Uniwersytet Szczeciński

Wydział Kultury Fizycznej i Zdrowia

Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej

Piotr Kolano

Ocena wybranych cech morfologicznych i parametrów krążeniowych zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving)

Rozprawa doktorska

Promotor: dr hab. Monika Chudecka, prof. US

Promotor pomocniczy: dr Elżbieta Sieńko – Awierianów, prof. US

Szczecin 2026

Pani Promotor

dr hab. Monice Chudeckiej, prof. US

bardzo dziękuję za nieocenione wsparcie, inspirację, cierpliwość oraz merytoryczne wskazówki, które towarzyszyły mi na każdym etapie powstawania niniejszej pracy.

Pani Promotor pomocniczej

dr Elżbiecie Sieńko – Awierianów, prof. US

bardzo dziękuję za pomoc, motywację oraz konstruktywne uwagi, które pozwoliły mi udoskonalić zarówno formę, jak i treść tej pracy.

Spis treści

Wykaz stosowanych skrótów 5

Streszczenie 7

Summary 9

1 Wprowadzenie 11

1.1 Adaptacja do wysiłku fizycznego 12

1.2 Nabór i selekcja w sporcie 19

1.3 Charakterystyka i specyfika lotów w tunelu aerodynamicznym 21

1.3.1 Dane techniczne tunelu aerodynamicznego 21

1.3.2 Powstanie i historia dyscypliny 24

1.3.3 Loty w tunelu aerodynamicznym w Polsce i Świecie 25

1.3.4 Zawodnicy i ich zadania 26

1.4 Stan badań w zakresie podjętej problematyki 31

1.5 Uzasadnienie podejmowanych badań 33

2 Cel pracy 34

2.1 Hipotezy pracy 34

3 Materiał i metody 35

3.1 Materiał badań 35

3.2 Metodologia badań 35

3.2.1 Wiek chronologiczny i staż zawodniczy badanych 35

3.2.2 Pomiary antropometryczne i wybrane wskaźniki somatyczne 36

3.2.3 Ocena pomiaru składu ciała 36

3.2.4 Ocena parametrów krążenia 37

3.2.5 Ocena progu bólu 38

3.2.6 Ocena siły mięśniowej ręki 39

3.2.7 Analiza statystyczna 40

4 Wyniki badań 41

4.1 Charakterystyki opisowe wieku chronologicznego, stażu zawodniczego, cech morfologicznych, wskaźników somatycznych, odżywczych oraz elementów składu ciała zawodników 41

4.2 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca zawodników 43

4.3 Analiza progu bólu zawodników 45

4.4 Ocena siły mięśniowej ręki prawej i lewej zawodników..... 46

4.5 Korelacja rang Spearmana uwzględniająca ranking zawodników oraz analizowane parametry zawodników 47

4.6 Charakterystyki opisowe wieku chronologicznego, cech morfologicznych, wskaźników somatycznych, odżywczych oraz elementów składu ciała amatorów 50

4.7 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca amatorów 51

4.8 Analiza progu bólu amatorów..... 53

4.9 Ocena siły mięśniowej ręki prawej i lewej amatorów 54

4.10 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca zawodników w porównaniu z amatorami 55

4.11 Analiza progu bólu zawodników w odniesieniu do amatorów..... 58

4.12 Porównanie wartości siły mięśniowej ręki zawodników i amatorów przed i po wysiłku fizycznym 59

5 Dyskusja..... 60

6 Podsumowanie wyników i wnioski 67

7 Piśmiennictwo..... 68

8 Spis tabel..... 89

9 Spis rycin 91

10 Załączniki..... 92

Wykaz stosowanych skrótów

a – acromion – wyrostek barkowy łopatki

ATP – Adenozynotrifosforan - adenozynotrójfosforan

AUN – Autonomiczny Układ Nerwowy

B – Basis - podstawa

BMI – Body Mass Index – wskaźnik masy ciała

BP – blood pressure – ciśnienie tętnicze krwi

CO - cardiac output - pojemność minutowa serca

daIII – dactylion III – koniec palca III

EDV - End-Diastolic Volume - objętość końcoworozkurczowa komory serca

EF – ejection fraction - frakcja wyrzutowa

ESH - European Society of Hypertension – Europejskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego

FAI – World Air Sports Federation – Międzynarodowa Federacja Lotnicza

FFM – Free Fat Mass - beztłuszczowa masa ciała

FS - Formation skydiving – formacje skoków spadochronowych

HR – Heart Rate - częstość skurczów serca

IASP – International Association for the Study of Pain - Międzynarodowe Towarzystwo Badania Bólu

IBA – International Bodyflight Association – Międzynarodowe Stowarzyszenie Skoków Spadochronowych

ic – iliocristale – grzebień biodrowy

LA CA – latero carpi – wg Stecco punkt na przejściu między proksymalną a środkową 1/3 przedramienia, w bruździe między promieniowymi prostownikami nadgarstka

LA DI – latero digiti – wg Stecco punkt nad pierwszą przestrzenią międzykostną, mięśniem międzykostnym grzbietowym, w kierunku drugiej kości śródręcza

L – left - lewa

M – Mediana - średnia arytmetyczna

MAP – mean arterial pressure - zmiana średniego ciśnienia tętniczego

max – maximum - maksimum

min – minimum

PBF – percentage body fat - procentowa zawartość tłuszczu

PPT – pressure pain threshold - próg bólu

R – right - prawa

Sd – standard deviation - odchylenie standardowe

sst – suprasternale – najgłębszy punkt w zagłębieniu wcięcia nadmostkowego

SV – stroke volume - objętość wyrzutowa

sy – symphysion – najwyższy punkt spojenia łonowego

V – vertex – najwyższy punkt czaszki

VFS - Vertical Formation Skydiving – pionowe formacje skoków spadochronowych

VWT – Vertical Wind Tunnel – pionowy tunel aerodynamiczny

WHR – Waist Hip Ratio – wskaźnik obwodu talii do obwodu bioder

Streszczenie

Słowa kluczowe: tunel aerodynamiczny, budowa ciała, próg bólu, siła mięśni ręki, selekcja w sporcie, skład ciała, cechy morfologiczne, układ krążenia, częstość skurczów serca, indoor skydiving.

Model budowy ciała oraz parametry fizjologiczne, w tym dotyczące układu krążenia predysponują zawodnika do uprawiania danej dyscypliny sportowej oraz mają wpływ na osiąganie sportowych sukcesów. Budowa ciała i jego proporcje, a także znajomość potencjału biologicznego, w tym fizjologicznego stanowią ważny aspekt personalizacji treningu sportowego.

W Polsce loty w tunelu aerodynamicznym są młodą dyscypliną sportową. Z tego względu nie były jeszcze prowadzone szczegółowe badania dotyczące modelu budowy ciała oraz parametrów fizjologicznych, charakteryzujących zawodników tej dyscypliny sportu. Dynamiczny rozwój i coraz powszechniejszy dostęp do lotów w tunelu aerodynamicznym, wskazują na potrzebę oceny składu ciała, modelu budowy, reaktywności na bodźce oraz analizy parametrów fizjologicznych, zwłaszcza krążeniowych. Wyniki badań mogą przyczynić się do optymalizacji procesu treningowego, związanego z uprawianiem tej dyscypliny sportu.

Celem badań było ustalenie optymalnego modelu budowy ciała, ocena reakcji układu krążenia zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving) za pomocą monitorowania parametrów krążeniowych oraz ocena reaktywności na bodźce (wysokość progu bólu) i ocena siły mięśni ręki zawodników.

Badania wykonano w grupie 86 zawodników, którzy wzięli udział w Mistrzostwach Polski w Indoor Skydiving oraz Lidze Mistrzów, które odbywały się we FLYSPOT Katowice. Grupę porównawczą stanowiło 30 mężczyzn, którzy po raz pierwszy podjęli aktywność ruchową w postaci lotów w tunelu aerodynamicznym.

Wykonano pomiary cech morfologicznych oraz pomiar składu ciała. Ocenie poddane zostały także wybrane parametry krążeniowe, tj. ciśnienie tętnicze krwi oraz częstość skurczów serca. Analizie poddano również statyczną siłę mięśni ręki oraz próg bólu. Badania wykonano w dwóch seriach: bezpośrednio przed oraz bezpośrednio po aktywności fizycznej w tunelu aerodynamicznym. Zebrane wyniki poddano analizie statystycznej.

Średnia wieku chronologicznego badanych zawodników wynosiła 37,2 lat, natomiast średni staż zawodniczy, związany z profesjonalnym uprawianiem indoor skydivingu wynosił 6,8 lat. Wiek chronologiczny badanych mężczyzn, którzy po raz pierwszy uczestniczyli w zajęciach swobodnego latania w tunelu aerodynamicznym, wynosił 36,3 lat.

Prowadzone badania wykazały, że na odnoszenie sukcesu sportowego w swobodnym lataniu w tunelu aerodynamicznym nie miała wpływu budowa somatyczna zawodników, natomiast był on zależny od wybranych elementów składu ciała. Trening zawodników w tunelu aerodynamicznym miał istotny wpływ na parametry krążeniowe. Niższa wartość ciśnienia skurczowego i rozkurczowego zawodników przed treningiem korelowała z wyższym miejscem zawodnika w rankingu. Dodatkowo w grupie zawodników analiza zmian ciśnienia tętniczego krwi w seriach badań wykazała, iż mniejsza zmiana wartości korelowała dodatnio z wyższą pozycją w rankingu końcowym zawodników. Natomiast w grupie amatorów bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego istotnie statystycznie wyższe wartości ciśnienia tętniczego krwi wynikały z czynnika emocjonalnego (pobudzenia układu adrenergicznego). W przypadku analizy wartości progu bólu w badanych grupach zarejestrowano istotne statystycznie wyższe wartości w punktach pomiarowych na kończynie górnej bezpośrednio po wysiłku fizycznym w tunelu aerodynamicznym. Nawet jednorazowy wysiłek fizyczny w tunelu aerodynamicznym miał więc znaczący wpływ na wzrost wartości progu bólu u amatorów. Analiza wartości siły mięśniowej ręki w badanych grupach wykazała statystycznie istotny wzrost po wysiłku. Regularne loty w warunkach przeciążenia, wynikające z konieczności utrzymania odpowiednich pozycji ciała jakie panują w tunelu aerodynamicznym miały wpływ na wzrost siły mięśniowej.

Summary

Evaluation of selected morphological features and circulatory parameters of competitors flying in a vertical wind tunnel (indoor skydiving)

Keywords: wind tunnel, body structure, pain threshold, hand muscle strength, selection in sport, body composition, morphological features, circulatory system, pulse, blood pressure, indoor skydiving.

Body build and physiological parameters, including those related to the cardiovascular system, determine an athlete's aptitude for a given sport and have an impact on whether or not they are successful in it. Physique and body proportions as well as biological (including physiological) potential are important aspects that should be considered when personalising a training programme.

Indoor skydiving is a young sport in Poland. Therefore, there has been no detailed research in Poland on the body build and physiological parameters of indoor skydiving athletes. The dynamic growth of indoor skydiving and the growing availability of vertical wind tunnels have highlighted the need for research analysing such aspects as body composition and build, response to stimuli and physiological (especially cardiovascular) parameters in individuals practising the sport. Such research could help optimise indoor skydiving training.

