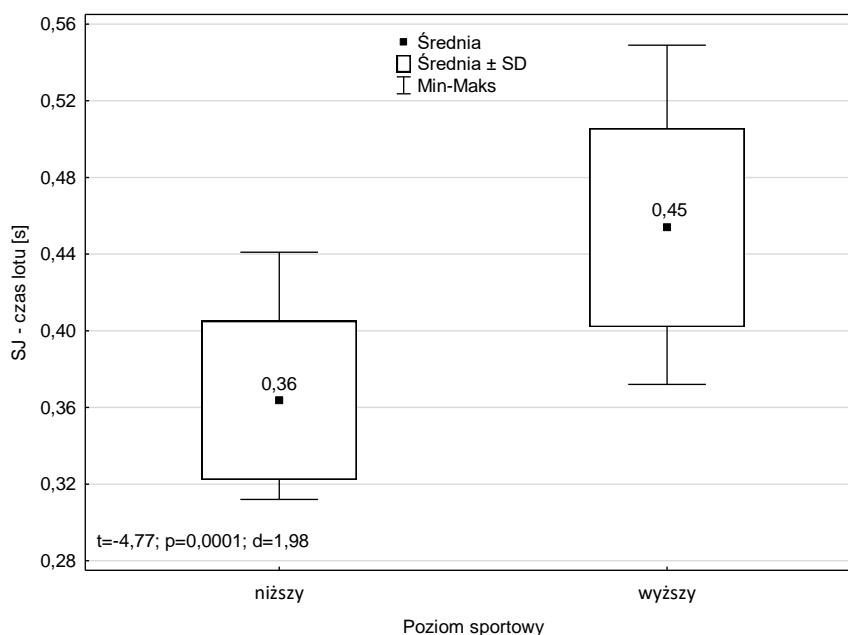
We wszystkich parametrach testu Squat Jump (SJ) zawodniczki o wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe wyniki od zawodniczek o niższym poziomie sportowym. Różnice te w każdym z parametrów były statystycznie istotne i wynosiły odpowiednio  $p=0,0001$  dla czasu lotu oraz wysokości lotu,  $p=0,0057$  dla mocy absolutnej oraz  $p=0,0003$  dla mocy względnej kończyn dolnych. Dla każdego z parametrów wielkość owej różnicy została określona jako duża. Effect size wyrażony za pomocą  $d$  Cohena był równy odpowiednio:  $d=1,98$  dla czasu lotu,  $d=1,83$  dla wysokości lotu,  $d=1,22$  dla mocy absolutnej oraz  $d=1,71$  w przypadku mocy względnej (Tabela 14., Rycina 42., Rycina 43., Rycina 44., Rycina 45.).

Tabela 14. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów mocy kończyn dolnych.

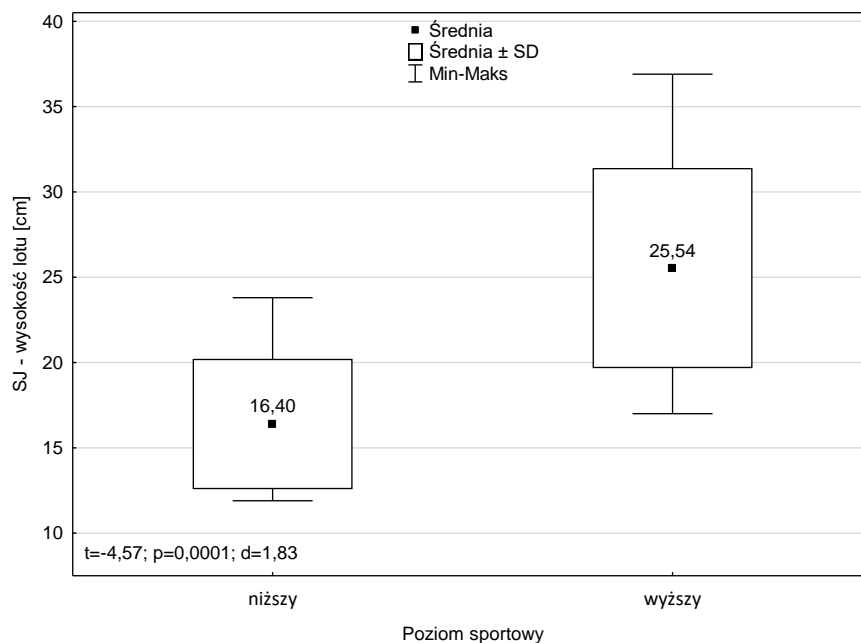
Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
SJ - czas lotu [s]	0,36 ± 0,04	0,45 ± 0,05	-4,77	<b>0,0001</b>
SJ - wysokość lotu [cm]	16,40 ± 3,82	25,54 ± 5,86	-4,57	<b>0,0001</b>
SJ - moc absolutna [W]	1583,36 ± 387,26	2043,48 ± 367,54	-3,05	<b>0,0057</b>
SJ - moc względna [W/kg]	26,88 ± 4,86	36,45 ± 6,20	-4,27	<b>0,0003</b>
CMJ - czas lotu [s]	0,43 ± 0,04	0,49 ± 0,04	-3,80	<b>0,0009</b>
CMJ - wysokość lotu [cm]	23,17 ± 4,09	29,54 ± 4,47	-3,70	<b>0,0012</b>
CMJ - moc absolutna [W]	1994,09 ± 424,84	2286,28 ± 359,66	-1,86	<u>0,0756</u>
CMJ - moc względna [W/kg]	33,92 ± 4,83	40,64 ± 4,85	-3,47	<b>0,0021</b>
DJ - czas kontaktu [s]	0,34 ± 0,08	0,38 ± 0,08	-1,08	0,2897
DJ - czas lotu [s]	0,42 ± 0,03	0,47 ± 0,04	-3,35	<b>0,0028</b>
DJ - wysokość lotu [cm]	21,59 ± 3,39	26,86 ± 4,45	-3,31	<b>0,0031</b>
DJ - RSI [m/s]	0,67 ± 0,21	0,74 ± 0,20	-0,88	0,3861
DJ - moc absolutna [W]	1898,49 ± 349,98	2123,79 ± 359,00	-1,59	0,1262
DJ - moc względna [W/kg]	32,38 ± 3,92	37,73 ± 4,92	-2,99	<b>0,0066</b>

SJ – test Squat Jump, CMJ – test Countermovement Jump, DJ – test Drop Jump, RSI – Reactive Strength Index (indeks siły reaktywnej).

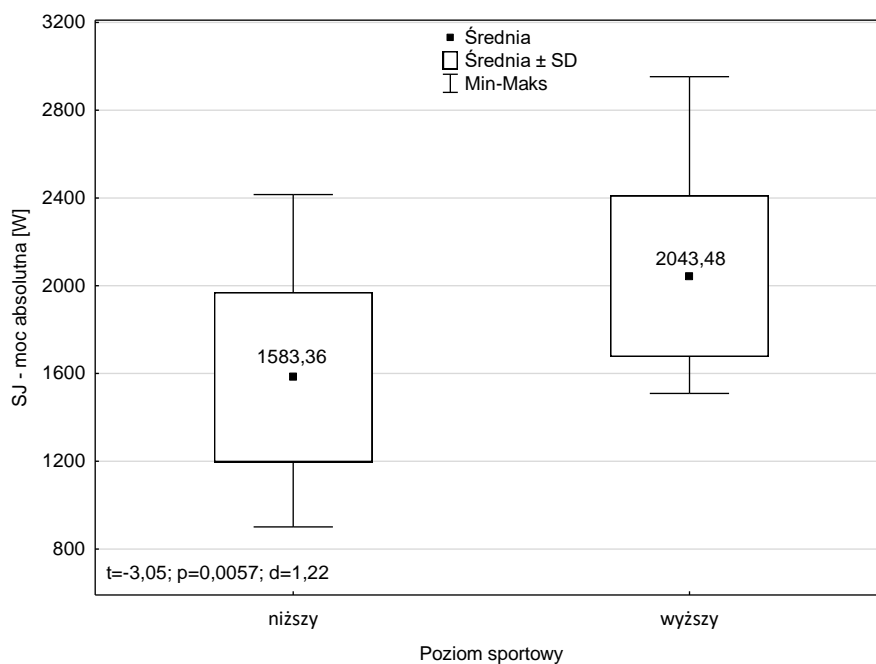
Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic ( $0,10 < p \leq 0,05$ ) podkreślono.



Rycina 42. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu teście Squat Jump.

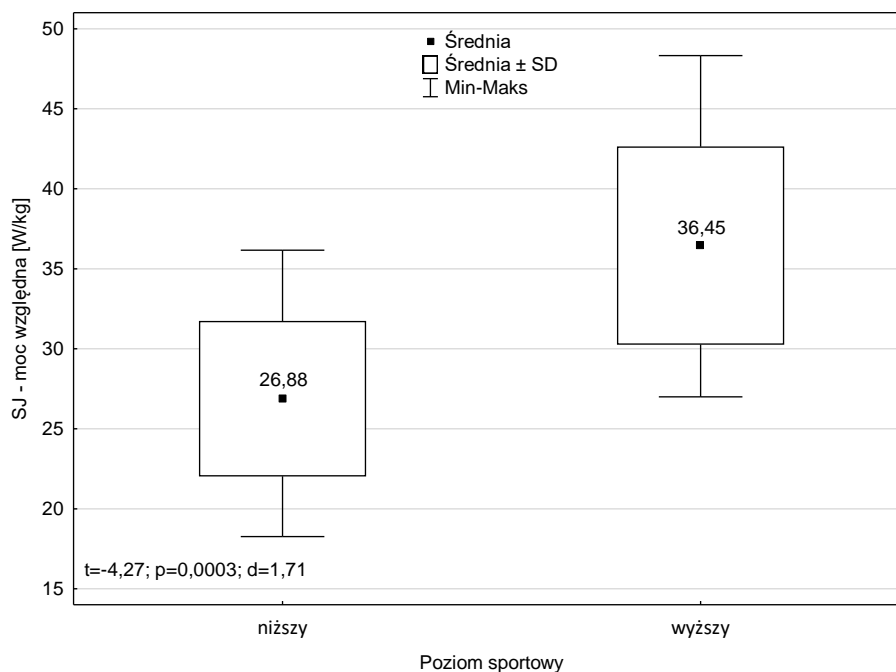


Rycina 43. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Squat Jump.



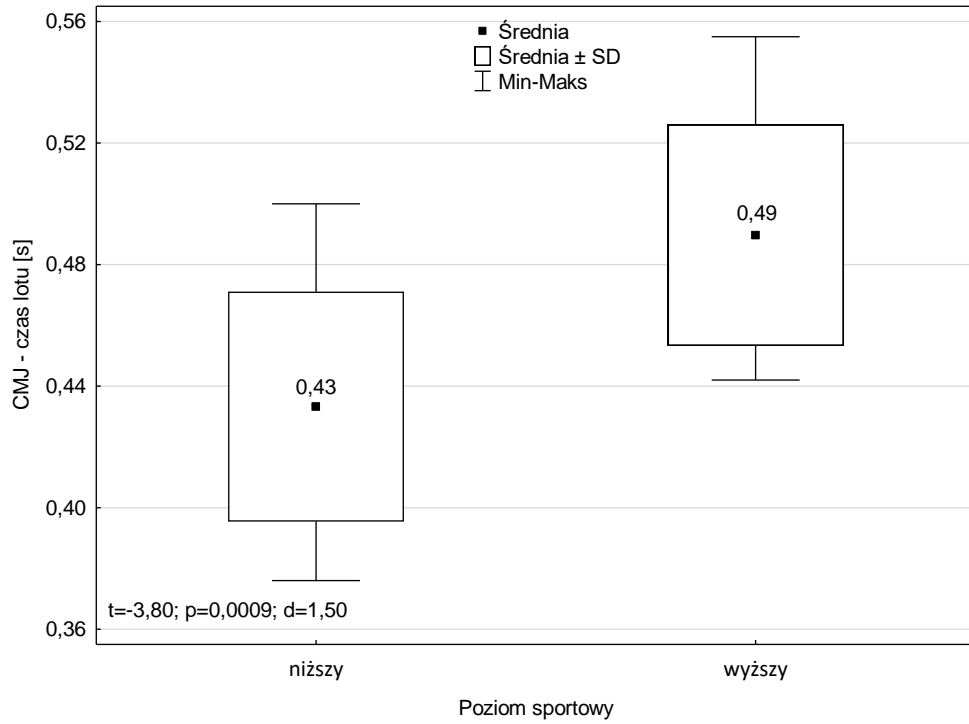
Rycina 44. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy absolutnej w teście Squat Jump.



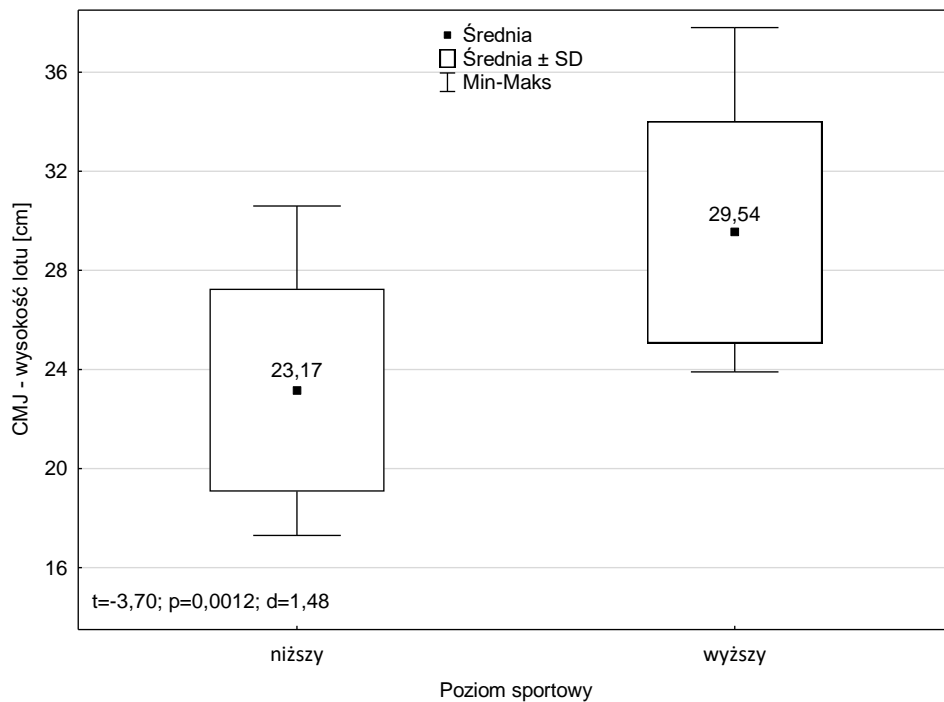


Rycina 45. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy względnej w teście Squat Jump.

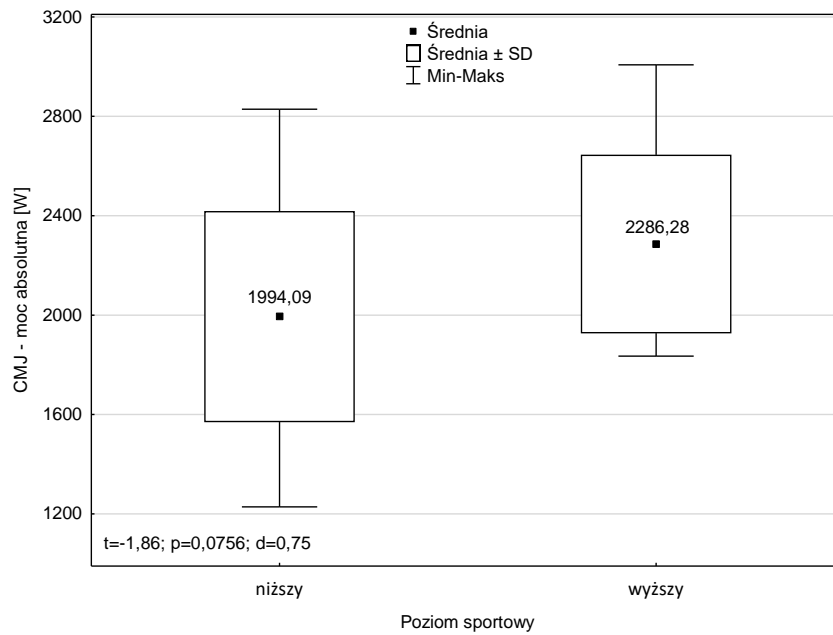
Podobnie jak w przypadku testu SJ, we wszystkich parametrach testu Countermovement Jump (CMJ) badane o wyższym poziomie sportowym uzyskały wyższe wyniki od badanych o niższym poziomie sportowym. Różnice te były statystycznie istotne dla czasu lotu ( $p=0,0009$ ), wysokości lotu ( $p=0,0012$ ) oraz dla mocy względnej ( $p=0,0021$ ). W przypadku mocy absolutnej zauważono tendencję do statystycznej istotności tej różnicy ( $p=0,0756$ ). Wielkość różnicy została uznana za dużą dla czasu lotu ( $d=1,50$ ), wysokości lotu ( $d=1,48$ ) oraz dla mocy względnej ( $d=1,39$ ), natomiast była średnia dla mocy absolutnej ( $d=0,75$ ) (Tabela 14., Rycina 46., Rycina 47. Rycina 48. Rycina 49.).



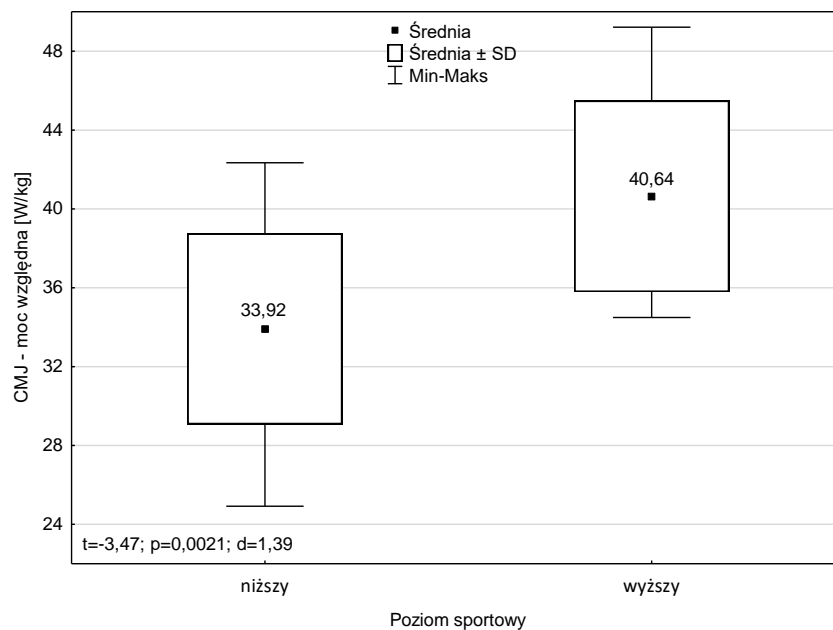
Rycina 46. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu w teście Countermovement Jump.



Rycina 47. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Countermovement Jump.



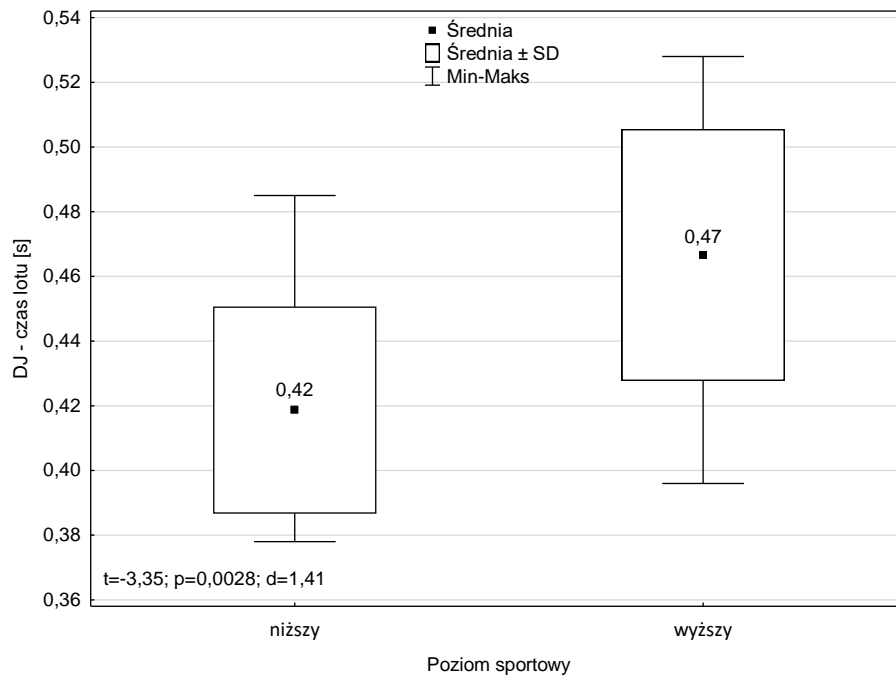
Rycina 48. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy absolutnej w teście Countermovement Jump.



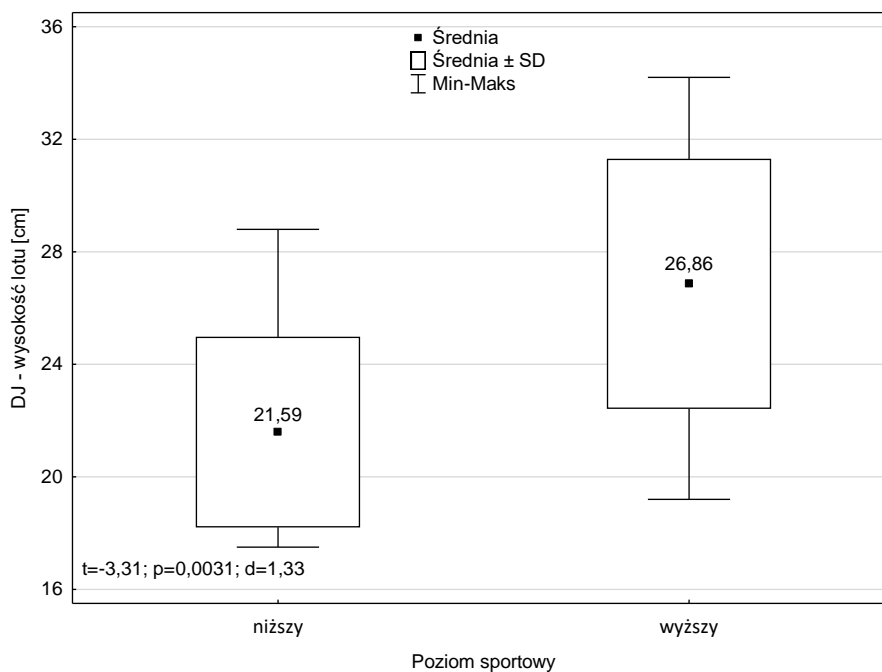
Rycina 49. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości mocy względnej w teście Countermovement Jump.

W teście Drop Jump (DJ) czas lotu ( $p=0,0028$ ), wysokość lotu ( $p=0,0031$ ) oraz moc względna ( $p=0,0066$ ) różniły się statystycznie istotnie między grupami określającymi poziom sportowy. Badane z wyższym poziomem sportowym uzyskały istotnie wyższe wyniki w każdym z tych parametrów. Wielkość różnic była duża i wynosiła odpowiednio  $d=1,41$  dla czasu lotu,

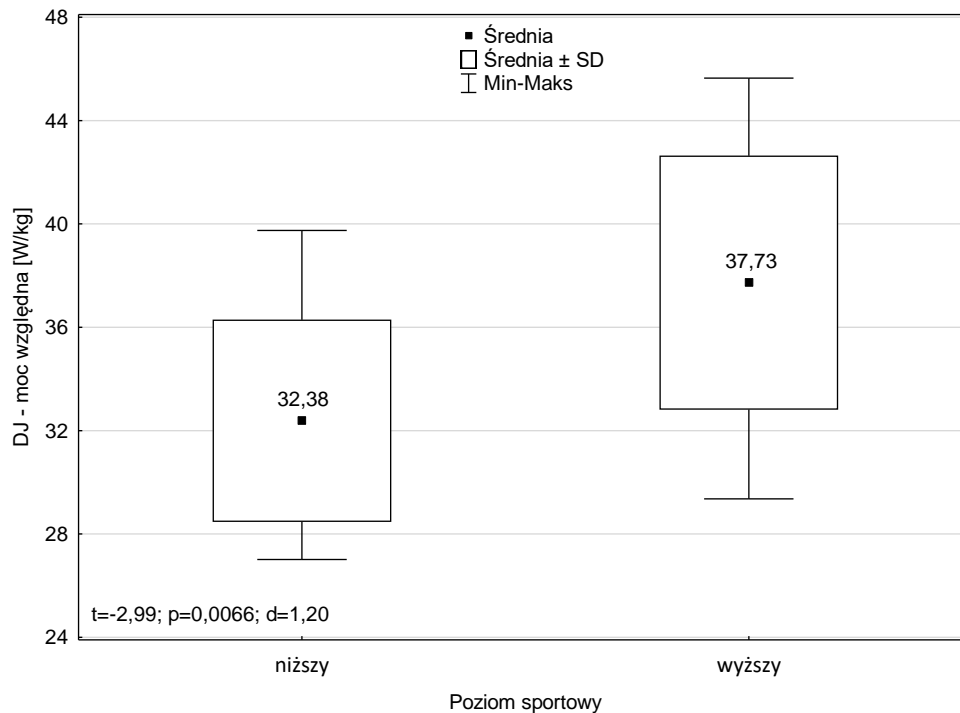
d=1,33 dla wysokości lotu oraz d=1,20 w przypadku mocy względnej kończyn dolnych (Tabela 14., Rycina 50. Rycina 51. Rycina 52.).



