

# **AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO**

**im. Eugeniusza Piaseckiego**

**w Poznaniu**

**Konspekt pracy doktorskiej**

**mgr Karolina Dopierała**

**Zmiany składu ciała w rocznym cyklu treningowym u sportowców  
badane metodą DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry)**

**Opiekun naukowy:**

**dr hab. Jacek Zieliński, prof. AWF**

**Poznań, 2019**

## Spis treści

<b>1. Wstęp</b> .....	<b>4</b>
1.1. Skład ciała .....	4
1.1. Modele składu ciała .....	4
1.3. Metody pomiaru składu ciała .....	9
<b>2. Analiza składu ciała u sportowców</b> .....	<b>11</b>
2.1. Skład ciała u sportowców .....	11
<b>3. Przegląd badań metodą DXA</b> .....	<b>13</b>
<b>4. Uzasadnienie podjęcia badań</b> .....	<b>16</b>
<b>5. Cele badawcze i hipotezy</b> .....	<b>18</b>
<b>6. Materiał i metoda</b> .....	<b>19</b>
6.1. Charakterystyka badanych sportowców .....	19
6.2. Ogólna charakterystyka analizowanych dyscyplin sportowych .....	20
6.3. Metoda badawcza .....	23
6.3.1 Przygotowanie zawodników do badania DXA .....	24
6.3.2. Analiza obciążeń treningowych w wybranych podokresach rocznego cyklu treningowego .....	27
<b>7. Wstępne wyniki badań</b> .....	<b>27</b>
<b>8. Piśmiennictwo</b> .....	<b>31</b>
<b>9. Aneks</b> .....	<b>40</b>

## **Skróty używane w pracy**

ADP – (ang. air displacement plethysmography) - pletyzmografia-przepływ powietrza

AIS – (ang. Australian Sports Commission) – Australijska Komisja Sportu

ALST (ang. – appendicular lean soft tissue) – suma masy ciała szczupłego (LBM)  
kończyn górnych i dolnych

BC – (ang. body composition) – komponenty ciała

BIA - (ang. Bioelectrical Impedance Analysis) - bioimpedancja elektryczna

BM – (ang. body mass) – masa ciała

BMC – (ang. bone mineral content) - zawartość mineralna kości

BMD – (ang. bone mineral density) - gęstość mineralna kości

BMI – (ang. body mass index) – indeks masy ciała

Ca – wapń

Cl - chlor

CT – (ang. computed tomography) – tomografia komputerowa

DXA – (ang. Dual-energy X-ray Absorptiometry) – dwuenergetyczna absorpcjometria rentgenowska

ECS (ang. extracellular solid) – ciała pozakomórkowe

ECF (ang. extracellular fluid) – płyny pozakomórkowe

FFM - (ang. fat free mass) - masa beztłuszczowa

FM - (ang. fat mass) - masa tłuszczu

K - potas

LBM – (ang. lean body mass) - masa ciała szczupłego (bez tłuszczu i minerałów kostnych)

LM – (ang. lean mass) - masa szczupła

Mg – magnez

MM – (ang. muscle mass) – masa mięśniowa

MRI – (ang. magnetic resonance imaging) – rezonans magnetyczny

Na – sód

NIR – (ang. near infrared interactance) –spektrometria w bliskiej podczerwieni

P – fosfor

ROI - (ang. – region of interest) – obszar zainteresowania

RSMI –(ang. relative skeletal muscle index) - wskaźnik względnego umięśnienia

S – siarka

TBN - (ang. total body nitrogen) - całkowita zawartość azotu w ciele

TBK – (ang. total body kalium) - całkowita zawartość potasu w ciele

TBW – (ang. total body water) – całkowita zawartość wody

TEM – (ang. typical error measurements) – typowy błąd pomiaru

TM – (ang. total mass) – całkowita masa ciała

UWW- (ang. under water weighing) – ważenie pod wodą

WC – (ang. waist circumference) - obwód w pasie

WHpR – (ang. waist-to-hip-ratio) - stosunek talii do bioder

VAT – (ang. viscelar adipose tissue) - masa oraz powierzchnia tkanki wiscelarnej

## **1. Wstęp**

### **1.1. Skład ciała**

Skład ciała odnosi się do „fizycznych lub chemicznych elementów, które razem tworzą masę organizmu, określoną w systematyczny sposób” (Stewart, 2010). Zainteresowanie ludzkim ciałem, także jego wymiarami i składem sięga starożytności. Początkowo podstawą badań była jedynie wiwisekcja zwierząt, albowiem rozcłonkowanie ciała ludzkiego nie zawsze było spostrzegane jako pozytywny fakt. W starożytnej Grecji wierzono, że martwe ciała ludzkie nadal mają świadomość niektórych rzeczy, więc chowano je w stanie nienaruszonym i sekcja zwłok nie była praktykowana (Malamo i wsp., 2006). W starożytności zainteresowanie ludzkim ciałem, jego składem i parametrami było bardzo duże. Dokonania starożytnych naukowców często były nietrafne, ale ich wkład w naukę jest nieoceniony.

Aktualnie badanie ciała ludzkiego oraz jego składu jest odrębnym obszarem badań naukowych. Między innymi odgrywa bardzo ważną rolę w sporcie, gdyż jest związane z wynikami sportowymi, zdrowiem oraz treningiem. Zatem obszarami badań są:

- komponenty ciała i ich proporcje na pięciu poziomach: atomowym, molekularnym, komórkowym, tkankowym i na całego ciała,
- analizy składu ciała na poziomie wewnętrznym przeprowadzanych różnymi metodami (różnią się zastosowaną aparaturą, dostępnością, dokładnością badań),
- zmiany w składzie ciała, które zachodzą na skutek działania różnych czynników, jak: wiek, starzenie się, odżywianie, płeć, rasa, aktywność fizyczna (Santos i wsp., 2014).

### **1.2. Modele składu ciała**

W celu usystematyzowania badań składu ciała ludzkiego Wang i wsp. (1992) zaproponowali model pięciopoziomowy (Rycina 1). W zależności od poziomu stosuje się wybrane metody pomiaru składu ciała. Rozróżnia się pięć poziomów złożoności komponentów ciała: atomowy, molekularny, komórkowy, tkankowy i całego ciała.



Rycina 1. Pięć poziomów składu ciała ludzkiego na podstawie: Wang i wsp. 1992, *Am J Clin Nutr* 56(1), 19-28

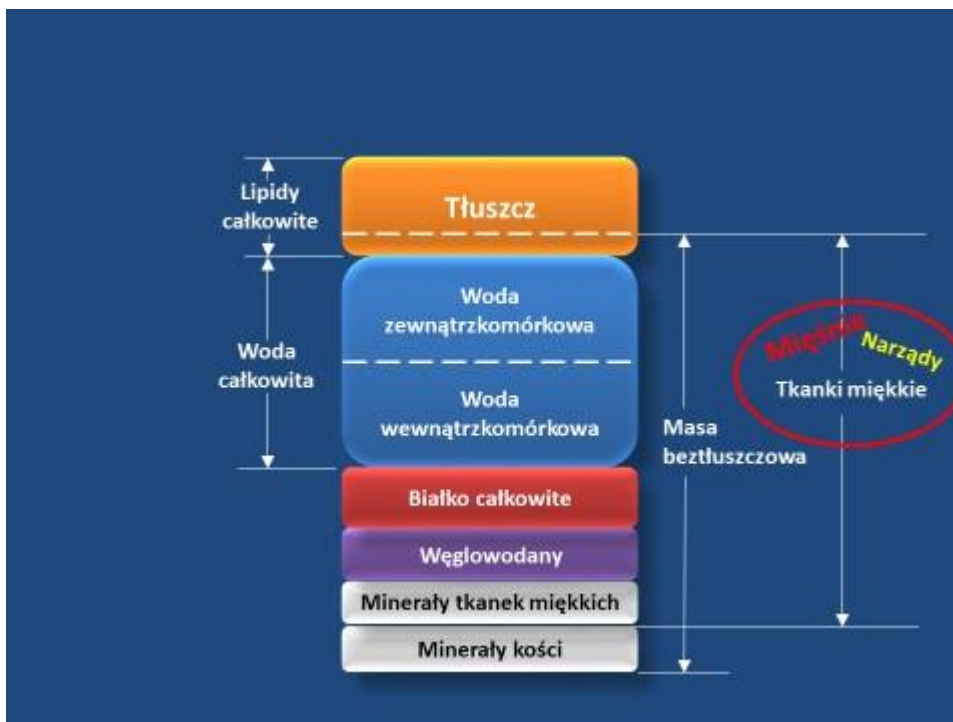
### **Poziom atomowy**

W ciele jest około 50 ze 118 pierwiastków znalezionych w przyrodzie i są one niezbędne dla człowieka i jego prawidłowego rozwoju oraz dla utrzymania wzrostu i zdrowia. Wszystkie te składniki można zmierzyć *in vivo*. Podstawowe jak: tlen, węgiel, wodór, azot stanowią 95% masy ciała z siedmioma innymi pierwiastkami: Na, K, P, Cl, Ca, Mg i S i stanowią ponad 99,5% masy ciała. Elementy te są zazwyczaj określane ilościowo dla całego ciała lub w jego poszczególnych obszarach. Metodę pomiaru całkowitej zawartości potasu w ciele (TBK) wykonuje się przy użyciu izotopu potasu, który cechuje się dużą precyzją. TBK jest klasyczną metodą oznaczania całkowitej zawartości tkanki tłuszczowej. Trzeba nadmienić, że metoda ta zapewnia dokładną ocenę stanu odżywienia we wszystkich etapach życia, także podczas choroby, jak i u dzieci i niemowląt. Drugą metodą pomiaru jest analiza całkowitej zawartości wody (TBW) techniką izotopową, która lepiej wykrywa fluktuację płynu zewnątrzkomórkowego, ale nie uwzględnia szybkich zmian zachodzących w stężeniu potasu wewnątrzkomórkowego towarzyszących niektórym chorobom. Istnieje także pewien stopień

niewiarygodności, gdy izotopy podaje się doustnie. Dokładność danych uzależniona jest od dawki promieniowania (Lukaski, 1987).

### **Poziom molekularny**

Komponenty składu ciała na poziomie molekularnym stanowią integralną część wielu badań w obszarach żywieniowych. Wyróżnia się pięć głównych składników na tym poziomie: lipidy, woda (zewnątrz i wewnątrzkomórkowa), białka, węglowodany (glikogen), minerały (tkanek miękkich i kości) (Rycina 2: Składniki molekularne).

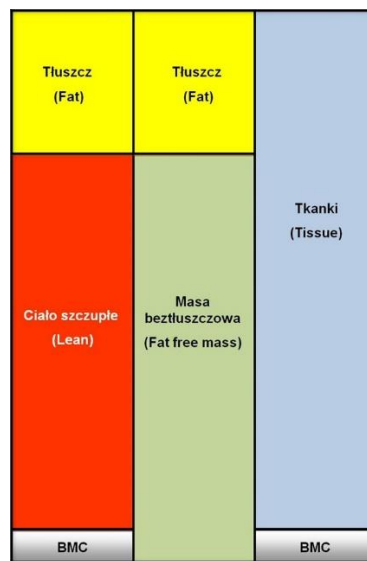


Rycina 2. Składniki molekularne na podstawie: Wang i wsp. 1992, *Am J Clin Nutr* 56(1), 19-28

Chociaż istnieje tych pięć głównych składników, można je łączyć tworząc kilka kombinacji: model dwuskładnikowy (tłuszcz i masa beztłuszczowa ciała, lipidy i nie lipidy, tkanki i minerały kostne), model trzyskładnikowy (woda, tłuszcz i reszta - suma glikogenu i protein lub tłuszcz, minerały kostne, masa ciała szczupłego (lean body mass – LBM), model czteroskładnikowy (tłuszcz, woda, minerały i pozostałe - suma glikogenu i protein).

Jest kilka metod analizy składu ciała na tym poziomie. Najpowszechniej używana metoda bioimpedancji elektrycznej (Bioelectrical Impedance Analysis – BIA), która jest prosta w obsłudze, niedroga, często używana w warunkach terenowych. Wykorzystuje

zjawisko zmian rezystancji i reaktancji ciała człowieka w zależności od stopnia wysycenia organizmu człowieka komponentem jakim jest woda. W metodzie BIA, elektrody są umieszczane na dłoniach i stopach (Heymsfield i wsp., 1997). Drugą z metod jest dwuenergetyczna absorpcjometria rentgenowska (Dual-energy X-ray Absorptiometry – DXA), metoda do oceny składu całego ciała i regionalnej oceny minerałów kostnych, tłuszczu, tkanek miękkich, beztłuszczowej masy ciała, mięśni szkieletowych (estymacja). Na rycinie 3 przedstawiono dwa modele dwuskładnikowe oraz trzyskładnikowy stosowanych w metodzie DXA.



Rycina 3. Model dwu i trzyskładnikowy składu ciała dla metody dwuenergetycznej absorpcjometrii rentgenowskiej na podstawie: *Bazzocchi i wsp. 2014, Br J Radiol 87 (1041)*

*BMC - zawartość minerałów kostnych*

W wielu badaniach sprawdzono dokładność pomiarów DXA i ich powtarzalność w przypadku zwierząt i ludzi. Uzyskane wyniki są zwykle wysoce powtarzalne, CV około 1% dla całkowitego minerału kostnego ciała, 2% dla beztłuszczowej tkanki miękkiej i 0,8% dla tłuszczu (FM - Fat Mass), (Heymsfield i wsp., 1997).