The aim of the present study was to determine the optimum physique of indoor skydiving athletes, analyse their cardiovascular responses by monitoring their cardiovascular parameters and assess their response to stimuli (pain threshold) and arm muscle strength.

The study included 86 indoor skydiving athletes who competed in the Polish Indoor Skydiving Championships and Champions League at FLYSPOT Katowice. The comparison group comprised 30 male first-time indoor skydivers.

Body build parameters and body composition were measured and selected cardiovascular parameters, such as blood pressure (BP) and heart rate, were assessed. The isometric strength of arm muscles and pain thresholds were also analysed. Tests were carried out twice - immediately before and immediately after an indoor skydiving activity session. The results were analysed statistically.

The mean age of the athletes included in the study was 37.2 years. They had been pursuing the sport professionally for an average of 6.8 years. The mean age of first-time skydivers was 36.3 years.

The study showed no relationship between the body build of indoor skydiving athletes and whether or not they were successful in the sport. However, it demonstrated relationships between being successful in indoor skydiving and selected body composition parameters. Indoor skydiving training sessions were found to significantly affect cardiovascular parameters in the athletes included in the study. In this group of participants, there was a correlation between lower pre-session systolic and diastolic BP levels and higher final ranking. Moreover, an analysis of pre- to post-session changes in BP in athletes showed a positive correlation between a smaller difference in BP and higher final ranking. The statistically significantly higher BP values in first-time skydivers before a flight in the wind tunnel were due to emotional factors (activation of the adrenergic system). In both groups, pain thresholds at measurement points on the arm measured immediately after a flight in the wind tunnel were statistically significantly higher than those measured before the flight. Thus, the study showed that even a one-off indoor skydiving activity session can result in a significant increase in pain thresholds in first-time skydivers. The study also demonstrated a statistically significant pre- to post-session increase in arm muscle strength in both the groups of participants. Regular indoor skydiving sessions, which put strain on the body due to the need to maintain the correct body positions in the wind tunnel, were found to result in an increase in muscle strength.

1 Wprowadzenie

Umiejętność latania, która chociaż przez chwilę pozwoliłaby poczuć swobodne unoszenie się w powietrzu była przedmiotem marzeń i wyzwań człowieka od zarania dziejów. Pierwsze udokumentowane próby unoszenia człowieka w powietrzu, sięgające 2 tys. lat p.n.e. pochodzą z Chin i dotyczą eksperymentów z latawcami. Początek współczesnego lotnictwa datuje się na 21 listopada 1783 r., kiedy bracia Montgolfier odbyli pierwszy lot balonem. Natomiast pierwszy uznany lot samolotem napędzanym silnikiem spalinowym, skonstruowanym przez braci Orvillera i Wilbura Wright odbył się w Stanach Zjednoczonych 1903 r. (Airbus, Global Market Forecast 2012- 2031., https://airandspace.si.edu/collection-objects/1903-wright-flyer/nasm _A19610048000).

Wraz z rozwojem lotnictwa rozpoczęła się również era skoków ze spadochronem. Kolejnym osiągnięciem techniki było skonstruowanie tunelu aerodynamicznego, wewnątrz którego można było doświadczyć swobodnego latania. Początkowo był on wykorzystywany jako miejsce ćwiczeń dla wojsk desantowych. Stopniowo zyskiwał coraz większą popularność jako miejsce rekreacji dla osób chcących doświadczyć możliwości unoszenia się w powietrzu. Tunel aerodynamiczny stał się także nową areną zawodów sportowych. Panujące wewnątrz tunelu specyficzne warunki, a przede wszystkim pęd powietrza wiejący z ogromną prędkością generowany przez silniki, wymagają od zawodników dużej sprawności fizycznej i przygotowania kondycyjnego. Nie bez znaczenia pozostaje także budowa i proporcje ciała osób poddawanych treningom w tunelu. Organizm zawodników musi przystosować się do nowych warunków, nie tylko ze względu na zwiększony wysiłek fizyczny, ale i nietypowe warunki – strumień powietrza działający na unoszące się ciało z prędkością około 300 km/h, wywołujący określone zmiany w funkcjonowaniu układu krążenia, którego sprawność mechanizmów regulacyjnych można monitorować za pomocą chociażby parametrów krążeniowych (częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego krwi).

Budowa i wygląd ciała oraz procesy w nim zachodzące fascynują naukowców na całym świecie już od czasów Hipokratesa, którego wkład w znajomość ludzkiego ciała jest nieoceniony. Od XIX wieku zaczęto szczegółowo opisywać somatotypy. Z biegiem lat kolejni badacze opracowywali modele budowy ciała i czynniki morfologiczne predysponujące do uprawiania różnych form aktywności fizycznej.

Model budowy ciała oraz parametry fizjologiczne, w tym dotyczące układu krążenia predysponują zawodnika do uprawiania danej dyscypliny sportowej, jak również mają wpływ na osiąganie sukcesów. Sportowcy, którzy zdobywają najwięcej tytułów w danej dyscyplinie, stanowią wzorzec morfologiczny dla trenerów, którym kierują się przy doborze i selekcji sportowej. Budowa ciała i jego proporcje, a także znajomość potencjału biologicznego, w tym fizjologicznego stanowią ważny aspekt personalizacji treningu sportowego (Krakowiak i wsp., 2008).

Pomiary somatyczne pozwalają ocenić proporcje ciała, niezwykle istotne w charakterystykach budowy ciała zawodników różnych dyscyplin sportowych. Jednocześnie pozwalają ocenić zmiany rozwojowe oraz adaptacyjne w budowie ciała zawodników do różnych wysiłków fizycznych. Znajomość proporcji ciała, poszczególnych elementów składu ciała również jest niezwykle istotna w diagnostyce sportowej, ponieważ pozwala ocenić somatyczne efekty zastosowanego treningu sportowego. Pomiary antropometryczne często wykorzystywane są w celu określenia związku budowy anatomicznej z predyspozycjami motorycznymi sportowców (Zatoń i Jastrzębska, 2014).

1.1 Adaptacja do wysiłku fizycznego

Wysiłkiem fizycznym określa się pracę mięśni szkieletowych, której wynikiem jest wykonywanie pracy zewnętrznej wraz z całym zespołem towarzyszących jej czynnościowych zmian w organizmie (Badowska-Kozakiewicz, 2019; Górski, 2019). Zmiany czynnościowe zachodzące w organizmie, ich zakres i rodzaj, zależne są od intensywności wysiłku i jego czasu trwania oraz od wielkości grup mięśni zaangażowanych w pracę i rodzaju ich skurczów, a także od indywidualnych czynników związanych ze stanem zdrowia, wiekiem, wydolnością fizyczną oraz stymulatorów związanych ze środowiskiem, w którym odbywa się aktywność fizyczna.

Wysiłek fizyczny wywołuje szereg różnych reakcji przystosowawczych we wszystkich układach organizmu człowieka, a zwłaszcza w układzie krążenia, oddychania, nerwowym, hormonalnym oraz mięśniowym. Wysiłek fizyczny wywołuje kompleksową, zintegrowaną odpowiedź ustroju na wzrost zapotrzebowania metabolicznego przede wszystkim w mięśniach szkieletowych. Natomiast najważniejszym celem układu krążenia jest dostarczenie większej ilości tlenu do mięśni, aby pokryć wzmożone zapotrzebowanie na ATP (Górski, 2015).

Zdolność organizmu do wykonywania ciężkich wysiłków fizycznych, zarówno długich jak i krótkich, z jak najmniejszym zaburzeniem homeostazy lub też z tolerancją zmian nazywana jest wydolnością fizyczną. Jest ona wypadkową wielu czynników: fizjologicznych, biomechanicznych i psychologicznych. Ocena wydolności ma podstawowe znaczenie w diagnostyce efektów treningu, poziomu adaptacji wysiłkowej, a także dostarcza informacji o stanie zdrowia sportowca. Metody oceny wydolności fizycznej możemy podzielić na metody bezpośrednie, do których należą np. testy progresywne służące pomiarom maksymalnego poboru tlenu oraz pośrednie, np. testy oparte na pomiarze częstości skurczów serca (test Astrand-Ryhming), czy testy polegające na pomiarze czasu trwania wysiłku (test Coopera) (Zatoń i Jastrzębska, 2014).

W badaniach naukowych często stosuje się także proste metody oceny wydolności fizycznej oparte na zmianie częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego krwi, które mogą być wykorzystane bezpośrednio przed i po wysiłku fizycznym np. w sytuacjach startowych bez konieczności dodatkowego obciążania zawodników, a rejestrujące zmiany w układzie sercowo-naczyniowym (Zatoń i Jastrzębska, 2014).

Fizjologiczna adaptacja układu krążenia do wysiłku fizycznego może przyjmować charakter ostry lub przewlekły. Adaptacja ostra to reakcja układu krążenia na pojedynczy wysiłek fizyczny natomiast adaptacja przewlekła to regularna i długotrwała aktywność fizyczna, która powoduje zmiany w tym układzie (Górski, 2019; Jaskólski i Jaskólska, 2005; Małek, 2022).

W przypadku adaptacji ostrej można stwierdzić, że w trakcie wysiłków dynamicznych częstość skurczów serca wzrasta wprost proporcjonalnie do intensywności wysiłku, aż do osiągnięcia tętna maksymalnego. Jednocześnie ze względu na wzrost obciążenia wstępnego serca zaczyna także wzrastać objętość wyrzutowa serca, jednak wzrost ten ma przebieg nieprostoliniowy i ulega zahamowaniu przed szczytem wysiłku, z uwagi na duże skrócenie czasu napełniania się komór przy tętnie submaksymalnym. Wpływa to na brak możliwości dalszego wzrostu objętości wyrzutowej. W procesie tym wzrasta jednak pojemność minutowa serca, czyli iloczyn tętna i objętości wyrzutowej, co pozwala zwiększyć objętość pompowanej przez serce krwi, a tym samym ilości tlenu dostarczanego do pracujących w czasie wysiłku mięśni. Jednocześnie proporcjonalnie do częstości skurczów serca wzrasta ciśnienie skurczowe: mniej więcej o 10 mmHg na każdy wzrost tętna o 10 uderzeń/min powyżej 120/min. Nie powinno ono jednak przekraczać 190 mmHg u kobiet i 210 mmHg u mężczyzn. W tym samym czasie ciśnienie rozkurczowe nie zmienia się lub nieco się obniża o 10-20 mmHg (Małek, 2022).

Natomiast w przypadku adaptacji przewlekłej, która występuje u osób, które przez okres co najmniej kilku miesięcy, kilka razy w tygodniu, przez minimum 30 minut podejmują umiarkowaną lub dużą aktywność fizyczną, zaczynają być zauważalne zmiany w organizmie takie jak: spadek masy ciała, wzrost masy mięśniowej, poprawa parametrów biochemicznych i metabolizmu, obniżenie spoczynkowego ciśnienia tętniczego krwi i częstości skurczów serca. Zmiany obejmują także poprawę efektywności wykorzystania tlenu przez mięśnie, poprawę wydolności oddechowej. W przypadku regularnego wysiłku fizycznego następują w mięśniu sercowym zmiany elektryczne, strukturalne i czynnościowe, które nazywamy sercem sportowca. Regularna aktywność fizyczna skutkuje zwolnieniem rytmu serca w spoczynku czasem nawet do 35-40 uderzeń/min. (Braksator i Mamcarz, 2016). Czynnikiem warunkującym stopień obniżenia ciśnienia tętniczego krwi w spoczynku jest objętość i intensywność treningów. Zwiększa się natomiast rezerwa HR, czyli różnica między częstością skurczów serca maksymalną a spoczynkową (Braksator i Mamcarz, 2016; Małek, 2022).