Rycina 50. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu w teście Drop Jump.



Rycina 51. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Drop Jump.



Rycina 52. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy względnej w teście Drop Jump.

W przypadku czasu kontaktu, indeksu siły reaktywnej oraz mocy absolutnej dla testu Drop Jump nie wykazano żadnych statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 14.).

Maksymalny pobór tlenu ( $VO_2\max$ ), uzyskany w beep teście, był wyższy średnio o 7,59 ml/kg/min u zawodniczek z wyższym poziomem sportowym niż u zawodniczek z niższym poziomem sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0004$ ), a jej wielkość została uznana za dużą ( $d=1,57$ ) (Tabela 15., Rycina 53.).

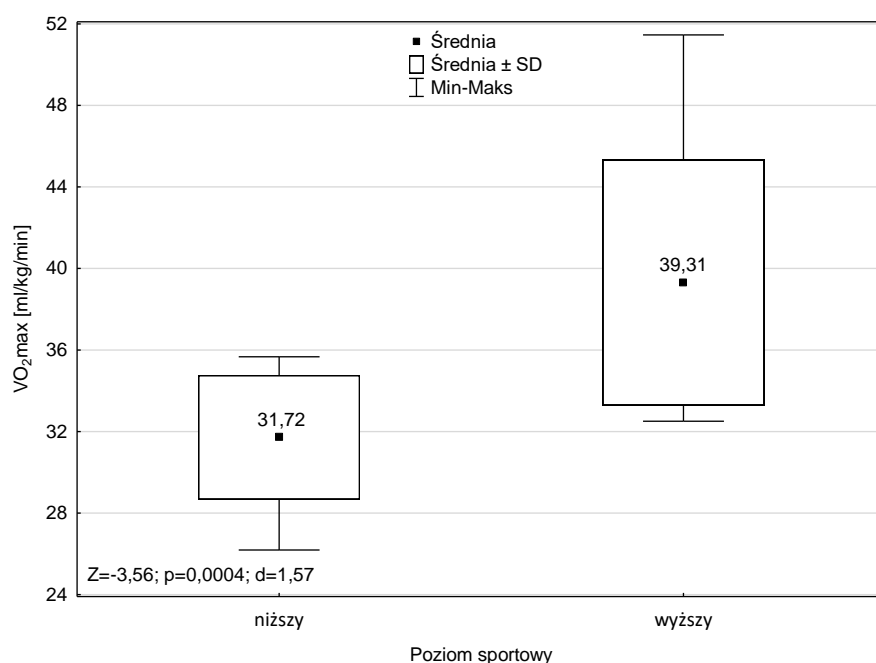
Tabela 15. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających wytrzymałość krążeniowo-oddechową.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
VO <sub>2</sub> max [ml/kg/min]	31,72 ± 3,05	39,31 ± 6,03	-3,56 <sup>b</sup>	<b>0,0004</b>
beep test - dystans [m]	718,33 ± 185,95	1158,46 ± 392,98	-3,32 <sup>b</sup>	<b>0,0009</b>
beep test - pokonane odcinki [n]	35,92 ± 9,30	57,92 ± 19,65	-3,32 <sup>b</sup>	<b>0,0009</b>
beep test - HR <sub>śr</sub> [ud/min]	175,25 ± 5,05	175,46 ± 7,91	-0,08 <sup>c</sup>	0,9368
beep test - HR <sub>max</sub> [ud/min]	189,92 ± 6,27	191,85 ± 6,52	-0,75 <sup>a</sup>	0,4592
beep test - HR <sub>śr</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	87,42 ± 2,50	88,77 ± 4,19	-0,52 <sup>b</sup>	0,6018
beep test - HR <sub>max</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	94,92 ± 3,12	97,00 ± 3,76	-1,50 <sup>a</sup>	0,1473
beep test - czas w 50-59% HR <sub>max</sub> [%]	0,98 ± 1,24	0,95 ± 1,43	0,34 <sup>b</sup>	0,7358
beep test - czas w 60-69% HR <sub>max</sub> [%]	4,04 ± 3,98	2,96 ± 2,38	0,41 <sup>b</sup>	0,6829
beep test - czas w 70-79% HR <sub>max</sub> [%]	8,63 ± 3,40	7,88 ± 5,68	0,71 <sup>b</sup>	0,4792
beep test - czas w 80-89% HR <sub>max</sub> [%]	35,24 ± 12,95	31,91 ± 17,59	0,54 <sup>a</sup>	0,5973
beep test - czas w 90-100% HR <sub>max</sub> [%]	51,10 ± 15,23	56,29 ± 24,81	-0,62 <sup>a</sup>	0,5388

HR<sub>śr</sub> – średnia częstość skurczów serca, HR<sub>max</sub> – maksymalna częstość skurczów serca.

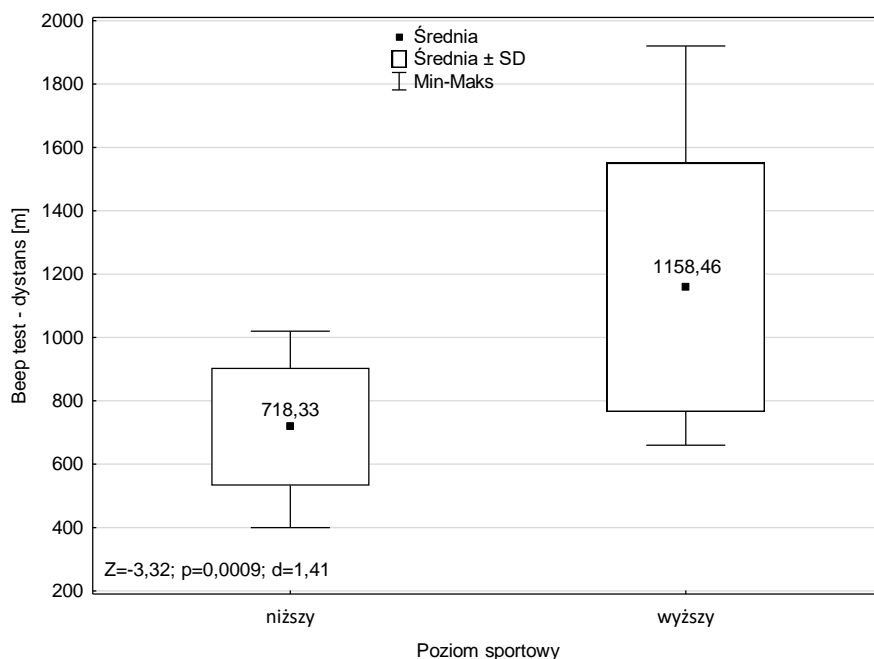
<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a, <sup>c</sup> – test t-Studenta z estymacją wariancji.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice (p<0,05) pogrubiono.

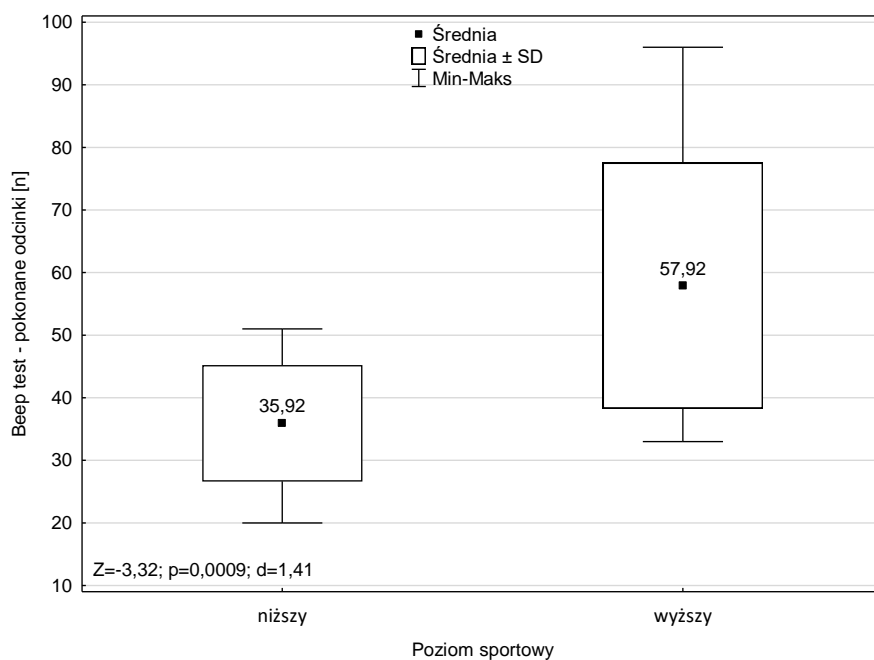


Rycina 53. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem maksymalnego poboru tlenu.

Podobnie w przypadku dystansu oraz pokonanych odcinków beep testu stwierdzono, że wyniki badanych z wyższym poziomem sportowym są statystycznie istotnie wyższe ( $p=0,0009$ ) niż u badanych z niższym poziomem sportowym. Wielkości tych różnic zostały określone jako duże ( $d=1,41$ ) (Tabela 15., Rycina 54., Rycina 55.).



Rycina 54. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem dystansu pokonanego w beep teście.



Rycina 55. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem pokonanych odcinków beep testu.

W pozostałych parametrach wytrzymałości krążeniowo-oddechowej zawodniczki nie różniły się statystycznie istotnie ani nie zaobserwowano tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) pod względem poziomu sportowego (Tabela 15).

Żaden z pozostałych parametrów wytrzymałości krążeniowo-oddechowej (stężenie mleczanu we krwi oraz subiektywne odczucie wysiłku) nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 16.).

Tabela 16. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów wytrzymałości krążeniowo-oddechowej.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=10)		
	Średnia $\pm$ SD			
beep test - LA - wysiłek [mmol/l]	12,94 $\pm$ 3,56	13,07 $\pm$ 4,65	-0,07 <sup>a</sup>	0,9430
beep test - RPE [pkt]	16,58 $\pm$ 1,98	17,10 $\pm$ 1,10	-0,34 <sup>b</sup>	0,7367

LA – stężenie (poziom) mleczanu we krwi, RPE – subiektywny poziom odczuwanego wysiłku (mierzony za pomocą 20-stopniowej skali Borga).

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.



#### 4.1.3. Sprawność funkcjonalna

Żaden z parametrów testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu zawodniczek nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 17.).

Tabela 17. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia $\pm$ SD			
YBT LQ - KDP - anterior [cm]	58,00 $\pm$ 5,22	59,00 $\pm$ 6,09	-0,44 <sup>a</sup>	0,6647
YBT LQ - KDP - posteromedial [cm]	88,83 $\pm$ 9,23	91,27 $\pm$ 6,10	-0,78 <sup>a</sup>	0,4408
YBT LQ - KDP - posterolateral [cm]	87,17 $\pm$ 7,67	89,08 $\pm$ 7,32	-0,64 <sup>a</sup>	0,5304
YBT LQ - KDP - wynik kompozytowy [%]	93,29 $\pm$ 6,84	94,36 $\pm$ 6,59	-0,40 <sup>a</sup>	0,6943
YBT LQ - KDL - anterior [cm]	58,50 $\pm$ 6,14	59,35 $\pm$ 5,56	-0,36 <sup>a</sup>	0,7209
YBT LQ - KDL - posteromedial [cm]	89,83 $\pm$ 8,65	92,42 $\pm$ 4,90	-0,93 <sup>a</sup>	0,3618
YBT LQ - KDL - posterolateral [cm]	86,08 $\pm$ 11,08	87,08 $\pm$ 6,65	-0,27 <sup>a</sup>	0,7862
YBT LQ - KDL - wynik kompozytowy [%]	93,47 $\pm$ 8,39	94,20 $\pm$ 5,96	-0,25 <sup>a</sup>	0,8049
YBT LQ - różnica - anterior [cm]	3,00 $\pm$ 2,22	2,50 $\pm$ 1,41	0,06 <sup>b</sup>	0,9555
YBT LQ - różnica - posteromedial [cm]	4,00 $\pm$ 2,95	2,54 $\pm$ 1,60	1,29 <sup>b</sup>	0,1986
YBT LQ - różnica - posterolateral [cm]	4,58 $\pm$ 2,84	3,38 $\pm$ 2,18	1,19 <sup>a</sup>	0,2468
YBT LQ - różnica - wynik kompozytowy [%]	2,38 $\pm$ 2,13	1,98 $\pm$ 1,45	0,54 <sup>a</sup>	0,5924

YBT LQ – test równowagi dynamicznej Y Balance Test (dolny kwadrant), KDP – kończyna dolna prawa, KDL – kończyna dolna lewa.

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

W teście równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej w kierunku inferolateral badane z wyższym poziomem sportowym osiągały wyższe wyniki (średnio o 9,79 cm) niż zawodniczki o niższym poziomie sportowym. Stwierdzono statystycznie istotną różnicę ( $p=0,0233$ ), a jej wielkość określono jako dużą ( $d=0,97$ ) (Tabela 18., Rycina 56.).

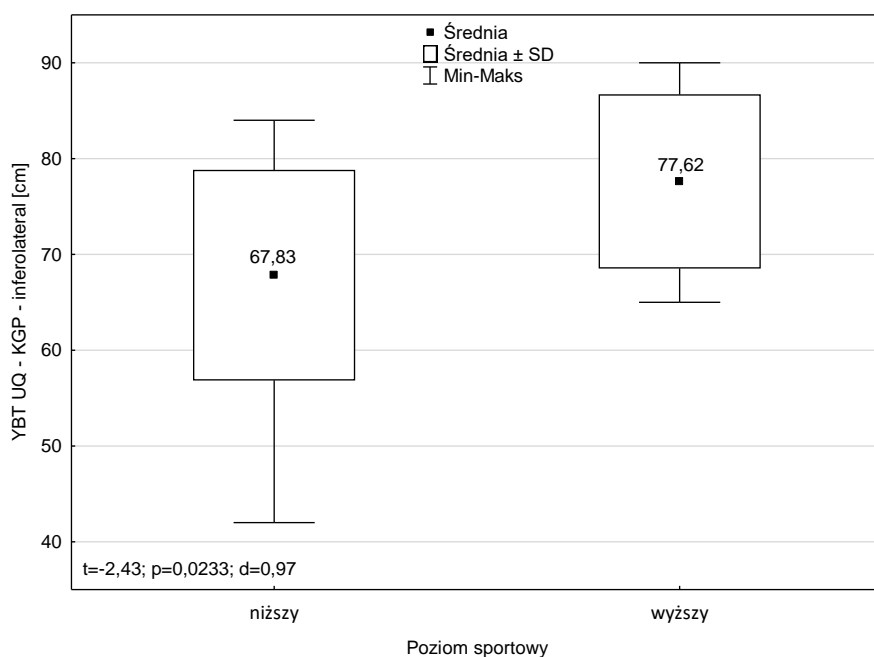
Tabela 18. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej górnego kwadrantu.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
YBT UQ - KGP - medial [cm]	77,67 ± 6,29	78,77 ± 6,92	-0,42 <sup>a</sup>	0,6814
YBT UQ - KGP - inferolateral [cm]	67,83 ± 11,00	77,62 ± 9,10	-2,43 <sup>a</sup>	<b>0,0233</b>
YBT UQ - KGP - superolateral [cm]	55,50 ± 8,65	60,46 ± 8,13	-1,48 <sup>a</sup>	0,1528
YBT UQ - KGP - wynik kompozytowy [%]	81,44 ± 9,76	86,76 ± 6,14	-1,65 <sup>a</sup>	0,1132
YBT UQ - KGL - medial [cm]	76,00 ± 7,11	80,54 ± 4,89	-1,42 <sup>b</sup>	0,1556
YBT UQ - KGL - inferolateral [cm]	69,50 ± 9,76	81,15 ± 8,62	-3,17 <sup>a</sup>	<b>0,0043</b>
YBT UQ - KGL - superolateral [cm]	55,92 ± 8,69	63,23 ± 9,32	-2,02 <sup>a</sup>	<u>0,0547</u>
YBT UQ - KGL - wynik kompozytowy [%]	81,56 ± 10,53	90,02 ± 7,26	-2,35 <sup>a</sup>	<b>0,0275</b>
YBT UQ - różnica - medial [cm]	3,50 ± 2,39	4,38 ± 2,06	-0,99 <sup>a</sup>	0,3314
YBT UQ - różnica - inferolateral [cm]	5,33 ± 4,62	4,77 ± 4,44	0,31 <sup>a</sup>	0,7583
YBT UQ - różnica - superolateral [cm]	6,25 ± 4,96	5,08 ± 3,97	0,47 <sup>b</sup>	0,6403
YBT UQ - różnica - wynik kompozytowy [%]	4,05 ± 2,91	4,27 ± 2,55	-0,20 <sup>a</sup>	0,8400

YBT UQ - test równowagi dynamicznej Y Balance Test (górny kwadrant), KGP – kończyna górna prawa, KGL – kończyna górna lewa.

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

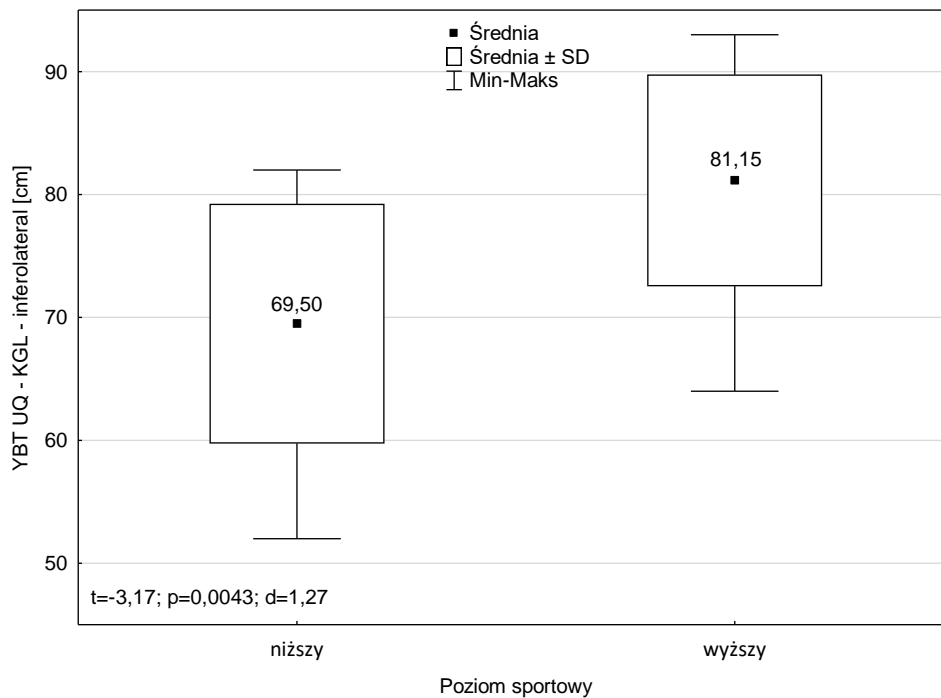
Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pogrubiono, a te wskazujące tendencje do istotności różnic ( $0,10 < p \leq 0,05$ ) podkreślono.



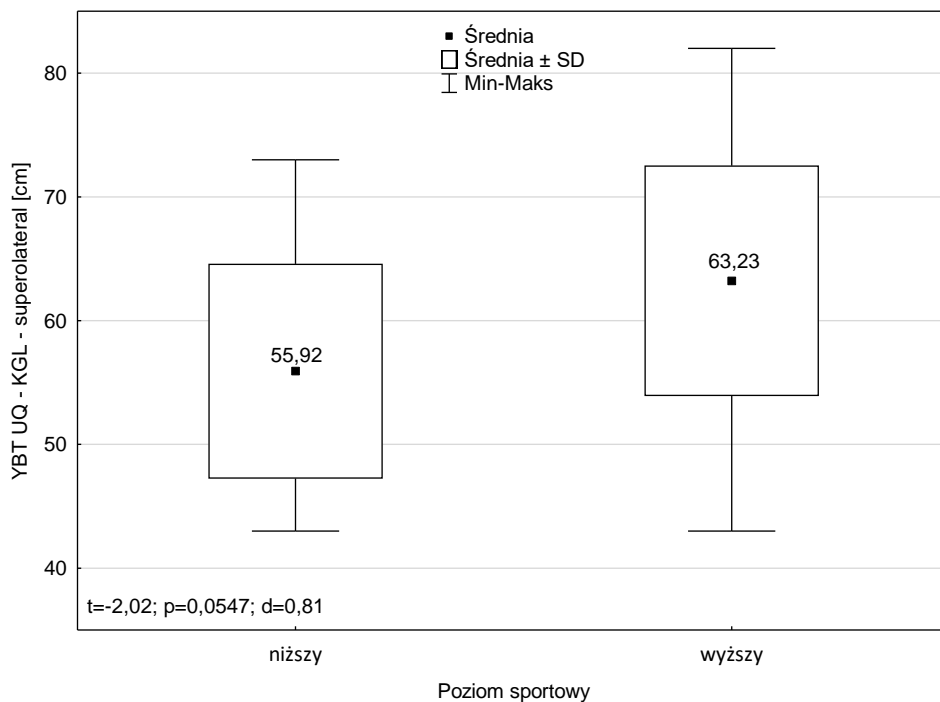
Rycina 56. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej w kierunku inferolateral.

Dla pozostałych kierunków testu równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej oraz wyniku kompozytowego nie zauważono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między poziomami sportowymi (Tabela 18.).

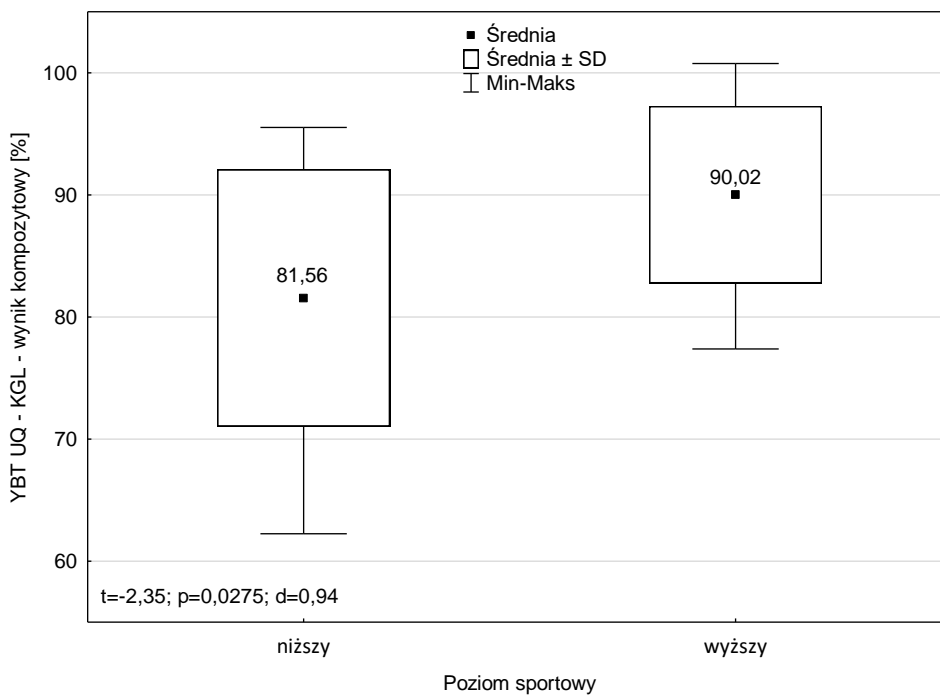
W teście równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej badane z wyższym poziomem sportowym osiągały statystycznie istotnie wyższe wyniki niż zawodniczki o niższym poziomie sportowym w kierunku inferolateral ( $p=0,0043$ ) oraz dla wyniku kompozytowego ( $p=0,0275$ ). Ponadto zauważono tendencję do statystycznie istotnej różnicy w kierunku superolateral ( $p=0,0547$ ). Wielkość różnic uznano jako dużą zarówno w kierunkach inferolateral ( $d=1,27$ ) oraz superolateral ( $d=0,81$ ), jak i dla wyniku kompozytowego ( $d=0,94$ ) (Tabela 18., Rycina 57., Rycina 58., Rycina 59.).