### **Poziom komórkowy**

Poziom komórkowy obejmuje trzy składniki: ciała pozakomórkowe, płyny pozakomórkowe i komórki (adipocyty). Skoordynowane funkcje i interakcje między komórkami mają kluczowe znaczenie dla badania fizjologii człowieka w zdrowiu i chorobie.



Poziom komórkowy jest zatem ważnym obszarem badań nad kompozycją ciała (Wang i wsp., 1992).

Poziom komórkowy (Heymsfield i wsp., 2005):

$$BM = \text{cells} + \text{ECF} + \text{ECS}$$

*BM (body mass) - masa ciała komórki, ECF (ang. extarcellular fluid) - płyny pozakomórkowe, ECS (extracellular solid) - ciała stałe pozakomórkowe)*

Nie ma metod do oszacowania ciał pozakomórkowych. Dla komórkowego modelu ciała można zastosować metodę obliczenia płynu wewnątrzkomórkowego: pomiar całkowitego potasu w ciele (TBK - total body kalium). Dla obliczenia szacunkowych ilości substancji pozakomórkowych stosuje się metodę aktywacji neutronów (Wang i wsp., 1992).

### **Poziom tkankowy**

Główne składniki na poziomie tkankowym to: tkanka tłuszczowa, mięśnie szkieletowe, kości, trzewia i inne organy. Tkanka tłuszczowa jest podzielona na: podskórną, trzewną, wewnątrzmięśniową. Tomografia komputerowa oraz rezonans magnetyczny mogą oszacować wszystkie główne komponenty poziomu tkankowego. Obecnie sprzęt ten jest dostępny w większości centrów medycznych, a badanie jest bardzo dokładne ale i drogie.

### **Całe ciało**

Model poziomu całego ciała to głowa, tułów, kończyny. Poziom ciała dotyczy rozmiaru ciała, jego kształtu i wyglądu zewnętrznego oraz cech fizycznych (Wang i wsp., 1992). Wyróżnia się dziesięć sugerowanych pomiarów na poziomie całego ciała: wysokość ciała, masa ciała, długość segmentów ciała, szerokość ciała, pomiar obwodów ciała, pomiary fałdów skórnych, powierzchnia ciała, objętość ciała, wskaźnik masy ciała BMI (body mass index), gęstość ciała. Metody pomiaru na poziomie całego ciała są najłatwiejsze do wykonania i dlatego często stosuje się je na szeroką skalę (Wang i wsp., 1992).

### **1.3. Metody pomiaru składu ciała**

Pomiaru składu ciała można dokonać różnymi metodami. Niektóre z metod można zastosować w każdych warunkach, natomiast inne mają zastosowanie jedynie w

specjalistycznym laboratorium. Metody różnią się dokładnością, precyzją i powtarzalnością wykonania. Zalety i wady metod pomiaru składu ciała zostały przedstawione w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Laboratoryjne metody pomiaru składu ciała wg Stewart i Sutton (2012) z modyfikacją własną

METODA	POMIAR	BŁĄD POMIARU	DOKŁADNOŚĆ	ZALETY	WADY
UWW – (ang. <i>under water weighing</i> ) WAŻENIE POD WODĄ HYDRODENSYTOTOMETRIA	gęstość	±2%	96-97%	możliwość stosowania u ludzi o większej masie ciała oraz dzieci uznawana z „złoty standard” wśród metod szacujących skład ciała	wysoki koszt zakupu sprzętu, badanie jest czasochłonne, zanurzenie w wodzie, na czczo
ADP – (ang. <i>air displacement plethysmography</i> ) PLETYZMOGRAFIA POWIETRZNA	powierzchnia ciała/objętość	±4,5%	>95%	szybka, komfortowa, nieinwazyjna, możliwość stosowania u dzieci, osób otyłych, starszych oraz niepełnosprawnych	wysoki koszt zakupu sprzętu, ograniczenia pomiaru związane z wysokością i masą ciała, klaustrofobia, nie spełnienie specyficznych warunków wymaganych do przeprowadzenia pomiaru (kostium kąpielowy i czepek podczas pomiaru, badanie na czczo)
CT – (ang. <i>computed tomography</i> ) TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA	obszar/objętość	<1%	97-99%	określa całkowitą zawartość tkanki tłuszczowej oraz jej rozmieszczenie/dystrybucje	bardzo wysoki koszt zakupu sprzętu, wysoki poziom promieniowania w odniesieniu do pomiaru DXA, wymaga wyspecjalizowanej obsługi
MRI – (ang. <i>magnetic resonance imaging</i> ) REZONANS MAGNETYCZNY	obszar/objętość	<2%	97-99%	określa całkowitą i regionalną objętość oraz wymiary ciała w tym tkanki tłuszczowej	bardzo wysoki koszt zakupu sprzętu, wymaga wyspecjalizowanej obsługi
DXA – (ang. <i>dual X – ray absorptiometry</i> ) DWUENERGETYCZNA ABSORPCJOMETRIA RENTGENOWSKA	masa tłuszczowa masa beztłuszczowa gęstość mineralna kości	±1%	97-99%	szybka, natychmiastowe wyniki, możliwość stosowania u dzieci oraz osób niepełnosprawnych	Wysoki koszt zakupu sprzętu, niski poziom promieniowania (niższy niż przy CT), wykazuje mniejszą dokładność pomiaru u osób o wysokiej masie tłuszczowej, uzależniona od stanu nawodnienia
3D-PS – (ang. <i>3 D -photonic scanning</i> ) SKANOWANIE 3 D	powierzchnia/objętość	±0,4%	≥98%	szybka, nieinwazyjna, bezpieczna	ograniczenie stosowania u osób bardzo chorych i bardzo młodych

Tabela 2. Metody terenowe pomiaru składu ciała

METODA	POMIAR	ZALETY	WADY
<p>BIA– (ang. <i>bioelectrical impedance</i>)</p> <p>ANALIZA IMPENDANCJI BIOELEKTRYCZNEJ</p>	<p>pomiar oporu elektrycznego poszczególnych tkanek, które różnią się zawartością wody prowadząc do odmiennego sposobu przewodzenia prądu przy zakresie jednej lub wielu częstotliwości (5,50,100,200 kHz), całkowita oraz zewnątrzkomórkową zawartość wody</p>	<p>nieinwazyjna, bezpieczna, szybka, tania w stosunku do kosztownych metod laboratoryjnych, przydatna w badaniach epidemiologicznych, stanu odżywienia, postępów dietoterapii, ocenie nawodnienia ciała</p>	<p>na pomiar wpływa: odpowiednie przygotowanie miejsca pomiaru (skóry), umiejscowienie elektrod, pozycja ciała, posiłek oraz płyny spożywane przed pomiarem, wysiłek fizyczny, alkohol, leki, cykl menstruacyjny, temperatura ciała, pora dnia, przeszacowuje wynik pomiaru osób szczupłych, niedoszacowuje u osób otyłych, (Sun i wsp., 2005), zawyża masę tkanki beztłuszczowej oraz zaniża masę tkanki tłuszczowej w porównaniu z metodą DXA (Verdich i wsp., 2011), przeciwskazania do wykonywania pomiarów u osób z rozrusznikami serca, wszczepionym stymulatorem i kobietom w ciąży, estymowanie kolejnych parametrów powiększa błąd pomiarowy</p>
<p>METODY ANTROPOMETRYCZNE</p> <p>Pomiar fałdów skórno-tłuszczowych</p> <p>Pomiar obwodów części ciała</p>	<p>pomiar grubości podwójnej warstwy skóry i tkanki podskórnej w określonych anatomicznie miejscach (np. biceps, triceps, grzebień kości biodrowej) oparty na założeniu że większość tkanki tłuszczowej w organizmie jest zmagazynowana pod skórą</p> <p>pomiar obwodów i szerokości określonych anatomicznie części ciała (talia, biodra, obwód mięśni ramienia), pozwalający szacować całkowitą zawartość tłuszczu oraz masę tkanki beztłuszczowej.</p>	<p>niezbędny sprzęt jest niedrogi, do zastosowania w każdym terenie, nieinwazyjna, niski koszt, wyniki można porównać z normami, pomiary mogą dać obraz składu ciała i dystrybucji mięśni i tłuszczu, dają możliwość szacowania gęstości i składu ciała na podstawie równań np. Brozka i wsp. (1963)</p>	<p>pomiar fałdów skórnych nie jest prawidłowym wskaźnikiem procentowej zawartości tłuszczu w ciele, ale może być używany do monitorowania zmian w składzie ciała w czasie; zakłada, że pod skórą są stałe frakcje tkanki tłuszczowej; problemy z oceną u osób starszych i otyłych; czas trwania testu uzależniony jest od liczby dokonanych pomiarów (zmiennych), nie mierzy masy beztłuszczowej a oszacowanie masy mięśniowej jest obarczone dużym błędem,</p> <p>pomiary obwodów są wykorzystywane jako miara tkanki tłuszczowej, ale nie są one odpowiednim wyznacznikiem tego zjawiska; są jednak dobrym miernikiem proporcjonalności; na wynik pomiaru ma wpływ wykonywanie ich przez różnych badaczy</p>
<p>ULTRASONOGRAFIA</p>	<p>wykorzystuje fale dźwiękowe, akustyczne o wysokiej częstotliwości w zakresie 1-10 MHz do identyfikacji materiałów o różnej gęstości, urządzenie posiada przetwornik z piezoelektrycznych kryształów, który przekształca energię elektryczną w impulsowe fale dźwiękowe, impedancja akustyczna – w ocenie tkanki tłuszczowej ciała fale dźwiękowe są przesyłane wzdłużnie przez skórę i odbijane z powrotem do interfejsów tkanki, w tym przypadku interfejsu tkanki tłuszczowej, badanie obrazowe – fale bezboleśnie wnikają do organizmu, rozchodzą się, nie uszkadzając komórek, narządy odbijają ultradźwięki tworząc obraz</p>	<p>przenośne urządzenie o małej masie, brak promieniowania, nieinwazyjne i bezbolesne, stosowane w badaniach otyłości, ocenie tkanki tłuszczowej androidalnej oraz jako marker zwiększonego ryzyka sercowo-naczyniowego</p>	<p>wyniki zależne od umiejętności operatora, brak standardowego (wzorcowego) ultrasonografu oraz znormalizowanej procedury pomiaru grubości tkanki tłuszczowej, np. w odniesieniu do nacisku wywieranego na sondę do pomiaru co zwiększyłoby dokładność oraz porównywalność pomiędzy pomiarami</p>
<p>NIR – ang. near infrared interactance</p> <p>SPEKTOMETRIA W BLISKIEJ PODCZERWIENI</p>	<p>metoda wykorzystująca promieniowanie w bliskiej podczerwieni, które przenika do głębokości 1 cm w bicepsie, gdzie jest częściowo absorbowane i odbijane. Pomiar detekcji odbitego promieniowania umożliwia kalkulowanie za pomocą wzorów zawartości tkanki tłuszczowej, mięśniowej i wody w ciele</p>	<p>pomiar jest bezpieczny, a sprzęt przenośny i lekki, wymaga niewielkiego zaangażowania od wykonującego pomiar</p>	<p>ocenia zawyżoną zawartość tłuszczu u szczupłych sportowców, pomimo powtarzalności pomiarów brak konsekwencji i dokładności w pomiarze tkanki tłuszczowej, mała zdolność dostosowania NIR do wieku, pochodzenia etnicznego, koloru skóry, niedokładna w szacowaniu tkanki tłuszczowej u sportowców dyscyplin siłowych (zapasy, trójbój, kulturystyka) ograniczenia: osoby z dysproporcjami ciała np. po amputacjach</p>

## 2. Analiza składu ciała u sportowców

### 2.1. Skład ciała u sportowców

Analiza składu ciała jest ważnym czynnikiem mającym wpływ na zdrowie sportowców oraz na ich status treningowy, pozwala również trenerowi monitorować przygotowanie zawodnika do startów w zawodach. Kontrola składu ciała w rocznym cyklu treningowym powinna być dla trenerów wyznacznikiem założonych efektów treningowych, zastosowania odpowiedniej diety pod kątem uzyskania optymalnych dla zawodnika zmian. Dzięki jej analizie można ustalić czy szkolenie, reżim treningowy lub rehabilitacja są skuteczne i odnoszą pożądany efekt (Guppy i wsp., 2012; Buehring i wsp., 2013; Nana i wsp. 2012).