Adaptacja organizmu do wysiłków fizycznych w wielu dyscyplinach sportowych – zarówno zespołowych grach sportowych jak i sportach indywidualnych została obszernie zbadana i opisana w licznych doniesieniach naukowych (Bolach i wsp., 2013; Chmura i wsp., 2008; Durkalec-Michalski i wsp., 2016; Kasperczyk, 2014; Kruczkowski i wsp., 2008; Łubiński i wsp., 2017; Michalik i wsp., 2017; Strzała i wsp., 2013; Wojtasik i wsp., 2015; Ziemba, 2023).

W ostatnich latach coraz większą popularność zdobywają sporty wysokiego ryzyka zwane ekstremalnymi, uprawiane w tzw. trudnych warunkach. Wymagają one wyjątkowych zdolności fizycznych i psychicznych oraz odpowiedniego przygotowania do działania w warunkach dużego ryzyka (Krzystyniak i wsp., 2014). W zależności od miejsca oraz środowiska ich uprawiania dzielimy je na powietrzne, wodne i lądowe (Birch i wsp., 2012; Krzystyniak i wsp., 2014). Organizm człowieka przystosowany jest do życia w dość ograniczonych zakresach warunków środowiskowych takich jak: temperatury, ciśnienia, zawartości gazów w powietrzu itp., a interakcja między organizmem i jego środowiskiem wewnętrznym a środowiskiem zewnętrznym stanowi podstawę jego adaptacji (Ziemba, 2021).

Odmienne warunki środowiskowe mogą w znaczący sposób wpływać na parametry wydolnościowe organizmu człowieka, zwłaszcza układu krążenia oraz na reaktywność na bodźce, w tym percepcję bólu.

Do wodnych sportów ekstremalnych zaliczamy między innymi nurkowanie. Odbywa się ono na różnych głębokościach w środowisku wodnym, które ma istotny wpływ na ludzki organizm i do którego zasadniczo nie jest on przystosowany. W eksploracji podwodnego świata człowiekowi pomaga odruch nurkowy. Jest to złożona odpowiedź adaptacyjna, która w życiu codziennym chroni nas przed przypadkowym zachłyśnięciem lub utonięciem. Podczas nurkowania w warunkach zniesionego ciążenia układ krążenia zaczyna pracować w warunkach zbliżonych do stanu nieważkości (Braksator i Mamcarz, 2016). Najważniejszą składową odruchu nurkowego jest bradykardia, wzrost ciśnienia tętniczego oraz centralizacja krążenia, mające chronić przed niedotlenieniem najbardziej wrażliwe organy, a więc mózg i serce. Istotna bradykardia może być jednak groźna dla życia nurka, sprzyjając ujawnieniu się ognisk arytmogennych w miokardium, prowadząc do utraty przytomności, a w konsekwencji do utonięcia. W celu ograniczenia niekorzystnych efektów odruchowej odpowiedzi na nurkowanie i zredukowania ryzyka powikłań sercowo-naczyniowych, zaleca się przed nurkowaniem schłodzenie twarzy oraz skóry kończyn i tułowia (Braksator i Mamcarz, 2016).

W grupie powietrznych sportów ekstremalnych dużą popularnością cieszy się spadochroniarstwo, które pierwotnie powstało w celu szybkiego przetransportowania wojsk powietrzno-desantowych na tereny prowadzonych działań zbrojnych i dywersyjnych. Przyczyniło się to do utworzenia aeroklubów, z których w większości korzystali żołnierze doskonalący elementy związane z lotem i lądowaniem. Coraz większa przystępność i możliwość korzystania z aeroklubów sprawiła, że spadochroniarstwo stało się popularne również wśród ludności cywilnej i zapoczątkowało powstanie sportu spadochronowego.

Podczas skoków spadochronowych występują reakcje stresowe. Ogólne zmiany przystosowawcze ustroju, takie jak: wzmożenie procesów przemiany materii, wzrost ciepłoty ciała, wzrost ciśnienia krwi oraz częstości skurczów serca, w reakcji na pojawiający się nowy czynnik działający na organizm to stres fizjologiczny. Z badań autorów Kowalczyk i Kura (2012) wynika, że skok spadochronowy jest istotnym bodźcem stresowym szczególnie dla żołnierzy, którzy byli mniej doświadczeni w wykonywaniu skoków.

Skonstruowanie tunelu aerodynamicznego przyczyniło się do powstania kolejnej dyscypliny powietrznego sportu ekstremalnego tj. indoor skydivingu. Podczas przebywania wewnątrz tunelu można doskonalić swobodne latanie w różnych pozycjach ciała od horyzontalnej, „krzesełkowej” przez wertykalną z ułożeniem głowy w dół.

Zawodowcy bardzo szybko potrafią zmieniać pozycję ciała, a także nawet tańczyć w powietrzu.

Analizując loty zawodników w tunelu aerodynamicznym warto zwrócić uwagę na często pomijany czynnik, jakim jest działanie wektora pola grawitacyjnego. Większość opracowań odnoszących się do odpowiedzi organizmu na wysiłek fizyczny, ogranicza rozważania do pozycji stojącej (pionowej) lub siedzącej, podczas gdy z punktu widzenia hemodynamiki pozycja horyzontalna, która jest często przyjmowana przez zawodników lub amatorów podczas lotów w tunelu aerodynamicznym stwarza całkowicie odmienne warunki wyjściowe dla obciążenia układu krążenia. W pozycji leżącej objętość końcowo-rozkurczowa komory serca (EDV) pozostaje zbliżona do maksymalnie możliwej dla danego osobnika, wobec tego mechanizmem umożliwiającym wzrost objętości wyrzutowej (SV) jest jedynie zwiększenie frakcji wyrzutowej (EF) przez poprawę kurczliwości mięśnia sercowego. Przyrost SV w przebiegu wysiłku fizycznego w pozycji leżącej wynosi ok. 10-15 % wartości spoczynkowej. Pojemność minutowa serca osiąga wartości podobne do otrzymywanych w pozycji stojącej przy każdym poziomie obciążenia. Podczas wysiłku w pozycji leżącej zwiększenie pojemności minutowej serca (CO) następuje głównie poprzez wzrost częstości skurczów serca (HR) przy zmianach średniego ciśnienia tętniczego krwi (MAP) zbliżonych do obserwowanych w trakcie wysiłku w pozycji stojącej (Braksator i Mamcarz, 2016).

Aktywność fizyczna podejmowana w tunelu aerodynamicznym wpływa także na pozostałe układy organizmu człowieka oraz jest czynnikiem predykcyjnym działania mechanizmów hamowania bólu (Naugle i wsp., 2017). Ból pełni funkcję ochronną, ponieważ dostarcza informacji o grożącym niebezpieczeństwie, a u sportowców dodatkowo wskazuje granice wydolności organizmu i jest elementem doświadczenia sportowego. Regularna aktywność fizyczna, może modulować próg odbioru bodźców zarówno bezbolesnych, jak i bolesnych. Wysokość progu bólu zawodników oraz tolerancja na ból są zróżnicowane w zależności od dyscypliny (Pawlak, 2014). Dane literaturowe potwierdzają również, że wysiłek fizyczny uznany jest za istotny predykator tolerancji bólu (Gurevich i wsp., 1994). Specyficzne warunki środowiskowe działające na organizm zawodników w niektórych dyscyplinach sportowych, jak np. w sportach powietrznych, czy wodnych, mogą potencjalnie mieć wpływ na percepcję bólu. Jednak w tym zakresie brakuje doniesień naukowych.

W niektórych dyscyplinach sportowych ważnym aspektem kontroli przeprowadzonych treningów oraz programowania doboru ćwiczeń jest ocena siły

mięśniowej, którą może zmierzyć dokonując pomiarów statycznej siły mięśni ręki przy użyciu dynamometru ściskowego. Liczne badania wykazują, że pomiar siły uścisku ręki może być przydatny w prognozowaniu wielu zdarzeń niekorzystnych dla zdrowia. Spadek siły mięśni związany jest z wiekiem, stanem odżywienia oraz stanem psychicznym badanych (Zasadzka i wsp., 2017). W zależności od uprawianej dyscypliny sportowej, siła mięśni poszczególnych części ciała biorących udział w danych aktach ruchowych jest różna. W strzelectwie sportowym wyższy poziom wytrenowania sportowego koreluje ze zwiększeniem umięśnienia ramienia i przedramienia oraz redukcją otłuszczenia (Burdukiewicz i wsp., 2016). Zawodnicy uprawiający nawet tą samą dyscyplinę sportową jaką jest futbol amerykański, ale zajmujący inne miejsce na boisku (inna formacja) charakteryzują się w badaniu różnicami wartości siły mięśni ręki (Trubiłko, 2023). Ważne znaczenie ma siła mięśniowa kończyn górnych i rąk, ze szczególnym uwzględnieniem specyficznej pracy mięśni palców rąk u osób uprawiających wspinaczkę (Grant i wsp., 1996; Mikołajczyk 2018; Ridan i wsp., 2015; Rokowski i Staszkiewicz, 2010; Ruchlewicz i wsp., 1997; Watts i wsp., 1993).

Zawodnicy, którzy profesjonalnie uprawiają wybraną dyscyplinę sportową, często eksploatują swój organizm wykorzystując maksimum jego możliwości. Zarówno trenerzy jak i zawodnicy we współczesnym sporcie nieustannie wyznaczają sobie nowe cele i zadania, aby zwiększyć próg możliwości organizmu w osiąganiu lepszych wyników sportowych. Z przeprowadzonych badań wynika, że na osiąganie sukcesów sportowych ma wpływ przede wszystkim potencjał biologiczny zawodników (między innymi czynniki: morfologiczny, motoryczny, psychologiczny), ale również zależy od długotrwałej adaptacji organizmu do wysiłku fizycznego i skuteczności treningu (Drozdowski 1984; Raczek, 2010; Sozański i wsp., 2016; Szopa i wsp., 2000).

Rozwój człowieka zależy od zachodzących interakcji między czynnikami genetycznymi oraz środowiskowymi. Wolański (2012) wyróżnia następujące czynniki rozwoju fizycznego:

- endogenne genetyczne – determinanty, czyli cechy dziedziczone po rodzicach, określane jako genotyp,
- endogenne niegenetyczne matki – stymulatory, czyli środowisko wewnętrzne, kolejność ciąży, tryb życia matki itp.,
- egzogenne – modyfikatory, czyli czynniki biogeograficzne i społeczno-ekonomiczne,
- tryb życia.

Genotyp decyduje o potencjale danego organizmu, jednak czy dana osoba zdecyduje się na podjęcie treningu i wykorzystanie swojego potencjału wpływ mają czynniki środowiskowe (Cięszczyk i wsp., 2011). Dla osiągnięcia sukcesów sportowych oraz utrzymania wysokiego poziomu wydolności fizycznej, zdolności motorycznych, między innymi dobrej koordynacji oraz precyzji ruchów niezbędny jest ukierunkowany trening sportowy (Sozański i wsp., 2016).