Rycina 57. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej w kierunku inferolateral.



Rycina 58. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej w kierunku superolateral.



Rycina 59. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości wyniku kompozytowego testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej.

W przypadku testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej w kierunku medial oraz dla różnic między prawą i lewą kończyną w każdym kierunku, a także różnicy wyniku kompozytowego zawodniczki o różnym poziomie sportowym nie różniły się statystycznie istotnie. Nie wykazano też tendencji do statycznej istotności różnic ( $p \geq 0,10$ ) między badanymi (Tabela 18.).

Żaden z parametrów testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu, przedstawiony za pomocą odległości względnej, nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 19.).

Tabela 19. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu wyrażonej za pomocą odległości względnej.

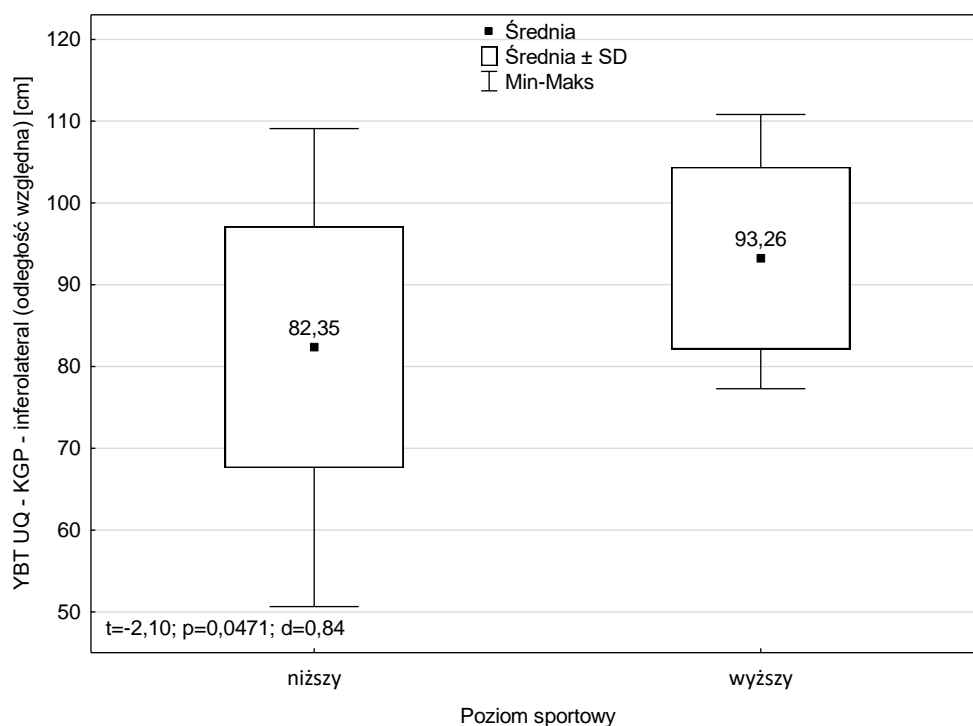
Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia $\pm$ SD			
YBT LQ - KDP - anterior (odległość względna) [cm]	69,29 $\pm$ 6,04	69,77 $\pm$ 7,13	0,30 <sup>b</sup>	0,7648
YBT LQ - KDP - posteromedial (odległość względna) [cm]	106,12 $\pm$ 10,53	107,91 $\pm$ 6,17	-0,52 <sup>a</sup>	0,6048
YBT LQ - KDP - posterolateral (odległość względna) [cm]	104,17 $\pm$ 9,21	105,39 $\pm$ 8,77	-0,34 <sup>a</sup>	0,7386
YBT LQ - KDL - anterior (odległość względna) [cm]	69,89 $\pm$ 7,19	70,24 $\pm$ 6,99	-0,12 <sup>a</sup>	0,9031
YBT LQ - KDL - posteromedial (odległość względna) [cm]	107,45 $\pm$ 11,59	109,32 $\pm$ 5,46	-0,51 <sup>c</sup>	0,6179
YBT LQ - KDL - posterolateral (odległość względna) [cm]	102,78 $\pm$ 12,26	103,03 $\pm$ 8,24	-0,06 <sup>a</sup>	0,9531

W teście równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej w kierunku inferolateral, mierzonym przez odległość względną, badane z wyższym poziomem sportowym osiągały wyższe wyniki (średnio o 10,91 cm) niż zawodniczki o niższym poziomie sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0471$ ), a jej wielkość – duża ( $d=0,84$ ) (Tabela 20., Rycina 60.)

Tabela 20. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów testu równowagi dynamicznej górnego kwadrantu wyrażonej za pomocą odległości względnej.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
YBT UQ - KGP - medial (odległość względna) [cm]	94,06 ± 7,08	94,55 ± 7,26	-0,17	0,8677
YBT UQ - KGP - inferolateral (odległość względna) [cm]	82,35 ± 14,75	93,26 ± 11,13	-2,10	<b>0,0471</b>
YBT UQ - KGP - superolateral (odległość względna) [cm]	67,55 ± 12,60	72,48 ± 8,38	-1,16	0,2583
YBT UQ - KGL - medial (odległość względna) [cm]	92,15 ± 9,54	96,72 ± 5,30	-1,50	0,1479
YBT UQ - KGL - inferolateral (odległość względna) [cm]	84,34 ± 12,99	97,47 ± 10,31	-2,81	<b>0,0099</b>
YBT UQ - KGL - superolateral (odległość względna) [cm]	67,85 ± 11,20	75,86 ± 10,53	-1,84	<u>0,0782</u>

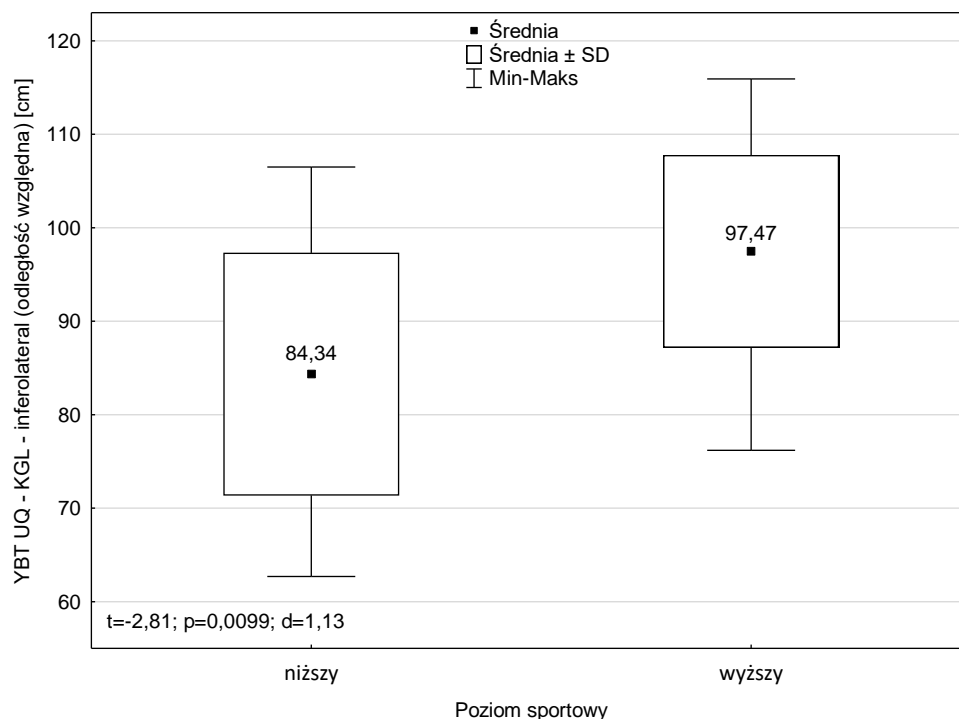
YBT UQ - test równowagi dynamicznej Y Balance Test (górny kwadrant), KGP – kończyna górna prawa, KGL – kończyna górna lewa.



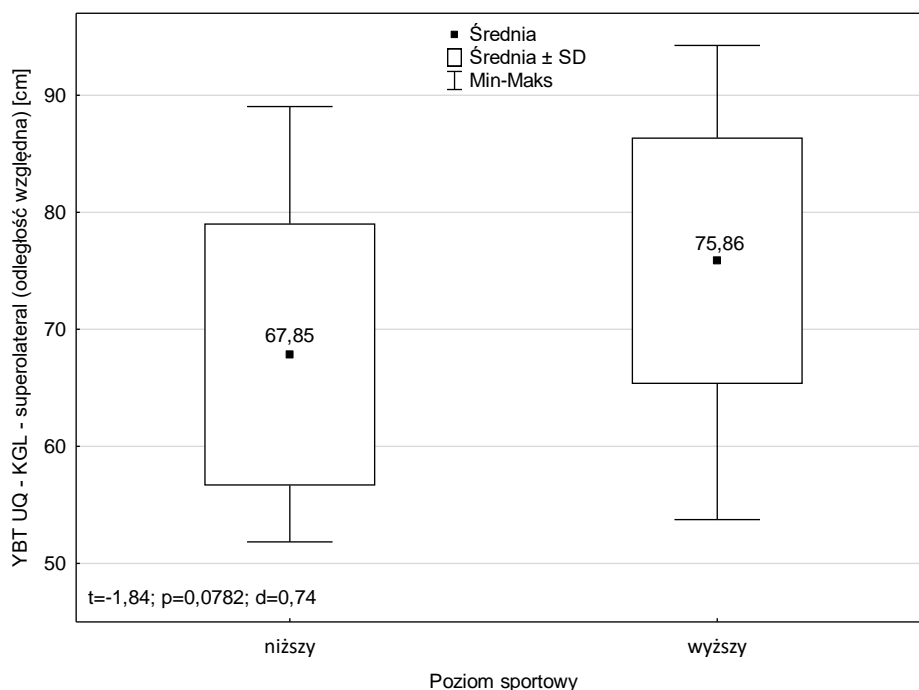
Rycina 60. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej wyrażona przez odległość względną w kierunku inferolateral.

W przypadku kierunków medial oraz superolateral w teście równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej nie zauważono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami wskazującymi niższy i wyższy poziom sportowy (Tabela 20.).

Natomiast w teście równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej stwierdzono statystycznie istotne różnice między poziomem sportowym w kierunku inferolateral mierzonym przez odległość względną ( $p=0,0099$ ) oraz tendencją do statystycznej istotności w kierunku superolateral mierzonym przez odległość względną ( $p=0,0782$ ). Wielkość różnicy była duża w kierunku inferolateral ( $d=1,13$ ) oraz średnia w kierunku superolateral ( $d=0,74$ ) (Tabela 20., Rycina 61., Rycina 62.).



Rycina 61. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej wyrażona przez odległość względną w kierunku inferolateral.



Rycina 62. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej wyrażona przez odległość względną w kierunku superolateral.

W przypadku kierunku medial w teście równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej nie zauważono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między poziomami sportowymi (Tabela 20.).

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między poziomami sportowymi dla wyniku testu Functional Movement Screen (FMS) (Tabela 21.).

Tabela 21. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem parametrów testu jakości wzorców ruchowych.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu (t)	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=13)		
	Średnia ± SD			
FMS - wynik łączny [pkt]	17,67 ± 1,56	17,77 ± 1,42	-0,17	0,8649



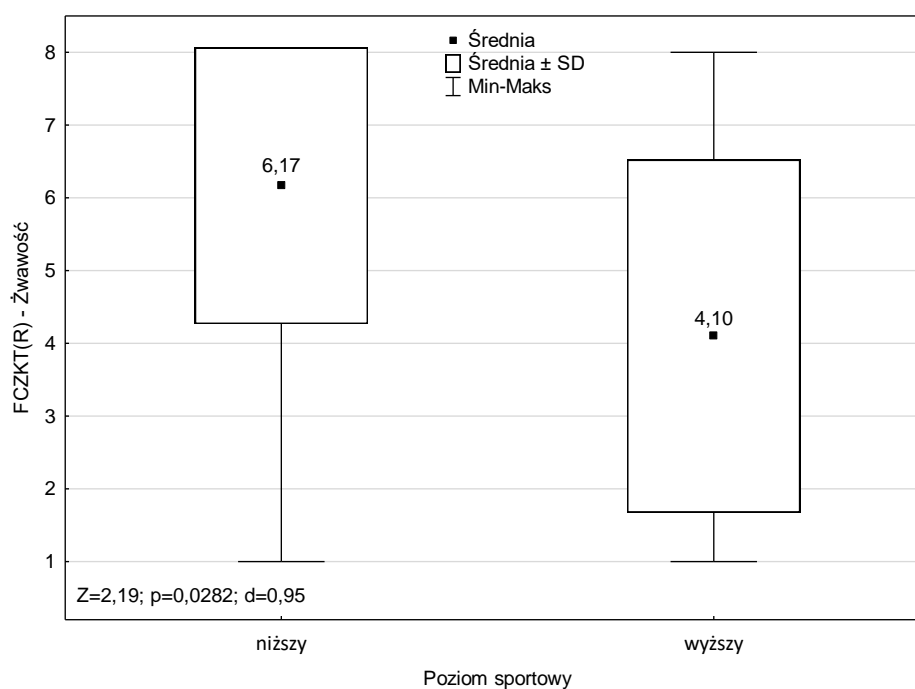
#### 4.1.4. Charakterystyka psychologiczna (temperament)

W przeprowadzonym badaniu FCZKT(R) (Formalna Charakterystyka Zachowania - Kwestionariusz Temperamentu (wersja zrewidowana)) wyniki żwawości oraz wytrzymałości były statystycznie istotnie wyższe u zawodniczek z niższy poziomem sportowym (odpowiednio  $p=0,0282$  oraz  $p=0,0002$ ). Różnice te zostały określone jako duże, wynosiły one odpowiednio  $d=0,95$  dla żwawości oraz  $d=1,94$  dla wytrzymałości (Tabela 22., Rycina 63., Rycina 64.).

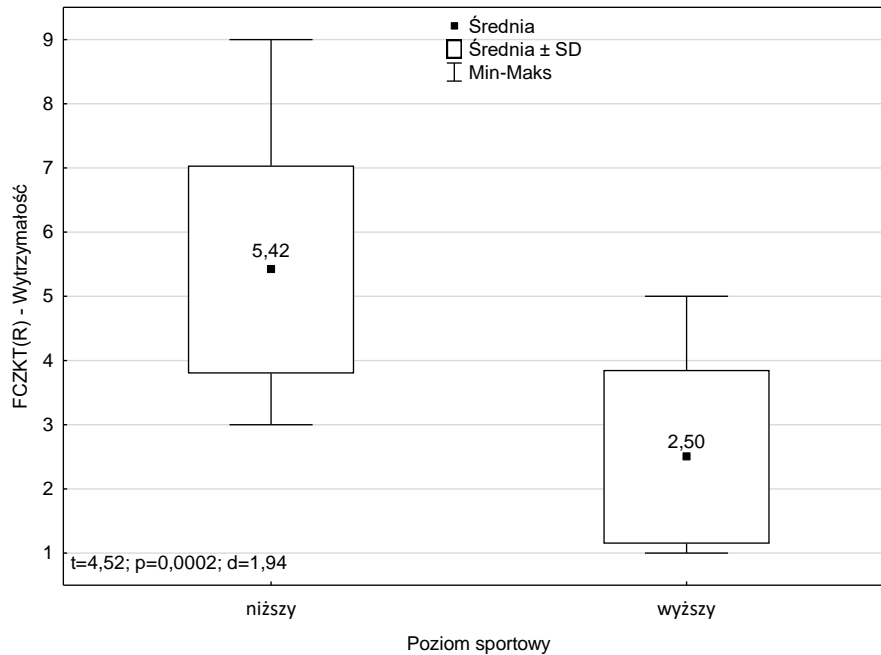
Tabela 22. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających temperament.

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=12)	wyższy (n=10)		
	Średnia $\pm$ SD			
FCZKT(R) - Żwawość	6,17 $\pm$ 1,90	4,10 $\pm$ 2,42	2,19 <sup>b</sup>	<b>0,0282</b>
FCZKT(R) - Perseweratywność	5,67 $\pm$ 1,92	5,80 $\pm$ 1,87	-0,16 <sup>a</sup>	0,8715
FCZKT(R) - Rytmiczność	4,92 $\pm$ 1,51	6,00 $\pm$ 2,05	-1,43 <sup>a</sup>	0,1691
FCZKT(R) - Wrażliwość sensoryczna	5,42 $\pm$ 1,93	5,30 $\pm$ 1,64	0,15 <sup>a</sup>	0,8814
FCZKT(R) - Wytrzymałość	5,42 $\pm$ 1,62	2,50 $\pm$ 1,35	4,52 <sup>a</sup>	<b>0,0002</b>
FCZKT(R) - Reaktywność emocjonalna	4,33 $\pm$ 2,10	6,10 $\pm$ 2,02	-1,99 <sup>a</sup>	<u>0,0599</u>
FCZKT(R) - Aktywność	6,17 $\pm$ 1,95	5,50 $\pm$ 1,58	1,47 <sup>b</sup>	0,1402

Uwaga: <sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

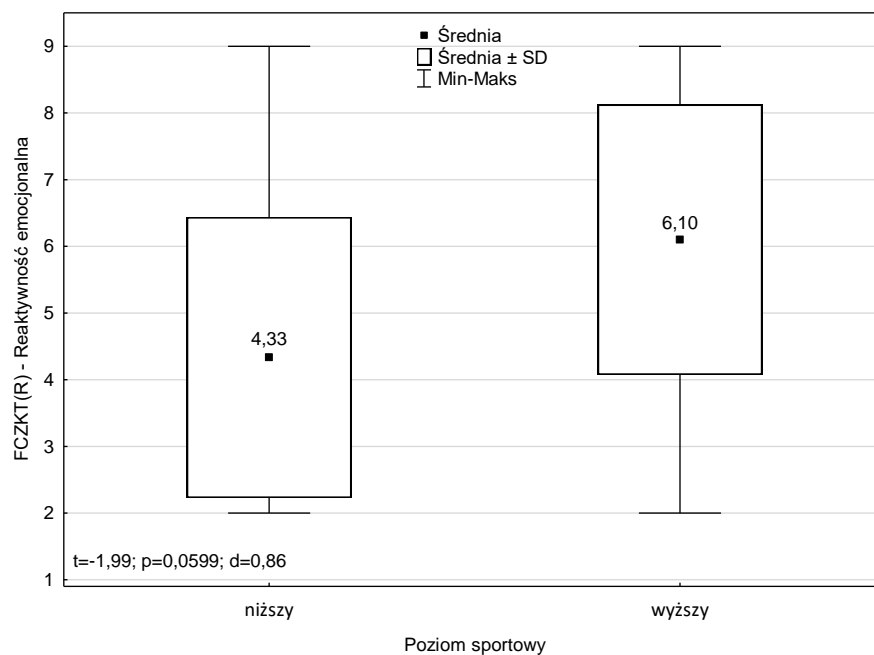


Rycina 63. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem żwawości.



Rycina 64. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wytrzymałości.

W przypadku reaktywności emocjonalnej FCZKT(R) badane z wyższym poziomem sportowym osiągały wyższe wyniki. Zaobserwowano tendencję do statystycznej istotności ( $p=0,0599$ ) różnicy między poziomami sportowymi, a różnica ta została uznana za dużą ( $d=0,86$ ) (Tabela 22., Rycina 65.).



Rycina 65. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem reaktywności emocjonalnej.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między poziomami sportowymi dla pozostałych wyników FCZKT(R) (Tabela 22.).

#### 4.2. Charakterystyka wysiłku startowego

Badane zawodniczki podczas prezentowania układów startowych w kategorii solistek (trwających 2 minuty  $\pm$  5 sekund) pokonywały średnio drogę 106,85 m. Średnia częstość skurczów serca (HR) podczas wysiłku wynosiła  $166 \pm 14,14$  ud/min (co stanowiło 83,50%  $HR_{max}$ ), natomiast maksymalna częstość skurczów osiągnęła  $177,50 \pm 4,95$  ud/min (co stanowiło 89,50%  $HR_{max}$ ). Badane przez większość czasu (51,20% całkowitego czasu trwania układu) prezentowały układ z HR mieszczącym się w przedziale 80-89%  $HR_{max}$ , a nieco krócej (35,15% całkowitego czasu trwania układu) z HR na poziomie 90-100%  $HR_{max}$ . Wartość stężenia mleczanu we krwi (LA), mierzonego w 3. minucie po zakończeniu układu, wynosiła 14,70 mmol/l. Posługując się 20-stopniową skalą Borga badane wskazywały średnio wartość 16,50, co wskazuje, że wysiłek podczas układów indywidualnych był określany jako ciężki/bardzo ciężki (Tabela 23.).

Tabela 23. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "solistki" badanych zawodniczek.

zmienna	Poziom sportowy	
	wyższy (n=3)	
	średnia $\pm$ SD	min-max
LA - po wysiłku [mmol/l]	14,70 $\pm$ 7,50	9,40-20,00
RPE [pkt]	16,50 $\pm$ 0,71	16,00-17,00
przebyta droga [m]	106,85 $\pm$ 0,21	106,70-107,00
$HR_{sr}$ [ud/min]	166,00 $\pm$ 14,14	156,00-176,00
$HR_{max}$ [ud/min]	177,50 $\pm$ 4,95	174,00-181,00
$HR_{sr} - \%HR_{max}$ [%]	83,50 $\pm$ 7,78	78,00-89,00
$HR_{max} - \%HR_{max}$ [%]	89,50 $\pm$ 3,54	87,00-92,00
czas w 50-59% $HR_{max}$ [%]	7,35 $\pm$ 10,39	0,00-14,70
czas w 60-69% $HR_{max}$ [%]	2,25 $\pm$ 3,18	0,00-4,50
czas w 70-79% $HR_{max}$ [%]	4,05 $\pm$ 2,05	2,60-5,50
czas w 80-89% $HR_{max}$ [%]	51,20 $\pm$ 34,08	27,10-75,30
czas w 90-100% $HR_{max}$ [%]	35,15 $\pm$ 49,71	0,00-70,30

Zawodniczki aerobiku sportowego podczas prezentowania układów w kategorii duety pokonywały średnio drogę 93,50 m. Średnia częstość skurczów serca (HR) podczas wysiłku wynosiła  $172,00 \pm 11,36$  ud/min (co stanowiło 86,33%  $HR_{max}$ ), natomiast maksymalna częstość skurczów osiągnęła  $180,67 \pm 8,50$  ud/min (co stanowiło 90,67%  $HR_{max}$ ). Badane przez większość czasu (52,10% całkowitego czasu trwania układu) prezentowały układ z HR mieszczącym się w przedziale 90-100%  $HR_{max}$ , a nieco krócej (38,47% całkowitego czasu trwania układu) z HR na poziomie 80-89%  $HR_{max}$ ). Wartość stężenia mleczanu we krwi (LA), mierzonego w 3. minucie po zakończeniu układu, wynosiła 13,60 mmol/l. Posługując się 20-stopniową skalą Borga, badane wskazywały średnio wartość 15,67, co wskazuje, że wysiłek podczas układów w parach był określany jako ciężki (Tabela 23.).