Wskazuje się trzy grupy sportów, gdzie zmiany masy i składu ciała mają duże znaczenie:

- Sporty, w których masa ciała ogranicza wydajność z powodów mechanicznych (np.: biegi długodystansowe i sprinterskie, triathlon, skok wzwyż, skoki narciarskie, kolarstwo szosowe, gry zespołowe).
- Sporty związane z krótkoterminową redukcją masy ciała, której utrzymanie w odpowiednim zakresie pozwala na zakwalifikowanie się do odpowiedniej kategorii wagowej (np.: wrestling, judo, boks, taekwondo, podnoszenie ciężarów, karate, zapasy). Prowadzi to często do niekorzystnych zmian dla zdrowia ze względu na stosowanie ekstremalnych metod utrzymania względnie stałej masy ciała poprzez wysoki stopień odwodnienia lub niedożywienie wywołane ekstremalną dietą. Objawiających się dużym spadkiem masy ciała, zbyt niską zawartością procentową tkanki tłuszczowej lub nieprawidłową gęstością mineralną kości. Różnice związane z masą ciała, jej proporcjami i składem mają wpływ na strategię walki, umiejętności techniczne, a także wpływają na parametry fizjologiczne sportowców.
- Sporty, w których sportowcy lub ich trenerzy oczekują wyższych wyników, gdy kształt i masa ciała są bliskie wymaganemu ideałowi (gimnastyka artystyczna, łyżwiarstwo figurowe, pływanie synchroniczne) (Santos i wsp., 2010; Acland i wsp., 2012; Nattiv i wsp., 2007; Nazem I Ackermann, 2012).

Ocena składu ciała sportowców odgrywa ważną rolę w monitorowaniu skuteczności schematów szkolenia. Istnieje znaczący związek między wynikiem sportowym a właściwościami antropometrycznymi (Malina, 2007; Acland i wsp., 2012). Niezależnie od płci, wieku, pochodzenia etnicznego nawet niewielkie zmiany wpływają na skuteczność działania sportowca oraz jego ekonomikę pracy (Leao i wsp., 2017). Liczne dyskusje na temat składu ciała u sportowców skupiają się głównie na względnym otłuszczeniu i na jego potencjalnie negatywnym wpływie na wyniki (Malina, 2007). Jednak także inne elementy składu ciała (masa mięśniowa, beztłuszczowa masa ciała) zostały zbadane w ostatnich latach i wskazane jako wyznacznik wyników sportowych. Optymalna utrata masy tłuszczowej (FM), przy jednoczesnym zachowaniu lub zwiększeniu beztłuszczowej masy ciała (FFM) jest bardzo ważna dla wyników sportowych (Silva i wsp., 2017). W ciągu cyklu treningowego powinny wystąpić dynamiczne zmiany masy ciała i jej składu przede wszystkim w odniesieniu do masy tłuszczowej oraz masy beztłuszczowej. Zwiększenie się masy ciała, następujące głównie poprzez wzrost FFM natomiast jej utrzymanie odbywa się poprzez redukcję FM (Silva i wsp., 2017). Optymalny skład ciała może mieć pozytywny wpływ na maksymalne zużycie tlenu, początek akumulacji mleczanu we krwi (Hogstrom i wsp., 2012), siłę maksymalną (Granados i wsp., 2008; Silva i wsp., 2011) oraz moc mięśni (Granados i wsp., 2008; Silva i wsp., 2010).

Zawodnicy uprawiający różne dyscypliny sportowe mają zróżnicowaną kompozycję ciała, jego wielkość i skład, dlatego należy zwracać uwagę na specyficzną ocenę całego ciała ale i jego poszczególnych części (Buehring i wsp., 2013). Dlatego ważnym czynnikiem w pomiarach składu ciała jest analiza regionów zainteresowania (np. lewa i prawa strona kończyn górnych, kończyn dolnych, itp.) Do określenia szybkich i dokładnych zmian potrzebna jest dokładna i mało inwazyjna metoda (Nana i wsp., 2012).

### **3. Przegląd badań metodą DXA**

Badania sportowców metodą DXA były prowadzone od roku 1997. Większość z przeprowadzonych badań była przeprowadzona jednorazowo w różnych okresach rocznego cyklu treningowego i pokazywała stan komponentów ciała w badanym momencie (Tabela 3). Pozostałe badania dotyczyły zmian w składzie ciała pod wpływem treningu, rywalizacji

sportowej i rzetelności pomiaru za pomocą metody DXA (Tabela 4). Trzecią grupę stanowią badania przeprowadzony w cyklach treningowych różnych grup sportowców (Tabela 5).

Tabela 3. Przegląd badań dotyczących jednorazowego pomiaru składu ciała różnych grup sportowców wykonanych metodą DXA

BADANIE	SPORTOWCY
Prior i wsp., 1997	67 M (21.0 ± 2.0 lat) i 44 K (21.0 ± 3.0 lat) sportowcy
Calbet i wsp., 1998	9 K (26.0 ± 6.0 lat) i 14 M (24.0 ± 3.0 lat) tenis
De Lorenzo i wsp., 2000	43 M (22.0 ± 4.0 lat) sportowcy
Stewart i Hannan, 2000	106 M (28.0 ± 7.0 lat) sportowcy
Wittich i wsp., 2001	42 M (23.0 ± 4.0 lat) piłka nożna
Andreoli i wsp., 2001	50 M piłka wodna, judo, karate
Andreoli i wsp., 2004	10 M (21.0 ± 4.0 lat) piłka wodna
Ballard i wsp., 2004	47 K (20.0 ± 1.0 lat) II NCAA
Silva i wsp., 2006	32 F (15.0 ± 0 lat) i 46 M (15.0 ± 1.0 lat) M 18.4 sportowcy
Loftin i wsp., 2007	10 M (41.0 ± 11.0 lat) i 10 K (43.0 ± 12.0 lat) biegi maratońskie
Clark i wsp., 2007	94 M (16.0 ± 1.0 lat) zapasy
Larsson i Henrikson-Larsen, 2008	10 M (18.0 ± 1.0 lat) narciarstwo biegowe
Svantesson i wsp., 2008	33 M (25.0 ± 5.0 lat) hokej na lodzie i piłka nożna
Sutton i wsp., 2009	64 M (26.0 ± 4.0 lat)piłka nożna
Moon i wsp., 2009	29 F (20.0 ± 1.0 lat) I NCAA
Warrington i wsp., 2009	27 (27.0 ± 7.0 lat) dżokeje
Espana-Romero i wsp., 2009	9 K (43.0 ± 1.2 lat) i 10 M (31.0 ± 5.0 lat) wspinaczka
Campion i wsp., 2010	45 M (29.0 ± 3.0 lat) kolarstwo
Santos i wsp., 2010	27 M (22.0 ± 3.0 lat) judo
Terzis i wsp. , 2010	6 M (26.0 ± 5.0 lat) rzut młotem
Stoggl i wsp., 2010	14 M ( 26.0 ± 5.0 lat) narciarstwo biegowe
Mooses i wsp., 2013	45 M: 28 M (23.0 ± 4.4 lat) biegi długodystansowe; 17 M (25.5 ± 8.3 lat) biegi rekreacyjne
Santos i wsp., 2014	481 K i M (142 K, 339 M); lekka atletyka: 16 K (16 – 30 lat; 22.3 ± 4.1 lat); 11 M (16 – 45 lat; 20.1 ± 3.0 lat); koszykówka: 34 K (16 – 19 lat; 16.9 ± 0.8); 45 M (16 – 18 lat; 16.8 ± 0.7 lat); gimnastyka: 12 K (16 – 19 lat; 17.1 ± 1.1 lat); 2 M (17 – 17 lat; 16.5 lat); piłka ręczna: 4 K (19 – 31 lat; 25.3 lat); 37 M (17 – 38 lat; 21.5 ± 4.8); hokej na lodzie: 2 M (17 – 25 lat; 21.0 ± 5.7 lat); pięciobój nowoczesny: 2 K (17 – 17 lat; 17.0 lat); 5 M (16 – 24 lat; 18.8 lat)sztuki walki (karate, taekwondo, kickboxing): 4 K (17 – 24 lat; 18.8 lat); 13 M (17 – 29 lat; 22.5 ± 4.2 lat); wioślarstwo: 1 K (16 – 16 lat; 16.0 lat); 6 M (16 – 17 lat; 16.8 lat); rugby: 39 M (16 – 28 lat; 18.2 ± 2.1 lat); żeglarstwo: 4 M (19 – 35 lat; 26.0 lat); piłka nożna: 28 M (17 – 19 lat; 18.0 ± 0.8 lat); surfing: 1 K (33 – 33 lat; 33.0 lat); pływanie: 22 K (16 – 20 lat; 17.0 ± 1.2 lat); 36 M (16 – 30 lat; 19.1 ± 3.4 lat); tenis: 5 K (16 – 24 lat; 19.0 lat); 11 M (16 -34 lat; 23.6 ± 5.3 lat); triathlon: 10 K (16 – 26 lat; 20.4 ± 3.1 lat); 38 M (16 – 35 lat; 22.9 ± 5.4 lat); siatkówka: 16 K (18 – 36 lat; 25.9 ± 5.9 lat); 17 M (23 – 33 lat; 27.8 ± 2.5 lat); zapasy i judo: 15 K (16 – 33 lat; 22.3 ± 5.8 lat); 45 M (16 – 45 lat; 21.8 ± 5.1 lat)
Dengel i wsp., 2014	411 M (30 – 38 lat) piłka nożna
Esco i wsp., 2015	45 K: 24 K piłka nożna, 10 K koszykówka, 7 K cross country, 4 K tenis (21.2 ± 2.0 lat)
Leao i wsp., 2017	38 M piłka nożna: U 16 (13 M: 16.8 ± 0.4 lat), U 19 (25 M: 17.3 ± 0.5 lat)
Saebra i wsp., 2017	70 M: 28 M futsal (13.5 ± 1.2 lat), 20 M pływanie (13.2 ± 1.2 lat)
Lopez – Taylor i wsp., 2018	131 M piłka nożna, (18 - 37 lat)

M – mężczyźni; K – kobiety; ± odchylenie standardowe dla wieku

Tabela 4. Przegląd badań składu ciała oceniających wpływ treningu, rywalizacji sportowej oraz rzetelności pomiaru metodą DXA u sportowców

BADANIE	SPORTOWCY	POMIAR METODĄ DXA
Hind i wsp., 2012	54 M (18 – 35 lat) lekka atletyka ( $27.2 \pm 4.4$ ), pływanie ( $23.2 \pm 4.3$ ), gimnastyka ( $22.0 \pm 2.0$ )	2 oddzielne badania: skan całego ciała i lewej kości udowej
Mueller i wsp., 2013	9 M ( $43.8 \pm 5.5$ lat) triathlon (amatorzy)	2 - krotnie: 2 - 3 dni przed startem „Ironman” Zurych, 3 h po zakończeniu biegu, bez spożywania żywności i płynów do czasu badania
Buehring i wsp., 2013	30 M ( $20.6 \pm 1.3$ lat) i 30 K ( $19.9 \pm 1.3$ lat): 17 K i 16 M hokej na lodzie, 5 K i 4 M koszykówka, 8 K golf, 10 M zapasy	2 pomiary tego samego dnia w tej samej sesji skanowania przez jednego technika z repozycjonowaniem między pomiarami
Bilsborough i wsp., 2014	36 M ( $22.7 \pm 3.0$ lat) piłka nożna	22 graczy przeszło 2 skany wiązką „fan beam”; 25 graczy 2 skany wiązką „pencil” dla porównania urządzeń; ten sam technik wykonywał badania i repozycjonował gracza między skanami
Nana i wsp., 2016	21 M kolarstwo – 2 grupy: 10 M ( $20.7 \pm 1.6$ lat), 11 M ( $20.2 \pm 1.6$ lat)	6 – krotnie, 1 grupa „COLD” – w swoim treningu miała kąpiele w zimnej wodzie (4 x w tygodniu przez 15 min.) 2 grupa „CON” nie miała w treningu kąpiele. Obie grupy miały wykonane 2 skany – rano i popołudniu, oddzielone treningiem oraz posiłkami (traktowane jako wartości bazowe); 2 skany – rano i popołudniu, po 3 tygodniowym treningu maksymalnych obciążeń, 2 skany (rano i popołudniu) oddzielone treningiem oraz posiłkami, po 2 tygodniach bezpośredniego przygotowania startowego (BPS)
Colyer i wsp., 2016	7 M i 5 K bobsleje, 13 M rugby, 7 K i 7 M pływanie, 7 K i 7 M lekka atletyka	2 – skany w ciągu 48 h w celu oceny wiarygodności protokołu DXA dla określenia typowego ilościowego błędu pomiaru TEM (ang. typical error of measurement); 4 skany: grupa rugby – początek okresu przygotowawczego, koniec okresu przygotowawczego, w środku okresu startowego, koniec okresu startowego; 2 grupa pozostali zawodnicy – na początku treningu siłowego (mającego na celu przyrost masy mięśniowej), po treningu siłowym na początku treningu sprinterskiego (opartego o wysokie prędkości), po treningu sprinterskim na początku okresu startowego, po okresie startowym
Midorikawa i wsp., 2018	10 M zapasy, sumo	2 - krotnie: przed i po 2 latach (w celu sprawdzenia wpływu treningu)

M – mężczyźni; K – kobiety;  $\pm$  odchylenie standardowe dla wieku

Tabela 5. Przegląd badań składu ciała różnych grup sportowców w różnych okresach treningowych wykonanych metodą DXA