Poszczególne zdolności motoryczne są w różnym stopniu zdeterminowane przez czynniki genetyczne: np. ponad 82% wariancji siły zginaczy ramienia i uścisku dłoni jest uwarunkowana czynnikami genetycznymi. W nieco mniejszym stopniu (70-80%) czynnikami genetycznymi tłumaczona jest wariancja siły eksplozywnej, szybkości wykonywania ruchów, czasu reakcji, gibkości i zdolności utrzymania równowagi (Cięszczyk i wsp., 2011).

Bardzo ważnym aspektem sprawności fizycznej jest poziom „wytrenowalności". Pod wpływem stosowania zbliżonych obciążeń treningowych występują znaczące indywidualne różnice w zakresie zmian fenotypowych. Mogą one wynikać z płci, wieku czy poziomu sprawności fizycznej, a także wcześniejszych doświadczeń przed podjęciem treningu.

Do podstawowych czynników mających wpływ na sprawność fizyczną zaliczamy budowę somatyczną. Kształt oraz wielkość ciała człowieka, parametry poszczególnych segmentów ciała oraz ich proporcje, a także skład ciała, stanowią morfologiczno-strukturalne predyspozycje, które są poddawane analizie podczas monitorowania efektowności podjętej aktywności ruchowej.

Wrażliwość na oddziaływanie czynników środowiskowych, czyli ekosensytywność wykazują tkanki miękkie w szczególności tkanka tłuszczowa i mięśniowa. Liczba włókien mięśniowych jest zawsze stała i zdeterminowana już około 5 miesiąca życia płodowego. Proporcja włókien szybkokurczliwych do wolnokurczliwych, a więc przystosowanie do wysiłku wytrzymałościowego lub krótkotrwałego i szybkiego jest również z góry określona. Największą labilność w odniesieniu do czynników zewnętrznych wykazuje tkanka tłuszczowa (Osiński, 2000; Trubiłko, 2023).

Najnowsze doniesienia potwierdzają teorię, według której właściwości mięśni i reakcje adaptacyjne zachodzące w nich pod wpływem wykonywanego wysiłku identycznego pod względem czasu trwania, charakteru wykonywanych ćwiczeń i ich intensywności są bardzo podobne u osób będących nosicielami takich samych wersji allelicznych wybranych genów. W związku z tym, przyjmuje się, że genetyczne

uwarunkowania predyspozycji sportowych leżące u podstawy międzyosobniczych różnic w fenotypie mięśniowym są jednym z najistotniejszych czynników umożliwiających osiągnięcie najwyższego poziomu sportowego tylko nielicznym zawodnikom (Cięszczyk, 2024; Trubiłko, 2023).

1.2 Nabór i selekcja w sporcie

Celem racjonalnego procesu szkoleniowego sportowego w sporcie wyczynowym jest identyfikacja jednostek wybitnie utalentowanych do uprawiania danej dyscypliny sportu i skupienie się na tych zawodnikach, którzy posiadają szanse na odniesienie sukcesu (Kosendiak, 2007). Dlatego coraz więcej uwagi poświęca się diagnostyce potencjalnych możliwości młodych sportowców. Istotne jest, aby kandydat do uprawiania danej dyscypliny posiadał odpowiednie predyspozycje osobnicze, a także chęć i determinację do podjęcia odpowiedniego wysiłku (Burdukiewicz i wsp., 2016).

Zastosowanie metod badawczo-diagnostycznych umożliwia stworzenie coraz to dokładniejszych profili mistrzów. Doświadczeni zawodnicy, którzy odnoszą wieloletnie, spektakularne sukcesy są wzorem dla trenerów, selekcjonerów, analityków sportowych do wyszukiwania wśród dzieci i młodzieży następców na kolejne lata (Pietraszewska, 2016).

Według Szopy i wsp. (2000) predyspozycje osobnicze wpływają na efektywność ruchową zawodnika. Wśród nich ważną rolę odgrywają predyspozycje strukturalno-funkcjonalne, do których zaliczane są: wysokość ciała, masa ciała, proporcje ciała, masa mięśni, proporcje włókien mięśniowych czy zakres ruchomości w stawach. Kolejna grupa predyspozycji to uwarunkowania energetyczne zawodnika, do których zaliczone są: mechanizmy pozyskiwania energii, zdolność maksymalnego pochłaniania tlenu, odporność na zmęczenie, maksymalna moc anaerobowa oraz próg anaerobowy.

Bardzo ważną rolę w kontekście efektywności ruchowej przypisuje się predyspozycjom koordynacyjnym (Szopa, 2000), zwanych neurosensorycznymi (Raczek, 2010), które podzielone są na dwie grupy. Pierwsza z nich to sprawność uruchamiania programów ruchowych istniejących już w ośrodkach nerwowych, do których zaliczamy: szybkość reakcji, koordynację receptorowo-ruchową, szybkość ruchów, różnicowanie ruchów, rytmizację ruchów, orientację przestrzenną, równowagę statyczną i dynamiczną. Drugą grupę predyspozycji koordynacyjnych stanowią

predyspozycje istotne podczas tworzenia nowych schematów ruchowych takie jak: wszechstronne jak również specjalne, które są charakterystyczne dla danej dyscypliny sportowej. Szybkość, dokładność i trwałość uczenia się są zewnętrznym przejawem motorycznego procesu uczenia się.

Kolejna grupa predyspozycji wg Szopy i wsp. (2000) to predyspozycje psychiczne, do których zaliczmy: siłę woli, charakter, motywację i temperament.

Powyższe predyspozycje związane z motorycznością są istotnym elementem doboru kandydatów do danej dyscypliny sportowej. Ponadto zaleca się, aby nabór miał charakter stopniowego procesu i uwzględniał dodatkowo zróżnicowanie wieku biologicznego zawodników poddanych sportowemu szkoleniu, ponieważ zdarza się, że wiek biologiczny różni się od wieku kalendarzowego młodych zawodników (Burdukiewicz i wsp., 2016).

Kolejny etap procesu szkolenia to selekcja. Jest to działanie przeciwstawne do naboru i polega na eliminowaniu zawodników nie rokujących na osiągnięcie sukcesów sportowych. Odbywa się ona etapowo w procesie wieloletniego szkolenia. Możemy wyróżnić selekcję naturalną, intuicyjną oraz kierowaną. Założeniem selekcji naturalnej jest to, że na treningi przyjmowani są wszyscy zainteresowani sportem czy też daną dyscypliną, z uwzględnieniem możliwości rezygnacji w każdej chwili, gdy stracą zainteresowanie dyscypliną lub sportem. Selekcja ta ma na celu wytypowanie największych talentów sportowych. Następny etap nazywa się selekcją intuicyjną. Opiera się ona głównie na podstawie wiedzy praktycznej, doświadczeniu i intuicji trenera. Trener ma za zadanie wytypować osoby najbardziej utalentowane z danej grupy. Dlatego ten ważny etap powinien być realizowany przez wielu specjalistów, którzy mogą ocenić potencjał zawodnika.

Ostatnim etapem jest selekcja kierowana. Treningi prowadzone są ze sportowcami, którzy przeszli wcześniejsze etapy szkolenia, a są utalentowani oraz ich stan zdrowia, budowa somatyczna, wiek, poziom sprawności fizycznej, cechy psychiczne dają możliwość prognozowania czy w przyszłości są w stanie osiągnąć wysokie wyniki (Kosendiak, 2007).

Do podstawowych kryteriów w procesie selekcji zalicza się: wskaźniki morfologiczne, stan funkcjonalny organizmu, wiek i wynik sportowy, sprawność motoryczną i właściwości psychiczne. Skuteczność selekcji wynika przede wszystkim z długotrwałego procesu systematycznych pomiarów w poszczególnych etapach szkolenia charakteryzujących kierunki i tempo zachodzących zmian (Sozański, 1999).

Łatwość pomiarów cech morfologicznych uzasadnia poszukiwanie optymalnych cech budowy ciała w każdej dyscyplinie sportu.

Wyniki badań naukowych (Bean, 2014; Bilsborough i wsp., 2016; Fitzgerald, 2012; Frączek i wsp., 2012; Ostojic, 2003; Requena i wsp., 2017; Roelofs i wsp., 2017) wskazują na korelację między budową ciała, składem tkankowym oraz wynikami prób motorycznych i wydolnościowych w różnych dyscyplinach sportu oraz wykazują ponadto wyraźnie występujące różnice w zakresie składu tkankowego pomiędzy osobami trenującymi na różnym poziomie zaawansowania sportowego.

1.3 Charakterystyka i specyfika lotów w tunelu aerodynamicznym

1.3.1 Dane techniczne tunelu aerodynamicznego

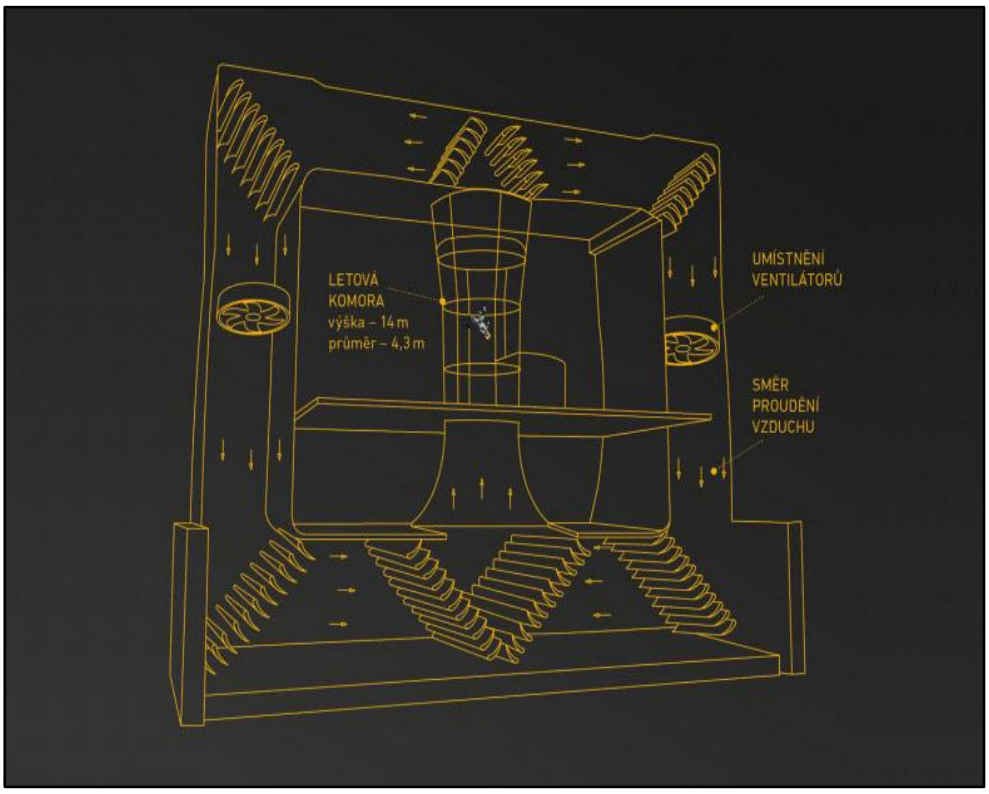
Tunel aerodynamiczny jest urządzeniem stosowanym w aerodynamice doświadczalnej. Jego centralną częścią jest przestrzeń lub komora pomiarowa, w której umieszcza się badany obiekt. Komora badawcza połączona jest z systemem kanałów i wentylatorów przyjmując różne formy techniczne, aby zapewnić uzyskanie przepływu gazu. Budowane są różnego rodzaju tunele dla uzyskania poszczególnych zastosowań oraz odpowiednich zakresów prędkości. Tunele aerodynamiczne ze względu na zastosowanie dzielimy na: lotnicze, samochodowe, środowiskowe, inżynierii wiatrowej, rolnicze i zoologiczne, specjalne oraz treningowe (Wiśniowski, 2016).