Tabela 24. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "duety" badanych zawodniczek.

zmienna	Poziom sportowy	
	wyższy (n=4)	
	średnia $\pm$ SD	min-max
LA - po wysiłku [mmol/l]	$13,60 \pm 5,39$	7,40-17,20
RPE [pkt]	$15,67 \pm 0,58$	15,00-16,00
przebyta droga [m]	$93,50 \pm 5,11$	90,50-99,40
$HR_{\text{sr}}$ [ud/min]	$172,00 \pm 11,36$	159,00-180,00
$HR_{max}$ [ud/min]	$180,67 \pm 8,50$	171,00-187,00
$HR_{\text{sr}} - \%HR_{max}$ [%]	$86,33 \pm 6,35$	79,00-90,00
$HR_{max} - \%HR_{max}$ [%]	$90,67 \pm 4,93$	85,00-94,00
czas w 50-59% $HR_{max}$ [%]	$1,03 \pm 1,79$	0,00-3,10
czas w 60-69% $HR_{max}$ [%]	$2,00 \pm 3,46$	0,00-6,00
czas w 70-79% $HR_{max}$ [%]	$6,40 \pm 4,18$	3,60-11,20
czas w 80-89% $HR_{max}$ [%]	$38,47 \pm 35,72$	17,20-79,70
czas w 90-100% $HR_{max}$ [%]	$52,10 \pm 45,12$	0,00-78,40

Podczas wykonywania układów w kategorii trio badane kobiety pokonywały drogę 94,30 m. Średnia częstość skurczów serca (HR) podczas wysiłku wynosiła  $166,83 \pm 8,16$  ud/min (co stanowiło 84,67% HR<sub>max</sub>), natomiast maksymalna częstość skurczów osiągnęła  $182,83 \pm 3,97$  ud/min (co stanowiło 92,67% HR<sub>max</sub>). Badane przez większość czasu (51,57% całkowitego czasu trwania układu) prezentowały układ z HR mieszczącym się w przedziale 90-100% HR<sub>max</sub>, a nieco krócej (35,88% całkowitego czasu trwania układu) z HR na poziomie 80-89% HR<sub>max</sub>. Wartość stężenia mleczanu we krwi (LA), mierzonego w 3. minucie po zakończeniu układu, wynosiła 11,93 mmol/l. Posługując się 20-stopniową skalą Borga, badane wskazywały średnio wartość 14,33, co wskazuje, że wysiłek podczas układów w parach był określany jako niezbyt ciężki (Tabela 24.).

Tabela 25. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "trio" badanych zawodniczek.

zmienna	Poziom sportowy	
	wyższy (n=6)	
	średnia $\pm$ SD	min-max
LA - po wysiłku [mmol/l]	11,93 $\pm$ 5,00	6,20-18,00
RPE [pkt]	14,33 $\pm$ 1,86	12,00-16,00
przebyta droga [m]	94,30 $\pm$ 8,49	85,90-104,40
HR <sub>śr</sub> [ud/min]	166,83 $\pm$ 8,16	151,00-173,00
HR <sub>max</sub> [ud/min]	182,83 $\pm$ 3,97	180,00-190,00
HR <sub>śr</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	84,67 $\pm$ 4,46	76,00-88,00
HR <sub>max</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	92,67 $\pm$ 2,16	90,00-96,00
czas w 50-59% HR <sub>max</sub> [%]	5,32 $\pm$ 8,92	0,00-23,20
czas w 60-69% HR <sub>max</sub> [%]	3,22 $\pm$ 1,79	0,00-5,00
czas w 70-79% HR <sub>max</sub> [%]	4,02 $\pm$ 2,06	0,00-5,70
czas w 80-89% HR <sub>max</sub> [%]	35,88 $\pm$ 16,93	9,70-59,80
czas w 90-100% HR <sub>max</sub> [%]	51,57 $\pm$ 20,51	26,70-81,40

Pokonana droga w układach w kategorii zespoły była wyższa średnio o 65,37 m u zawodniczek z wyższym poziomem sportowym niż u zawodniczek z niższym poziomem sportowym. Różnica ta była statystycznie istotna ( $p=0,0033$ ), a jej wielkość została uznana za dużą ( $d=5,23$ ) (Tabela 25., Rycina 66.). W przypadku pozostałych parametrów wysiłku startowego nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między zawodniczkami w zależności od poziomu sportowego (Tabela 25.).

Średnia częstość skurczów serca (HR) podczas układów w omawianej kategorii wynosiła  $171,00 \pm 9,23$  ud/min dla zawodniczek z wyższym poziomem sportowym oraz  $173,60 \pm 8,11$  ud/min dla zawodniczek z niższym poziomem sportowym (co stanowiło odpowiednio: 86,22% HR<sub>max</sub> i 86,80% HR<sub>max</sub>). Zawodniczki uzyskujące wyższe wyniki sportowe osiągały HR<sub>max</sub> na poziomie  $184,11 \pm 6,97$  ud/min, natomiast te z niższymi rezultatami osiągały - na poziomie  $185,00 \pm 9,92$  (co stanowiło odpowiednio: 92,89% HR<sub>max</sub> i 92,40% HR<sub>max</sub>). Pierwsza grupa badanych przez większość czasu trwania układu (44,91%) osiągała HR mieszczące się w przedziale 90-100% HR<sub>max</sub>, a nieco krócej (41,92%) - HR na poziomie 80-89% HR<sub>max</sub>). Druga omawiana grupa badanych większość czasu trwania układu (45,42%) uzyskiwała HR mieszczące się w przedziale 80-89% HR<sub>max</sub>, a w dalszej kolejności (43,68%) – w przedziale 90-100% HR<sub>max</sub> (Tabela 25.).

Po zakończeniu układów wartość stężenia mleczanu we krwi (LA) wynosiła 10,62 mmol/l dla zawodniczek o wyższym poziomie sportowym i 11,88 mmol/l dla zawodniczek o niższym poziomie sportowym. Przez obie grupy badanych wysiłek był określany średnio jako niezbyt ciężki (odpowiednio: 14,78 pkt i 14,00 pkt w 20-stopniowej skali Borga) (Tabela 25.).

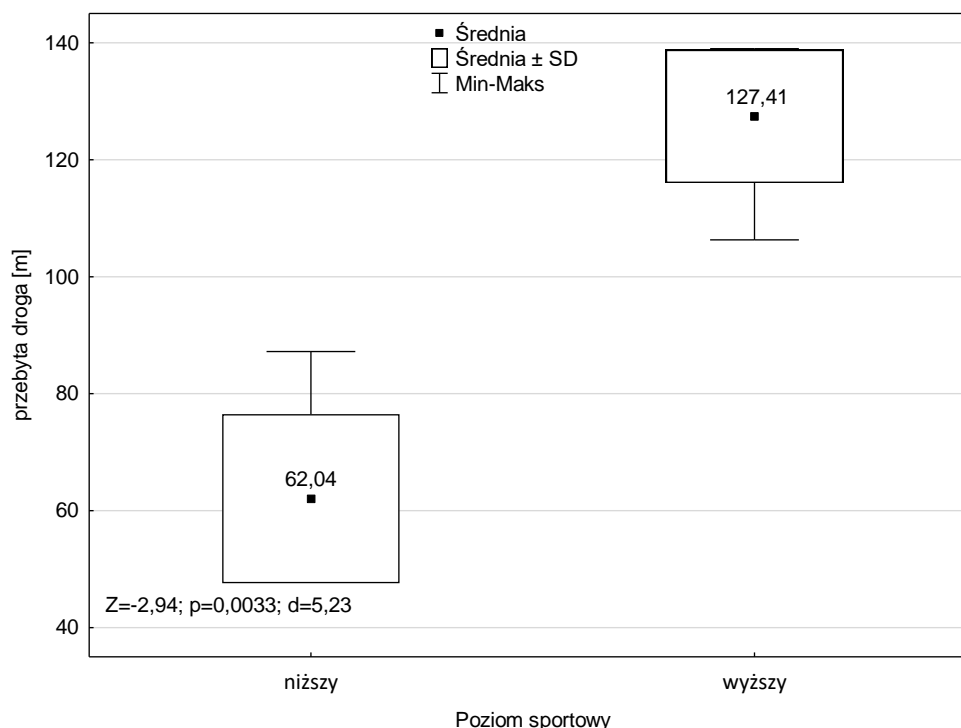
Tabela 26. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "zespoły".

Zmienna	Poziom sportowy		wynik testu	wartość p
	niższy (n=5)	wyższy (n=9)		
	Średnia ± SD			
LA - po wysiłku [mmol/l]	11,88 ± 2,35	10,62 ± 6,05	-0,40 <sup>b</sup>	0,6892
RPE [pkt]	14,00 ± 2,24	14,78 ± 2,28	-0,62 <sup>a</sup>	0,5496
przebyta droga [m]	62,04 ± 14,46	127,41 ± 11,38	-2,94 <sup>b</sup>	<b>0,0033</b>
HR <sub>sr</sub> [ud/min]	173,60 ± 8,11	171,00 ± 9,23	0,54 <sup>b</sup>	0,5918
HR <sub>max</sub> [ud/min]	185,00 ± 9,92	184,11 ± 6,97	0,20 <sup>a</sup>	0,8469
HR <sub>sr</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	86,80 ± 4,09	86,22 ± 4,58	0,34 <sup>b</sup>	0,7364
HR <sub>max</sub> - %HR <sub>max</sub> [%]	92,40 ± 4,93	92,89 ± 3,48	-0,47 <sup>b</sup>	0,6370
czas w 50-59% HR <sub>max</sub> [%]	1,28 ± 2,09	1,26 ± 1,89	-0,28 <sup>b</sup>	0,7758
czas w 60-69% HR <sub>max</sub> [%]	2,84 ± 2,59	3,54 ± 3,31	-0,41 <sup>a</sup>	0,6899
czas w 70-79% HR <sub>max</sub> [%]	6,78 ± 1,20	8,37 ± 6,83	-0,87 <sup>b</sup>	0,3856
czas w 80-89% HR <sub>max</sub> [%]	45,42 ± 30,78	41,92 ± 27,26	0,22 <sup>a</sup>	0,8294
czas w 90-100% HR <sub>max</sub> [%]	43,68 ± 30,43	44,91 ± 33,09	-0,07 <sup>a</sup>	0,9465

Uwaga: HR<sub>sr</sub> – średnia częstość skurczów serca, HR<sub>max</sub> – maksymalna częstość skurczów serca.

<sup>a</sup> – test t-Studenta dla prób niezależnych, <sup>b</sup> – test U Manna-Whitney'a.

Wartości p wskazujące statystycznie istotne różnice (p<0,05) pogrubiono.



Rycina 66. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości przebytej drogi podczas układów w kategorii „zespoły”.

## 5. Dyskusja

Głównym celem niniejszej pracy była identyfikacja czynników wpływających na osiągnięte wyniki w aerobiku sportowym. W związku z powyższym w przedstawionym rozdziale w pierwszej kolejności postanowiono omówić wyniki badań traktujące na ten temat. W dalszej kolejności skupiono się na aspektach związanych z charakterystyką wysiłku startowego.

Aerobik sportowy to stosunkowo młoda dyscyplina, która w Polsce prężnie się rozwija. Świadczy o tym liczba zawodników startujących w zawodach sportowych, prezentowanie przez nich coraz wyższego poziomu sportowego (który przejawia się w bardziej wyszukanych i widowiskowych układach, z trudniejszymi i lepiej wykonywanymi elementami technicznymi), osiągnięte sukcesy na arenie międzynarodowej czy włączanie do szkolenia już młodocianych sportowców. Sama dyscyplina zdaje się być niezwykle złożona i atrakcyjna ze względu na walory estetyczne, ekspresję i dynamikę ruchu, wykonywanie przez zawodników często skomplikowanych ewolucji i elementów (mogących budzić podziw i zachwyt) czy pozytywną energię, którą zawodnicy potrafią wręcz zarażać odbiorców układów. Ponadto, jeśli jakaś dyscyplina dopiero się rozwija, to naturalnym zdaje się być to, że budzi zainteresowanie i dąży się do jej poznania. Ten wczesny, aczkolwiek dynamiczny etap rozwoju można traktować jako atut w badaniach naukowych – niszę do zagospodarowania.

Analiza piśmiennictwa w dyscyplinach gimnastycznych, pokrewnych aerobikowi sportowemu, pozwala na stwierdzenie, że aby móc określić zmienne, które są związane z wynikami sportowymi, zalecane jest zastosowanie wszechstronnej, stosunkowo obszernej baterii testów, prób i pomiarów – odnoszących się do różnych obszarów funkcjonowania sportowca. W aerobiku gimnastycznym autorzy, których cele badań były zbieżne z celami badań własnych, oceniali czynniki morfologiczne, motoryczne i psychologiczne (na które składały się m.in. pomiary antropometryczne, wiek dojrzewania, gibkość, siła eksplozywna kończyn dolnych, siła mięśni grzbietu) (Fragoso i wsp. 2004) lub tylko czynniki morfologiczne i motoryczne (pomiary antropometryczne wraz z komponentami masy ciała oraz siła i wytrzymałość mięśni kończyn górnych, moc kończyn dolnych, zwinność, zdolność równowagi) (Tibenska i Medekova, 2014). W gimnastyce artystycznej w badaniach brano pod uwagę czynniki morfologiczne i motoryczne (pomiary antropometryczne ze składem ciała, równowaga statyczna, gibkość i zakres ruchomości w stawie biodrowym, wytrzymałość siłowa



kończyn górnych i mięśni brzucha, moc kończyn dolnych, zwinność) (Donti i wsp. 2016), czynniki morfologiczne i sprawność fizyczną (wymiary ciała, komponenty masy ciała, szybkość, gibkość, siła eksplozywna kończyn dolnych, wytrzymałość siłowa mięśni brzucha, wydolność tlenowa) (Douda i wsp. 2008), czynniki morfologiczne i motoryczne (pomiar antropometryczne wraz z komponentami masy ciała i proporcjami ciała oraz moc kończyn dolnych) (Di Cagno i wsp. 2009), czynniki somatyczne i sprawność fizyczną (wymiary ciała, moc kończyn dolnych i górnych, gibkość, koordynacyjne zdolności motoryczne, wytrzymałość siłowa mięśni brzucha (Miletić i wsp. 2004). Skupiano się także na czynnikach morfologicznych, motorycznych i psychologicznych (pomiar antropometryczne, gibkość całego ciała, moc kończyn dolnych, wydolność, zwinność, postrzeganie kompetencji fizycznych, motywacja) (Hume i wsp. 1993), wyłącznie na czynnikach sprawności fizycznej (czas reakcji, koordynacyjne zdolności motoryczne, równowaga dynamiczna) (Kioumourtzoglou i wsp. 1998), czynnikach morfologicznych, sprawności fizycznej i sprawności technicznej (m.in. pomiar antropometryczne, komponenty masy ciała, gibkość, zdolność równowagi, wytrzymałość mięśni kończyn górnych i dolnych, moc kończyn dolnych) (Rutkauskaitė i Skarbalius, 2011), czy czynnikach morfologicznych, psychologicznych, sprawności fizycznej i technicznej (wymiary ciała z komponentami masy ciała, gibkość wytrzymałość mięśniowa, zdolność koordynacji, moc kończyn dolnych, parametry funkcjonalne, pewność siebie) (Rutkauskaitė i Skarbalius, 2012). Z kolei w gimnastyce sportowej do określenia związków z wynikami sportowymi wykorzystano czynniki somatyczne, sprawności fizycznej ogólnej i sprawności fizycznej specjalnej (m.in. pomiar antropometryczne, koordynacyjne zdolności motoryczne, gibkość, siła eksplozywna, siła ręki, wytrzymałość siłowa mięśni brzucha i obręczy kończyny górnej, wytrzymałość krążeniowo-oddechowa) (Claessens i Lefevre, 1998) czy czynniki morfologiczne i sprawności fizycznej (wymiary i skład ciała, gibkość, moc kończyn dolnych, siła górnej części ciała, stabilizacja centralna, szybkość, wydolność, koordynacyjne zdolności motoryczne) (Vandorpe i wsp. 2012). Na podstawie przytoczonych pozycji piśmiennictwa postanowiono włączyć powyższe obszary zmiennych do badań własnych wśród zawodniczek aerobiku sportowego. Ponadto na uwagę zasługuje fakt, że arsenał pomiarów włączonych do badań własnych był bardzo szeroki i wszechstronny (a metody i narzędzia pomiarowe – stosowane w badaniach innych autorów i rzetelne). Podejście takie zdaje się być uzasadnione także z uwagi na charakter aerobiku sportowego. To złożona dyscyplina estetyczno-techniczna (Kyselovičová i Danielová, 2012; Abalo-Núñez i wsp. 2015), w której kryterium oceny

wyszkolenia zawodnika stanowi technika, a ta z kolei zależy od różnych czynników: somatycznych, motorycznych i psychicznych sportowca (Brańska 2002).

Spośród dostępnych badań o analogicznych celach do tych w badaniach własnych (w których oceniano związki z wieloma zmiennymi) można znaleźć elementy wspólne (w postaci podobnych wyników). Najczęściej występującymi czynnikami (zbieżnymi z istotnymi statystycznie czynnikami w pracy własnej), mającymi udowodniony związek z rezultatami/poziomem sportowym są: gibkość i zakres ruchomości (Fragoso i wsp. 2004; Douda i wsp. 2008; Hume i wsp. 1993; Donti i wsp. 2016; Miletić i wsp. 2004; Vandorpe i wsp. 2012) oraz komponenty masy ciała – a konkretnie tkanka tłuszczowa. Zarówno zawartość tkanki tłuszczowej (Tibenska i Medekova, 2014; Donti i wsp. 2016; Miletić i wsp. 2004), jak i grubość fałdów skórno-tłuszczowych (Claessens i wsp. 1999; Fragoso i wsp. 2004) okazały się mieć istotne znaczenie. Nieco rzadziej udawadniano związki z mocą kończyn dolnych (Fragoso i wsp. 2004; Hume i wsp. 1993; Rutkauskaitė i Skarbalius, 2011; Miletić i wsp. 2004); wydolnością tlenową/wytrzymałością (Douda i wsp. 2008; Vandorpe i wsp. 2012); szybkością (Vandorpe i wsp. 2012); równowagą dynamiczną (Kioumourtzoglou i wsp. 1998); siłą eksplozywną kończyn górnych (Miletić i wsp. 2004), wiekiem (Hume i wsp. 1993) i stażem zawodniczym (Han i wsp. 2014).

Do tej pory nie odnaleziono doniesień, które wskazywałyby, jakimi czynnikami uwarunkowany jest sukces w aerobiku sportowym. Niedostatek badań w tym zakresie wymuszał niejako posiłkowanie się badaniami z pokrewnych dyscyplin sportowych. Na podstawie dokonanego przeglądu piśmiennictwa założono w **hipotezie 1.**, że zawodniczki o wyższym poziomie sportowym istotnie różnią się od zawodniczek o niższym poziomie sportowym pod względem zawartości tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała.

Przeprowadzone analizy statystyczne w niniejszej pracy wykazały, że zmienne związane z wynikami (poziomem rywalizacji) w aerobiku sportowym to: budowa somatyczna (szerokość nasady kolanowej; tkanka tłuszczowa – wyrażona procentowo, w kilogramach, jak i w postaci fałdów skórno-tłuszczowych; typ budowy ciała), sprawność fizyczna (szybkość, gibkość i zakres ruchomości, siła eksplozywna kończyn górnych, moc kończyn dolnych, wydolność tlenowa), sprawność funkcjonalna (równowaga dynamiczna górnego kwadrantu) i charakterystyka psychologiczna (temperament), a także wiek i staż zawodniczy.

Analiza porównawcza między poziomami sportowymi zawodniczek aerobiku sportowego wykazała, że istotnie różnią się one pod względem wieku – o 2,41 lat ( $p=0,0021$ )

oraz stażu zawodniczego – o 1,67 lat ( $p=0,0007$ ). Podobnie Hume i wsp. (1993), próbując określić atrybuty związane z wynikami sportowymi w gimnastyce artystycznej wykazali, że mają one istotny związek z wiekiem. Taki rezultat zdaje się nie dziwić, ponieważ zakres wieku badanych w pracy powyższych autorów był bardzo szeroki (7-27 lat). Również staż zawodniczy (konkretnie lata treningu specjalnego) był istotnie skorelowany z uzyskanym poziomem rywalizacji sportowej (w grupie sportowców różnych dyscyplin, w tym aerobiku gimnastycznego;  $p=0,009$ ). Ponadto, obok propriocepcji stawu skokowego, był znaczącym predyktorem w równaniu, mogącym wytypować 80% sportowców jako tych na poziomie elitarnym bądź niższym ( $p=0,001$ ) (Han i wsp. 2014). Powyższe rezultaty badań własnych były poniekąd zaskakujące. Zawodniczki aerobiku sportowego brały udział w rywalizacji na poziomie akademickim – a zatem różnice wieku, wydawać by się mogło, będą mniejsze. W związku z powyższym spodziewano się, że wiek nie będzie parametrem istotnie różnicującym obie grupy kobiet. Co więcej wiek najmłodszej z zawodniczek wynosił 19,45 lat, zatem można wykluczyć wpływ aspektu dojrzewania – wiek ten charakteryzuje się już stabilizacją rozwoju motorycznego. Nie można także stwierdzić związku przyczynowo-skutkowego, mówiącego o tym, że wiek zawodniczek wpływa na poziom sportowy. Aby to zweryfikować, konieczne jest przeprowadzenie badań longitudinalnych, mających na celu określenie zmian somatycznych, motorycznych i funkcjonalnych na skutek prowadzonego treningu aerobiku sportowego (obejmujących różne grupy wiekowe kobiet). Z pewnością byłby to kierunek badań wart spenetrowania.

Zgodnie z oczekiwaniami wartości fałdów skórno-tłuszczowych łopatki ( $p=0,0057$ ), ramienia ( $p=0,0216$ ) i biodra ( $p=0,0032$ ) miały istotny związek z sukcesem w aerobiku sportowym. Również Claessens i Lefevre (1998) wykazali, że fałdy skórno-tłuszczowe na biodrze i łopatce istotnie różnicują gimnastyczki sportowe na różnych poziomach zaawansowania. W przypadku pozostałych pomiarów antropometrycznych, rozpatrywanych w pracy własnej, nie wykazano istotnych statystycznie związków z poziomem sportowym, z wyjątkiem szerokości nasady kolanowej (epl-epm;  $p=0,0185$ ). Powyższy parametr również znacząco różnicował wspomniane zawodniczki gimnastyki sportowej (Claessens i Lefevre, 1998). Analogii do wyników badań własnych można doszukać się w pracy Bacciotti i wsp. (2018), którzy identyfikowali cechy budowy ciała 249 brazylijskich gimnastyczek sportowych. Okazuje się, że zawodniczki na różnych poziomach rywalizacji również wykazywały podobne wartości cech antropometrycznych, z wyjątkiem fałdów skórno-tłuszczowych. Gimnastyczki

na niższym poziomie sportowym charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami wspomnianego parametru ( $p < 0,01$ ), podobnie jak zawodniczki aerobiku sportowego – w dodatku we wszystkich kategoriach wiekowych. Ponadto najstarsze zawodniczki (powyżej 16 lat) na wyższym poziomie sportowym charakteryzowały się mniejszą szerokością nasady kolanowej w porównaniu do mniej utalentowanych gimnastyczek. Różnica ta wykazywała tendencję do bycia istotną statystycznie ( $p = 0,062$ ), a jej wielkość (jak w przypadku badań własnych) można określić jako dużą ( $d = 0,91$ ). Pomimo istnienia pewnych przesłanek, na podstawie których można podejrzewać, że wysokość siedzeniowa (wskaźnik Manouviera) odgrywa ważną rolę podczas wykonywania skoków gimnastycznych (Di Cagno i wsp. 2009), żaden ze wskaźników określających proporcje budowy ciała badanych zawodniczek aerobiku sportowego nie wykazał statystycznie istotnych różnic ani tendencji do statystycznej istotności ( $p \geq 0,10$ ) między grupami na różnym poziomie sportowym. Do podobnych obserwacji doszli Bacciotti i wsp. (2018). Gimnastyczki sportowe różniące się poziomem rywalizacji, w obrębie każdej z kategorii wiekowych, również nie różniły się między sobą znacząco. Z powyższych doniesień wynika, że zawodniczki aerobiku sportowego pod względem budowy ciała (cech antropometrycznych - zwłaszcza szerokości nasady kolanowej i fałdów skórno-tłuszczowych) i proporcji budowy ciała zdają się być podobne do gimnastyczek sportowych.

Określanie somatotypu jest szczególnie pomocne w sportach, w których ciało może bezpośrednio wpływać na biomechanikę ruchów i wyniki występów, a do takich należą sporty gimnastyczne (Massidda i wsp. 2013). Znaczenia somatotypu najprawdopodobniej należy upatrywać nie tylko w aspekcie relacji ze zdolnościami motorycznymi (np. poprzez większy udział masy mięśniowej w porównaniu do tkanki tłuszczowej, co z kolei może wpływać na wykonanie elementów technicznych), ale także, jak wskazują Bacciotti i wsp. (2017) w aspekcie estetycznym, który to jest brany pod uwagę podczas zawodów przez sędziów artystycznych. Dowiedziono, że w gimnastyce sportowej pożądanym jest określony somatotyp, aby osiągnąć najwyższy, elitarny poziom współzawodnictwa w owej dyscyplinie (Massidda i wsp. 2013). Okazuje się, że średni somatotyp elity włoskich gimnastyczek sportowych różnych kategorii wiekowych ( $n=42$ ) wynosił 1,4-4,4-3,2. Średni somatotyp junierek wynosił 1,3-4,2-3,6, natomiast senierek - 1,7-4,2-2,7. Wszystkie zawodniczki wykazywały tendencję do bycia bardziej mezomorficznymi niż endomorficznymi. Badania Bacciotti i wsp. (2018) miały na celu m.in. określenie somatotypu brazylijskich gimnastyczek sportowych z 26 klubów gimnastycznych (będących na różnym poziomie sportowym, w wieku 9-20 lat). Podobnie jak

w przytoczonej wcześniej pracy okazało się, że dominującym komponentem somatotypu (dla zawodniczek w każdym wieku) była mezomorfia. Zaobserwowano również, że wraz z wiekiem wzrasta udział endomorfii, z jednoczesnym spadkiem ektomorfii.