BADANIE	SPORTOWCY	OKRES TRENINGOWY
McClanahan i wsp., 2002	12 K, 9 M triathlon	2 - krotnie: początek okresu treningowego i 24 tygodnie później (BMD i BMC)
Reinke i wsp., 2010	20 M (21 – 35 lat) wioślarstwo, 10 M (20 - 36 lat) piłka nożna	3 - krotnie: po zakończeniu okresu startowego, początek okresu przygotowawczego, koniec okresu przygotowawczego
Carbuhn i wsp., 2010	17 K softball (20.0 ± 1.0 lat; 18 – 22 lat), 10 K koszykówka (20.0 ± 1.0 lat; 18 – 21 lat), 7 K siatkówka (19.0 ± 1.0 lat; 19 – 20 lat), 16 K pływanie (19.0 ± 1.0 lat; 17 – 21 lat), 17 K skoki lekkoatletyczne i sprint (20.0 ± 2.0 lat; 17 – 23 lat)	3 - krotnie: początek okresu przygotowawczego, koniec okresu przygotowawczego, po zakończeniu okresu startowego
Harley i wsp. 2011	20 M (25.5 ± 3.4 lat) rugby	3 – krotnie: początek okresu przygotowawczego, pomiędzy pierwszą a drugą rundą rozgrywek, po zakończeniu okresu startowego
Georgeson i wsp., 2012	44 M (24.6 ± 3.4 lata) rugby	4 - krotnie: początek okresu przygotowawczego, pomiędzy pierwszą a drugą rundą rozgrywek, po zakończeniu rozgrywek, początek kolejnego okresu przygotowawczego
Silva i wsp. 2012	5 M 5 K (16.2 ± 0.5, 16 – 17 lat) koszykówka	2-krotnie na początku i końcu rocznego cyklu treningowego (34 tygodnie)
Sherk i wsp., 2014	14 K (26 – 41 lat) kolarstwo	2 - krotnie: styczeń – luty, grudzień – styczeń (BMD, BMC)
Lees i wsp., 2017	35 M (25.8 ± 4.7 lat) rugby	3 – krotnie: początek okresu przygotowawczego, pomiędzy pierwszą a drugą rundą rozgrywek, po zakończeniu okresu startowego
Ploudre i wsp., 2018	14 K (20.1 ± 1.2 lat) koszykówka	4 - krotnie: początek okresu przygotowawczego, po przygotowaniu ogólnym okresu przygotowawczego, pomiędzy pierwszą a drugą rundą rozgrywek, po zakończeniu rozgrywek.
Varley i wsp., 2019	K 6, M 6 (23.0 ± 4.0 lat) 1 okres startowy: łyżwiarstwo szybkie K 6 + M 6 (22.0 ± 3.0 lat) 2 okres startowy: łyżwiarstwo szybkie (9 zawodników z 1 sezonu wzięło udział w badaniu w 2 sezonie)	4 - krotnie: początek okresu przygotowawczego, koniec okresu przygotowawczego, w okresie startowym, koniec okresu startowego

M – mężczyźni; K – kobiety; ± odchylenie standardowe dla wiek



#### 4. Uzasadnienie podjęcia badań

Pod wpływem treningu oporowego i siłowego, zachodzą zmiany w BMC i BMD w różnych okresach treningowych. Zaobserwowano różnice w zależności od uprawianych dyscyplin w regionalizacji tych zmian: np. pływacy mieli niższe BMD w odcinku lędźwiowym i miednicy, sprinterzy mieli wyższe BMD pod wpływem treningu oporowego i siłowego w kończynach dolnych (Carbuhn i wsp., 2010). Zmiany kostne zachodzą pod wpływem treningu z obciążeniem, co pozytywnie wpływa na mineralizację kości (Hind i wsp., 2012). Zaobserwowano różnice podczas cyklu rocznego u graczy rugby, gdzie widoczne były najniższe wartości procentowej zawartości tłuszczu oraz wzrost BMC (w okresie startowym) (Lees i wsp., 2017).

Do tej pory badania składu ciała sportowców za pomocą metody DXA były przeprowadzone jednorazowo (Tabela 3), dla oceny wpływu treningu i rywalizacji sportowej, dla oceny rzetelności pomiaru (Tabela 4) oraz w cyklach treningowych. Badania pojedyncze pokazywały stan komponentów ciała w wybranym momencie. Badania przeprowadzone przed i po ingerencji np., treningowej czy starcie w zawodach i pokazywały zmiany składu ciała pod wpływem tych zmiennych. Natomiast badania w dłuższych cyklach treningowych dotyczyły tylko koszykarzy, zawodników rugby oraz łyżwiarzy szybkich (tylko BMD). Badacze wykazali zmiany zachodzące w FFM, FM, BMD, BMC, TM, LBM w różnych cyklach treningowych (Tabela 5).

Na podstawie badań można przypuszczać, że w badanych grupach sportowców: triathlon, futsal, długodystansowcy i sprinterzy, również zachodzą zmiany pod wpływem stosowanych obciążeń treningowych w rocznym cyklu. Brakuje prac, które analizowały by zmiany składu ciała zawodników w rocznym cyklu treningowym, w których masa ciała ogranicza wydajność z powodów mechanicznych (np.: biegi długodystansowe i sprinterskie, triathlon, skok wzwyż, skoki narciarskie, kolarstwo szosowe, gry zespołowe). Wybrano do analizy sporty tylko z tej grupy gdyż ciężko porównać je ze sportami, w których występuje krótkoterminowa redukcja masy ciała lub, w których sportowcy lub ich trenerzy oczekują wyższych wyników, gdy kształt i masa ciała są bliskie wymaganemu ideałowi.

Ponadto wybrano 3 różne dyscypliny sportu, różniące się stosowanymi środkami treningowymi, które pozwalają je zakwalifikować jako: wytrzymałościowe - triathlon i biegi długie, mieszane - futsal oraz biegi sprinterskie - szybkościowo siłowe.

Kolejnym przedmiotem rozważań jest dotychczas nie analizowane porównanie pomiędzy dwoma typami dyscyplin sportowych o charakterze wytrzymałościowym: triathlonu i biegów długich. Obie grupy stosują w swoim treningu obciążenia o podobnej intensywności. Jednak triathloniści stosują w treningu ćwiczenia, które wpływają na gęstość mineralną kości - pływanie i jazdę na rowerze.

## **5. Cele badawcze i hipotezy**

Celem ogólnym badań jest określenie zmian w składzie ciała mierzonych metodą DXA w rocznym cyklu treningowym elitarnych sportowców uprawiających różne dyscypliny sportowe, charakteryzujące się zróżnicowanym wysiłkiem fizycznym.

Sformułowano następujące szczegółowe cele pracy:

1. Ocena zmian składu ciała w rocznym cyklu treningowym sportowców w zależności od charakteru dyscypliny sportowej;
2. Określenie zmian w rozmieszczeniu wybranych komponentów ciała w strukturze czasowej treningu sportowego u zawodników uprawiających różne dyscypliny sportowe (*obwodowo i centralnie, L i P strona ciała*);
3. Określenie wpływu wielkości obciążeń treningowych w rocznym cyklu treningowym na zmiany w składzie ciała, na przykładzie różnych typów treningów (wytrzymałościowy, mieszany, szybkościowo-siłowy);
4. Porównanie zmian składu ciała zawodników w rocznym cyklu treningowym dwóch dyscyplin o charakterze wytrzymałościowym (triathlonistów i biegaczy długodystansowych).

Hipotezy badawcze:

1. W rocznym cyklu treningowym zachodzą zmiany w składzie ciała sportowców prowadzące do obniżenia masy tłuszczowej w okresie startowym we wszystkich

badanych grupach sportowców oraz utrzymaniu masy szczupłej ciała (LBM) przez cały okres treningowy u triathlonistów, biegaczy długodystansowych i futsalistów.

2. W rocznym cyklu treningowym zachodzą zmiany w centralnym oraz obwodowym rozmieszczeniu komponentów ciała u zawodników uprawiających różne dyscypliny sportowe.
3. Zmiany w składzie ciała uzależnione są od obciążeń treningowych stosowanych w danych podokresach cyklu treningowego w poszczególnych dyscyplinach sportowych.
4. Triathloniści mają niższą gęstość oraz zawartość minerałów kostnych w porównaniu z biegaczami długodystansowymi.

## 6. Materiał i metoda

### 6.1. Charakterystyka badanych sportowców

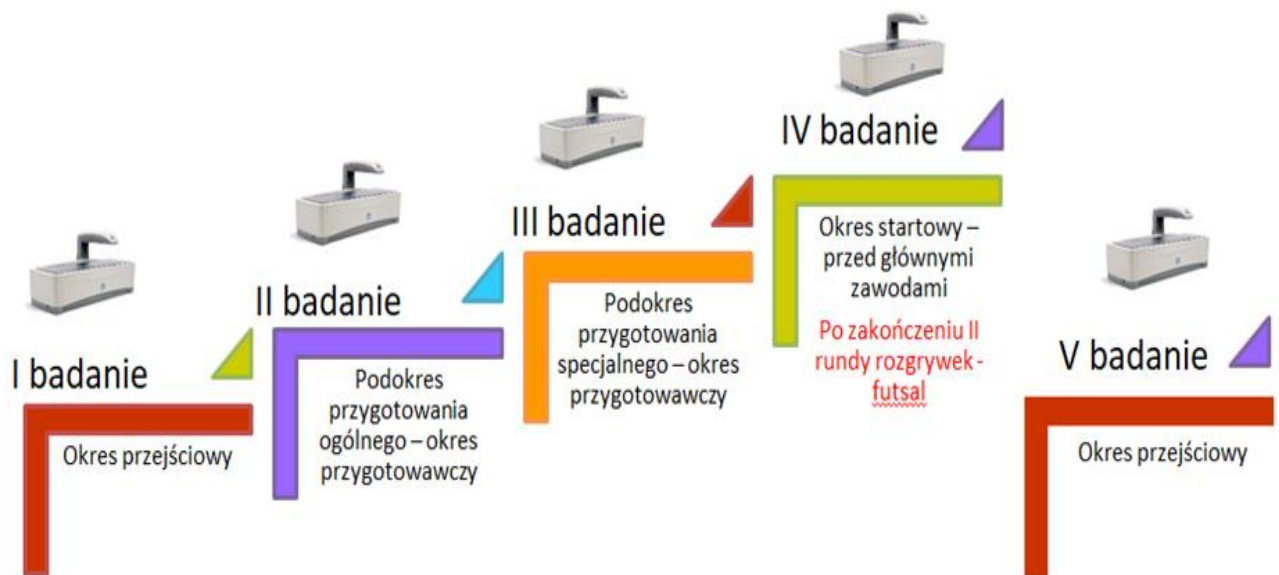
Badania zostały przeprowadzone wśród zawodników płci męskiej uprawiających różne dyscypliny sportowe, które charakteryzują się zróżnicowaną strukturą obciążeń treningowych: wysiłek o charakterze wytrzymałościowym, szybkościowo-siłowym lub mieszanym. Osoby badane to zawodnicy klasy mistrzowskiej, członkowie Kadry Narodowej. Osobami badanymi byli sportowcy następujących dyscyplin: triathlon, futsal, lekka atletyka – biegi krótkie oraz lekka atletyka – biegi długie. Charakterystyki podstawowe badanych zostały przedstawione w tabeli 6.

Tabela 6. Charakterystyki podstawowe badanych sportowców

DYSCYPLINA	LICZBA BADANYCH (N)	WIEK BADANYCH (LATA)	STAŻ TRENINGOWY (LATA)	WYSOKOŚĆ CIAŁA (CM)	MASA CIAŁA (KG)
<b>Triathlon</b>	<b>10 M</b>	<b>23.9±5.3</b>	<b>9.1±3.0</b>	<b>180.9±6.2</b>	<b>75,7±6.8</b>
<b>Futsal</b>	<b>15 M</b>	<b>24.8±4.3</b>	<b>9.1±3.7</b>	<b>181.5±5.7</b>	<b>78,1±6.5</b>
<b>Sprinterzy</b>	<b>12 M</b>	<b>24.1±3.1</b>	<b>9.0±2.3</b>	<b>185.4 ±4.7</b>	<b>81.3±6.7</b>
<b>Długodystansowcy</b>	<b>8 M</b>	<b>21,6±2,7</b>	<b>9.0±2.2</b>	<b>180.1±5.9</b>	<b>71,2±8.0</b>

M – mężczyźni; wartości średnie ± – odchylenie standardowe

Zawodnicy zostali przebadani 5-krotnie w rocznym cyklu treningowym. I badanie – koniec okresu przejściowego i początek okresu przygotowawczego, II badanie – okres przygotowania specjalnego, III badanie – okres startowy, IV badanie – okres przejściowy, V badanie – koniec okresu przejściowego i początek okresu przygotowawczego. Na rycinie 4 przedstawiono schemat badań w rocznym cyklu treningowym.



Rycina 4. Schemat badań w rocznym cyklu treningowym

## 6.2. Ogólna charakterystyka analizowanych dyscyplin sportowych

Periodyzacja jest uważana za kluczową w optymalizacji bodźców treningowych. Zastosowanie okresowego planowania dla różnych sportów stawia wyjątkowe wyzwania dla różnych celów treningowych. Badani sportowcy różnią się stosowanymi obciążeniami treningowymi, w rocznym cyklu treningowym, co wynika ze specyfiki szkolenia w poszczególnych dyscyplinach (Bompa i wsp., 2015; Gamble, 2006).