Do tuneli treningowych zaliczamy Pionowy Tunel Aerodynamiczny, który jest urządzeniem do swobodnego unoszenia się i opadania ciała człowieka. Liderami w budowaniu oraz w wykorzystaniu technologicznych rozwiązań opracowanych w centrum kosmicznym Politechniki Berlińskiej są firmy niemieckie Indoor Skydiving Germany GMBH, Siemens oraz Howden. Do czołowych firm zalicza się również Strojáreň Litvínov i Hurricane Factory. Budynek tunelu aerodynamicznego (Rycina 1, 2) jest żelbetową konstrukcją o zmiennej grubości ścian i stropów, co pozwala na używanie maksymalnej mocy silników, które tworzą idealnie laminarne, pozbawione wibracji strugi powietrza. Posiada on kształt przybliżony do prostopadłościanu. Składa się z wewnętrznej bryły w kształcie rury cylindrycznej, zawierającej podstawową technologię wertykalnego tunelu wiatrowego. W samym sercu budowli znajduje się

najważniejsza część konstrukcji – szklany walec będący fragmentem kubatury, w której potężne wentylatory wytwarzają wiatr o prędkości ponad 300 km/h, dzięki któremu ludzie mogą unosić się w powietrzu na wysokość kilku lub kilkunastu metrów (https://flyspot.com/pl/o-nas/). Większość tuneli na świecie obecnie ma średnicę około 4,3 m i wysokość około 15,2 m (Rycina 3). Wraz z rozwojem technologii, powstają tunele o coraz większej średnicy.

Rycina 1. Budynek tunelu aerodynamicznego [Źródło: https://flyspot.com/pl/o-nas]

Rycina 2. Budynek tunelu aerodynamicznego [Źródło: https://flyspot.com/pl/o-nas]



Rycina 3. Budowa tunelu aerodynamicznego

[Źródło: https://www.hurricanefactory.com/tatralandia/pl/historia]

1.3.2 Powstanie i historia dyscypliny

Pionowy tunel aerodynamiczny jest maszyną, w której wytwarzany jest strumień powietrza, który porusza się pionowo. Początkowo wykorzystywano ją do badań aerodynamicznych, mających na celu testowanie i badanie aerodynamiki samolotów, a dokładniej do praktycznych testów modeli samolotów i poszczególnych części samolotów. Obecnie tunele aerodynamiczne przeznaczone są do lotów i często określa się je jako symulatory skoków spadochronowych, symulatory swobodnego spadania, tunele do skakania w pomieszczeniach lub po prostu tunele aerodynamiczne (https://www.indoorskydivingsource.com/articles/a-complete-history-of-the-vertical-wind-tunnel/).

Pierwszy tunel aerodynamiczny na świecie powstał w 1871r. w Wielkiej Brytanii (Barlow i wsp., 1999). We Francji pierwszy tunel zbudował Gustaw Eiffel na Polach Elizejskich w 1909 roku, natomiast drugi w 1922 roku, i działa on do czasów obecnych w Paryżu, w Centrum Naukowo-Technicznym. W Polsce profesjonalny tunel aerodynamiczny zbudował w roku 1921 prof. Czesław Witoszyński (Wiśniowski, 2016). Pierwszy pionowy tunel aerodynamiczny (VWT – Vertical Wind Tunnel), który generował wystarczającą prędkość powietrza dla ludzkiego lotu, powstał w 1943 roku w Wright Patterson Air Force Base w Dayton w stanie Ohio (https://web.archive.org/web/20140228112028/http://www.eng.fiu.edu/mme/robotics/EML4905SeniorDesignProject/SampleSeniorDesignProjects/2011Fall/2011fall-T6-VerticalWindTunnel.pdf).

Pierwszym ochotnikiem, który w 1964 roku spróbował swoich sił w lataniu w VWT, był spadochroniarz – Jack Tiffany. Od tamtego czasu tunel zaczęto wykorzystywać do nauki latania spadochroniarzy wojskowych (https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_wind_tunnel).

Treningi latania mogą odbywać się o każdej porze dnia oraz nie są uzależnione od pory roku. Podczas pobytu w tunelu aerodynamicznym dana osoba uczy się przyjmowania właściwej pozycji ciała, która jest niezbędna podczas swobodnego spadania. O „swobodnym” spadaniu skoczka mówimy wtedy, gdy zawodnik wyskakując z samolotu lecącego na dużej wysokości, utrzymuje w powietrzu pozycję poziomą, do momentu otwarcia spadochronu w dowolnym momencie nad ziemią (http://www.polska-zbrojna.pl/home/articleshow/10373?t=Beda-latac-dwa-dni-w-tunelu).

W 1984 roku Jean Saint-Germain złożył patent „Lewitarium do powietrznej flotacji ludzi” i jego pionowy tunel aerodynamiczny stał się dostępny dla społeczności (https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=4457509&KC=&FT=E&locale=en_EP), (http://projects.thestar.com/photos/on_assignment/how-ifly-toronto-brings-thrill-of-skydiving-indoors.html). Od tego czasu inżynierowie dopracowują projekty VWT wciąż testując różne kształty, materiały oraz sprzęt w celu uzyskania wyższej wydajności przy jak najmniejszych kosztach.

Ważnym wydarzeniem w historii pionowych tuneli aerodynamicznych było użycie "maszyny wiatrowej" podczas ceremonii zamknięcia Zimowych Igrzysk Olimpijskich 2006 w Turynie (https://web.archive.org/web/20060825050634/http://www.bodyflight.net/2006_torinno_olympics_.html). Była to specjalnie skonstruowana na tę uroczystość jednostka Aerodium. Wiele osób nigdy wcześniej nie widziało pionowego tunelu aerodynamicznego. Jego prezentacja spowodowała ogromne zainteresowanie tą formą latania.

1.3.3 Loty w tunelu aerodynamicznym w Polsce i Świecie

Pierwsze zastosowanie tunelu aerodynamicznego związane jest z jego wykorzystaniem jako miejsca do trenowania dla skoczków spadochronowych i służb specjalnych. Jednak w niedługim czasie zaczęto go wykorzystywać do pewnego rodzaju rozrywki i sportu, a od 2014 r. loty w tunelu aerodynamicznym stały się odrębną dyscypliną sportową.

Obecnie na świecie organizowane są trzy rodzaje oficjalnych zawodów certyfikowanych przez Międzynarodową Federację Lotniczą FAI, są to:

- FAI World Indoor Skydiving Championship, czyli Mistrzostwa Świata (pierwsza edycja została zorganizowana w 2015 w Hurricane Factory w Pradze, druga w 2017 w SkyVenture Montreal w Kanadzie, trzecia w 2019 rok we francuskim tunelu Weembi w Lesquin, czwarta w 2023 w Hurricane Factory Tatralandia na Słowacji, piąta w kwietniu 2025 w Raeford w USA),
- FAI World Cup of Indoor Skydiving, czyli Puchar Świata (pierwszy odbył się w tunelu iFLY Austin w Teksasie w 2014 roku, drugi w warszawskim Flyspot w 2016, trzeci w Gravity Indoor Skydiving w Bahrajnie w 2018 roku,

czwarty w 2020 w belgijskim AirSpace w Charleroi, a piąty w 2024 w GoAirborne w Macau w Chinach),

- FAI European Indoor Skydiving Championship, czyli Mistrzostwa Europy (pierwsza edycja odbyła się w 2018 roku w norweskim tunelu VossVind, druga w 2020 w belgijskim AirSpace w Charleroi, a trzecia w 2024 w GoAirborne w Macau w Chinach) (fai.org/news/).

Ponadto sportowcy chętnie biorą udział w innych, równie prestiżowych zawodach. Wśród nich są The Wind Games (organizowane od 2015 co roku w hiszpańskim tunelu Windoor), The Clash of Lyons w iFly Lyon czy The Sakura Cup Invitational organizowane w japońskim FlyStation w Tokio (https://www.flyspotpolishopen.com/).

Również w Polsce odbywają się Mistrzostwa w Indoor Skydivingu. Flyspot Open Indoor Championship są organizowane od 2014 roku. X Flyspot Polish Open odbyły się w dniach 21-23.11.2024 roku w Gdańsku (https://www.flyspotpolishopen.com/). Organizowana jest także Liga Mistrzów Flyspot. Są to 4 imprezy w roku, podczas których zawodnicy zdobywają punkty do klasyfikacji generalnej (https://www.flyspot.com/pl/nasze-atrakcje/tunel-flyspot/oferta-dla-profesjonalistow/zawody-we-flyspot/liga-mistrzow/).

Obecnie w naszym kraju istnieje już kilka miejsc, w których można odbywać loty w tunelu aerodynamicznym. Są to: FLYSPOT (Warszawa), FLYSPOT (Katowice), FLYSPOT (Gdańsk), FLYSPOT (Wrocław), SPEEDFLY (Wrocław), FREEFLYCENTER (Leszno), MAXFLY (Bydgoszcz), MAXFLY (Gdańsk) oraz MAXFLY (Poznań).

1.3.4 Zawodnicy i ich zadania

Korzystanie z lotów w tunelu aerodynamicznego wiąże się z odpowiednim przygotowaniem uczestników. Powinni być oni wyposażeni w specjalistyczny sprzęt: kask, gogle oraz kombinezon. Zawodnicy używają kasków tzw. full-face oraz optymalnie dopasowanych kombinezonów, które zabezpieczają maksymalną swobodę ruchów. Kombinezon musi być bardzo wytrzymały na działanie strug powietrza działających z prędkością 300 km/h. Często uczestnicy lotów używają dodatkowo stoperów do uszu. Pierwsze próby lotów w tunelu aerodynamicznym odbywają się zawsze z asekuracją instruktora, który udziela wskazówek jak należy się zachować w tych szczególnych warunkach, a w razie nieprzewidzianych trudności pomaga zawodnikowi przyjąć

właściwą pozycję ciała, której zmiana odbywa się poprzez rotacje w stawach biodrowych i ramiennych. Najbardziej popularne pozycje jakie można przyjmować podczas latania to: horyzontalna, „krzesełkowa”, wertykalna z ułożeniem głowy w dół. Zaawansowani zawodowcy potrafią szybko zmieniać pozycję ciała, a nawet wykonywać ewolucje i elementy taneczne w powietrzu (Rycina 4).