Nieco inaczej zdaje się być w aerobiku sportowym. W badaniach własnych dominującym komponentem somatotypu zawodniczek aerobiku sportowego na wyższym poziomie sportowym była endomorfia ( $4,07 \pm 0,83$ ), następnie mezomorfia ( $3,86 \pm 0,93$ ), a najmniejszy udział miał komponent ektomorfii ( $2,45 \pm 0,67$ ). Ponieważ endomorfia i mezomorfia różniły się tylko o 0,21 jednostki, można stwierdzić, że najczęściej występującym somatotypem był mezomorf-endomorf. Z kolei u zawodniczek na niższym poziomie sportowym również dominował komponent endomorfii ( $5,16 \pm 0,61$ ), jednak pozostałe komponenty – mezomorfii ( $3,86 \pm 1,29$  – identyczna średnia wartość jak u grupy lepszej) i ektomorfii ( $2,22 \pm 0,99$ ) - miały mniejszy udział. Zatem najczęstszym somatotypem zawodniczek z owej grupy był endomorf mezomorficzny (endomorfia dominująca, a mezomorfia większa niż ektomorfia). Analizy statystyczne wykazały, że to właśnie komponent endomorfii (jako jedyny) istotnie różnicował obie grupy badanych ( $p=0,0011$ ), będąc wyższym u zawodniczek z niższymi wynikami sportowymi. Wielkość owej różnicy określono jako dużą ( $d=1,49$ ).

W badaniach własnych grupy zawodniczek pod względem komponentu mezomorfii są względnie jednorodne. Podobne rezultaty uzyskali Peeters i Claessens (2013). Kiedy autorzy porównali 3 grupy gimnastyczek sportowych okazało się, że są również jednakowo mezomorficzne. Ponadto grupy z najniższymi i najwyższymi rezultatami punktowymi są istotnie bardziej endomorficzne niż grupa z najwyższymi wynikami (średnia wartość tego komponentu wynosiła odpowiednio: 2,4, 2,1 i 1,2). Dodatkowo najwyżej punktowana grupa była bardziej ektomorficzna niż obie pozostałe (Peeters i Claessens, 2013). Analogicznie w badaniach własnych grupa o wyższym poziomie sportowym charakteryzowała się wyższymi wartościami owego komponentu. Można domniemywać, że spośród wszystkich trzech komponentów to właśnie endomorfia (związana z otluszczeniem) ma największe znaczenie - jest powiązana z uzyskiwanymi rezultatami i różnicuje grupy będące na różnym poziomie sportowym.

Podobnie jak w przypadku fałdów skórno-tłuszczowych, procentowa zawartość tkanki tłuszczowej całego ciała wykazała istotny związek z powodzeniem w aerobiku sportowym ( $p=0,0231$ ), a masa tkanki tłuszczowej całego ciała miała tendencję do bycia istotną

statystycznie ( $p=0,0516$ ). Zbieżne rezultaty uzyskano w badaniach innych autorów. Jak udowodniono zawodniczki aerobiku gimnastycznego, które uzyskiwały wyższe wyniki sportowe, charakteryzowały się niższą zawartością tkanki tłuszczowej. Zatem parametr ten (obok innych z obszernego zbioru) istotnie różnicował pod kątem rezultatów wspomniane kobiety (Tibenska i Medekova, 2014), podobnie jak gimnastyczki artystyczne ( $p=0,021$ ,  $d=0,7$ ) (Donti i wsp. 2016). A w przypadku tych ostatnich był również związany z powodzeniem wykonywania elementów technicznych (Miletić i wsp. 2004).

Wszystkie trzy zmienne związane z otłuszczeniem ciała, które rozpatrywano w badaniach własnych (fałdy skórno-tłuszczowe, komponent endomorfii somatotypu, tkanka tłuszczowa wyrażona w procentach i kilogramach), okazały się być istotnie związane z wynikami w aerobiku sportowym. Chcąc zinterpretować powyższe wyniki warto posłkować się doniesieniami badaczy, którzy podjęli próbę określenia znaczenia przytoczonych parametrów somatycznych w wykonywaniu ruchów i elementów charakterystycznych dla różnych dyscyplin gimnastycznych. Fałdy skórno-tłuszczowe wyjaśniały 74% zmienności wartości trudności układów i 77% zmienności oceny artystycznej (Fragoso i wsp. 2004). Zawartość tkanki tłuszczowej odpowiadała za 41% sukcesu w wykonywaniu skoków, rotacji, elementów równowagi i elementów gibkości (Miletić i wsp. 2004). Z kolei komponent endomorfii (obok wieku) stanowił około 32-45% wariacji wyniku sportowego (Claessens i wsp. 1999). Można zatem przypuszczać, że tkanka tłuszczowa odgrywa ważną rolę w aerobiku sportowym - jest związana z wynikami sportowymi z uwagi na wpływ na wykonywanie elementów technicznych oraz ocenę artystyczną. Co ciekawe wymienione elementy układów (a przynajmniej ich większość) są prezentowane w staniu lub angażują kończyny dolne w innych pozycjach ciała. Przytoczone obserwacje skłaniają do wysunięcia podejrzeń, że to właśnie niska zawartość tkanki tłuszczowej, zlokalizowanej w obrębie kończyn dolnych, może mieć największe znaczenie. Wyniki badań własnych zdają się to potwierdzać. Zawodniczki aerobiku z niższym poziomem sportowym charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami tkanki tłuszczowej - zarówno prawej, jak i lewej kończyny dolnej (procentowej i wyrażonej w kilogramach) w porównaniu z kobietami osiągającymi lepsze wyniki sportowe. Każda z czterech różnic uznana została za dużą.

Analizy statystyczne wykazały, że zawodniczki aerobiku sportowego o wyższym poziomie sportowym są istotnie szybsze od tych o niższym poziomie sportowym ( $p=0,0048$ ), co sprawdzono w teście 20-metrowego biegu ze startu wysokiego. Różnica została

zinterpretowana jako duża ( $d=1,27$ ). Z kolei czas reakcji na bodziec optyczny wykazał tendencję do istotnego różnicowania grup na obu poziomach rywalizacji ( $p=0,0633$ ), a wielkość różnicy została uznana za średnią ( $d=0,78$ ). Rezultaty badań własnych są poniekąd zbieżne z doniesieniami innych autorów. Według Vandorpe i wsp. (2012) szybkość (podobnie jak w badaniach własnych określona za pomocą 20-metrowego biegu z użyciem fotokomórek) znacząco różniła gimnastyczki sportowe o różnym poziomie utalentowania. Również Pion i wsp. (2015) dowiedli, że niższe wyniki szybkości są związane z większym ryzykiem zaprzestania porzucenia gimnastyki sportowej przez zawodniczki. Z kolei czas reakcji (wraz z koordynacją oko-ręka i głęboką percepcją) wyjaśniały 40% umiejętności wieloboju u gimnastyczek artystycznych (Kioumourtzoglou i wsp. 1998). Definitywnie szybkość to zdolność do wykonywania ruchów w możliwie najkrótszym czasie. Składają się na nią: czas reakcji, czas pojedynczego działania ruchowego i częstotliwość ruchów (Sozański 1999; Sozański i wsp. 2015). Nie dziwi zatem fakt, że obie zmienne (określające zdolności szybkościowe w badaniach własnych) okazały się być istotne statystycznie (czy wykazywać tendencję do istotności) – w świetle przytoczonej definicji szybkość (tutaj w kompleksowym działaniu ruchowym, jakim jest bieg na 20 metrów) wynika m.in. z czasu reakcji. Aby rozwinąć szybkość w konkretnym ruchu konieczna jest właściwa synchronizacja grup mięśniowych, które to są zależne od sprawności układu nerwowego i koordynacji nerwowo-mięśniowej. Czas reakcji na bodziec świetlny (wizualny) występuje jako reakcja na warunki zewnętrzne, odebrane za pomocą narządu wzroku, które ulegają zmianie. Przykładem może być podjęcie decyzji o wykonaniu podania piłki po zauważeniu wolnej pozycji partnera (Sozański i wsp. 2015). Powyższe prawidłowości zdają się znajdować potwierdzenie także w aerobiku sportowym. Jak zauważają Vernetta i wsp. (2011) szybkość (wraz z siłą, gibkością, koordynacyjnymi zdolnościami motorycznymi i wytrzymałością) przejawia się w elementach układów aerobikowych: siły statycznej i dynamicznej, gibkości, równowagi, skokach, elementach choreografii w kombinacji, dynamicznej kontroli posturalnej, figurach, podnoszeniach. Szybkość przejawia się najbardziej zauważalnie w elementach aerobikowych, wymagających mocy kończyn dolnych. Z kolei moc to zdolność łącząca w sobie komponent siłowy i szybkościowy – to zdolność pokonywania oporu zewnętrznego w jak najmniejszych jednostkach czasu (Sozański 1999). Szybkość reakcji na bodziec wizualny w aerobiku sportowym występuje w różnych sytuacjach, a zwłaszcza potrzebna jest w rozmaitych wspieraniach i podnoszeniach, gdzie zawodnik musi wykazać się czujnością i właściwie (z odpowiednią szybkością), reagować na ruchy partnerów. Warto mieć

na uwadze, że mimo, iż układy aerobikowe są wyuczone i powtarzane w toku treningu, to mogą zdarzyć się sytuacje, kiedy czas wykonania danego elementu niezamierzenie wydłuży się. Z tego powodu konieczne będzie odpowiednie przyspieszenie ruchu, aby jak najszybciej „znaleźć się” z powrotem we właściwym miejscu frazy muzycznej. W przeciwnym wypadku wystąpi niezgodność ruchu z tłem muzycznym, a opóźnienie będzie rzutowało na wykonanie kolejnych elementów, zawartych w układzie. To z kolei nie pozostanie bez wpływu na ocenę sędziowską i końcowy rezultat.

Zgodnie z hipotezą 2. (postawioną w rozdziale 2.3.) wykazano istotne różnice między zawodniczkami aerobiku sportowego na różnym poziomie sportowym pod względem mocy kończyn dolnych (i parametrów określających skoczność), we wszystkich zastosowanych testach: Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ) i Drop Jump (DJ). We wszystkich parametrach testu SJ (czas lotu, wysokość lotu, moc absolutna i moc względna kończyn dolnych) badane na wyższym poziomie sportowym osiągały wyższe wyniki w porównaniu do badanych na niższym poziomie sportowym. W teście CMJ ponownie istotne statystycznie różnice między grupami wykazano w przypadku parametrów czasu lotu, wysokości lotu oraz mocy względnej. Natomiast w przypadku mocy absolutnej zauważono tendencję do statystycznej istotności tej różnicy. Z kolei w teście DJ (wyskok po zeskoku z 30-stopniowego podwyższenia) wyższej sklasyfikowane zawodniczki uzyskiwały istotnie wyższe wartości czasu lotu, wysokości lotu oraz mocy względnej. Istotne związki mocy kończyn dolnych z wynikami sportowymi wykazano również wśród gimnastyczek artystycznych (Hume i wsp. 1993). Donti i wsp. (2016) w swoich badaniach także zastosowali test CMJ oraz DJ (zeskok z 30-centymetrowego podwyższenia), jednak nie zaobserwowano, aby gimnastyczki artystyczne różniły się istotnie względem parametry testów.

Puiu i Dragomir (2020) zauważają, że wysoki poziom mocy kończyn dolnych jest konieczny do wykonywania elementów technicznych w aerobiku gimnastycznym. Jednak nie tylko z rozważań teoretycznych i obserwacji współzawodnictwa oraz gimnastyków można zakładać o znaczeniu mocy kończyn dolnych. Zostało to poparte badaniami naukowymi, z których wynika, że moc kończyn dolnych (wraz z gibkością, siłą eksplozywną kończyn górnych i zawartością tkanki tłuszczowej) wyjaśniała 41% wariacji skoków, rotacji, elementów wymagających równowagi oraz gibkości w gimnastyce artystycznej (Miletić i wsp. 2004). W przypadku aerobiku gimnastycznego rozpatrywana zmienna wyjaśniała 74% zmienności wyników trudności układów (Fragoso i wsp. 2004).



Jak zauważają Danti i wsp. (2014) wysoki poziom siły i mocy w stosunku do masy ciała są charakterystyczne dla gimnastyki sportowej i artystycznej. Również gimnastycy sportowi, niezależnie od etapu szkolenia sportowego, charakteryzują się wyższym poziomem mocy względnej w porównaniu z nietreningowymi (Niespodziński i wsp. 2021). Nie inaczej zdaje się być w aerobiku sportowym, co popierają wyniki własne. Wskazują one, że we wszystkich trzech zastosowanych testach niniejszej pracy wykazano istotne różnice między grupami o różnych poziomach sportowych pod względem mocy względnej [W/kg], natomiast rzadziej w przypadku mocy absolutnej. Zdaje się, że to właśnie moc względna odgrywa większe znaczenie w powodzeniu sportowym w rozpatrywanej w niniejszej pracy dyscyplinie. Interesujący jest również fakt, że w każdym z testów (SJ, CMJ, DJ) inna liczba zmiennych różniła istotnie zawodniczek. Może to wynikać z innych, specyficznych wymagań nerwowo-mięśniowych dla każdego testu, o czym pisali Haines i wsp. (2016).

Skoczność uwarunkowana jest budową i proporcjami ciała, elastycznością mięśni oraz koordynacyjnymi mechanizmami nerwowo-mięśniowymi (Sozański, 1999). Możliwości skocznościowe są w głównej mierze warunkowane zdolnościami szybkościowymi i siłowymi i są kojarzone z mocą mięśni. Parametrem, który różnicuje przejawy skoczność-moc jest czas. Maksymalizacja czasu w skoczności oznacza maksymalizację wysokości skoku, natomiast w przypadku mocy - im krótszy czas, tym większy iloraz czasu i pracy (czyli maksymalizacja mocy). Ponadto moc wyrażamy w watach (W), jako wielkość fizyczną, z kolei skoczność – w jednostkach drogi (cm, m) (Sozański i wsp. 2015). Z tego względu, z racji rozpatrywania w niniejszej pracy wysokości i czasu lotu oraz mocy względnej i absolutnej, posłużono się określeniami zarówno „moc”, jak i „skoczność”. Jak zauważają Sozański i wsp. (2015) poszczególne dyscypliny sportowe mają różne wymagania i potrzeby względem skoczności (i mocy kończyn dolnych). W gimnastyce sportowej czy akrobatyce zadania skocznościowe są permanentnym elementem działań ruchowych, a skoczność (jako złożona intercecha) obok innych cech i zdolności jest równoważnym składnikiem modelu przygotowania sprawnościowego. Najwyraźniej w aerobiku sportowym rozpatrywane zmienne także stanowią równoważną składową większego obrazu, z czego wynikają wykazane w analizach statystycznych niniejszej pracy istotności różnic, dotyczące różnych parametrów (z różnych obszarów).

Zawodniczki aerobiku sportowego o wyższym poziomie sportowym charakteryzowała większa gibkość i zakres ruchomości w porównaniu do badanych o niższym poziomie

sportowym. Osiągały one istotnie lepsze wyniki w teście skłonu dosiężnego w siadzie (średnio o 5,87 cm), skłonu dosiężnego w staniu (średnio o 7,44 cm), aktywnego i pasywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej (o odpowiednio: 9,90° i 12,77°). Inni badacze również wskazywali, że istnieją istotne związki parametrów gibkości z wynikami sportowymi (poprzez korelację owych parametrów z rezultatami sportowymi czy porównywanie zawodników o różnych poziomach sportowych). Douda i wsp. (2008) wykazali, że gimnastyczki artystyczne (elita oraz niższy poziom sportowy) znacząco różnią się pod kątem gibkości określanej za pomocą wznosów nogi. Również wyniki testu aktywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej (ASLR) dodatnio korelowały z sukcesem sportowym. Donti i wsp. (2016) w swoich badaniach także zastosowali kilka testów, oceniających rozpatrywaną zdolność. Okazało się, podobnie jak u Douda i wsp. (2008), że zawodniczki gimnastyki artystycznej z większymi sukcesami sportowymi osiągają istotnie wyższe wyniki m.in. w teście pasywnego wyprostu kończyny dolnej (PSLR), ( $p=0,004$ ,  $d=0,9$ ) w porównaniu do tych mniej utalentowanych. Badania Miletic i wsp. (2004) również wykazały istotny związek gibkości z wynikami sportowymi, a dokładniej z wykonywaniem elementów w gimnastyce artystycznej. W tym przypadku wykorzystano jednak test skłonu dosiężnego w siadzie (sit-and-reach). Gibkość (w połączeniu z siłą eksplozywną i zawartością tkanki tłuszczowej) wyjaśniała ponad 40% wariacji wyników elementów równowagi (i gibkości), skoków czy rotacji. W badaniach wśród przedstawicielek gimnastyki sportowej także wykorzystano test skłonu dosiężnego w siadzie. Podobnie jak w badaniach przytoczonych autorów, zawodniczki wyżej sklasyfikowane uzyskiwały lepsze rezultaty powyższego parametru (Vandorpe i wsp. 2012). Nie inaczej okazuje się być w aerobiku gimnastycznym - gibkość miała istotny związek z rezultatami sportowymi (wykazano pozytywne korelacje). Co więcej (wraz z szerokością stawu skokowego, siłą mięśni odcinka lędźwiowego kręgosłupa i grzbietu oraz wielkością fałdu skórno-tłuszczowego brzucha) wyjaśniała ona 77% zmienności oceny artystycznej. Z kolei gibkość (określona w tym przypadku wartościami uzyskiwanymi w teście szpagatów) stanowiła jedną ze zdolności wyjaśniających 74% zmienności oceny technicznej układów (Fragoso i wsp. 2004).

Powyższe wyniki badań własnych oraz przytoczonych autorów zdają się potwierdzać, że gibkość to jeden z głównych czynników powodzenia w sportach gimnastycznych. Jest stałym elementem działań ruchowych, co w przypadku aerobiku sportowego jest niejako „narzucane” przez przepisy sportowe (FISAF) - czy to w sposób bezpośredni (grupa elementów technicznych gibkości), czy pośredni (elementy techniczne z grupy skoków, siły statycznej czy

nawet „compulsorów”, takich jak wymachy nóg). Pożądane jest, aby skoki (z elementami gibkości) były wykonywane na odpowiedniej wysokości (co wymaga mocy kończyn dolnych), ale równocześnie powinny ukazywać duży zakres ruchomości zawodnika. Zatem mamy w tym przypadku do czynienia także z elementami wykonywanymi w powietrzu. Ponadto gibkość prezentowana jest w elementach dynamicznych (jak na przykład wspomniane powyżej), jak i statycznych (na przykład szpagaty). Z tego też względu wykorzystano w badaniach własnych testy pasywnych i aktywnych wznosów kończyn dolnych. Wyniki badań własnych są zbieżne z doniesieniami Puiu i Dragomir (2020), według których na możliwość wykonywania doskonałych technicznie i precyzyjnych ruchów (prawidłowych pod względem formy, postawy i ułożenia ciała) rzutuje gibkość i amplituda ruchu aktywna i pasywna (czynna i bierna). Ruchy te przekładają się na wynik, a zatem i poziom sportowy. Wyżej sklasyfikowane zawodniczki aerobiku sportowego uzyskiwały istotnie lepsze wartości w testach gibkości oraz aktywnego i pasywnego zakresu ruchomości, zatem rozpatrywana zdolność zdaje się rzutować na doskonałość ruchu także w aerobiku sportowym.

Ciekawym wynikiem przytaczanych analiz pracy własnej dotyczącym gibkości jest wykazanie istotnych statystycznie różnic między grupami na różnych poziomach sportowych w asymetrycznych testach (aktywny i pasywny wznos kończyn dolnych – ASLR i PSLR) tylko w przypadku prawej kończyny dolnej. Zdaniem autorki warto w kolejnych etapach badań podjąć próbę scharakteryzowania wykonywanych układów startowych pod kątem kinematycznym. Wówczas będzie można ocenić jak często elementy techniczne, ewolucje i ruchy są wykonywane kończynami prawą i lewą. I – czy nie ma znaczącej dysproporcji i asymetrii ruchowych. Być może zawodnicy częściej wykonują elementy gibkościowe jednonóż właśnie prawą nogą. Z pewnością temat jest interesujący i wart zweryfikowania.

Siła mięśniowa jest rozumiana jako zdolność pokonywania oporu zewnętrznego bądź przeciwstawianiu się mu kosztem wysiłku mięśniowego (Zatsiorsky, 1995). Jako składowa przygotowania sprawnościowego zajmuje wyjątkowe miejsce, bowiem przejawianie innych cech i zdolności motorycznych jest uwarunkowane w dużej mierze przez dyspozycje siłowe (Ważny 1977), jakiegokolwiek działanie ruchowe wymaga odpowiedniej pracy mięśniowej. Siła eksplozywna, jako jeden z przejawów siły mięśniowej, oznacza poziom siły dynamicznej na drodze maksymalnego przyspieszenia, przeważnie z pokonywaniem niewielkiego oporu (Sozański i wsp. 2015). W aerobiku gimnastycznym (FIG) siła eksplozywna (a także względna siła mięśniowa), zwłaszcza górnej części ciała, uważana jest za istotny komponent sprawności

fizycznej (Abalo-Núñez i wsp. 2015; Mehrtash i wsp. 2015; Danielová 2012; Niculescu 2014; Niculescu i wsp. 2010; Kyselovičová i Danielová, 2012). W badaniach własnych siła eksplozywna kończyn górnych była istotnie związana z wynikami sportowymi zawodniczek. Badane kobiety na wyższym poziomie sportowym uzyskiwały istotnie lepsze (dłuższe) odległości w teście rzutu piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z siadu prostego ( $p = 0,0372$ ) i teście rzutu piłką lekarską w przód zza głowy  $p = 0,0103$ ), a wielkości różnic zostały uznane za duże (odpowiednio:  $d=0,89$  i  $d=1,12$ ). W przypadku testu rzutu piłką lekarską w tył nad głowę wykazano tendencję do istotności różnic między grupami ( $p = 0,0787$ ;  $d = 0,74$ ). Siła eksplozywna kończyn górnych określona na podstawie odległości rzutu piłką lekarską miała istotny związek z jakością wykonania elementów w gimnastyce artystycznej. Owa zdolność motoryczna stanowiła jedną ze składowych wyjaśniających 41% zmienności oceny skoków, równowagi i gibkości (Miletić i wsp. 2004). Salonia i wsp. (2004) w celu określenia związków między siłą eksplozywną kończyn górnych a klasą sportową zastosowali wśród gimnastyczek 2 warianty rzutów piłką lekarską (jak w badaniach własnych): w przód zza głowy oraz w tył nad głowę. Zawodniczki charakteryzujące się wyższym poziomem sportowym uzyskiwały większe odległości w pierwszym z testów niż zawodniczki o niższym poziomie sportowym. Natomiast w drugim teście odległości były mniejsze w grupie bardziej utytułowanej. Analizy nie wykazały w powyższych badaniach istotnej korelacji między siłą eksplozywną górnej części ciała a poziomem sportowym. Przyczyny owych rezultatów badań należy doszukiwać się w przyjętej metodologii, bowiem zawodniczki były losowo przydzielane do wykonywania danego testu (procedury nie zakładały, aby każda gimnastyczka wykonywała każdy z rzutów). Trudno zatem o porównania z badaniami własnymi. Ponadto, jak się okazuje, odległość uzyskana w testach rzutów piłką lekarską jest istotnie i silnie związana z mocą kończyn dolnych, uzyskaną w teście wyskoku dosiężnego bez zamachu (CMJ) (Stockbrugger i Haennel, 2001). Również Duncan i Hankey (2010) wykazali, że moc kończyn dolnych w teście CMJ jest predyktorem odległości rzutu piłką lekarską w tył nad głowę. Mogłoby to rzucić nowe światło na wykazane w badaniach własnych istotne związki powyższych parametrów (zarówno mocy kończyn dolnych, jak i siły eksplozywnej kończyn górnych) z wynikiem sportowym.