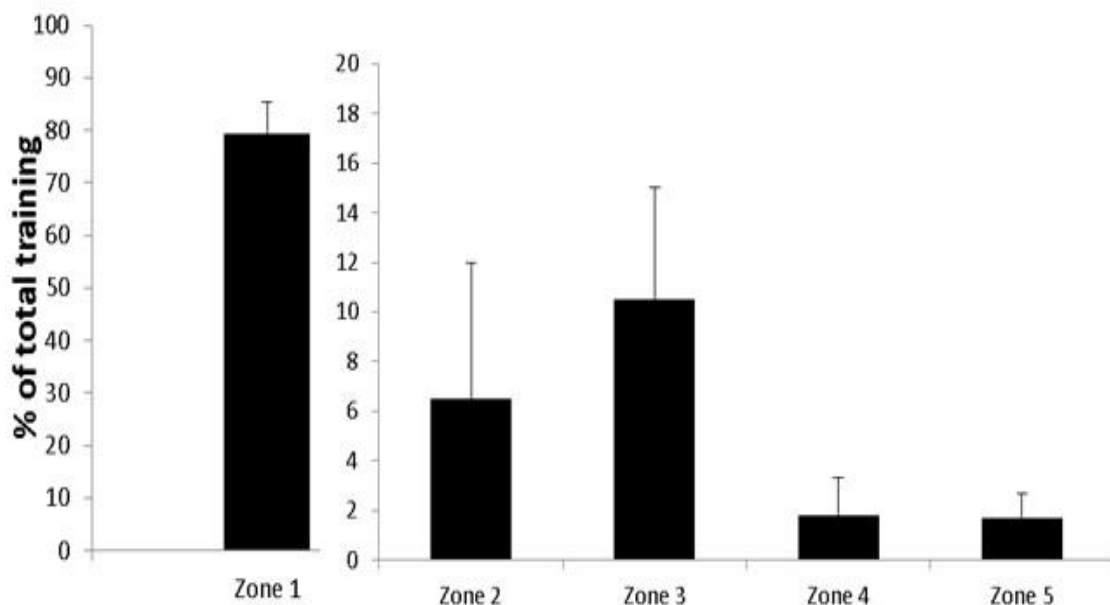
Triathlon obejmuje sekwencję pływania, jazdy na rowerze i biegu na różnych dystansach. Można go zdefiniować jako „jeden sport, trzy dyscypliny, dwa przejścia” (Millet i Vleck, 2000). Triathloniści muszą radzić sobie trzema bardzo różnymi fizycznie dyscyplinami sportowymi (Cipriani i wsp., 1998), mają najczęściej dwie jednostki treningowe dziennie, np.

rano pływanie, po południu jazdę na rowerze. Okres przygotowawczy w pierwszej fazie jest przygotowaniem psychicznym do regularnych treningów, nie jest intensywny. Kolejne 10 tygodni to trening wytrzymałościowy przy niskich intensywnościach, z kilkoma jednostkami, o wysokiej intensywności. Następnie włącza się kilka treningów wytrzymałościowych, składających się z długich wysiłków (5-20 minut) w około 1-godzinnym tempie zbliżonym do startowego, ze stosunkowo krótkimi przerwami. W tej fazie przygotowań trening ukierunkowany jest również na zwiększanie sprawności ogólnej. Podczas przygotowania specjalnego stosowane są wysiłki o intensywności występującej w trakcie zawodów, niekoniecznie w tej samej jednostce treningowej, by zapobiec wyczerpaniu. Objętość treningowa zmniejsza się w okresie bezpośredniego przygotowania startowego, a intensywność pozostaje na stałym poziomie. Po startach zaczyna się okres przejściowy, nacisk na odpoczynek i zachowanie sprawności oraz zdrowia. W treningu triathlonisty brane są pod uwagę różne zmienne: liczba, rodzaj oraz czas trwania jednostek treningowych w tygodniu, typ terenu treningowego, intensywność treningów, proporcje bardziej i mniej obciążających treningów. Triathlon wymaga treningów koncentrujących się na różnych celach, zawodnik musi trenować intensywnie i efektywnie wszystkie trzy dyscypliny sportu. Jest to sport wytrzymałościowy, w którym angażuje się różne grupy mięśniowe. (Hauswirth i Lehenaff, 2001).

Futsal to gra drużynowa nazywana też piłką halową 5-osobową. Na boisku jest po 5 zawodników z obu drużyn: 1 bramkarz i 4 graczy w polu. Drużyny rywalizują w dwóch fazach rozgrywek: I rundzie i II rundzie. Futsal różni się od piłki nożnej pod względem zasad gry i działań taktycznych (Moore i wsp., 2014). Gracze podczas meczu wykonują wiele intensywnych wysiłków o różnym czasie trwania (Wolański i wsp., 2017). Okres przygotowawczy w futsalu ma ułatwić kształtowanie kondycji, tworząc podstawę przygotowania zawodników i stopniowo dostosować ich do okresu rozgrywek. Początek okresu przygotowawczego ma na celu ocenę stanu zawodników, by następnie w tym okresie przejść do stopniowego zwiększania intensywności ćwiczeń (Stasiuk i wsp., 2017). W okresie tym szczególną wagę przykładana się do poprawy parametrów wydolnościowych zawodnika. W okresie przygotowania specjalnego jednocześnie planuje się treningi taktyczne i treningi o charakterze technicznym. Gracze futsalu, przygotowujący się do tolerowania treningów o wysokiej intensywności, bliskich maksymalnych. (Gamble, 2006). W okresie startowym

wysokie obciążenia treningowe są stosowane w okresie z mniejszą ilością meczów. Na początku sezonu startowego (I rundy rozgrywek) następuje redukcja obciążeń (zmniejszenie ich intensywności). W odstępach między meczami wykonuje się więcej treningów regeneracyjnych (Miloski i wsp., 2012). Analiza ruchów gracza pokazuje, że futsaliści wykonują podczas meczu różne czynności: stoją, chodzą, biegają z niską, średnią i wysoką intensywnością oraz wykonują sprinty (Wolański i wsp., 2017). U graczy futsalu istotna jest wysoka tolerancja organizmu na zmęczenie, wydajność fizyczną, wydolność aerobową i zdolność do powtarzania krótkich biegów o wysokiej intensywności (Oliveira i wsp., 2012; Barbieri i wsp., 2016). Według Castagna i wsp. (2009), kluczowe momenty podczas meczu wykazują wysoki udział systemów anaerobowych (3-4 krótkie sprinty z 20-30 s odpoczynku).

Biegacze długodystansowi startują na dystansach 5km i 10km. Większość ich treningu odbywa się z małą intensywnością, trening o wysokiej intensywności nie jest często stosowany (Thunshelle, 2013). Podczas okresu przygotowawczego treningi prowadzone są na niskiej intensywności, co służy u biegaczy długodystansowych budowaniu bazy wytrzymałościowej (Thunshelle, 2013). W okresie przygotowawczym ilość przebieganych kilometrów jest największa. W okresach treningowych intensywność i ilość treningu ulega zmianom. Trening o wyższej intensywności stosuje się pod koniec podokresu specjalnego. Okres przedstartowy (przykładowe obciążenia stosowane przez kenijskich biegaczy w tygodniu: objętość treningową  $158 \pm 13$ km) (Thunshelle, 2013). W okresie startowym objętość treningu jest najmniejsza kosztem wzrastającej intensywności. Średni procentowy udział poszczególnych zakresów intensywności w treningu biegaczy przedstawiono na rycinie 5 (Thunshelle, 2013).



Rycina 5. Średni procent całkowitej objętości treningu w każdej strefie w cyklu rocznym (długodystansowcy kobiety i mężczyźni) ((Thunshelle, 2013)

Rywalizacja sprinterska obejmuje biegi: 100 m, 200 m, 4 x 100m. W okresie przygotowawczym trening nastawiony jest na rozwój siły ogólnej, gibkości, na wytrzymałość biegową oraz poprawę techniki. Na początku okresu przygotowania specjalnego trening ukierunkowany jest na wykonywanie przyspieszeń startowych, ćwiczenia rytmu biegowego, natomiast pod koniec tego okresu na ćwiczenia siły i wytrzymałości specjalnej (szybkościowej). W okresie startowym zawodnicy wykonują przyspieszenia startowe oraz ćwiczenia rytmu, skupiają się na technice wykonania startu oraz biegu na dystansie (Iskra i wsp., 2002). Dla sprinterów niezwykle ważny jest stosunek mocy do masy ciała, dlatego pożądana jest maksymalizacja siły przy zachowaniu niskiego poziomu tkanki tłuszczowej. Zawodnicy w cyklu treningowym mogą mieć okresy, w których pożądaną są przyrosty masy mięśniowej (występujące głównie w okresie przygotowawczym) (AIS; Australian Sports Commission).

### 6.3. Metoda badawcza

Badania zostały przeprowadzone w ramach grantu NCN - OPUS 5 (panel NZ 7), nr DEC-2013/09/B/NZ7/02556, pt. "Katabolizm nukleotydów adeninowych oraz ich pochodnych ze krwi u sportowców w cyklu treningowym – wpływ wieku, poziomu sportowego oraz

dyscypliny sportowe". Badania przeprowadzono w Laboratorium Analizy Ruchu Człowieka LaBthletics, przy zakładzie Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu. W badaniu Komisja wyraziła zgodę na dokonanie u badanych osób 5-krotnego pomiaru składu ciała przy użyciu metody DXA. Na wykonanie badań uzyskano zgodę komisji bioetycznej uchwała nr – 1079/12

### **6.3.1. Przygotowanie zawodników do badania DXA**

Osoby przystępujące do badania otrzymały wytyczne dotyczące przygotowania do badania i jego przebiegu. Każdy zawodnik przed rozpoczęciem badań wypełniał kwestionariusz wywiadu ogólnego (podstawowe dane demograficzne, informacje o aktywności fizycznej i zdrowiu), wywiad przed badaniem składu ciała metoda DXA. Badania odbyły się zgodnie z Best Practice Protocol of DXA (Nana i wsp., 2016) oraz ze standardem zalecanym przez AIS (Australian Sports Commission).

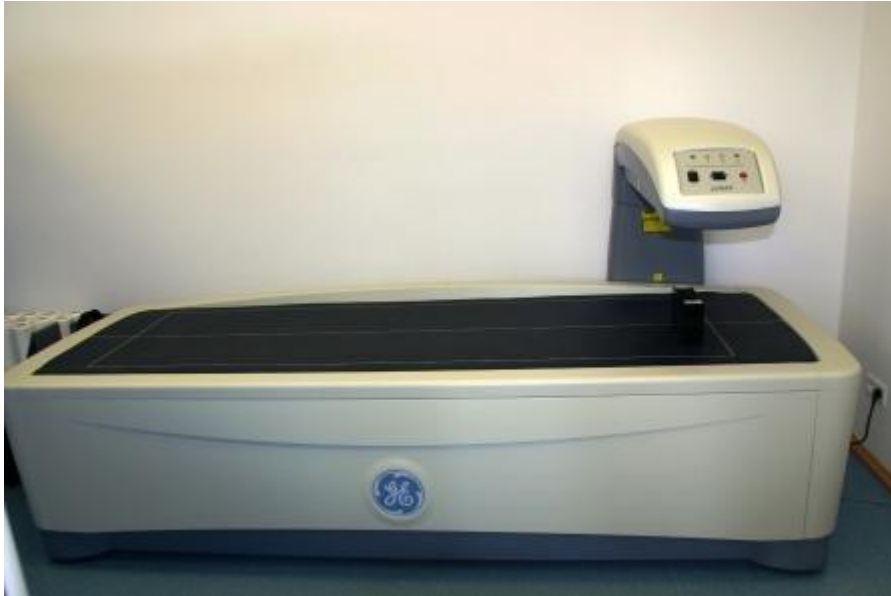
Badani byli odpowiednio przygotowani do badania składu ciała:

- 24 h przed badaniem nie podejmowali żadnego wysiłku fizycznego,
- przez okres jednego tygodnia poprzedzającego badanie nie przyjmowali żadnych leków ani suplementów diety,
- przed badaniem nie spożywali żadnych posiłków – byli na czczo.

Przed wykonaniem badania zawodnicy:

- byli ubrani tylko w spodenki lub bieliznę,
- zdejmowali wszystkie metalowe przedmioty, zegarki oraz biżuterię,
- zostali poddani badaniu antropometrycznemu - pomiarowi wysokości i masy ciała za pomocą stadiometru (SECA 285, SECA, Hamburg, Niemcy).





Rycina 6. Urządzenie Lunar Prodigy Advance w Laboratorium Analizy Ruchu Człowieka LaBthletics, przy Zakładzie Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.

Badanie oraz kalibrację urządzenia wykonano zgodnie z zaleceniami i instrukcją producenta. Badanie zostało wykonane przez tego samego technika. W czasie skanowania badany spoczywał nieruchomo na łożu urządzenia w pozycji leżącej na plecach (ciało pacjenta znajdowało się pośrodku stołu skanera). Dłonie pacjenta powinny leżeć na bokach z kciukami skierowanymi ku górze, wewnętrzną stroną do nóg, zaś ręce powinny być ułożone wzdłuż ciała pacjenta. Jeśli jest to możliwe, ręce nie powinny dotykać nóg. Pomiary wymagają, aby ręce nie dotykały nóg, oraz aby pomiędzy rękami i tułowiem występowała mała szczelina powietrzna (ok. 1 cm). Ponad badanym przesuwa się poziomo ramię urządzenia, które skanuje całe ciało. Pomiar trwa 6-7 minut. Badanie to jest wskazywane jako tzw. „złoty standard” (gold standard) w badaniu densytometrycznym kości (Norgan 2005; Lewiecki, 2005; Blake i Fogelman, 2009).