Rycina 4. Zawodnicy w tunelu podczas zawodów. [Źródło: https://flyspot.com/pl/o-nas]

Zawodnicy, którzy regularnie trenują loty w tunelu aerodynamicznym biorą udział w zawodach, które odbywają się w kilku kategoriach:

– Dynamic – jest dynamiczną odmianą indoor skydivingu i polega na synchronicznych ruchach w odpowiednich częściach tunelu. W tej odmianie wyróżniamy:
  - Dynamic 2 way – polega na lataniu 2 zawodników na dużych prędkościach strug powietrza właściwie we wszystkich możliwych konfiguracjach ciała względem wiejącego powietrza. Na zawodach wykonuje się sekwencje zadanych elementów w zależności od rodzaju konkurencji i liczy się ich dokładność lub szybkość wykonania.
  - Dynamic 4 way – to latanie 4 zawodników na dużych prędkościach strug powietrza właściwie we wszystkich możliwych konfiguracjach ciała względem

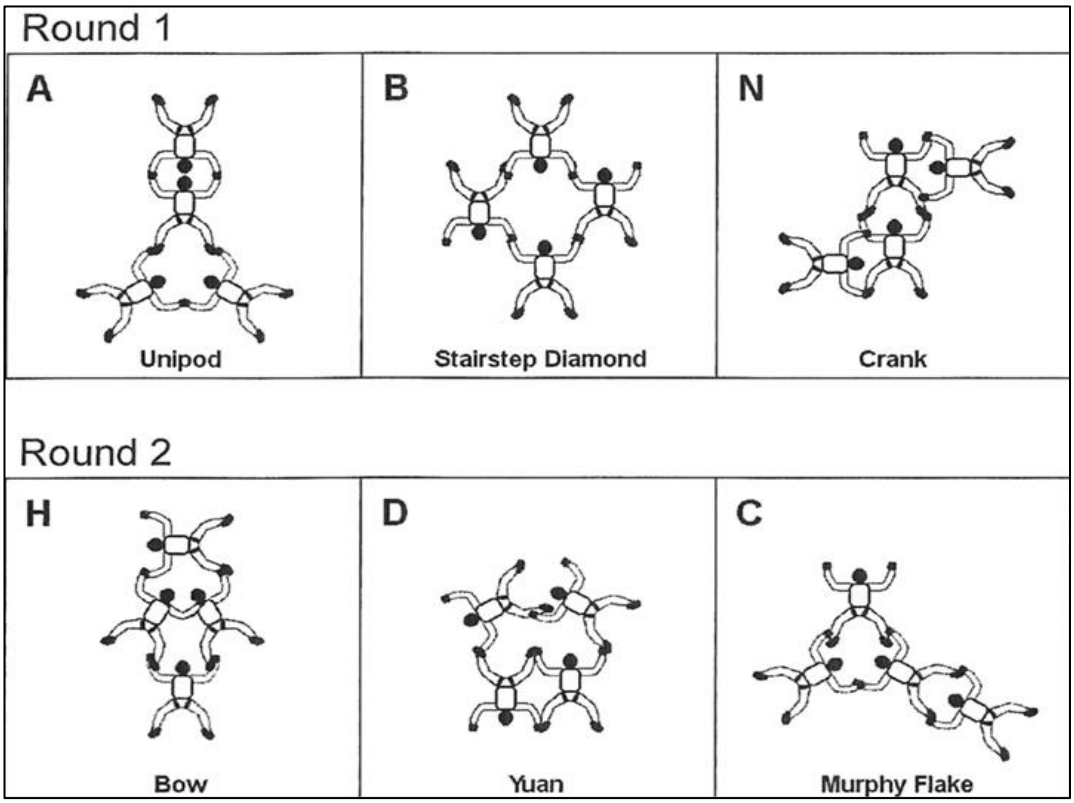
wiejącego powietrza. Na zawodach wykonuje się sekwencje zadanych elementów w zależności od rodzaju konkurencji i liczy się dokładność lub szybkość ich wykonania.

- Vertical Formation – odmiana, w której oceniana jest zmiana prędkości i kierunku lotu za pomocą sterowania głową lub nogami.
  - Vertical Formation Skydiving VFS 4 way – konkurencja polegająca na formowaniu sekwencji figur przez 4 osoby latające wertykalnie czyli głowami pionowo w dół lub w górę. To dyscyplina wymagająca bardzo dużych umiejętności szczególnie na poziomie rangi światowej.
- Formation – odmiana, która polega na tworzeniu skomplikowanych figur podczas latania w zatrzymaniu (Rycina 5, 6, 7). W tej odmianie wyróżniamy:
  - Formation skydiving FS 4 way – konkurencja obejmująca formowaniu sekwencji figur przez 4 osoby latające na płasko (brzuchem do dołu). W ramach tej konkurencji są 4 kategorie (AAA, AA, A, Rookie) w zależności od doświadczenia i poziomu umiejętności. Zakres figur i bloków dostosowany jest do poziomu wytrenowania zawodników.
  - Formation skydiving FS 2 way – konkurencja polegająca na formowaniu sekwencji figur przez 2 osoby latające na płasko (brzuchem do dołu).
- Freestyle – konkurencja indywidualna, w której oceniana jest wartość artystyczna przygotowanego układu do muzyki. W tej konkurencji Polka Maja Kuczyńska, zdobyła światową sławę, prezentując swój układ taneczny w tunelu.

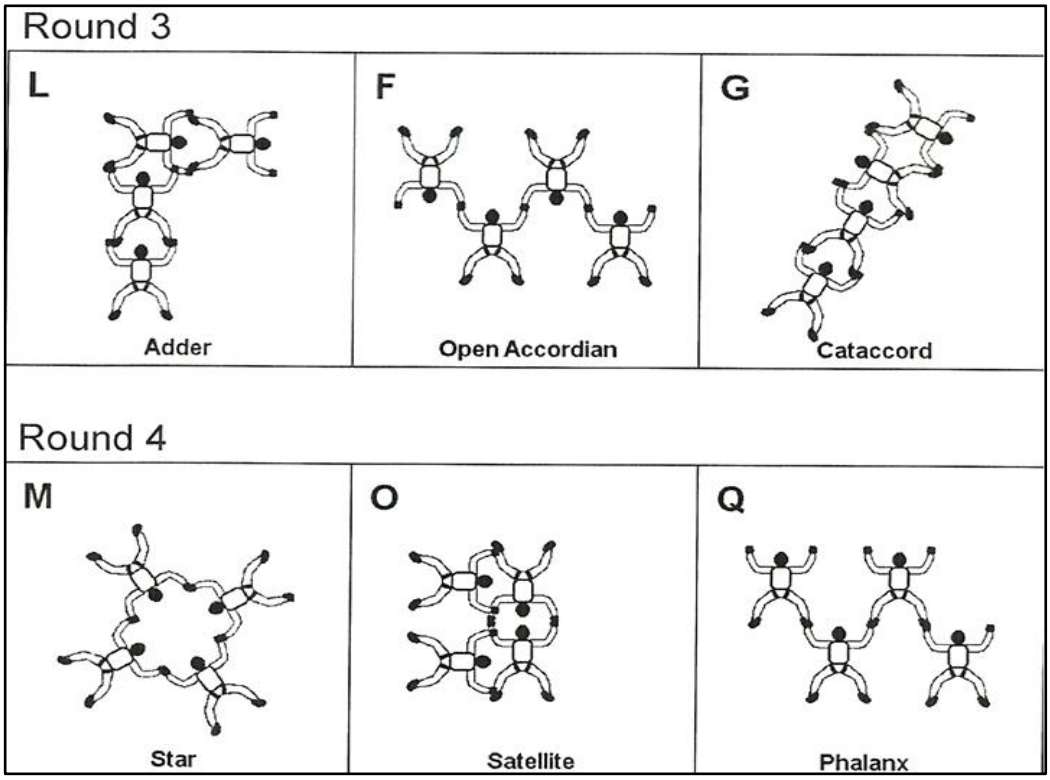
Niezależnie od rangi zawodów, wszystkie formy współzawodnictwa sportowego w tej dyscyplinie podlegają jednakowym regulacjom regulaminowym (za IBA – International Bodyflight Association):

- Wszystkie zawody wymagają dyrektora zawodów, sędziów oraz zawodników.
- Po rozpoczęciu zawodów nie są dozwolone żadne dodatkowe ćwiczenia ani latanie dla przyjemności.
- Przed zawodami odbywa się odprawa, podczas której wszyscy zawodnicy zapoznają się z regulaminem i zasadami podczas danych zawodów, jak także odbywa się losowanie sekwencji ruchów, które zawodnicy wykonują we wszystkich rundach.
- Zespoły mają prawo do jednej rundy treningowej przed pierwszą rundą zawodów w celu ustalenia odpowiedniej prędkości w tunelu.

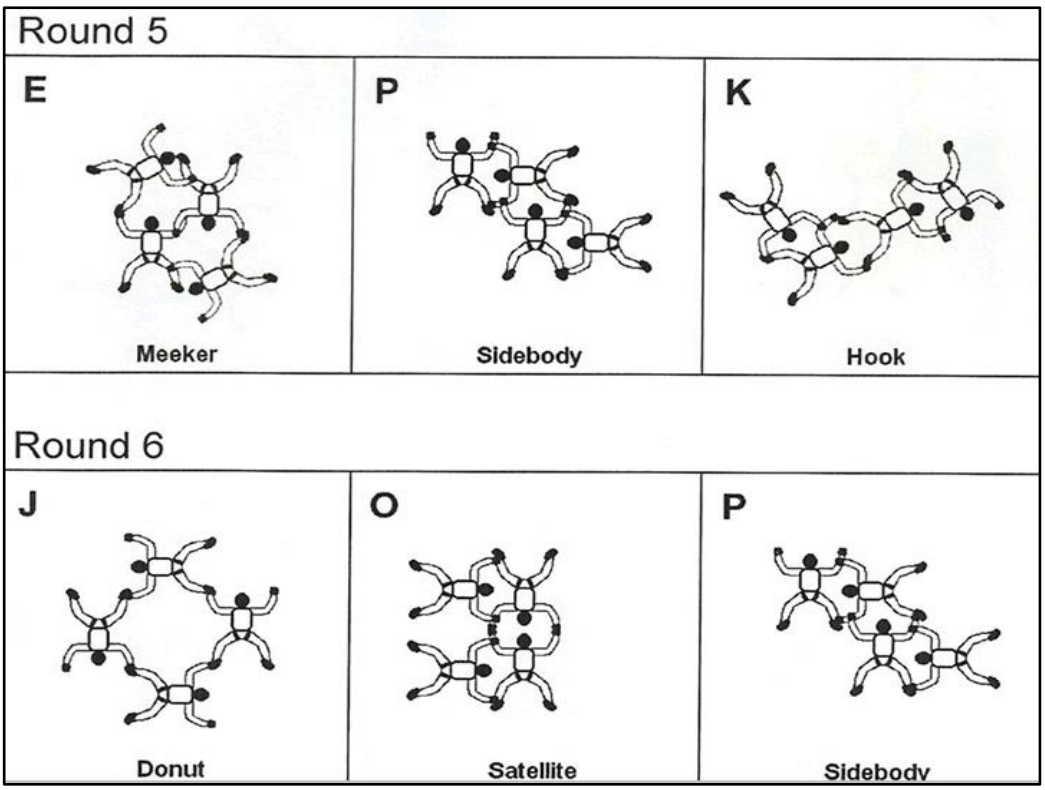
- Sędziowie oglądają loty ze specjalnie przygotowanego miejsca, jak także mają możliwość obejrzeć powtórki wideo w celu weryfikacji ewentualnych pomyłek.
- Zawodnicy mają wystarczająco dużo czasu po odprawie oraz pomiędzy poszczególnymi rundami, tak aby mogli „teoretycznie” przećwiczyć sekwencje ruchów w kolejnej rundzie.