Okolo 2-minutowy układ aerobiku sportowego powinien zawierać od 11 do 15 elementów z grupy siły statycznej, pompek, skoków i gibkości (Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2017-2020), zatem siła zdaje się zajmować ważne miejsce w powyższej dyscyplinie. Siła jest zdolnością motoryczną, która dobrze poddaje się treningowi

(Sozański 1999, Sozański 2015). Biorąc pod uwagę powyższe oraz to, że w badaniach własnych zawodniczki aerobiku sportowego o wyższym poziomie sportowym uzyskiwały istotnie wyższe wartości w dwóch testach (z trzech) określających siłę eksplozywną, a w trzecim różnica ta wykazała tendencję do statystycznej istotności ( $p = 0,0787$ ) można by przypuszczać, że owe rezultaty mogą być związane ze stażem zawodniczym (zawodniczki lepsze istotnie dłużej trenowały). Z drugiej jednak strony w badaniach własnych zastosowano także pomiar siły ręki za pomocą dynamometru, w którym nie wykazano istotnych statystycznie różnic między grupami badanych kobiet – jeśli chodzi o siłę absolutną, jak i względną (prawej i lewej ręki). W pomiarze dynamometrycznym siły ręki mamy do czynienia z jednym z przejawów siły mięśniowej, a dokładnie – siłą izometryczną. Jest to poziom siły, jaki można uzyskać podczas skurczów izometrycznych, czyli pracy statycznej (zmiana napięcia mięśnia bez zmiany jego długości) (Sozański i wsp. 2015).

Hipoteza 2. zakładała, że badane zawodniczki prezentujące wyższy poziom sportowy charakteryzują się m.in. znacząco lepszą wytrzymałością siłową kończyn górnych w porównaniu do tych niżej sklasyfikowanych. Wytrzymałość siłowa oznacza zdolność do pokonywania oporu (lub przeciwstawiania się mu) przez pewien czas, a charakterystyczna jest odporność na lokalne zmęczenie – w tym przypadku kończyn górnych (Sozański i wsp. 2015; Sozański 2015). W badaniach własnych wykorzystano ugięcia ramion w podporze przodem (tzw. „pompki”) – to jeden z podstawowych elementów w aerobiku gimnastycznym, jak i sportowym (w przypadku tego ostatniego w przepisach sportowych została nawet wyodrębniona grupa pompek). Ponadto wspomniany element jest wykonywany w różnych wariantach, a także stanowi pozycję lądowania po skokach (Albano i wsp. 2021). Test ten jest wykorzystywany w badaniach w gimnastyce sportowej (Pion i wsp. 2015; Vandorpe i wsp. 2011; Vandorpe i wsp. 2012), a odnosząc się do kryterium pracy mięśni zaangażowanych w wykonywanie powyższego ruchu, można go sklasyfikować jako próbę, która ocenia wytrzymałość dynamiczną (rozumianą jako zdolność do wykonywania jak największej liczby powtórzeń w określonym czasie) (Sozański i wsp. 2015). Vandorpe i wsp. (2012) wykazali, że gimnastyczki sportowe na różnych poziomach sportowych istotnie różnią się pod względem rozpatrywanego parametru. Z kolei w gimnastyce artystycznej nie zaobserwowano takowych prawidłowości (Donti i wsp. 2016). Analiza wyników w pracy własnej nie wykazała statystycznie istotnych różnic między zawodniczkami niższego i wyższego poziomu sportowego. Być może wynika to z tego, że zawodniczki powinny dysponować pewnym

podstawowym poziomem wytrzymałości siłowej kończyn górnych (ocenianym w wykorzystanym teście) niezależnie od poziomu sportowego.

W badaniach własnych istotne statystycznie różnice między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym zaobserwowano w przypadku parametrów określających wytrzymałość krążeniowo-oddechową. Wytrzymałość to zdolność długotrwałego kontynuowania wysiłku fizycznego z wymaganą intensywnością bez zauważalnego zmniejszenia efektywności działania oraz z zachowaniem zwiększonej odporności na zmęczenie. Biologicznym podłożem wytrzymałości (jej funkcjonalnym potencjałem) jest wydolność (Sozański 1999). Wydolność tlenowa jest istotna (również) w dyscyplinach, w których dominują procesy beztlenowe, ponieważ przyspiesza tempo restytucji po wysiłku – poprzez wzrost w fazie wysiłku udziału procesów tlenowych, a także lepsze usuwanie mleczanu czy regenerację fosfokreatyny podczas wypoczynku (Tomlin i Wenger, 2001; Sozański 2015). Miarą wydolności jest z kolei maksymalny pobór tlenu ( $VO_{2max}$ ), nazywany także maksymalnym minutowym zużyciem tlenu czy pułapem tlenowym (Mayorga-Vega i wsp. 2015; Zatoń i Jastrzębska, 2010; Sozański, 2015). Jest możliwy do określenia za pomocą metod pośrednich, bazujących głównie na częstotliwości skurczów serca, do których to zaliczamy test wahadłowy (beep test) (Zatoń i Jastrzębska, 2010). Wskazuje się, że wynik 20-metrowego wielostopniowego biegu wahadłowego ma umiarkowaną do wysokiej trafność kryterialną dla oszacowania  $VO_{2max}$  ( $r_p = 0,66-0,84$ ) (Mayorga-Vega i wsp. 2015). Analizy wyników badań własnych wykazała, że maksymalny pobór tlenu istotnie różnicował zawodniczki. Kobiety z wyższym poziomem sportowym charakteryzowały wyższe wartości  $VO_{2max}$  niż zawodniczki z niższym poziomem sportowym ( $p = 0,0004$ ;  $d=1,57$ ). Istotne statystycznie różnice wykazano również w odniesieniu do pokonanej liczby odcinków oraz dystansu. Powyższe nie stanowiło jednak zaskoczenia, ponieważ maksymalny pobór tlenu w wykorzystanym teście jest szacowany w oparciu o wymienione parametry. Z kolei w przypadku stężenia mleczanu we krwi (LA) czy częstotliwości skurczów serca (HR) nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między rozpatrywanymi grupami zawodniczek. Oznacza to, że zawodniczki o wyższym poziomie sportowym wykonały większą pracę (czyli pokonały większą odległość i liczbę odcinków) przy podobnej reakcji fizjologicznej i biochemicznej organizmu, świadczącej o ich większych zdolnościach wysiłkowych.

Hipoteza 3. Zakładała, że zawodniczki aerobiku sportowego uzyskujące wyższe wyniki sportowe osiągają istotnie wyższe wartości parametrów sprawności funkcjonalnej, a

konkretnie - parametrów równowagi dynamicznej kończyn dolnych - w porównaniu do zawodniczek niżej sklasyfikowanych. Z uwagi na rezultaty badań własnych, w których nie wykazano istotnych statystycznie różnic między grupami kobiet nie można potwierdzić hipotezy 3. Kyselovičová i wsp. (2023) po przeprowadzonych badaniach zauważyły, że specyficzne elementy w gimnastyce sportowej, artystycznej i aerobiku gimnastycznym wymagają utrzymania równowagi dynamicznej w niestabilnych warunkach oraz siły kończyn dolnych podczas skoków i lądowań, to ostatnia z wymienionych dyscyplin zdolność wygenerowania dużej siły w krótkim czasie nabiera jeszcze większego znaczenia. W związku z tym trening owych sportowców powinien być ukierunkowany na poprawę siły mięśniowej i szybkości (mocy), ponieważ obie zmienne mają związek z równowagą dynamiczną. Biorąc pod uwagę powyższe można by przypuszczać, że przebadane przez autorkę niniejszej pracy zawodniczki aerobiku sportowego nie będą się istotnie różnić pod względem mocy kończyn dolnych (skoro w przypadku równowagi dynamicznej kończyn dolnych nie wykazano istotnych różnic między kobietami). Tak jednak nie było. Być może moc kończyn dolnych w zdolności równowagi dynamicznej nie odgrywa ważnej roli. Możliwe jest również, że równowaga dynamiczna dolnego kwadrantu nie wpływa na poziom sportowy w badanej dyscyplinie pod kątem wydajności. Nie wykluczone, że znaczenia owej właściwości/testu należy upatrywać, jak dowiedziono w badaniach innych autorów, w wykrywaniu ryzyka urazów (pośrednio rzutującego na wyniki sportowe).

Na podstawie analiz statystycznych w niniejszej pracy dowiedziono, że spośród testów sprawności funkcjonalnej, istotne statystycznie związki z poziomem sportowym istnieją w przypadku równowagi dynamicznej górnego kwadrantu. W teście Y Balance dla powyższej lokalizacji ciała zawodniczki niżej sklasyfikowane uzyskiwały krótsze odległości (absolutne i względne) w kierunku inferolateral (dolno-boczny) – zarówno, gdy kończyną podporową była prawa, jak i lewa ręka (odpowiednio:  $p = 0,0233$  i  $p = 0,0043$ ), a także uzyskiwały niższe wartości łączne (wynik kompozytowy YBT-UQ;  $p = 0,0275$ ). Dostępnych jest niewiele prac, w których określano równowagę dynamiczną górnej części ciała w dyscyplinach gimnastycznych. Beyranvand i wsp. (2017) ocenili i porównali stabilność funkcjonalną kończyn górnych u gimnastyków sportowych bez wad postawy oraz z plecami okrągłymi, z wykorzystaniem powyższego testu. Okazało się, że zawodnicy bez wad postawy ciała uzyskiwali istotnie wyższe wartości parametrów YBT-UQ dla obu kończyn górnych i we wszystkich kierunkach (także wyniki kompozytowe). Co więcej w badaniach innych autorów dowiedziono, że większa

różnica (asymetria) w uzyskanej odległości w teście Y Balance górnego kwadrantu w kierunku superolateral (górnoboczny) dla prawej i lewej kończyny górnej, wynosząca  $\geq 4,0$  cm jest związana z 7-krotnie częstszym występowaniem urazów (Ruffle i wsp. 2019). Pomimo, że badane grupy zawodniczek aerobiku sportowego nie różniły się pod względem wspomnianego parametru, to osiągał on wartości powyżej granicy wskazanej w badaniach powyższych autorów ( $6,25 \pm 4,96$  cm dla zawodniczek z niższym poziomem i  $5,08 \pm 3,97$  cm dla zawodniczek z wyższym poziomem). Mogłoby to wskazywać na zwiększone ryzyko doznania urazów górnej części ciała gimnastyczek zwłaszcza, że kończyny górne są często angażowane podczas wykonywania elementów technicznych czy ruchów aerobikowych. Z pewnością zagadnienie jest intrygujące i stanowi zachętę do dalszych eksploracji badawczych, skupiających się na ocenie postawy ciała zawodniczek aerobiku sportowego, ryzyka urazów i powiązaniu uzyskanych wartości z wartościami testu równowagi dynamicznej górnego kwadrantu.

Analiza wyników wykazała, że zawodniczki aerobiku sportowego istotnie różnią się pod względem temperamentu określonego za pomocą Formalnej Charakterystyki Zachowania – Kwestionariusza Temperamentu (w wersji zrewidowanej), w 2 skalach. Zawodniczki o niższym poziomie sportowym uzyskiwały wyższe wyniki w skali żwawość ( $p = 0,0282$ ) oraz w skali wytrzymałość ( $p = 0,0002$ ). Wykazano również tendencję do istotnej statystycznie różnicy w przypadku skali reaktywność emocjonalna (RE) – zawodniczki wyżej sklasyfikowane charakteryzowała większa wartość owej skali. Żwawość (ŻW) oznacza skłonność do szybkiego reagowania, podtrzymywania wysokiego tempa aktywności oraz do odpowiedniej do zmian w otoczeniu, łatwej zmiany z jednego zachowania w inne. Z kolei wytrzymałość (WT) odzwierciedla zdolność odpowiedniego reagowania w sytuacjach, które wymagają wysoko stymulującej lub długotrwałej czynności i/lub, gdy następuje silna stymulacja zewnętrzna. Reaktywność emocjonalna jest związana z intensywnym reagowaniem na bodźce, które wywołują emocje, dużą wrażliwością i niską odpornością emocjonalną (Zawadzki i Strelau, 1995). Wykazane istotne statystycznie różnice mogą wydawać się niespodziewane. Jednak jak wskazuje Gracz (2015) zawodnicy, którzy charakteryzują się różnymi właściwościami temperamentalnymi mogą samorealizować się w dyscyplinach, które generują właściwy dla nich poziom stymulacji, nie ograniczają ich naturalnej potrzeby aktywności i nie przeciążają ich systemu regulacji neuropsychicznej. Reaktywność temperamentalna przejawia się m.in. we wrażliwości emocjonalnej i zmysłowej. Im słabszy bodziec wyzwoli reakcję sportowca, tym



reaktywność będzie większa. Z kolei odwrotnością reaktywności jest odporność (wydolność układu nerwowego), która jest związana z adekwatnym reagowaniem na silne, długotrwałe lub cyklicznie powtarzające się bodźce (Gracz i Sankowski, 2007; Gracz, 2015). Według Sankowskiego (2001) istnieją dyscypliny, w których wysoka reaktywność sprzyja osiągnięciu wysokiego poziomu efektywności, ponieważ u zawodników wysoko reaktywnych szybciej pojawia się reakcja orientacyjna, co może być przydatne w gimnastyce artystycznej i sportowej, akrobatyce, jeździe figurowej czy skokach do wody – najwyraźniej również w aerobiku sportowym. Tym, co łączy powyższe dyscypliny to zdolność dokładnego postrzegania parametrów ruchu i wysokiej precyzji, subtelnego różnicowania wysiłku mięśniowego, wrażliwość rytmiczno-muzyczna. W powyższych dyscyplinach jednostki wysoko reaktywne mają możliwość zdobycia przewagi nad nisko reaktywnymi (Sankowski 2001).

Średnia częstość skurczów serca (HR) zawodniczek aerobiku sportowego prezentujących układy w kategorii zespoły wynosiła  $171,00 \pm 9,23$  ud/min (o wyższym poziomie sportowym) i  $173,60 \pm 8,11$  ud/min (o niższym poziomie sportowym). Natomiast maksymalna częstość skurczów serca podczas wysiłku osiągnęła wartości  $184,11 \pm 6,97$  ud/min (wyższy poziom sportowy) i  $185,00 \pm 9,92$  ud/min (niższy poziom sportowy). Zakładając, że poziom sportowy (wynik) w aerobiku sportowym zależy od wielu czynników (stopień trudności i jakość wykonywanych elementów, aspekt artystyczny i aerobikowy), można wyciągnąć wniosek, że wyżej sklasyfikowane kobiety charakteryzują się niższymi wartościami częstości skurczów serca, wykonując najprawdopodobniej trudniejsze i lepsze pod względem artystycznym i aerobikowym układy. Potwierdzeniem tego zdaje się być wykazana istotna statystycznie różnica między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem przebytej drogi w trakcie układu – o średnio 65,37 m ( $p = 0,0033$ ). Lepsze zawodniczki (pod względem wyników) przy podobnych (nieróżniących się statystycznie) parametrach wysiłkowych wykonywały bardziej dynamiczne kompozycje ruchowe (przemieszczając się w obrębie planszy). Powyższe wyniki badań własnych wzbudziły ciekawość autorki co do charakterystyki walki sportowej pod kątem ilościowym i jakościowym. Interesującym byłoby przeanalizowanie układów startowych (jakie elementy, jak często i z jakim rezultatem końcowym) są wykonywane w kontekście poziomu sportowego.

W badaniach własnych układy solistek wywoływały największe zaburzenia homeostazy organizmu – wartości stężenia mleczanu we krwi wynosiły średnio 14,70 mmol/l. Konkurencja solistek była także postrzegana przez zawodniczki (za pomocą 20-stopniowej skali RPE Borga),

jako ta najbardziej intensywna (16,50). Nieco niższą odpowiedź biochemiczną zauważono w konkurencji duetów (LA wynoszące średnio 13,60 mmol/l), a wysiłek był oceniany jako ciężki (15,67). W konkurencjach trójek oraz grup (o niższym poziomie sportowym) zawodniczki charakteryzowały niższe wartości stężenia mleczanu we krwi (odpowiednio: 11,93 mmol/l i 11,88 mmol/l). W konkurencji grup (o wyższym poziomie sportowym) wartości LA były najniższe, jednak nadal wysokie (10,62 mmol/l). Układy w konkurencji trio oraz grupy (niezależnie od poziomu sportowego) oceniono jako wysiłki niezbyt ciężkie. Biorąc pod uwagę odpowiedź układu krążenia na wysiłek startowy, najwyższe wartości częstości skurczów serca (HR zarówno średnie, jak i maksymalne), badane kobiety uzyskiwały w konkurencji grup, wynoszące u osób o wyższym poziomie sportowym  $171,00 \pm 9,23$  ud/min i  $184,11 \pm 6,97$  ud/min, natomiast u osób o niższym poziomie sportowym  $173,60 \pm 8,11$  ud/min i  $185,00 \pm 9,92$  ud/min. Nieco niższe wartości HRśr i HRmax (jednak nadal zbliżone do HR grup) uzyskiwano w duetach (HRśr  $172,00 \pm 11,36$  ud/min; HRmax  $180,67 \pm 8,50$  ud/min), a w dalszej kolejności – w układach trójkowych (HRśr  $166,83 \pm 8,16$  ud/min; HRmax  $182,83 \pm 3,97$  ud/min). Najniższe wartości średniej i maksymalnej częstości skurczów serca (przy jednocześnie najwyższych wartościach LA) uzyskiwały solistki (HRśr  $166,00 \pm 14,14$  ud/min; HRmax  $177,50 \pm 4,95$  ud/min).

Badane startujące w konkurencji duety i trójki w porównaniu z innymi konkurencjami najdłużej utrzymywały wysokie wartości częstości skurczów serca. Przez odpowiednio 52,10% i 51,57% całkowitego czasu trwania układu ich HR utrzymywał się na poziomie 90-100% HRmax, a w dalszej kolejności (odpowiednio: 38,47% i 35,88% czasu trwania układu) na poziomie 80-89% HRmax. Biorąc pod uwagę, że układ aerobikowy trwa 2 minuty z tolerancją 5 sekund, wysiłek zdaje się być bardzo intensywny. W pozostałych konkurencjach zawodniczki również wykonywały układy w zakresach częstości skurczów serca na poziomie 90-100% HRmax i 80-89% HRmax, jednak w nieco innych proporcjach. Układy grupowe (oba poziomy sportowe) wywoływały zbliżoną reakcję układu krążenia (po ponad 40% całkowitego czasu trwania układu z HR oscylującym w przedziale 80-89% i 90-100% HRmax). Z kolei w układach indywidualnych przez 51,20% czasu trwania częstotliwość skurczów serca utrzymywała się na poziomie 80-89% HRmax, a przez 35,15% - na poziomie 90-100% HRmax.

Porównując uzyskane wyniki badań własnych z wynikami innych autorów warto odnieść się do pracy Aleksandravičienė i Stasiulis (2005), którzy zbadali zawodniczki aerobiku gimnastycznego, startujące w konkurencji grup. Średni wiek badanych wynosił 21,6 lat i był

zbliżony do wieku przebadanych zawodniczek aerobiku sportowego. Średnia częstość skurczów serca zawodniczek porównywanej dyscypliny wynosiła  $182,1 \pm 7,5$  ud/min. Częstość skurczów serca zbliżoną do powyższej wartości obserwowano także w badaniach własnych, z tą różnicą, że odnosiła się ona do HRmax. Z kolei wartości LA oznaczanego w 3. minucie po wysiłku, raportowane przez powyższych autorów, wynosiły  $7,5 \pm 2,09$  mmol/l. Z kolei w badaniach własnych średnie wartości LA wynosiły 10,62 mmol/l i 11,88 mmol/l (odpowiednio dla wyżej i niżej sklasyfikowanych zawodniczek), w zależności od konkurencji startowej. Zatem chcąc porównać obie dyscypliny można stwierdzić, że wysiłek startowy w postaci układów grupowych w aerobiku sportowym charakteryzuje się niższymi średnimi wartościami częstości skurczów serca i wyższymi wartościami stężenia mleczanu we krwi w porównaniu z aerobikiem gimnastycznym.

Kyselovičová i Danielová (2012) określiły funkcjonalne reakcje organizmu elity zawodniczek aerobiku gimnastycznego, rywalizujące w konkurencji solistek na poziomie międzynarodowym ( $n=5$ ) i krajowym ( $n=1$ ). Dowiedziono, że stężenia mleczanu we krwi w warunkach współzawodnictwa (17,3 mmol/l) były istotnie wyższe niż te uzyskane podczas sesji treningowych (14,6 mmol/l i 14,7 mmol/l). Powyższe wartości LA podczas treningów są niemal identyczne z poziomem mleczanu w układach indywidualnych zawodniczek aerobiku sportowego (14,70 mmol/l). Ponadto autorki dokonały rejestracji częstości skurczów serca, z których wynikało, że układy indywidualne podczas zawodów osiągały wartości HRmax 179,0 ud/min. Biorąc pod uwagę HR max ponownie można zaobserwować analogię z badaniami własnymi, ponieważ parametr ten wynosił u solistek 177,50 ud/min. W przypadku średnich wartości HR to oscylowały one w aerobiku gimnastycznym od 120,5 ud/min do 124,0 ud/min, czyli były zdecydowanie niższe niż średnie wartości HR wśród zawodniczek aerobiku sportowego (166,00 ud/min). Najprawdopodobniej można to częściowo wytłumaczyć krótszym czasem trwania wysiłku startowego w aerobiku gimnastycznym (wynoszącym w momencie testowania 1 minutę 40 sekund, z tolerancją 5 sekund).

Manos i wsp. (2012) również scharakteryzowali wysiłek podczas układów startowych w gimnastyce artystycznej. Podczas układów indywidualnych HRmax badanych wynosiło 184,2 ud/min, średnia częstość skurczów serca osiągała 171,4 ud/min, a stężenie mleczanu we krwi kształtowało się na poziomie 6,58 mmol/l. Z kolei u zawodniczek startujących w konkurencji grup HRmax wynosiło 184,2 ud/min, średnia częstość skurczów serca osiągała 168,2 ud/min, a stężenie mleczanu kształtowało się na poziomie 7,34 mmol/l. Jakkolwiek można zauważyć

pewne podobieństwa między parametrami wysiłkowymi w gimnastyce artystycznej i aerobiku sportowym (z wyjątkiem LA), zwłaszcza gdy w pierwszej wymienionej dyscyplinie zostaną wzięte pod uwagę układy grupowe, to większych analogii można doszukać się, kiedy autorzy przedstawili wartości owych parametrów z wyszczególnieniem przyrządów gimnastycznych. Okazuje się, że spośród konkurencji indywidualnych gimnastyki artystycznej najbardziej zbliżone wartości parametrów wysiłkowych do tych występujących w aerobiku charakteryzowały układy ze skakanką (LA 11,08 mmol/l; HRmax 186,2 ud/min – w porównaniu do układów grupowych na niższym poziomie) i z obręczą (LA 9,65 mmol/l; HRmax 184,3 ud/min - w porównaniu do układów grupowych na wyższym poziomie). Spośród konkurencji grupowych gimnastyki artystycznej najbardziej zbliżone wartości parametrów wysiłkowych do tych występujących w aerobiku charakteryzowały układy z 3 wstążkami i 2 obręczami (LA 11,31 mmol/l; HRmax 186,3 ud/min - w porównaniu do układów grupowych na niższym poziomie) i z 5 piłkami (LA 10,33 mmol/l; HRmax 182,2 ud/min - w porównaniu do układów trójkowych i grupowych na wyższym poziomie). Zatem posiłkując się wnioskami z badań Kyselovičovej i Danielovej (2012) oraz Manos i wsp. (2012) można stwierdzić, że uzyskane wartości świadczą o dużym udziale przemian beztlenowych podczas wysiłku startowego w aerobiku sportowym i potwierdzają znaczenie kształtowania wydolności w rozpatrywanej dyscyplinie – zwłaszcza biorąc pod uwagę wymóg perfekcyjnego wykonywania elementów technicznych i ruchów aerobikowych. Na podstawie wartości częstości skurczów serca w układach aerobiku sportowego oraz odnosząc się do metodyczno-fizjologicznej charakterystyki obciążeń wysiłkowych można określić charakter przemian jako tlenowo-beztlenowe (mieszane) o dużej i submaksymalnej intensywności (Sozański i wsp. 2015).

Autorka ma świadomość ograniczeń w prowadzonych przez siebie badaniach, dotyczących niewielkiej próby badanych. Z drugiej jednak strony badane pochodziły z klubów sportowych, zlokalizowanych w różnych częściach Polski, dzięki czemu został odzwierciedlony rzeczywisty obraz polskich zawodniczek i reprezentowanej przez nie dyscypliny. W kolejnych badaniach z pewnością warto uwzględnić bardziej liczbą próbę.