Za pomocą DXA możemy zmierzyć:

- zawartość mineralną kości (BMC, bone mineral content),

- gęstość mineralną kości (BMD, bone mineral density), jest wartością określającą gęstość tkanki kostnej, wyrażoną w g/cm<sup>2</sup> dla wybranego obszaru kostnego,
- masę tłuszczu w gramach oraz procentach (FM, fat mass),
- masę beztłuszczową (FFM, fat -free mass),
- masę ciała szczupłego (bez tłuszczu i minerałów kostnych) (LBM, lean body mass),
- masę oraz powierzchnię tkanki wiscelarniej (VAT, visceral adipose tissue)

Za pomocą DXA możemy oszacować:

- wskaźnik względnego umięśnienia (RSMI – relative skeletal muscle index), reprezentuje względną ilość mięśni ramion i nóg, obliczoną z równania Baumgartnera (Baumgartner i wsp., 1998),

$$RSMI = (LBM_{KG}(kg) + LBM_{KD}(kg)) / (\text{wysokość ciała}(m)^2),$$

*LBM – masa ciała szczupłego, KG – kończyny górne, KD – kończyny dolne,*

- masę mięśniową (ang. muscle mass - MM) za pomocą wzoru Kima (Kim i wsp., 2002):

$$MM = (1.13 \cdot ALST) - (0.02 \cdot \text{wiek}) + (0.61 \cdot \text{płeć}) + 0.97$$

*ALST (ang. – appendicular lean soft tissue) – suma masy ciała szczupłego (LBM) kończyn górnych i dolnych,*

- wskaźnik wagowo wzrostowy Qeteleta II – (ang. body mass index – BMI)

$$BMI = \text{masa ciała (kg)} / (\text{wysokość ciała}(m))^2$$

Oprogramowanie pozwala ponadto na wyodrębnioną analizę poszczególnych części ciała (ang. – region of interest, ROI), głowy, tułowia, żeber, kręgosłupa, miednicy, kończyn górnych i dolnych, lewej i prawej strony (symetria rozkładu komponentów ciała) oraz obszaru gynoidalnego (żeńskiego) i androidalnego (męskiego) (Kusy i Zieliński, 2017).

Wadą urządzenia DXA jest trudność w przenoszeniu wykonywania badań w tzw. warunkach polowych, a także wielkość łoża na którym odbywa się skan (ograniczenie do badań osób powyżej 190 cm oraz masie ciała ponad 160 kg).

### 6.3.2. Analiza obciążeń treningowych w wybranych podokresach rocznego cyklu

#### treningowego

Analiza zostanie przeprowadzona w oparciu o dane uzyskane od trenerów. W przypadku sprintu i futsalu – trenerów kadry narodowej, triathlonu i długodystansowców – trenerów kadry narodowej i trenera klubowego. Analiza będzie dotyczyła:

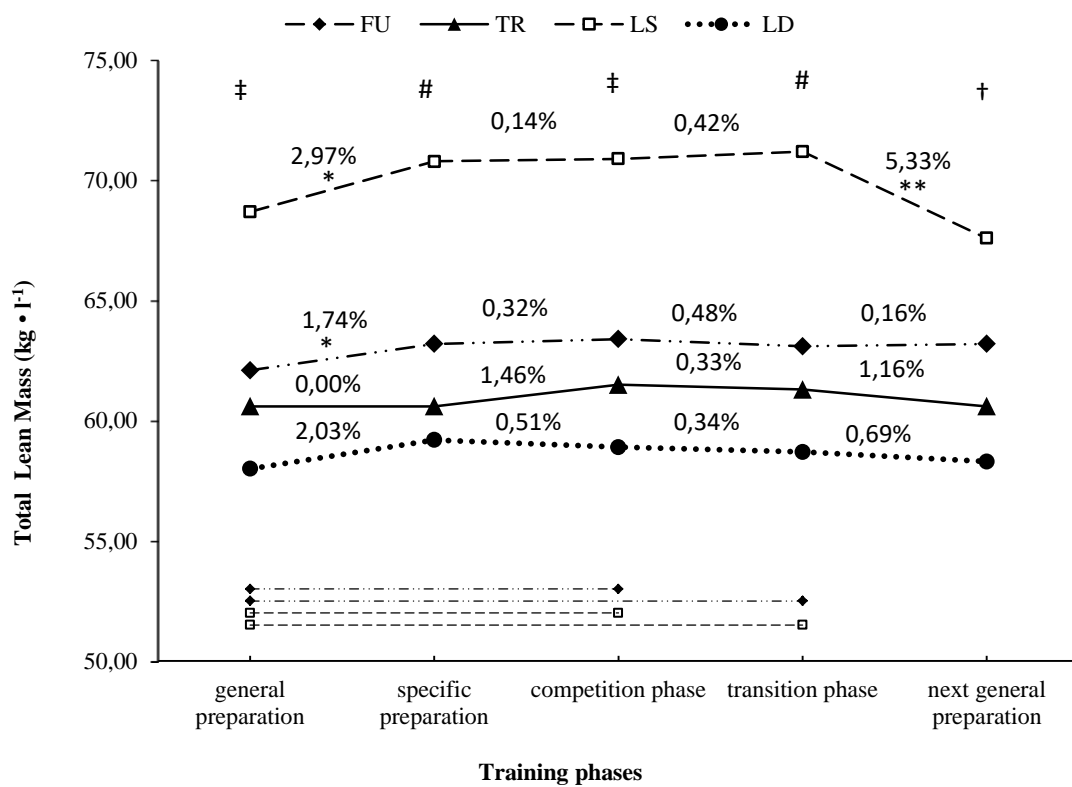
- Liczby jednostek treningowych,
- Czasu ich trwania,
- Liczby startów,
- Procentowego udziału środków treningowych w 5 strefach intensywności (Bompa i Buzzichelli, 2015),
- Liczby kilometrów w przypadku biegaczy długodystansowych (bieg) i triatlonistów (pływanie, jazda na rowerze, bieg).

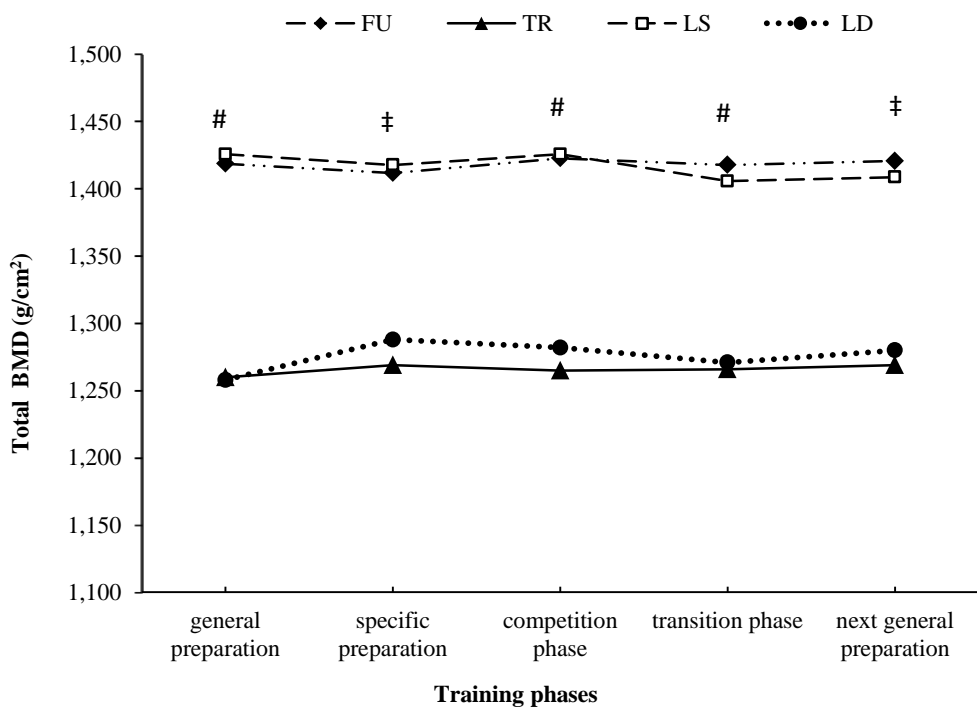
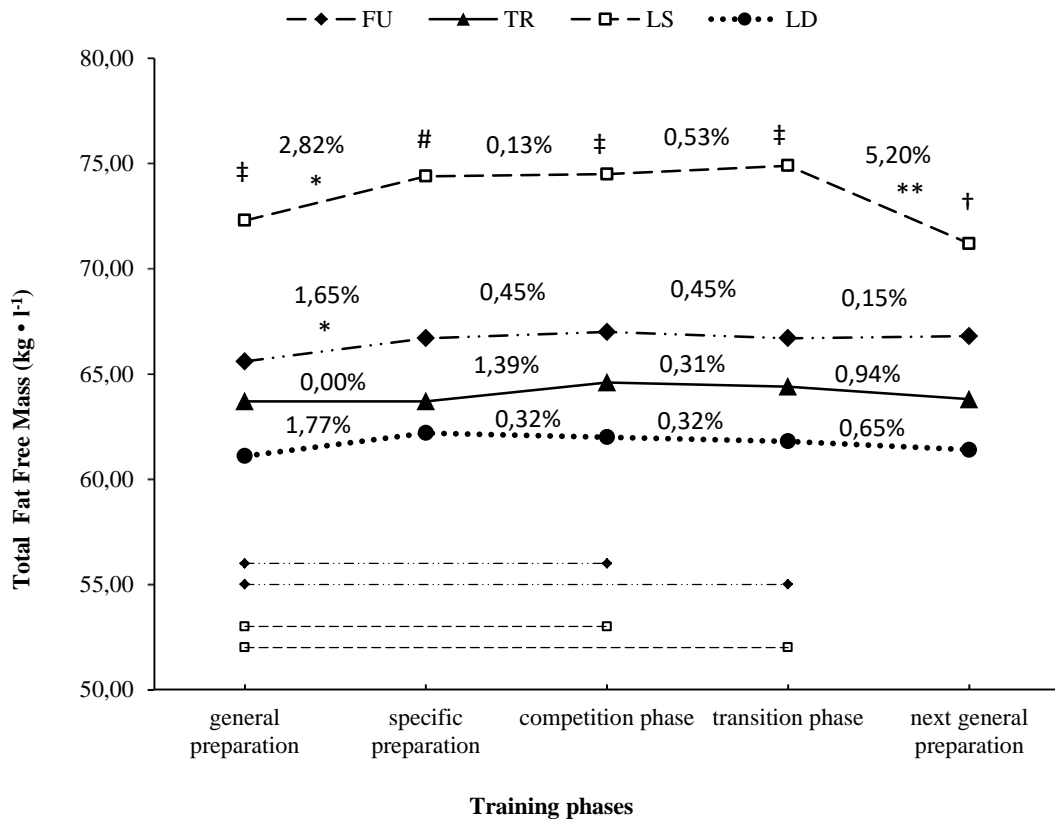
## 7. Wstępne wyniki badań

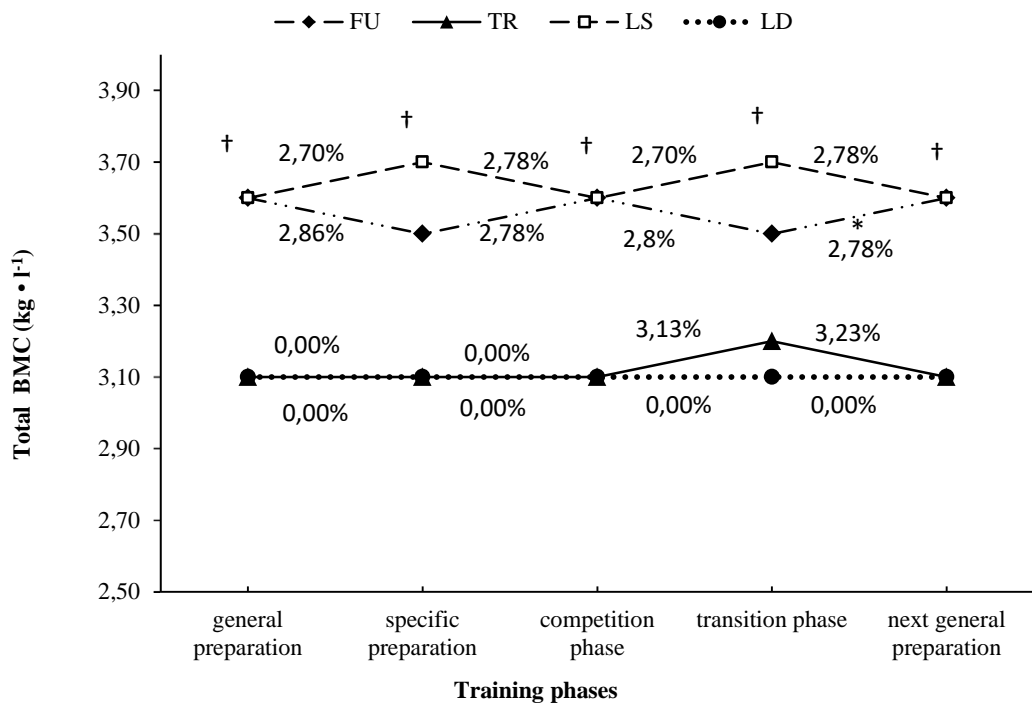
Zgromadzony materiał opracowano metodami oceny parametrycznej i nieparametrycznej z uwzględnieniem oceny zależności i różnic badanych parametrów porównawczo dla czterech grup badanych zawodników w pięciu terminach badań. Do badania normalności rozkładów zastosowany zostanie test Shapiro—Wilka. Spośród zastosowanych metod statystycznych wykorzystane będą metody badania zależności między grupami cech (posługując się wyznaczonymi uprzednio parametrami statystycznymi – średnią arytmetyczną i miarami zmienności cech) i zastosowana zostanie: analiza wariancji ANOVA z powtarzaniem terminami w grupach, ANOVA jednokrotna w terminach badań pomiędzy grupami i testy post-hoc Tukeya HSD. Dla zmiennych, które nie spełnią warunku sferyczności doliczone zostaną nieparametryczne testy: ANOVA Friedmana pomiędzy terminami badań i ANOVA Kruskala-Wallisa w terminach pomiędzy grupami badanych zawodników uprawiających różne dyscypliny sportowe.