Rycina 5. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 1 i 2. [https://www.flyspot.com/pl/nasze-atrakcje/tunel-flyspot/oferta-dla-profesjonalistow]



Rycina 6. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 3 i 4. [https://www.flyspot.com/pl/nasze-atrakcje/tunel-flyspot/oferta-dla-profesjonalistow]



Rycina 7. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 5 i 6. [https://www.flyspot.com/pl/nasze-atrakcje/tunel-flyspot/oferta-dla-profesjonalistow]

1.4 Stan badań w zakresie podjętej problematyki

Budowa ciała jest istotnym czynnikiem warunkującym sukces sportowy. Ocena cech morfologicznych oraz proporcji ciała jest ważną determinantą selekcji wśród dzieci i młodzieży do danej dyscypliny sportowej. Tematyka ta jest dobrze opisana w literaturze przedmiotu, wiele publikacji naukowych porusza problematykę budowy ciała zawodników specjalizujących się w różnych dyscyplinach sportowych. Charakterystyka różnic morfologicznych obejmuje zarówno osoby trenujące sporty indywidualne (Krakowiak i wsp., 2008; Bojzan i wsp., 2008; Pietraszewska i wsp., 2013; Nowosielska-Swadźba i wsp., 2016; Pietraszewska, 1998; Poliszczuk i wsp., 2010; Raković i wsp., 2015) jak i zespołowe gry sportowe (Pietraszewska, 1998; Pietraszewska, 2002; Pietraszewska i wsp., 2013; Pietraszewska i wsp., 2016, Trubiłko 2023).

Bardziej złożone zagadnienie dotyczące czynników warunkujących sukces sportowy stanowią sporty ekstremalne, czyli uprawiane w ekstremalnych warunkach klimatycznych lub przyrodniczych oraz wymagające ponadprzeciętnych umiejętności, odwagi i działania w warunkach dużego ryzyka, często zagrożenia zdrowia i życia. W zależności od miejsca uprawiania sporty ekstremalne dzielimy na powietrzne, wodne i lądowe. Do sportów ekstremalnych powietrznych zaliczamy między innymi: spadochroniarstwo, paralotniarstwo, wolne skoki z samolotu – skydiving, czy loty w tunelu aerodynamicznym, czyli indoor skydiving. Te ostatnie, chociaż nie wiążą się z tak wysokim ryzykiem jak tradycyjne sporty ekstremalne, to ich klasyfikacja do grupy tych sportów związana jest z wykonywaniem akrobacji przez zawodników na granicy ryzyka charakterystycznego dla sportów ekstremalnych. Tematyka dotycząca morfofunkcjonalnych uwarunkowań zawodników w tych dyscyplinach sportu jest jeszcze mało poznana. Dostępne są doniesienia naukowe dotyczące aspektu psychologicznego oraz zasad bezpieczeństwa osób uprawiających spadochroniarstwo (Alekso, 1985; Bębenek, 1983; Dzieciaszek, 2009; Dzieciaszek i Grocholski, 2009; Guszkowska i Bołdak, 2010; Makarowski i wsp., 2009; Mazur i wsp., 2018) oraz urazowości występującej w tej dyscyplinie sportu (Bäcker i wsp., 2020). W literaturze przedmiotu opisano także zagadnienia związane ze stanem odżywienia reprezentacji Wojska Polskiego w skokach spadochronowych u mężczyzn (Bieniek i wsp., 2003).

Guszkowska i Bołdak (2010) przeprowadzili badania wśród osób uprawiających sporty wysokiego ryzyka, w tym w grupie spadochroniarzy, które miały na celu wykazanie czy istnieje związek między ich temperamentem, a poszukiwaniem wrażeń.

W grupie spadochroniarzy nie zaobserwowano selekcji temperamentalnej czyli, że liczba wykonanych skoków nie różnicowała cech temperamentu i poszukiwania wrażeń.

Dzięki wykorzystaniu tunelu aerodynamicznego przeprowadzono badania dotyczące wyznaczenia współczynników siły oporu czołowego u skoczków o różnej budowie ciała. Uzyskane wyniki wykazały znaczną zbieżność (Walnik i wsp., 2020).

Z badań Litwińskiej (2008) dotyczących związku pomiędzy uprawianym sportem, a poziomem twórczości sportowców wynika, że skoczkowie spadochronowi i lekkoatleci osiągnęli niższe wyniki w porównaniu do alpinistów w Rysunkowym Teście Twórczego Myślenia Urbana i Jellena.

Z badań Bobrowskiego (2008) na temat zmian hemodynamicznych układu krążenia u skoczków spadochronowych wynika, że wzrost tętna przed skokiem u niektórych spadochroniarzy świadczy o pobudzeniu układu adrenergicznego, ale nie jest to reakcja wygórowana. Podobnie kształtują się reakcje związane ze zmianą ciśnienia tętniczego krwi. Odnotowane zmiany hemodynamiczne wskazują, iż wraz ze wzrostem ilości skoków ze spadochronem obserwuje się adaptację organizmu do wykonywania zadań.

Szczególne predyspozycje zdrowotne są niezbędne do uprawiania profesjonalnego lub amatorskiego nurkowania. Układy oddechowy i krążeniowy są bardziej obciążone w warunkach środowiska o podwyższonym ciśnieniu atmosferycznym niż w warunkach normobarycznych. Selekcja zdrowotna, monitorowanie stanu zdrowia oraz ścisłe przestrzeganie procedur obowiązujących nurków podczas przebywania pod wodą minimalizują wystąpienie wypadków (Jóźwiak i wsp., 2016).

Podczas przebywania w środowisku wodnym, upośledzony jest odbiór bodźców czuciowych, który wywołuje stres psychiczny oraz fizjologiczny i jest on niezależny od doświadczenia nurkowego. W czasie nurkowania jest aktywowany autonomiczny układ nerwowy (AUN), pobudzone są różne osie neurohormonalne, a organizm jest w stanie wysokiego psychofizjologicznego pobudzenia i gotowości do działania (Boussuges i wsp., 2006). Po nurkowaniu natomiast następuje zmniejszenie pobudzenia, następuje rozluźnienie oraz wzrost pozytywnych emocji (Morgan, 1995).

Z analizy przeprowadzonych badań porównawczych płetwonurków doświadczonych i początkujących wynikają wyraźne różnice w reakcjach fizjologicznych. U płetwonurków początkujących w reakcjach fizjologicznych następują większe zmiany, które są spowodowane przede wszystkim stresem (Graczyk i wsp., 2008; Graczyk i Magiera, 2005). Adaptację do nurkowania obserwuje się u doświadczonych nurków, na co wskazuje odpowiedź układu sercowo-naczyniowego. Z wyników badań Kujawski

i wsp. (2017) wynika, że ekspozycja na hiperbarię na głębokość 30 metrów miała wpływ na nieznaczny spadek wartości częstości akcji serca (HR), jednak nie była istotna statystycznie. Natomiast podczas ekspozycji na 60 metrów nastąpił wzrost HR, który był istotny statystycznie (Kujawski i wsp., 2017).

W dostępnej literaturze wciąż brakuje informacji i badań dotyczących morfologicznych uwarunkowań oraz ewentualnych zmian parametrów układu krążenia będących reakcją na ten specyficzny wysiłek zawodników uprawiających swobodne latanie w tunelu aerodynamicznym.

1.5 Uzasadnienie podejmowanych badań

W Polsce loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving) są młodą dyscypliną sportową. Z tego względu nie były jeszcze prowadzone szczegółowe badania dotyczące modelu budowy ciała oraz parametrów fizjologicznych, charakteryzujących zawodników tej dyscypliny sportu. Dynamiczny rozwój i coraz powszechniejszy dostęp do lotów w tunelu aerodynamicznym, wskazują na potrzebę oceny składu ciała, modelu budowy, reaktywności na bodźce oraz analizy parametrów fizjologicznych, zwłaszcza krążeniowych. Przeprowadzenie takich badań przyczyni się do optymalizacji procesu treningowego i ograniczenia ryzyka kontuzji, związanego z uprawianiem tej dyscypliny sportu. Monitorowanie parametrów krążeniowych przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym jakim są loty w tunelu aerodynamicznym umożliwi analizę reakcji układu sercowo-naczyniowego w tych specyficznych warunkach, w których zawodnik poddany jest działaniu pędu powietrza z prędkością 300 km/h utrzymującym jego ciało w zawieszeniu. Dodatkowym czynnikiem działającym na ten układ jest wektor pola grawitacji, który zmienia się podczas wykonywania przez zawodnika zmian ułożenia ciała od pozycji wertykalnej po horyzontalną, czy odwróconą (Braksator i Mamcarz, 2016).

2 Cel pracy

Celem planowanych badań było poszukiwanie i identyfikacja optymalnych cech somatycznych i elementów składu ciała oraz ocena reakcji układu krążenia zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving) za pomocą monitorowania wybranych parametrów krążeniowych. Dodatkowym celem pracy była ocena reaktywności na bodźce - pomiar wysokości progu bólu, a także ocena siły mięśni ręki zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym.

Dla osiągnięcia zamierzonych celów badań posłużyły następujące zadania badawcze:

1. Ocena parametrów morfologicznych, proporcji ciała i składu ciała zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym.
2. Ocena zmian parametrów krążeniowych (wartości ciśnienia tętniczego krwi i częstości skurczów serca) przed i po wysiłku fizycznym w tunelu aerodynamicznym w grupie zawodników oraz osób rekreacyjnie korzystających z tunelu aerodynamicznego.
3. Ocena reaktywności na bodźce – wysokość progu bólu przed i po wysiłku fizycznym w tunelu aerodynamicznym w grupie zawodników i osób rekreacyjnie korzystających z tunelu aerodynamicznego.
4. Ocena siły mięśniowej ręki przed i po wysiłku fizycznym w tunelu aerodynamicznym w grupie zawodników i osób rekreacyjnie korzystających z tunelu aerodynamicznego.

2.1 Hipotezy pracy

1. Budowa ciała jest istotną determinantą w odnoszeniu sukcesów sportowych w lotach w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving).
2. Ocena zmian parametrów krążeniowych zawodników w specyficznych warunkach wysiłku fizycznego jest ważną informacją dotyczącą poziomu wytrenowania, a także adaptacji układu krążenia. Różna reakcja układu krążenia u zawodników i amatorów jest wynikiem adaptacji podczas lotów w tunelu aerodynamicznym.
3. Siła mięśniowa i próg bólu badanych istotnie zmieniają się pod wpływem treningu w tunelu aerodynamicznym i zależne są od poziomu wytrenowania.

3 Materiał i metody

3.1 Materiał badań

Na prowadzone badania uzyskano pozytywną opinię Komisji Bioetycznej nr 10/KB/VI/2018 z dnia 21 czerwca 2018 roku.

Dla realizacji celów pracy wykonano badania 86 zawodników płci męskiej, w wieku chronologicznym 18-46 lata, którzy wzięli udział w Mistrzostwach Polski w Indoor Skydiving oraz Lidze Mistrzów, które odbywały się we FLYSPOT Katowice. Dla każdego zawodnika przyjęto taki sam czas wysiłku w tunelu aerodynamicznym wynoszący 2 x 1,5 minuty z przerwą trwającą 1 minutę, ustalono takie same zadania ruchowe z bardzo zbliżoną intensywnością wykonywanego wysiłku fizycznego podczas treningu. Liczebność zawodników wynikała z faktu, iż jest to dosyć młoda rozwijająca się dopiero dyscyplina sportowa i stanowiła ona 92% wszystkich polskich zawodników uprawiających latanie w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving). Jednak aspiruje ona, aby stać się sportem olimpijskim. Grupę porównawczą stanowiło 30 amatorów-zdrowych mężczyzn (w wieku chronologicznym 18-44 lata), którzy po raz pierwszy podjęli aktywność ruchową w formie lotów w tunelu aerodynamicznym. Czas ich ćwiczeń w tunelu aerodynamicznym wynosił (podobnie jak u badanych zawodników) 2 x 1,5 min z przerwą trwająca 1 minutę.