W prezentowanych badaniach zidentyfikowano charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne (obejmujące elementy budowy somatycznej, sprawności fizycznej i funkcjonalnej oraz charakterystykę psychologiczną), mające związek z wynikami w aerobiku sportowym. Według wiedzy autorki niniejsza praca jest pierwszą, która eksploruje powyższe

zagadnienie w tak szerokim i wszechstronnym zakresie rozpatrywanych zmiennych. Zidentyfikowanie i zrozumienie czynników przyczyniających się do sukcesu sportowego jest jednym z wyzwań, przed którymi stoją zarówno trenerzy, jak i zawodnicy (Arazi i wsp. 2013). Jak wskazuje Konarski (2014) funkcjonowanie człowieka, zwłaszcza w kontekście uprawiania sportu, wymaga szerszego podejścia. Tak uczyniono w badaniach własnych, których obszerność postrzega się jako atut – również w kontekście wytyczenia ścieżek kolejnych eksploracji naukowych, także dla innych badaczy. Te z kolei proponowano w części „Dyskusja”.

Niniejsze badania, według posiadanej wiedzy, są także pierwszymi, które przybliżają charakterystykę wysiłku startowego w aerobiku sportowym, w każdej z konkurencji. Jest to niezwykle ważna składowa modelu mistrzostwa sportowego (Sozański i wsp. 2015), która niejako wyznacza kierunek pracy nad określonymi zdolnościami motorycznymi czy dyspozycjami psychicznymi.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje na złożoność omawianej dyscypliny oraz uświadamia trudności jakie mogą występować w procesie planowania treningu. U podstaw niniejszej pracy od samego początku leżała (oprócz wartości naukowej) także wartość aplikacyjna. Wiedza o znaczeniu poziomu i struktury zdolności motorycznych związanych z wynikiem sportowym może pomóc trenerom w jeszcze skuteczniejszym planowaniu szkolenia oraz doborze i regulacji składowych obciążeń treningowych, a w związku z tym – w optymalizacji treningu. Ponadto określenie związków z wynikami może być użyteczne z punktu widzenia rozwijania tych atrybutów, które na nie rzutują.

## 6. Wnioski

Na podstawie uzyskanych w toku badań wyników i ich analizy sformułowano następujące wnioski:

1. Cechami budowy somatycznej, które istotnie różnicują zawodniczki aerobiku sportowego są parametry związane z otłuszczeniem (endomorfia jako komponent somatotypu i tkanka tłuszczowa – zlokalizowana zwłaszcza w obrębie kończyn dolnych), a także szerokość nasady kolanowej. Mniejsze wartości tych komponentów charakteryzowały kobiety na wyższym poziomie sportowym. Ponadto istotnie związane z wynikami są wiek i staż zawodniczy (wyższe oznaczały lepsze rezultaty sportowe).
2. Zawodniczki aerobiku sportowego znacząco różnią się parametrami sprawności fizycznej. Kobiety na wyższym poziomie rywalizacji charakteryzują się znacząco wyższymi wartościami parametrów szybkości, gibkości wraz z zakresem ruchomości kończyn dolnych, siły eksplozywnej kończyn górnych, mocy kończyn dolnych i wytrzymałości krążeniowo-oddechowej, w porównaniu do tych niżej sklasyfikowanych.
3. Parametry równowagi dynamicznej górnego kwadrantu, określającej z kolei sprawność funkcjonalną, są istotnie związane z poziomem sportowym. Kobiety osiągające lepsze wyniki sportowe uzyskują wyższe rezultaty w porównaniu do kobiet o niższym poziomie sportowym.
4. Charakterystyka psychologiczna (temperament) różnicuje zawodniczki aerobiku sportowego. Wyższe wartości zwawości i wytrzymałości były istotnie związane z niższymi rezultatami sportowymi.
5. Wysiłek startowy w omawianej dyscyplinie charakteryzuje się dużą i submaksymalną intensywnością, z pracą o charakterze przemian tlenowo-beztlenowym.

## 7. Piśmiennictwo

1. Abalo-Núñez, Gutiérrez-Sánchez, A., Iglesias Pérez, M.C., Vernetta-Santana, M. (2018). Injury prediction in aerobic gymnastics based on anthropometric variables. *Science & Sports*, 33(4), s. 228-226.
2. Abalo-Núñez, R., Gutiérrez-Sánchez, Á., Santana, MV. (2015). Longitudinal study of sports injuries in practitioners of aerobic gymnastics competition. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(5): 400-402.
3. Albano, D., D'Anna, C., Vastola, R. (2021). Push up, explosive push up and free fall tests to evaluate the upper body power: A preliminary study in aerobic gymnastics. *Journal of Human Sport & Exercise*, 16, 973-979.
4. Aleksandravičienė, R., Liaudeneckaitė, J., Liaugminienė, R., Siaurodinai, A., Stasiulevičienė, L. (2012). Education. Physical Training. Sport, 86(3): 5-10.
5. Aleksandravičienė, R., Stasiulis, A. (2005). Physiological responses during competitive sports aerobics exercise. Education. Physical Training. Sport, 3(57): 4-8.
6. Aleksić-Veljković, A., Madić, D., Veličković, S., Herodek, K., Popović, B. (2014). Balance in young gymnasts: age-group differences. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 12(3), 289-286.
7. Alves, CRR, Borelli, MTC, Paineli, V de S, Azevedo, R de A, Borelli, CCG, Lancha Junior, AH, Gualano, B, Artioli, GG (2015). Development of a Specific Anaerobic Field Test for Aerobic Gymnastics. *PLoS One*, 10(4): 1-10.
8. Ambroży, D., Dudek D. (2010). *Aerobik sportowy. Podstawy szkolenia zawodnika*. EAS Kraków.
9. Arazi, H., Faraji, H., Mehrtash, M. (2013). Anthropometric and physiological profile of Iranian junior elite gymnasts / ANTROPOMETRJSKI I FIZIOLOŠKI PROFIL VRHUNSKIH IRANSKIH GIMNASTIČARA JUNIORSKOG UZRASTA . *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 11(1): 35-41.
10. Armstrong, R., Brogden, C., & Greig, M. (2017). The functional movement screen as a predictor of mechanical loading in dancers. *Physical Therapy in Sport*, 28, 4.
11. Arriaza, E., Rodríguez, C., Carrasco, C., Mardones, C., Niedmann, L., López-Fuenzalida, A. (2016) Anthropometric Characteristics of Elite Rhythmic Gymnasts. *International Journal of Morphology*, 34(1), 17-22.

12. Asseman FB, Caron O, Crémieux J. (2008). Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait & Posture*, 27 (1): 76-81.
13. Ayala, F, Sainz de Baranda, P, De Ste Croix, M, Santonja, F. (2012). Absolute reliability of five clinical tests for assessing hamstring flexibility in professional futsal players. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 15(2): 142–147.
14. Aydın, B., Tuğba, K., Bihter, A., (2020). The Relationship between Knee Flexor-Extensor Muscle Strength and Balance Ability in Elite Gymnasts. / *Jimnastik Sporcularında Diz Fleksör-Ekstansör Kas Kuvvetinin Denge ile İlişkisi. Spor Hekimligi Dergisi/Turkish Journal of Sports Medicine*, 55(3), 214-221.
15. Bacciotti, S., Baxter-Jones, A., Gaya, A., Maia, J. (2018). Body physique and proportionality of Brazilian female artistic gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 749-756.
16. Batez, M., Krsmanovic, B., Mikalacki, M., Cokorilo, N., Simic, M., Ruiz-Montero, PJ. (2018). Morphological characteristics and motor skills of young students with different levels of engagement in physical activities. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 33: 58-62.
17. Batista, A., Garganta, R., Ávila-Carvalho, L. (2019). Body difficulties in rhythmic gymnastics routines. *Science of Gymnastics Journal*, 11(1), 37-55.
18. Beardsley C, Contreras B. The functional movement screen: a review. *Strength Cond J*. 2014; 36(5): 72-80.
19. Beattie K, Flanagan EP. (2015). Establishing the reliability & meaningful change of the drop-jump reactive-strength index. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 23(5): 12-18.
20. Beckman, EM, James, LP, Kelly, VG. (2014). Review of the literature | High performance testing for the elite mixed martial artist. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 22(6): 81-98.
21. Benis, R, Bonato, M, La Torre, A. (2016). Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test. *Journal of Athletic Training (Allen Press)*, 51(9):688–695.
22. Beyranvand, R, Mirnasouri, R, Mollahoseini, S, Mostofi, S. (2017). The functional stability of the upper limbs in healthy and rounded shoulder gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(3): 279-290.



23. Bompa, T.O. (1983). *Theory and methodology of training*. Dubuge. Iowa
24. Booyesen, MJ, Gradidge, PJ-L, Watson, E. (2015). The relationships of eccentric strength and power with dynamic balance in male footballers. *Journal of Sports Sciences*, 33(20): 2157–2165.
25. Bota A, Urzeală C, Mezei M. (2012). Correlative aspects regarding the functional exertion and the technical sifficulty elements in high performance aerobic gymnastics. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 12(2): 120-126.
26. Bota A, Urzeală C. (2013). Correlative aspects regarding functional stress and neuromuscular control in high performance aerobic gymnastics – individual events. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 93(1): 2090 – 2094.
27. Brańska, Ż. (2002). *Aerobic sportowy*. Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
28. Butler, R.J., Bullock, G., Arnold, T., Pilsky, P., Queen, R. (2016). Competition-Level Differences on the Lower Quarter Y-Balance Test in Baseball Players. *Journal of Athletic Training* (Allen Press). 51(12), 997-1002.
29. Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P.J. (2013). Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 5(5): 417-422.
30. Campos-Pérez, J., Páscoa, R., Lopes, J. A. Cámara-Martos, Fernando (2022). Relationship Between Gymnastic Rhythmic Practice and Body Composition, Physical Performance, and Trace Element Status in Young Girls. *Biological trace element research*, 200(1):84-95
31. Carter LJE, Heath HB. (1990). Somatotyping: development and applications. Cambridge Studies in Biological Anthropology. Cambridge University Press, New York.
32. Cheung, S.Y., Fung, L. (2008). Energy expenditure related to routines of different aerobic gymnastics awards. *International Journal of Fitness*, 4(1), 1-5.
33. Chorba, R.S., Chorba, D.J., Bouillon, L.E., Overmyer, C.A., Landis, J.A. (2010). Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 5(2): 47-54.
34. Claessens, A.L., Lefevre, J. (1998). Morphological and performance characteristics as drop-out indicators in female gymnasts. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 38(4), 305-309.

35. Claessens, A.L., Lefevre, J., Beunen, G., Malina, R.M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 39(4): 355-360.
36. Coogan, S.M., Schock, C.S., Hansen-Honeycutt J., Caswell S., Cortes N., Ambegaonkar JP. (2020). Functional Movement Screen™ (FMS™) scores do not predict overall or lower extremity injury risk in collegiate dancers. *International journal of sports physical therapy*, 15(6), 1029-1035.
37. Cook, G., Burton, L., Kiesel, K. I in. (2010). *Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assessment, and Corrective Strategies*. On Target Publications, Santa Cruz, CA.
38. Cordun, M., BRATU, M., MINCULESCU, C.-A. STOIAN, O., GHEZEA, A., CHIȚĂ, R.-V. (2021). The intervention of competitive aerobic gymnastics on body posture. *Discobolul - Physical Education, Sport & Kinotherapy Journal*, 60(4), 427-440.
39. Cyniak-Cieciura, M., Zawadzki, B., Strelau, J. (2018). The development of the revised version of the Formal Characteristic of Behaviour – Temperament Inventory FCB-TI(R). *Personality & Individual Differences*, 127, 117-126.
40. Di Cagno A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A.R., Guidetti L. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 48(3), 341-346.
41. Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro. M.D, Pappalardo A, Piazza M, Guidetti L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics—Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3): 411-416.
42. Dobrescu T, Dobreci LD. (2014). Contributions Regarding the Learning of the Specific Motor Content of Artistic Training in the Aerobic Gymnastics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 137(1): 25 – 31.
43. Dong-Kyu, L., Min-Hyeok, K., Tae-Sik, L., Jae-Seop, O. (2015). Relationships among the Y balance test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(3), 77-84.
44. Donti O, Bogdanis GC, Kritikou M, Donti A, Theodorakou K. (2016). The Relative Contribution of Physical Fitness to the Technical Execution Score in Youth Rhythmic Gymnastics. *Journal of Human Kinetics*, 50(2): 143-152.

45. Donti, O, Tsolakis, C, Bogdanis, GC. (2014). Effects of Baseline Levels of Flexibility and Vertical Jump Ability on Performance Following Different Volumes of Static Stretching and Potentiating Exercises in Elite Gymnasts. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(1): 105-113.
46. Douda H., Lapidis K., Tokmakidis S.P. (2002). Long-Term Training Induces Specific Adaptations on the Physique of Rhythmic Sports and Female Artistic Gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 2(3): 1-14.
47. Douda HT, Toubekis AG, Avloniti AA, Tokmakidis SP. (2008). Physiological and Anthropometric Determinants of Rhythmic Gymnastics Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1): 41-54.
48. Drozdowski Z. (1998). *Antropometria w wychowaniu fizycznym*. Poznań: AWF Poznań.
49. Dufek, J.S., Bates, B.T. (1991). Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. *Sports Medicine*, 12(5), 326-337.
50. Duncan, M., Hankey, J. (2010). Concurrent validity of the backwards overhead medicine ball throw as a test of explosive power in adolescents. *Medicina Sportiva*, 14(3), 103-107.
51. Flanagan, E. P., Ebben, W. P., Jensen, R. L. (2008). Reliability of the Reactive Strength Index and Time to Stabilization During Depth Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5): 1677-1682.
52. Fragoso, I, Baroroso, A, Vieira, F, Oliceira, A, Fortes, J. (2004). The influence of morphologic, motor and psychological variables on sport performance of aerobic gymnastics athletes. Athens 2004: Pre-olympic Congress //Pre-Olympic Congress (2004 : Thessaloniki, Greece).
53. Garrison M, Westrick R, Johnson MR, Benenson J. Association between the functional movement screen and injury development in college athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2015; 10(1): 21-28.
54. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 25 (2): 556-560.
55. Gracz, J. (2015). *Przygotowanie psychologiczne – psychologia aktywności sportowej*. W: H. Sozański. J. Sadowski. J. Czerwiński (red.). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego: praca zbiorowa*. T. 2. Warszawa; Biała Podlaska: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie Filia w Białej Podlaskiej.

56. Gracz, J., Sankowski, T. (2007). *Psychologia aktywności sportowej*. Poznań, AWF.
57. Guidetti, L., Baldari, C., Capranica, L., Persichini, C., Figura, F. (2000). Energy cost and energy sources of ball routine in rhythmic gymnasts. / Depense energetique et sources d'energie en gymnastique rythmique et sportive avec ballon. *International Journal of Sports Medicine*, 21(3), 205-209.
58. Hackett, DA, Davies, TB, Ibel, D, Cobley, S, Sanders, R. (2018). Predictive ability of the medicine ball chest throw and vertical jump tests for determining muscular strength and power in adolescents. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 22(1): 79-87.
59. Haines, BR, Bourdon, PC, Deakin, G. (2016). Reliability of common neuromuscular performance test in adolescent athletes. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 24(4): 16-22.
60. Hammami, R, Chaouachi, A, Makhlouf, I, Granacher, U, Behm, DG. (2016). Associations Between Balance and Muscle Strength, Power Performance in Male Youth Athletes of Different Maturity Status. *Pediatric Exercise Science*, 28(4): 521-534.
61. Han, J, Anson, J, Waddington, G, Adams, R. (2014). Sport Attainment and Proprioception. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(1): 159-170.
62. Hartman, JG, Looney, M. (2003). Norm-Referenced and Criterion-Referenced Reliability and Validity of the Back-Saver Sit-and-Reach. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 7(2): 71-87.
63. Carter J.E.L., Carter J.E.L., Honeyman Heath B. 1990. *Somatotyping: Development and Applications*. Cambridge University Press.
64. Hume PA, Hopkins WG, Robinson DM, Robinson SM, Hollings SC. (1993). Predictors of attainment in rhythmic sportive gymnastics. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness* 33(4): 367-377.
65. Ignjatovic, A.M., Markovic, Z.M., Radovanovic, D.S. (2012). Effects of 12-week medicine ball training on muscle strength and power in young female handball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2166-2173.
66. Ilie, M. (2010). Researches concerning the kinematic analysis of the hop in the male triple jump event. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 10(2), 513-517.

67. Isacco, L., Ennequin, G., Cassirame, J., Tordi, N. (2017). Physiological Pattern Changes in Response to a Simulated Competition in Elite Women's Artistic Gymnasts. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(10), 2768-2777.
68. Johnson, A.W., Warcup CN., Seeley MK., Eggett D., Feland JB. (2019). The acute effects of stretching with vibration on dynamic flexibility in young female gymnasts. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(2), 210-216.
69. Karpowicz, K., Karpowicz, M., Janowski, J., Gozdecki, R., Strzelczyk, R. (2014). Wewnętrzne zróżnicowanie wartości zdolności motorycznych młodocianych sportowców uprawiających gry zespołowe. W: J. Kwieciński. M. Tomczak. M. Łuczak (red.). Sport i wychowanie fizyczne w badaniach naukowych. Teoria-praktyce. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie.
70. Karpowicz, K., Strzelczyk, R. (2010). Characteristics of motor abilities of young athletes of selected sports during sport training. *Studies in Physical Culture & Tourism*, 17(1), 33-40.
71. Karpowicz, K., Strzelczyk, R., Karpowicz, M. (2012). Struktura poziomu efektów motorycznych młodych sportowców na etapie szkolenia ukierunkowanego. W: K. Karpowicz. R. Strzelczyk (red.). Etapizacja procesu szkolenia sportowego. Teoria i rzeczywistość. Poznań, AWF Poznań.
72. Kassay, A.D., Daher, B., Lalone, E.A. (2021). An analysis of wrist and forearm range of motion using the Dartfish motion analysis system. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 34(4), 604-611.
73. Kiesel K, Pilsky PJ, Voight ML. (2007). Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen? *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2(3): 147-158.
74. Kioumourtzoglou E., Derri V., Tzetzis G., Kourtessis T. (1998). Predictors of success in female rhythmic gymnasts. *Journal of Human Movement Studies*, 34(1): 33-48.
75. Konarski, J. M. (2013). Wybrane czynniki determinujące mistrzostwo w zespołowych grach sportowych na przykładzie hokeja na trawie. Selected factors determining championship in team games based on the example of field hockey. Poznań, AWF Poznań.
76. Köse, D.E., Akşit, T., Açıkgöz, O., Ceyhan, G. (2023). Time course of changes in straddle jump and vertical jump performance after acute static stretching in artistic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 15(1), 75-85.

77. Kyselovičová, O, Danielová, K. (2012). The functional response to training and competition load in aerobic gymnastics athletes. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 52(2): 31-36.
78. Kyselovičová, O., Zemková, E., Péliová, K., Matejová, L. (2023). Isokinetic leg muscle strength relationship to dynamic balance reflects gymnast-specific differences in adolescent females.
79. Lamošová, A., Kyselovičová, O., Tomková, P. (2021). Anthropometric and Motor Changes After One-Year Aerobic Gymnastics Training in Young Gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 13(2), 243-251.
80. Lesinski M, Muehlbauer T, Granacher U. (2016). Concurrent validity of the Gyko inertial sensor system for the assessment of vertical jump height in female sub-elite youth soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(35): 1-9.
81. Ljach W., Witkowski Z. (2011). Metrologiczne podstawy kompleksowej kontroli w sporcie. Biała Podlaska: Monografie i Opracowania nr 12.
82. López-Miñarro PA, Rodríguez-García PL. (2010). Hamstring muscle extensibility influences the criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 24 (4): 1013-1018.
83. Lu, Z., Nazari, G., MacDermid, Joy C., Modarresi, S., Killip, S. (2020). Measurement Properties of a 2-Dimensional Movement Analysis System: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 101(9), 1603-1627.
84. Łaska-Mierzejewska T. 1997. Antropologia w sporcie i wychowaniu fizycznym. Centralny Ośrodek Sportu. Biblioteka Trenera. Warszawa.
85. Manos M., Vasilica, G., Lavinia, P. (2012). Study about the energy expenditure assessment in rhythmic gymnastics. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 12(2), 170-175.
86. Marina, M., Rodríguez, F.A. (2014). Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines. *Biology of Sport*, 31(3), 217-222.
87. Markovic, G, Dizdar, D, Jukic, I, Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3): 551-555.
88. Marković, KZ, Krističević, T, Aleksić-Veljković, A. (2016). Metric characteristics of a new test for the evaluation of dynamic balance. *Kinesiology*, 48(2): 267-273.

89. Massidda, M., Toselli, S., Brasili, P., Calò, C.M. (2013). Somatotype of elite Italian gymnasts. *Collegium antropologicum*, 37(3), 853-857.
90. Mayhew JL, Bird M, Cole ML, Koch AJ, Jacques JA, Ware JS, Buford BN, Fletcher KM. (2005). Comparison of the backward overhead medicine ball throw to power production in college football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3):514-518.
91. Mayorga-Vega D, Aguilar-Soto P, Vicianà J. (2015). Criterion-Related Validity of the 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal Of Sports Science & Medicine*, 14 (3): 536-547.
92. McGill SM, Andersen JT, Horne AD. (2012). Predicting performance and injury resilience from movement quality and fitness scores in a basketball team over 2 years. *Journal Of Strength And Conditioning Research*. 26 (7): 1731-1739.
93. Mehrtash M, Rohani H, Farzaneh E, Nasiri R. (2015). The effects of 6 months specific aerobic gymnastic training on motor abilities in 10 – 12 years old boys. *Science of Gymnastics Journal*, 7(1):51-60.
94. Mendez-Rebolledo, G., Olcese-Farias, Y., Brown-Villegas, D. (2022). Balance control in artistic gymnasts and its comparison under three training methods: a pilot trial. *Human Movement*, 23(2), 56-64.
95. Mezei M, Cristea O. (2014). Performance Criteria in Aerobic Gymnastics – Impact on the Sportive Training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117(1): 367-373.
96. Miletić D., Katić R., Males B. (2004). Some Anthropologic Factors of Performance in Rhythmic Gymnastics Novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2): 727-737.
97. Misegades, J., Rasimowicz, M., Cabrera, J., Vaccaro, K., Kenar, T., DeLuccio, J., Stapleton, D. (2020). Functional movement and dynamic balance in entry level university dancers. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(4), 548-556.
98. Moeskops, S., Oliver, J.L., Read, P.J., Myer, G.D., Lloyd, R.S. (2021). The Influence of Biological Maturity on Sprint Speed, Standing Long Jump, and Vaulting Performance in Young Female Gymnasts. *International journal of sports physiology and performance*, 16(7), 934-941.
99. Moskovljević, L. (2016). The relations between certain motor abilities and success in rhythmic gymnastics in the students of different genders. *Physical Culture / Fizicka Kultura*, 70(2), 155-163.

100. Muyor, JM, Arrabal-Campos, FM. (2016). Effects of Acute Fatigue of the Hip Flexor Muscles on Hamstring Muscle Extensibility. *Journal of Human Kinetics*, 53(1): 23-31.
101. Niculescu G. (2014). Study on the use of dynamic and static strength elements at the aerobic gymnastics world championships. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 14(1): 149-153.
102. Niculescu, G., Lăcătuș, D., Türkçapar, Ü. (2010). *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series VIII: Art & Sport*, 3(52): 109-114.
103. Niespodziński, B., Grad, R., Kochanowicz, A., Mieszkowski, J., Marina, M., Zasada, M., Kochanowicz, K. (2021). The Neuromuscular Characteristics of Gymnasts' Jumps and Landings at Particular Stages of Sports Training. *Journal of Human Kinetics*, 78(1), 15-28.
104. Norris, B.S., Olson, S.L. (2011). Concurrent validity and reliability of two-dimensional video analysis of hip and knee joint motion during mechanical lifting. *Physiotherapy theory and practice*, 27(7), 521-530.
105. Onate, J.A., Dewey, T., Kollock, R.O., Thomas, K.S., Van Lunen, B. L., DeMaio, M., Ringler, S.I. (2012). Real-time intersession and interrater reliability of the functional movement screen. 26(2), 408-415.
106. Osiński, W. (2003). *Antropomotoryka*. Poznań: AWF Poznań.
107. Osiński, W. (2018). *Antropomotoryka*. Poznań: AWF Poznań.
108. Păunescu, M., Mircică, M.L. (2016). The relationship between some somatic particularities and sports performance in taekwondo. *Discobolul - Physical Education, Sport & Kinetotherapy Journal*, 12(44), 17-25.
109. Peeters, M.W., Claessens, A.L. (2013). Digit ratio (2D:4D) and competition level in world-class female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1302-1311.
110. Pion J, Lenoir M, Vandorpe B, Segers V. (2015). Talent in Female Gymnastics: a Survival Analysis Based upon Performance Characteristics" *2015 International Journal of Sports Medicine*, 36(11): 935–940.
111. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*, 4:92-99.
112. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *The Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy*, 36(12): 911-919.