Dane zostaną poddane analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica Software i przedstawione w tabelach i na wykresach.

Wyniki poszczególnych komponentów ciała wykazują statystycznie istotne różnice pomiędzy badanymi dyscyplinami, ale też pomiędzy okresami treningowymi w obrębie tych samych dyscyplin sportowych.







## 8. Piśmiennictwo

1. Ackland T.R., Lohman T.G., Sundgot-Borgen J., Maughan R.J., Meyer N.L., Stewart A.D., Müller W. (2012) Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 42(3), 227-49
2. Andreoli A., Melchiorri G., Volpe I., Sardella F., Iacopino I., De lorenzo A. (2004) Multicompartment model to assess body composition in professional water polo players. *J Sports Med Phys Fitness.* 44(1), 38-43
3. Andreoli A., Monteleone M., Van Loan M., Promenzio L. (2001) Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 33(4), 507-11
4. Ballard T.P., Fafara L., Vukovich M.D. (2004) Comparison of Bod Pod and DXA in female collegiate athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 36(4), 731-5
5. Barbieri R.A., Zagatto A.M., Milioni F. (2016) Specific futsal training program can improve the physical performance of futsal players. *Sport Sci Health.* 12 (2), 247-253
6. Baumgartner R.N., Koehler K.M., Gallagher D., Romero L., Heymsfield S.B., Ross R.R., Garry P.J., Lindeman R.D. (1998) Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147(8), 755-763
7. Bazzocchi A., Diano D., Albisinni U., Marchesini G., Battista G., Guglielmi G. (2014) Liver in the analysis of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry. *Br J Radiol.* 87(1041), 20140232
8. Bilsborough J.C., Greenway K., Opar D., Livingstone S., Cordy J., Coutts A.J. (2014) The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *J Sports Sci.* 32(19), 1821-8
9. Blake G.M., Fogelman I. (2009) The clinical role of dual energy X-ray absorptiometry. *Eur J Radiol.* 71(3), 406-14

10. Bompa T., Buzzichelli C. (2015) Periodization Training for Sports. *Hum Kinet.* 2015 – 368
11. Brozek, J. 1963. Body composition, Parts I and II. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 110, 1-1018
12. Buehring B., Diane K., Libber J., Heiderscheit B., Jennifer S., Brian J., Irina H., Neil B. (2013) Dual energy x-ray absorptiometry measured body composition least significant change: effect of region of interest in gender in athletes. *J Clin Densitom.* 17(1), 121-128
13. Calbet J. A., Moysi J.S., Dorado C., Rodríguez L.P. (1998) Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int.* 62(6), 491-6
14. Champion F., Nevill A.M., Karlsson M.K. (2010) Bone Status in Professional Cyclists. *Int J Sports Med.* 31, 511-5
15. Carbuhn A.F., Fernandez T.E., Bragg A.F., Green J.S., Crouse S.F. (2010) Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 24(7), 1710-7
16. Castagna C., D'Ottavio S., Vera J.G., Barbero-Alvarez J.S. (2009) Match demands of professional futsal: a case study. *J Sci Med Sport.* 12(4), 490–494
17. Cipriani D. J., Swartz J.D., Hodgson C.M. (1998) Triathlon and the multisport athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* 27(1), 42-50
18. Clark RR., Sullivan J.C., Bartok C.J., Carrel A.L. (2007) DXA Provides a Valid Minimum Weight in Wrestlers. *Med Sci Sports Exerc.* 39(11), 2069-75
19. Colyer S.L., Roberts S.P., Robinson J.B., Thompson D., Stokes K., Bilzon J.L.J., Salo A.I.T. (2016) Detecting meaningful body composition changes in athletes using dual-energy x-ray absorptiometry. *Physiological Measurement.* 37(4), 596-609
20. De Lorenzo A., Bertini I., Iacopino L., Pagliato E., Testolin C., Testolin G. (2000) Body composition measurement in highly trained male athletes. A comparison of three methods. *J Sports Med Phys Fitness.* 40(2), 178-83



21. Dengel D.R., Bosch T.A., Burruss T.P., Fielding K.A., Engel B.E., Weir N.L., Weston T.D. (2014) Body Composition and bone mineral density of national football league players. *J Strength Cond Res.* 28(1), 1–6
22. Esco M. R., Snarr R.L., Leatherwood M.D., Chamberlain N.A., Redding M.L., Flatt A.A., Moon J.R., Williford H.N. (2015) Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *J Strength Cond Res.* 29(4), 918-25
23. España-Romero V., Ortega Porcel F.B., Artero E.G., Jiménez-Pavón D., Sainz A.G., Castillo Garzón M.J., Ruiz J.R. (2009) Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *Eur J Appl Physiol.* 107(5), 517-25
24. Gamble P. (2006) Periodization of Training for Team Sports Athletes. *Strength Cond J.* 28(5), 56–66
25. Guppy F.M., Wallace J. (2012) The measurement of body composition in athletic population: the importance of DXA. *Department of Sport and Exercise Science.* 45(6), 177-181
26. Georgeson E.C., Weeks B.K., McLellan C., Beck B.R. (2012) Seasonal change in bone, muscle and fat in professional rugby league players and its relationship to injury: a cohort study. *BMJ Open.* 2(6), e001400
27. Granados C., Izquierdo M., Ibanez J., Ruesta M., Gorostiaga E.M. (2008) Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc.* 40(2), 351-61
28. Harley J.A., Hind K., O’Hara J.P. (2011). Three-Compartment Body Composition Changes in Elite Rugby League Players During a Super League Season, Measured by Dual-Energy X-ray Absorptiometry. *J Strength Cond Res.* 25(4), 1024-9
29. Hausswirth C., Lehenaff D. (2001) Physiological Demands of Running during long distance runs and triathlons. *Sports Medicine.* 31(9), 679-689
30. Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z., Going S.B. (2005) Human Body Composition. *Hum Kinet.* 0-73360-4655-0

31. Heymsfield S., Wang Z., Baumgartner R.N., Ross R. (1997) Human body composition. *Advances in Models and Methods. Annu Rev Nutr.* 17, 527–58
32. Hind K., Gannon L., Whatley E., Cooke C., Truscott J. (2012) Bone cross-sectional geometry in male runners, gymnasts, swimmers and non-athletic controls: a hip-structural analysis study. *Eur J Appl Physiol.* 112(2), 535-541
33. Hogstrom G.M., Pietila T., Nordstrom P., Nordstrom A. (2012) Body composition and performance: influence of sport and gender among adolescents. *J Strength Cond Res.* 26(7) 1799-804
34. Iskra J., Osik T., Walaszczyk A., (2002) Trening w biegach sprinterskich dla początkujących i zaawansowanych. *ARF Media.* 83-916870-1-5
35. Kim J., Wang Z., Heymsfield S.B., Baumgartner R.N., Gallagher D. (2002) Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *Am J Clin Nutr.* 76(2), 378–383
36. Kusy K., Zieliński J., (2017) Diagnostyka w sporcie. Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego w Poznaniu. ISBN 978-83-64747-17-5
37. Larsson P., Henriksson-Larsén K. (2008) Body Composition and Performance in Cross-Country Skiing. *Int J Sports Med.* 29(12), 971-975
38. Leao C., Simoes M., Silva B., Clemente F.M., Bezerra P., Camoes M. (2017) Body composition evaluation issue among young elite football players: DXA assessment. *Sports (Basel).* 5(1), 17
39. Lees M. J., Oldroyd B., Jones B., Brightmore A., O'Hara J.P., Barlow M.J., Till K., Hind K. (2017) Three-compartment body composition changes in professional rugby union players over one competitive season: a team and individualised approach. *J Clin Densitom.* 20(1), 50-57
40. Lewiecki E.M. (2005) Clinical applications of bone density testing for osteoporosis. *Minerva Med.* 96(5), 317-30

41. Loftin M., Sothorn M., Koss C., Tuuri G., Vanvrancken C., Kontos A., Bonis M. (2007) Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *J Strength Cond Res.* 21(4), 1188-91
42. López-Taylor J.R., González-Mendoza R.G., Gaytán-González A., Jiménez-Alvarado J.A., Villegas-Balcázar M., Jáuregui-Ulloa E.E., Torres-Naranjo F. (2018) Accuracy of Anthropometric Equations for Estimating Body Fat; in Professional Male Soccer Players Compared with DXA. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* 14;2018:6843792
43. Lukaski H.C. (1987) Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr.* 46(4), 537–556
44. Malomo A.O., Idowu, O.E., Osuagwu, F.C. (2006) Lessons from history: Humana anatomy, from the origin to the renaissance. *Int. J. Morphol.*, 24(1), 99-104
45. Malina, R.M. (2007) Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clin Sports Med.* 26(1), 37-68
46. McClanahan B.S., Ward K. D., Vukadinovich C., Klesges R.C., Chitwood L., Kinzey S.J., Brown S., Frate D. (2002) Bone mineral density in triathletes over a competitive season. *J Sports Sci.* 20(6), 463–469
47. Midorikawa T., Ohta M., Torii S., Sakamoto S. (2018) Lean Soft Tissue Mass Measured Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Is an Effective Index for Assessing Change in Leg Skeletal Muscle Mass Following Exercise Training. *J Clin Densitom.* 21(3), 394-398
48. Millet G.P., Vleck V.E. (2000) Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Br J Sports Med.* 34(5), 384-90
49. Miloski B., de Freitas V.H., Bara Filho M.G. (2012) Monitoring of the internal training load in futsal players over a season. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 14(6), 671-679
50. Moon J.R., Eckerson J.M., Tobkin S.E., Smith A.E., Lockwood C.M., Walter A.A., Cramer J.T., Beck T.W., Stout J.R. (2009) Estimating body fat in NCAA Division I

- female athletes: a five-compartment model validation of laboratory methods. Send to Eur J Appl Physiol. 105(1), 119-30
51. Moore R. , Bullough S. Goldsmith L. Edmondson L. (2014) A Systematic Review of Futsal Literature. J Sports Sci Med. 2(3), 108-116
  52. Mooses M., Jürimäe J., Maestu J., Purge P., Mooses K. (2013) Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners. Acta Physiol Hung. 100(3), 340-6
  53. Mueller S.M., Anliker E., Knechtle P., Knechtle B., Toigo M. (2013) Changes in body composition in triathletes during an Ironman race. Eur J Appl Physiol. 113(9), 2343-52
  54. Nana A. , Slater G.J. , Hopkins W.G. , Burke M.L. (2012) Techniques for Undertaking Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Whole-Body Scans to Estimate Body Composition in Tall and/or Broad Subjects. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 22(5), 313-322
  55. Nana A., Slater G.J., Hopkins W.G., Halson S.L., Martin D.T., West N.P., Burke L.M. (2016) Importance of Standardized DXA Protocol for Assessing Physique Changes in Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 26(3), 259-67
  56. Nattiv A., Loucks A.B., Manore M.M., Sanborn C.F., Sundgot-Borgen J., Warren M.P. (2007) American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc. 39(10), 1867-82
  57. Nazem T.G., Ackerman K.E. (2012) The female athlete triad. Sports Health. 4(4), 302–311
  58. Norgan N.G. (2005) Laboratory and field measurements of body composition. Public Health Nutr. 8(7A), 1108-22
  59. Oliveira R. S., Leicht A.S., Bishop D., Barbero-Álvarez J.C., Nakamura F.Y. (2012) Seasonal Changes in Physical Performance and Heart Rate Variability in High Level Futsal Players. Int J Sports Med. 34(5), 424-30