113. Poliszczuk T, Broda D, Poliszczuk D. (2012). Changes in somatic parameters and dynamic balance in female rhythmic gymnasts over a space of two years. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 19(4): 240-245.
114. Popescu, G., Dina, L., Stroescu, S. (2021). Transformations and contradictions in elite aerobic gymnastics. *Discobolul - Physical Education, Sport & Kinetotherapy Journal*, 60, 635-645.
115. Prassas S, Kwon YH, Sands WA. (2006). Biomechanical Research in Artistic Gymnastics: A Review. *Sports Biomechanics*, 5(2): 261–291.
116. Puiu, M., Dragomir, A. (2020). Neuromuscular and Physiological Assessment During a Vertical Jumping Test in Aerobic Gymnastics. *BRAIN: Broad Research in Artificial Intelligence & Neuroscience*, 11, 156-166.
117. Ransdell L, Murray T. Functional movement screening: an important tool for female athletes. *Strength Cond J*. 2016; 38(2): 40-48.
118. Robinson, R, Gribble, P. (2008). Kinematic Predictors of Performance on the Star Excursion Balance Test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(4): 347-357.
119. Ruffle, N.J., Sorce, S.R., Rosenthal, M.D., Rauh, M.J. (2019). Lower quarter- and upper quarter Y Balance Tests as predictors of running-related injuries in high school cross-country runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(5), 695-706.
120. Rutkauskaitė R, Skarbalius A. (2011). Interaction of training and performance of 13-14-year-old athletes in rhythmic gymnastic. *Education. Physical Training. Sport (Ugdymas • Kūno Kultūra • Sportas)*, 82(3): 29-36.
121. Rutkauskaitė R, Skarbalius A. (2012). Models and interaction of intensive training and sport performance of 14-15-year-old athletes in rhythmic gymnastics. *Education. Physical Training. Sport (Ugdymas • Kūno Kultūra • Sportas)*, 87(4): 57-64.
122. Salonia MA, Chu DA, Cheifetz PM, Freidhoff GC. (2004). Upper-body power as measured by medicine-ball throw distance and its relationship to class level among 10- and 11-year-old female participants in club gymnastics. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 18(4): 695-702.
123. Sandrey, MA, Mitzel, JG . (2013). Improvement in Dynamic Balance and Core Endurance After a 6-Week Core-Stability-Training Program in High School Track and Field Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22(4): 264-271.

124. Sankowski, T. (2001). Wybrane psychologiczne aspekty aktywności sportowej. Monografie 343, Poznań, AWF.
125. Sawczyn, S. (2000). *Obciążenia treningowe w gimnastyce sportowej w wieloletnim procesie przygotowań*. Gdańsk, AWF Gdańsk.
126. Schiefer C, Kraus T, Ellegast RP, Ochsmann E. (2015). A technical support tool for joint range of motion determination in functional diagnostics - an inter-rater study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10(1): 1-13.
127. Shepelenko T. 2017. Integral technologies of psycho-physical training of athletes in sports aerobics. *Słobozanski Biuletyn Naukowy I Sportowy*. No. 6(62), c.117-120. Doi:10.15391/snsv.2017-6.023.
128. Smith, C.A., Chimera, N.J., Wright, N.J., Warren M. (2013). Interrater and intrarater reliability of the functional movement screen. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 982-987.
129. Sozański, H., Czerwiński, J., Sadowski, J. (red.). (2015). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego. Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Filia w Białej Podlaskiej*.
130. Sozański, H. (red.) (1995). *Podstawy teorii treningu sportowego*. Warszawa, RCMSzKFis.
131. Sterkowicz-Przybycień, K., Sterkowicz, S., Biskup, L., Żarów, R., Kryst, Ł., Ozimek, M. (2019). Somatotype, body composition, and physical fitness in artistic gymnasts depending on age and preferred event. *PLoS ONE*, 14(2), 1-21.
132. Stockbrugger, B.A., Haennel, R.G. (2001). Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 431-438.
133. Stöggl, R., Müller, E., Stöggl, T. (2015). Motor abilities and anthropometrics in youth cross-country skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), 70-81.
134. Strelau, J. (1998). *Psychologia temperamentu*. Warszawa, PWN.
135. Strelau (2006). *Temperament jako regulator zachowania. Z perspektywy półwiecza badań*. Gdańsk, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
136. Szopa, J., Mleczko, E., Żak, S. (1996). *Podstawy antropomotoryki*. Warszawa, PWN.
137. Talpey, SW, Young, WB, Saunders, N. (2016). Is nine weeks of complex training effective for improving lower body strength, explosive muscle function, sprint and jumping performance? *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(5): 736–745.

138. Tibenská, M, Kyselovičová, O, Medeková, H. (2010). Anthropometric and functional changes and their relationship after two-year aerobic gymnastics training. *Acta Facultatis Pharmaceuticae Universitatis Comenianae*, 57: 114-120.
139. Tomlin, D.L., Wenger, H.A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11.
140. Vandorpe B, Vandendriessche J, Vaeyens R, Pion J, Lefevre J, Philippaerts R, Lenoir M. (2011). Factors Discriminating Gymnasts by Competitive Level. *International Journal of Sports Medicine*, 32(8): 591 – 597.
141. Vandorpe, B., Vandendriessche, J.B., Vaeyens, R., Pion, J., Lefevre, J., Philippaerts, R.M., Lenoir, M. (2012). The value of a non-sport-specific motor test battery in predicting performance in young female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 30(5): 497-505.
142. Vernetta M, Gutiérrez-Sánchez Á, López-Bedoya J. (2011). Flexibilidad y gimnasia aeróbica de competición. Esquemas de acción y orientaciones metodológicas. *EFDeportes.com Revista Digital*. Buenos Aires, Año 16, Nº 160.
143. Wachowski E., Strzelczyk R. (1991). Atuty cech motorycznych. *Trening nr 1*.
144. Wachowski E., Strzelczyk R. (1999). Trafność pomiaru motorycznych cech kondycyjnych. Poznań: AWF Poznań.
145. Walker, I.J., Nordin-Bates, S.M., Redding, E. (2011). Characteristics of talented dancers and age group differences: findings from the UK Centres for Advanced Training. *High Ability Studies*, 22(1), 43-60.
146. Ważny, Z. (1977). *Trening siły mięśniowej*. Warszawa, SiT.
147. Ylinen JJ, Kautiainen HJ, Häkkinen AH. (2010). Comparison of active, manual, and instrumental straight leg raise in measuring hamstring extensibility. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 24 (4): 972-977.
148. Zatoń, M., Jastrzębska, A. (red.). (2010). *Testy fizjologiczne w ocenie wydolności fizycznej*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
149. Zatsiorsky, V.M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, Human Kinetics.
150. Zawadzki, B., Strelau, J. (1995). Podstawy teoretyczne, konstrukcja i własności psychometryczne inwentarza „Formalna Charakterystyka Zachowania – Kwestionariusz Temperamentu”, „*Studia Psychologiczne*” 33.

151. Zemková, E, Kyselovičová, O, Hamar, D. (2010). Postural sway response to rebound jumps of different duration. *Human Movement*, 11(2): 153-156.

Źródła internetowe:

Sports Aerobics Technical Regulations of FISAF International 2018-2020. Pobrane ze z:  
[www.fisafinternational.com](http://www.fisafinternational.com) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.tanitapolska.pl](http://www.tanitapolska.pl) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.microgate.it](http://www.microgate.it) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.medicalexpo.it](http://www.medicalexpo.it) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.mikropolis.pl](http://www.mikropolis.pl) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.runexpert.pl](http://www.runexpert.pl) (dostęp na dzień 10.05.2018)

[www.technomex.pl](http://www.technomex.pl) (dostęp na dzień 10.05.2018)

## Streszczenie

### **Charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne zawodniczek aerobiku sportowego w kontekście osiągniętych wyników**

Aerobik sportowy jest stosunkowo młodą dyscypliną o charakterze estetyczno-technicznym, która zdaje się być niezwykle złożona. Polega na wykonywaniu kompleksowych ruchów, zawartych w prezentowanym układzie choreograficznym, z wysoką intensywnością. Układ przedstawiany w rytm muzyki powinien prezentować ciągły ruch, gibkość, skoczność i siłę zawodnika oraz zawierać podstawowe kroki aerobiku, połączone z doskonale wykonanymi elementami technicznymi według regulaminu FISAF.

Celem pracy było zidentyfikowanie charakterystyk morfologicznych i funkcjonalnych związanych z osiągniętym poziomem sportowym oraz scharakteryzowanie wysiłku startowego w aerobiku sportowym w 4 konkurencjach: solistki, duety, trio oraz grupy.

Badaniami objęto 26 zawodniczek sekcji aerobiku sportowego z: Poznania, Warszawy, Gdańska i Krakowa (wiek 21,92 lat; wysokość ciała 162,68 cm; masa ciała 57,45 kg). Badane zostały podzielone na 2 grupy o różnym poziomie sportowym, wynikającym z rezultatów sportowych, uzyskiwanych podczas zawodów.

Na charakterystyki morfologiczne i funkcjonalne składały się: budowa somatyczna, sprawność fizyczna, sprawność funkcjonalna i charakterystyka psychologiczna. W celu określenia cech budowy somatycznej wykonano pomiary antropometryczne (pozwalające na określenie typu budowy ciała oraz proporcji budowy ciała) i pomiary komponentów tkankowych masy ciała. Aby scharakteryzować sprawność fizyczną dokonano pomiaru zdolności szybkościowych (czas reakcji prostej na sygnał świetlny i szybkość w kompleksowych działaniach ruchowych), gibkości i zakresu ruchomości kończyn dolnych, zdolności siłowych (siła ręki) i zdolności szybkościowo-siłowych (pomiar siły eksplozywnej kończyn górnych oraz mocy kończyn dolnych), wytrzymałości siłowej kończyn górnych, wytrzymałości krążeniowo-oddechowej (wraz z oznaczeniem stężenia mleczanu we krwi). W celu zidentyfikowania sprawności funkcjonalnej określono wartości parametrów jakości wzorców ruchowych, a także równowagi dynamicznej górnego i dolnego kwadrantu. Charakterystyka psychologiczna została oparta na określeniu temperamentu (FCZ-KT(R)). Aby zebrać informacje na temat wysiłku startowego, rejestrowano częstość skurczów serca, oznaczono stężenie mleczanu oraz dokonano pomiaru przebytej drogi. Wykorzystano także skalę oceny intensywności wysiłku.

W wyniku analiz statystycznych stwierdzono, że zawodniczki wyższej sklasyfikowane cechują się istotnie ( $p < 0,05$ ) niższymi wartościami fałdów skórno-tłuszczowych na łopacie, ramieniu i biodrze, niższą zawartością komponentu endomorfii somatotypu, niższą zawartością tkanki tłuszczowej – ogólnej oraz w obrębie obu kończyn dolnych (wyrażonej procentowo, jak i w kilogramach), a także niższymi wartościami szerokości nasady kolanowej. Wykazano również, że są starsze i posiadają dłuższy staż treningowy. Zawodniczki o wyższym poziomie sportowym uzyskiwały także istotnie statystycznie niższe wartości w teście 20-metrowego biegu ze startu wysokiego, wyższe wartości w teście skłonu dosiężnego w siadzie i w staniu oraz testach aktywnego i pasywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej, a także wyższe wartości w rzutach piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z siadu prostego i w przód zza głowy. Kobiety te osiągały istotnie wyższe wartości w testach Squat Jump (czas i wysokość lotu, moc względna i absolutna), Countermovement Jump (czas i wysokość lotu, moc względna) oraz Drop Jump (czas i wysokość lotu), ponadto osiągały wyższe wartości  $VO_2\max$  i przebytej drogi w 20-stopniowym teście wahadłowym (beep test). W przypadku oceny funkcjonalnej zawodniczki niżej sklasyfikowane uzyskiwały istotnie niższe wartości w teście Y Balance górnego kwadrantu (wynik kompozytowy oraz w kierunku inferolateral dla obu kończyn górnych) oraz istotnie wyższe wartości w skali żwawości oraz wytrzymałości, określających temperament.

Średnia częstość skurczów serca podczas wysiłku startowego wynosiła od 166,00 ud/min (układy indywidualne) do 173,60 ud/min (układy grupowe). Natomiast HRmax osiągała wartości od 177,50 ud/min (układy indywidualne) do 185,00 ud/min (układy grupowe). Wartości stężenia mleczanu we krwi były najniższe po zakończeniu układów grupowych (10,62 mmol/l), natomiast najwyższe po ukończeniu układów solowych (14,70 mmol/l). Zawodniczki jako najbardziej intensywne wskazywały układy indywidualne (RPE=16,50 pkt), a jako najmniej wyczerpujące – układy trójkowe (RPE=14,33 pkt). Badane o różnym poziomie sportowym, startujące w konkurencji grup, istotnie różniły się pod względem przebytej drogi podczas układów (zawodniczki wyższej sklasyfikowane w tym samym czasie pokonywały drogę nieco ponad 2-krotnie większą).

Wyniki badań własnych pozwalają stwierdzić, że wyższe wyniki w aerobiku sportowym są związane z niższymi wartościami parametrów określających otłuszczenie ciała i szybkość. Wyższy poziom sportowy jest także związany z wyższymi wartościami parametrów określających gibkość i zakres ruchomości kończyn dolnych, siłę eksplozywną kończyn

górnych, moc kończyn dolnych, wytrzymałość krążeniowo-oddechową. Związek z wynikami sportowymi mają również wartości parametrów równowagi dynamicznej górnej części ciała oraz temperament. Intensywność wysiłku startowego w aerobiku sportowym można określić jako dużą i submaksymalną, z pracą o charakterze przemian tlenowo-beztlenowym.

## Summary

### **Morphological and functional characteristics of female sports aerobics athletes in the context of performance**

Sports aerobics is a relatively young discipline of an aesthetic-technical nature that appears to be extremely complex. It involves the performance of sophisticated movements, included in a presented choreography, at a high intensity. The choreography presented to the rhythm of music should demonstrate the continuous movement, flexibility, jumping ability and strength of the athlete and include basic aerobic steps, combined with perfectly executed technical elements according to FISAF regulations.

The aim of the study was to identify morphological and functional characteristics related to the sport level achieved and to characterise the starting effort in sports aerobics in 4 events: individual, duo, trio and group.

The study included 26 female athletes of sports aerobics sections from: Poznań, Warsaw, Gdańsk and Cracow (age 21.92 years; body height 162.68 cm; body weight 57.45 kg). The subjects were divided into 2 groups with different sport levels, resulting from sport results obtained during competitions.

Morphological and functional characteristics consisted of somatic constitution, physical fitness, functional fitness and psychological characteristics. In order to determine somatic physique characteristics, anthropometric measurements (allowing for the determination of body type and body proportions) and measurements of tissue components of body mass were taken. To characterise physical fitness, speed abilities (simple reaction time to a light signal and speed in complex motor actions), flexibility and range of motion of the lower limbs, strength abilities (hand strength) and speed-endurance abilities (measurement of upper limb explosive strength and lower limb power), upper limb strength endurance, cardiorespiratory endurance (with determination of blood lactate concentration) were measured. To identify functional fitness, the values of the quality parameters of movement patterns, as well as upper and lower quadrant dynamic balance, were determined. Psychological characteristics were based on the determination of temperament (FCZ-KT(R)). To collect information on starting effort, heart rate was recorded, lactate concentration was



determined and distance covered was measured. An exercise intensity rating scale was also used.

Statistical analyses revealed that the higher ranked female athletes were characterised by significantly ( $p < 0.05$ ) lower values of skin-fat folds at the shoulder, arm and hip, lower content of the endomorphy component of the somatotype, lower adipose tissue content - overall and in both lower limbs (expressed as a percentage as well as in kilograms), and lower values of the width of the knee epiphysis. They were also shown to be older and have longer training experience. Female athletes with a higher sporting level also had statistically significantly lower values in the 20-metre high-start running test, higher values in the sit-up and stand-up incline test and the tests of active and passive elevation of the right lower limb, as well as higher values in medicine ball throws from in front of the chest from a straight sit and forward from behind the head. These women achieved significantly higher values in the Squat Jump (time and height of flight, relative and absolute power), Countermovement Jump (time and height of flight, relative power) and Drop Jump (time and height of flight) tests, in addition to achieving higher VO<sub>2</sub>max and distance travelled in the 20-degree shuttle test (beep test). For the functional assessment, the lower ranked female athletes achieved significantly lower values in the Y Balance test of the upper quadrant (composite score and inferolateral direction for both upper limbs) and significantly higher values in the grittiness and endurance scales, indicating temperament.

The average heart rate during the starting effort ranged from 166.00 bpm (individual systems) to 173.60 bpm (group routines). In contrast, HRmax reached values ranging from 177.50 bpm (individual systems) to 185.00 bpm (group routines). Blood lactate values were lowest after completion of the group routines (10.62 mmol/l), while they were highest after completion of the solo routines (14.70 mmol/l). The female athletes indicated the solo circuits as the most intense (RPE=16.50 points) and the trio routines as the least exhausting (RPE=14.33 points). The subjects of different sport levels, competing in the group competition, differed significantly in terms of the distance covered during the systems (the higher ranked female athletes covered a distance slightly more than 2 times greater).

The results of our study allow us to conclude that higher results in sports aerobics are associated with lower values of parameters determining body fatness and speed. A higher sport level is also associated with higher values of parameters determining flexibility and range of movement of lower limbs, upper limb explosive strength, lower limb power,

cardiorespiratory endurance. The values of upper body dynamic balance parameters and temperament are also related to sporting performance. The intensity of the starting effort in sports aerobics can be described as high and submaximal, with work of an aerobic-anaerobic transformation nature.

## Spis tabel

Tabela 1. Liczba wymaganych elementów technicznych dla każdej z dywizji wiekowych.....	7
Tabela 2. Liczba wymaganych elementów technicznych dla każdej z dywizji wiekowych.....	8
Tabela 3. Podobieństwa i różnice między aerobikiem sportowym a dyscyplinami pokrewnymi (opracowanie własne na podstawie analizy piśmiennictwa). ....	15
Tabela 4. Charakterystyka badanych zawodniczek.....	47
Tabela 5. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wieku, stażu zawodniczego, wysokości i masy ciała oraz BMI.....	73
Tabela 6. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem pomiarów antropometrycznych. ....	75
Tabela 7. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wskaźników określających proporcje budowy ciała.....	80
Tabela 8. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem komponentów somatotypu. ....	80
Tabela 9. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem komponentów tkankowych masy ciała badanych zawodniczek. ....	82
Tabela 10. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem czasu reakcji oraz szybkości. ....	87
Tabela 11. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów gibkości i zakresów ruchomości. ....	89
Tabela 12. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających siłę ręki. ....	92
Tabela 13. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających siłę eksplozywną i wytrzymałość siłową kończyn górnych. ....	92
Tabela 14. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów mocy kończyn dolnych. ....	95
Tabela 15. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających wytrzymałość krążeniowo-oddechową.....	102

Tabela 16. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów wytrzymałości krążeniowo-oddechowej.....	104
Tabela 17. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu. ....	105
Tabela 18. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej górnego kwadrantu. ....	106
Tabela 19. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów testu równowagi dynamicznej dolnego kwadrantu wyrażonej za pomocą odległości względnej. ....	109
Tabela 20. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów testu równowagi dynamicznej górnego kwadrantu wyrażonej za pomocą odległości względnej. ....	110
Tabela 21. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem parametrów testu jakości wzorców ruchowych. ....	112
Tabela 22. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem wartości parametrów określających temperament. ....	113
Tabela 23. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "solistki" badanych zawodniczek.....	115
Tabela 24. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "duety" badanych zawodniczek.....	116
Tabela 25. Statystyki opisowe wartości parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "trio" badanych zawodniczek. ....	117
Tabela 26. Charakterystyka porównawcza i wyniki testu istotności różnic między zawodniczkami o różnym poziomie sportowym pod względem parametrów określających wysiłek startowy w konkurencji "zespoły". ....	119

## Spis rycin

Rycina 1. Przedmiot badań nad modelem mistrzostwa w aerobiku sportowym. ....	49
Rycina 2. Analizator składu ciała Tanita MC – 780 MA .....	52
Rycina 3. Fotokomórki WITTY firmy Microgate .....	54
Rycina 4. Czujnik inercyjny Gyko .....	55
Rycina 5. Dynamometr ręczny Takei.....	57
Rycina 6. Sport-tester Polar.....	62
Rycina 7. Test Y Balance dolnego kwadrantu .....	63
Rycina 8. Test Y Balance górnego kwadrantu.....	65
Rycina 9. Głęboki przysiad.....	66
Rycina 10. Przeniesienie nogi nad płotkiem.....	66
Rycina 11. Przysiad w wykroku.....	67
Rycina 12. FMS: Ruchomość obręczy barkowej .....	67
Rycina 13. FMS: Aktywny wznos wyprostowanej nogi .....	67
Rycina 14. FMS: Ugięcie ramion w podporze .....	68
Rycina 15. FMS: Stabilność rotacyjna tułowia .....	68
Rycina 16. Zestaw Functional Movement Screen (FMS).....	68
Rycina 17. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wieku. ....	74
Rycina 18. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem stażu zawodniczego.....	74
Rycina 19. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem szerokości nasady kolanowej.....	76
Rycina 20. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego łopatki. ....	77
Rycina 21. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego ramienia. ....	77
Rycina 22. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego biodra. ....	78
Rycina 23. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem sumy grubości trzech fałdów skórno-tłuszczowych. ....	78
Rycina 24. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem grubości fałdu skórno-tłuszczowego podudzia.....	79

Rycina 25. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem .....	81
Rycina 26. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej badanych. ....	83
Rycina 27. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej. ....	83
Rycina 28. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem całkowitej zawartości wody w organizmie. ....	84
Rycina 29. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej. ....	85
Rycina 30. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej. ....	85
Rycina 31. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej. ....	86
Rycina 32. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem masy tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej. ....	86
Rycina 33. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu reakcji. ....	87
Rycina 34. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem szybkości. ....	88
Rycina 35. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości skłonu dosiężnego w siadzie. ....	89
Rycina 36. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości skłonu dosiężnego w staniu. ....	90
Rycina 37. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości aktywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej. ....	90
Rycina 38. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości pasywnego wznosu wyprostowanej kończyny dolnej prawej. ....	91
Rycina 39. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską sprzed klatki piersiowej z siadu prostego. ....	93
Rycina 40. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską w przód zza głowy. ....	93
Rycina 41. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem uzyskanych odległości w teście rzutu piłką lekarską w tył znad głowy. ....	94

Rycina 42. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu teście Squat Jump. ....	95
Rycina 43. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Squat Jump. ....	96
Rycina 44. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy absolutnej w teście Squat Jump. ....	96
Rycina 45. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy względnej w teście Squat Jump. ....	97
Rycina 46. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu w teście Countermovement Jump. ....	98
Rycina 47. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Countermovement Jump. ....	98
Rycina 48. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy absolutnej w teście Countermovement Jump. ....	99
Rycina 49. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości mocy względnej w teście Countermovement Jump. ....	99
Rycina 50. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem czasu lotu w teście Drop Jump. ....	100
Rycina 51. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wysokości lotu w teście Drop Jump. ....	100
Rycina 52. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem mocy względnej w teście Drop Jump. ....	101
Rycina 53. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem maksymalnego poboru tlenu. ....	102
Rycina 54. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem dystansu pokonanego w beep teście. ....	103
Rycina 55. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem pokonanych odcinków beep testu. ....	103
Rycina 56. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej w kierunku inferolateral. ....	106
Rycina 57. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej w kierunku inferolateral. ....	107

Rycina 58. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej w kierunku superolateral. ....	108
Rycina 59. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości wyniku kompozytowego testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej. ....	108
Rycina 60. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej prawej wyrażona przez odległość względną w kierunku inferolateral. ....	110
Rycina 61. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej wyrażona przez odległość względną w kierunku inferolateral. ....	111
Rycina 62. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości testu równowagi dynamicznej kończyny górnej lewej wyrażona przez odległość względną w kierunku superolateral. ....	112
Rycina 63. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem zwawości. ....	113
Rycina 64. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wytrzymałości. ....	114
Rycina 65. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem reaktywności emocjonalnej. ....	114
Rycina 66. Charakterystyka porównawcza badanych zawodniczek o różnym poziomie sportowym pod względem wartości przebytej drogi podczas układów w kategorii „zespoły”. ....	119