60. Ploudre A., Arabas J.L., Jorn L., Mayhew J.L. (2018) Comparison of Techniques for Tracking Body Composition Changes across a Season in College Women Basketball Players. *Int J Exerc Sci.* 11(4), 425–438
61. Prior B.M., Cureton K.J., Modlesky C.M., Evans E.M., Sloniger M.A., Saunders M., Lewis R.D. (1997) In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol.* 83(2), 623-30
62. Reinke S. , Taylor W.R. , Duda G.N. , von Haehling S. , Reinke P. , Volk H.D. , Anker S.D. , Doehner W. (2010) Absolute and functional iron deficiency in professional athletes during training and recovery. *Int J Cardiol.* 156(2), 186-191
63. Saebra A., Fernandes R.J., Marques E., Moura M., Ubago-Guisado E., Hernando E., Gallardo L. (2017) Impact of Futsal and Swimming Participation on Bone Health in Young Athletes. *J Hum Kinet.* 60, 85–91
64. Santos A.D., Dawson J.A., Matias C.N., Rocha P.M., Minderico C.S., Allison D.B., Sardinha L.B., Silva A.M. (2014) Reference Values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One.* 9(5): e97846
65. Santos D.A., Silva A.M., Matias C.N., Fields D.A., Heymsfield S.B., Sardinha .L.B. (2010) Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutr Metab (Lond).* 22;7:22
66. Sherk V., Barry D.W., Villalon K.L., MD1, Hansen K.C., Wolfe P., MS2, Kohrt W.M. (2014) Bone loss over one year of training and competition in female cyclists. *Clin J Sport Med.* 24(4), 331–336
67. Silva A.M., Fields D.A., Heymsfield S.B., Sardinha L.B. (2010) Body composition and power changes in elite judo athletes. *Int J Sports Med.* 31(10), 737-41
68. Silva A.M., Fields D.A., Heymsfield S.B, Sardinha L.B. (2011) Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *J Strength Cond Res.* 25(9), 2488-95

69. Silva A.M., Minderico C.S., Teixeira P.J., Pietrobelli A., Sardinha L.B. (2006) Body fat measurement in adolescent athletes: multicompartiment molecular model comparison. *Eur J Clin Nutr.* 60(8), 955-64
70. Silva A.M., Santos, D.A., Matias, C.N., Rocha, P.M., Petroski, E.L., Minderico, C.S., Sardinha LB. (2012) Changes in regional body composition explain increases in Energy expenditure in elite junior basketball players over the season. *Eur J Appl Physiol.* 112(7), 2727-37
71. Silva A.M., Matias C.N., Santos D.A., Rocha P.M., Minderico C.S., Thomas D., Heymsfield S.B., Sardinha L.B. (2017) Do Dynamic Fat and Fat-free Mass Changes Follow Theoretical Driven Rules in Athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 49(10), 2086-2092
72. Stasiuk I, Kamianets-Podilsky I., Ohienko I. (2017) The structure and content of the preparatory period in futsal in the annual training cycle of skilled players. *J Phys Act Health.* 12, 25-30
73. Stewart A.D, Sutton L. (2012) *Body composition in sport, exercise and health.* Abingdon, New York (Anglia, USA, Kanada): Routledge: 218
74. Stewart, A.D. (2010) Kinanthropometry and body composition: a natural home for three-dimensional photonic scanning. *J Sports Sci.* 28(5), 455-7
75. Stewart A.D., Hannan W.J. (2000) Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *J Sports Sci.* 18(4), 263-74
76. Stoggl T., Enqvist J., Muller E., Holmberg H.C. (2010) Relationships between body composition, body dimensions, and peak speed in cross-country sprint skiing. *J Sports Sci.* 28(2), 161-9
77. Sun G., French C.R., Martin G.R., Younghusband B., Green R.C., Xie Y.G., Mathews M., Barron J.R., Fitzpatrick D.G., Gulliver W., Zhang H. (2005) Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr.* 81(1), 74-78

78. Sutton L. , Scott M. , Wallace J. , Reilly T. (2009) Body composition of English Premier League soccer players: influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci.* 27(10), 1019-1026
79. Terzis G., Spengos K., Kavouras S., Manta P., Georgiadis G. (2010) Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers. *J Sports Sci Med.* 9(1), 104–109
80. Thunshelle A. (2013) Annual training characteristics in elite long-distance runners. A descriptive study on training volume and intensity distribution; Faculty of Health and Sport, University of Agder.
81. Svantesson U., Zander M., Klingberg S., Slinde F. (2008) Body composition in male elite athletes, comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dual energy X-ray absorptiometry. *J Negat Results Biomed.* 7:1
82. Varley I., Greeves J.P., Sale C. (2019) Seasonal Difference in Bone Characteristics and Body Composition of Elite Speed Skater. *Int J Sports Med.* 40(01), 9-15
83. Verdich C., Barbe P., Petersen M., Grau K., Ward L., Macdonald I., Sørensen T.I., Oppert J.M. (2011) Changes in body composition during weight loss in obese subjects in the NUGENOB study: comparison of bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Diabetes Metab.* 37(3), 222-229
84. Wang Z.M., Pierson R.N., Heymsfield S.B. (1992) The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* 56(1), 19-28
85. Warrington G., Dolan E., McGoldrick A., McEvoy J., MacManus C., Griffin M., Lyons D. (2009) Chronic weight control impacts on physiological function and bone health in elite jockeys. *J. Sports Sci.* 27(6), 543-50
86. Wittich A. , Oliveri M.B. , Rotemberg E. , Mautalen C. (2001) Body composition of professional football (soccer) players determined by dual X-ray absorptiometry. *J Clin Densitom.* 4(1), 51-5
87. Wolański P., Muracki J., Goliński D., Nosal J., Bakońska-Pacoń E., Murawska-Ciałowicz E. (2017) The intensity and energy expenditure of exertions, restitution

speed, and rate of perceived exertion after tournament matches in polish futsal players. Hum Mov. 18 (1), 58 – 66



## 8. Aneks

Laboratorium Analizy Ruchu Człowieka <sup>14</sup>A<sub>0</sub>THLETICS<sup>8</sup>, Zakład Lekkiej Atletyki, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu

**WYWIAD – badanie gęstości kości i składu ciała** | Data wywiadu: .....

*Podane informacje są poufne i wykorzystywane tylko w celach naukowych*

1. Imię i nazwisko .....	2. Wiek .....	lat
3. Data urodzenia: .....	4. Płeć: <input type="checkbox"/> Kobieta	<input type="checkbox"/> Mężczyzna
5. Czy jesteś w ciąży?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
6. Czy w ostatnich 2 tygodniach miałeś/łaś RTG kontrastowe układu pokarmowego?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
7. Czy w ostatnim tygodniu miałeś/łaś zdjęcie z użyciem izotopu lub kontrastu radioaktywnego?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
8. Czy miałeś/łaś nadczynność przytarczyc lub wysoki poziom wapnia we krwi?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
9. Czy kiedykolwiek miałeś/łaś badanie gęstości kości?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
Jeśli Tak, to kiedy i gdzie? .....		
10. Czy zauważyłeś ostatnio gwałtowne zmiany masy ciała?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
Jeśli TAK, z czym były związane? .....		
11. Twój najwyższy wzrost (koniec dorastania i dojrzewania → .....		cm
12. Czy kiedykolwiek miałeś/łaś złamanie kości?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
Która kość? .....	W jakich okolicznościach? .....	W jakim wieku? .....
13. Czy rodzic lub rodzeństwo miało złamane biodro w wyniku niegroźnego, zwykłego upadku lub uderzenia?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
14. Czy rodzic lub rodzeństwo miał innego rodzaju złamania kości w wyniku niegroźnego, zwykłego upadku lub uderzenia?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
15. Ile razy zdarzyło Ci się upaść w ciągu ostatniego roku? .....		razy
16. Czy kiedykolwiek miałeś operację kręgosłupa, bioder, nóg lub ramion?	<input type="checkbox"/> Tak	<input type="checkbox"/> Nie
Jeśli TAK, proszę opisać, jaki rodzaj zabiegu trzeba było wykonać i której strony ciała dotyczyła .....		
17. Czy obecnie lub wcześniej zażywałeś prednizon (kortyzon, encorton) w tabletkach?	<input type="checkbox"/> Tak, obecnie	<input type="checkbox"/> Tak, wcześniej
		<input type="checkbox"/> Nie
	Jaka jest/była .....	
Jeśli TAK, jak długo? .....	dawka? .....	(mg lub tabletek dziennie)
18. Czy obecnie przyjmujesz lub wcześniej przyjmowałeś którykolwiek z następujących leków?		Jak długo?
18.1 Przeciw atakom epilepsji	<input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak
18.2 Chemioterapia raka	<input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak
18.3 Na raka prostaty	<input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak
18.4 Zapobiegające odrzuceniu przeszczepu	<input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak

*Gęstość kości i skład ciała*

1

	Kiedykolwiek?	Obecnie?	Jeśli obecnie - jak długo?
Estrogen (Terapia Hormonalna)			
Tamoksyfen ( <i>Tamoxifen</i> )			
Raloxifen ( <i>Evista</i> )			
Testosteron			
Kwas etidronowy ( <i>Didronel/Didrocal, Difosfen, Ostedron</i> )			
Kwas alendronowy ( <i>Alenato, Alendran, Alendrogen, Alendronat, Alendronate Arrow, Fosamax, Ostodronic, Sedron</i> )			
Kwas ibandronowy ( <i>Bodenza, Bondronat, Bonviva, Ibandronat, Osagrand, Ossica, Ostemax, Ostenil, Ostolek, Ostone</i> )			
Kwas rizedronowy ( <i>Actonel, Risedros</i> )			
Pamidron dożylnie ( <i>Aredia, Pamidronat, Pamifos, Pamisol, Pamitor</i> )			
Kwas kłodronowy ( <i>Bonefos, Ostac</i> )			
Kalcytonina ( <i>Miacalcin - spray do nosa</i> )			
PTH ( <i>Forteo</i> )			
Kwas zoledronowy ( <i>Acidum Zoledronicum, Fayton, Osparil, Symdronic, Zometa, Zomikos</i> )			
Fluorek sodu ( <i>Fluossen, Fluotic</i> )			

20. Ile porcji wymienionych poniżej produktów jesz/pijesz dziennie (średnio)?

	Mleko (pełen kubek)	Sok pomarańczowy wzbogacony wapniem (pełen kubek/szklanka)	Jogurt (mały pojemnik lub ½ kubka)	Sery
Liczba porcji →	.....	.....	.....	.....

21. Czy przyjmujesz jakieś suplementy wapnia (w tym TUMS)?  Tak  Nie

22. Czy przyjmujesz jakieś suplementy witaminy D (w tym multiwitaminy i olej z wątroby halibuta)?  Tak  Nie

Podpis osoby badanej .....

Dziękujemy za wypełnienie kwestionariusza!  
 Przekaż kwestionariusz osobie prowadzącej badanie.

Gęstość kości i skład ciała



UNIwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym  
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Collegium Maius  
ul. Fredry 10  
61-701 Poznań

tel. (+48 61) 854 62 51, 854 60 60  
fax. (+48 61) 854 61 07  
www.bioetyka.ump.edu.pl

### Uchwała nr 1079/12

Na podstawie przepisów Ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentyisty (Dz. U. 2011, Nr 277, poz. 1634 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. Nr 47, poz. 480); Ustawy z dnia 6 września 2004r. Prawo farmaceutyczne (Dz. U. z 2004r. Nr 53, poz. 533 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. 2004 nr 101, poz. 1034 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 18 maja 2005r. zmieniające rozporządzenie w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. Nr 101, poz. 843); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie sposobu prowadzenia badań klinicznych z udziałem małoletnich (Dz. U. 2004 Nr 104, poz. 1108); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie zgłaszania niespodziewanego ciężkiego niepożądanego działania produktu leczniczego (Dz. U. Nr 104, poz. 1107); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 15 listopada 2010 r. w sprawie wzorów wniosków przedkładanych w związku z badaniem klinicznym, wysokości opłat za złożenie wniosków oraz sprawozdania końcowego z wykonania badania klinicznego (Dz. U. 2010r. nr 222 poz. 1453, z późn. zm.); Ustawy z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. 2010r. nr 107 poz. 679, z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 6 października 2010 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej sponsora i badacza klinicznego w związku z prowadzeniem badania klinicznego wyrobów (Dz. U. 2010, Nr 194 poz. 1290); Ustawy z dnia 18 marca 2011 r. w Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (Dz. U. 2011 nr 82 poz. 451); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012r. w sprawie Dobrej Praktyki Klinicznej (Dz. U. 2012, Nr 6 poz. 489); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012r. w sprawie wzorów dokumentów przedkładanych w związku z badaniem klinicznym produktu leczniczego oraz w sprawie wysokości i sposobu wliczania opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. 2012, Nr 0 poz. 491); w oparciu o Deklarację Helsińską - Zasady Etycznego Postępowania w Eksperymentach Medycznym z Udziałem Ludzi.

**Komisja, na posiedzeniu w dniu: 06 grudnia 2012 r.**

**rozpatrzyła wniosek, który przedstawił Pan:**

**dr Jacek Zieliński**

**w sprawie prowadzenia badań w**

**Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu**

**Główny badacz: dr Krzysztof Kusy**

**Członkowie zespołu**

**badawczego:**

**prof. dr hab. Z. Krasieński; dr hab. M. Laurentowska;**

**dr hab. E. Słomińska; dr K. Domaszewska; dr J. Figiel; mgr A.**

**Staniewska; piel. A. Didyk; G. Kwiecińska**

**Temat**

**badania: "Katabolizm nukleotydów adeninowych oraz ich pochodnych  
we krwi u sportowców w cyklu treningowym- wpływ wieku, poziomu  
sportowego oraz dyscypliny sportowej".**

**Komisja wyraża zgodę na prowadzenie badań**

Przewodniczący Komisji

*Pawel eu*

prof. dr hab. med. Paweł Chęciński