3.2 Metodologia badań

3.2.1 Wiek chronologiczny i staż zawodniczy badanych

Na potrzeby prowadzonych badań zgromadzone zostały informacje dotyczące wieku chronologicznego wszystkich badanych mężczyzn oraz dodatkowo stażu zawodniczego w grupie zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving).

3.2.2 Pomiary antropometryczne i wybrane wskaźniki somatyczne

Pomiary cech morfologicznych wykonano zgodnie z zasadami przyjętymi w antropometrii za Martinem (1928), w adaptacji Z. Drozdowskiego (1984). W celu ich wykonania wykorzystano instrumentarium antropometryczne, a mianowicie do pomiarów długościowych zastosowano antropometr, a do pomiarów szerokościowych cyrkiel kabłąkowy duży.

Uwzględniono następujące pomiary:

- wysokości ciała (B-V) [cm];
- długości tułowia (sst-sy) [cm];
- długości kończyny górnej (a-da_{III}) [cm];
- długości kończyny dolnej (sy-B) [cm];
- szerokości barków (a-a) [cm];
- szerokości bioder (ic-ic) [cm].

Zbadane cechy zostały wykorzystane do wyliczenia następujących wskaźników:

- wskaźnik Rohrera – wyrażający stosunek ciężaru ciała podanego w gramach do sześcianu wysokości ciała [$\frac{ciężar\ ciała}{(B-V)3}$ x 100];
- wskaźnik tułowia – procentowy stosunek długości tułowia do wysokości ciała [$\frac{sst-sy}{B-V}\ x\ 100$];
- wskaźnik międzykończynowy – procentowy stosunek długości kończyny górnej do długości kończyny dolnej [$\frac{a-daIII}{sy-B}\ x\ 100$];
- wskaźnik barkowo – wzrostowy (dalej barkowy) – procentowy stosunek szerokości barków do wysokości ciała [$\frac{a-a}{B-V} x\ 100$];
- wskaźnik biodrowo-wzrostowy - procentowy stosunek szerokości bioder do wysokości ciała [$\frac{ic-ic}{B-V} x\ 100$].

3.2.3 Ocena pomiaru składu ciała

Wykonany został pomiar składu ciała za pomocą analizatora składu ciała InBody 170 firmy InBody Co., Ltd. obejmujący:

- masę ciała [kg];
- masę mięśni szkieletowych [kg];
- masę tkanki tłuszczowej [kg];

- beztłuszczową masę ciała FFM [kg];
- wskaźnik masy ciała BMI [kg/m2];
- procentową zawartość tkanki tłuszczowej [%];
- wskaźnik WHR.

Analizator InBody 170 do pomiaru wykorzystuje bioimpedancję elektryczną, która jest nieinwazyjną metodą pomiaru składu ciała. Mechanizm ten stosuje różne częstotliwości i konfiguracje elektrod. Badanie polega na zmierzeniu impedancji (czyli rodzaju oporu elektrycznego złożonego z rezystancji i reaktancji) tkanek, przez które jest przepuszczany prąd elektryczny o niskim natężeniu (£ 1 mA) (Lewitt i wsp., 2007).

3.2.4 Ocena parametrów krążenia

Ocenie poddane zostały wybrane parametry krążeniowe, tj. wartość ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstość skurczów serca (HR). Badania zostały przeprowadzone zgodnie z zaleceniami ekspertów European Society of Hypertension (ESH) z 2021. Podczas badania do monitorowania częstości skurczów serca wykorzystano sporttester H10 firmy Polar, natomiast do zbadania ciśnienia użyto ciśnieniomierza automatycznego, elektronicznego (oscylometrycznego), z mankietem naramiennym w wymaganym rozmiarze, firmy Omron HBP T105. Ciśnieniomierz był zwalidowany zgodnie z ustalonym protokołem oraz był wpisany na listę urządzeń, które można używać w gabinetach lekarskich. Aby pomiar ciśnienia tętniczego był prawidłowo wykonany, należy przestrzegać następujących ogólnych zasad:

- badany powinien powstrzymać się od spożywania posiłków, palenia papierosów, wysiłku fizycznego i spożywania kofeiny przez minimum 30 minut przed wykonaniem pomiarów,
- badany powinien siedzieć z opartymi plecami,
- ręka, na której jest przeprowadzany pomiar, powinna być odkryta i swobodnie oparta,
- mankiet ciśnieniomierza powinien znajdować się na poziomie serca i być odpowiedniego rozmiaru,
- kończyny dolne powinny być nieskrzyżowane, a stopy ułożone swobodnie, płasko na ziemi,
- należy unikać rozmów podczas badania (Stergiou i wsp., 2021).

Pomiary ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi oraz częstości skurczów serca (HR) zawodników i amatorów odbywały się w dwóch seriach badań: bezpośrednio przed wysiłkiem fizycznym w tunelu aerodynamicznym oraz bezpośrednio po nim. Monitorowanie parametrów krążeniowych pozwoliły na kontrolę zmiany ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego, rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca pod wpływem wysiłku fizycznego w specyficznych warunkach jakie panują w tunelu aerodynamicznym.

3.2.5 Ocena progu bólu

Pomiar progu bólu oceniono za pomocą algometru The Wagner Pain Test^{TM}FPK20 firmy The Wagner Instruments, Greenwich CT, USA. Algometr jest urządzeniem, opracowanym przez Fishera, służącym do pomiaru wrażliwości uciskowej (ang. Pressure Pain Treshold, PPT) (Fisher, 1986). Ocena wrażliwości uciskowej jest dość szybką oraz łatwą metodą określania progu bólowego tkanek (Kubasik i wsp., 2015). Próg bólu (PPT) jest to minimalna presja, przy której wartość działającej siły wywołuje odczucie bólu (Vanderweeen, 1996). Algometria jest metodą pomiarową wiarygodną, obiektywną oraz cechuje się dużą powtarzalnością (Fisher, 1986; Jensen, 1990; Vanderweeen, 1996). Chesterton i wsp. (2007) uważają, że największą wiarygodność można uzyskać przez wyciągnięcie średniej z trzech pomiarów, jak również, że algometria jest metodą ilościową oceny czułości stosowaną w praktyce klinicznej. Podczas badania zarówno badający jak i badany nie powinni widzieć tarczy urządzenia do momentu, w którym badany zawodnik lub amator zgłosi, że ucisk odczuwany jest jako bolesny (Andrzejewski i wsp., 2009). Nacisk głowicą algometru, która jest wyposażona w gumową końcówkę w kształcie dysku o powierzchni 1 cm^2, powinien być wykonywany pod katem 90º do powierzchni badanych tkanek z prędkością 1kg/cm^2/s (Fisher, 1986). Poszczególne części ciała mają różny próg wrażliwości uciskowej tkanek (Hogeweg i wsp., 1992; Vanderweeen, 1996). Próg wrażliwości tkanek obręczy barkowej i ramienia jest mniejszy niż bardziej dystalnie położonych tkanek przedramienia i ręki (Vanderweeen, 1996). Do pomiarów wytypowano punkty znajdujące się na przedramieniu oraz ręce ze względu na ich łatwą dostępność, ponieważ osoby przebywające w tunelu aerodynamicznym wyposażone są w specjalistyczne kombinezony. Dodatkowo kończyny górne są znacząco

obciążone podczas utrzymywania i zmian pozycji ciała w czasie lotów w tunelu aerodynamicznym.

Pomiar progu bólu wykonany był na obu kończynach górnych (L – lewa, R – prawa) w punktach latero carpi (LA CA) – przejście między proksymalną a środkową 1/3 przedramienia, w bruździe między promieniowymi prostownikami nadgarstka oraz latero digiti (LA DI) – nad pierwszą przestrzenią międzykostną, mięśniem międzykostnym grzbietowym, w kierunku drugiej kości śródręcza (Stecco i Stecco, 2015).

Badani pozostawali w pozycji siedzącej, z kończyną górną zgiętą w stawie łokciowym do 60º, przedramię oraz ręka stroną dłoniową umieszczone były na stole. Podczas testu w momencie odczuwania pierwszego wrażenia bólu badany informował mówiąc „stop". Badanie zostało przeprowadzone trzykrotnie dla każdego z punktów pomiarowych, a następnie wyliczono średnią arytmetyczną. Pomiary zostały wykonane zarówno bezpośrednio przed jak i po locie w tunelu aerodynamicznym.

3.2.6 Ocena siły mięśniowej ręki

Ocenie poddana została także statyczna siła mięśniowa ręki przy użyciu dynamometru. Pomiar siły mięśniowej przy użyciu dynamometru ręcznego jest przydatną i prostą metodą oceny stanu funkcjonalnego organizmu (Giampaoli i wsp., 1999; Martin-Ponce i wsp., 2014; Taekema i wsp., 2010). Do badania został wykorzystany ręczny ściskowy dynamometr firmy Baseline® Evaluation Instruments USA. Podczas badania zastosowano procedury zgodnie z zaleceniami Amerykańskiego Towarzystwa Terapeutów Ręki (American Society of Hand Therapists). Badanie odbyło się w pozycji siedzącej, zawodnik lub amator oparty był o krzesło bez podłokietników, stopy oparte płasko na podłodze, ramiona wzdłuż tułowia, badana kończyna górna zgięta w stawie łokciowym pod kątem 90º z przedramieniem ustawionym w pozycji pośredniej, a staw nadgarstkowy ustawiony w pozycji wyprostnej 0-30º. Zawodnicy wykonywali zaciskanie ręki i utrzymywali uścisk przez 6 sekund. Badanie powtórzono trzykrotnie dla obu rąk z odpoczynkiem w odstępach jednominutowych, a uśredniony wynik został zapisany (Figueiredo i wsp., 2007; Massy-Westropp i wsp., 2011). Pomiary zostały wykonane zarówno przed jak i bezpośrednio po locie w tunelu aerodynamicznym.

3.2.7 Analiza statystyczna

Zebrane wyniki poddano analizie statystycznej. Uzyskane z badań dane zostały opracowane statystycznie z wykorzystaniem programu Statistica, wersja 13 TIBCO Software Inc. 2017. Rozkład cech zbadano za pomocą testu Shapiro-Wilka, który wykazał, że był to rozkład normalny. Wyliczono wartości średnich arytmetycznych [M], odchyleń standardowych [Sd], wartości maksymalnych [max] i minimalnych [min] badanych parametrów. Wyliczono test istotności różnic dla prób zależnych (t-Studenta) analizując zmiany w seriach badań zarówno w grupie zawodników (n=86) uprawiających swobodne latanie w tunelu aerodynamicznym, jak i w grupie amatorów (n=30), która uczestniczyła w swobodnym lataniu w tunelu aerodynamicznym po raz pierwszy. Natomiast w celu porównania analizowanych parametrów w tych dwóch badanych grupach zastosowano test istotności różnic dla prób niezależnych (t-Studenta). W celu poszukiwania cech morfologicznych, elementów składu ciała, wartości wskaźników oraz mierzonych parametrów takich jak siła mięśni ręki, próg bólu, ciśnienie skurczowe i rozkurczowe oraz częstość skurczów serca przed i bezpośrednio po wysiłku, a także ich zmian, które mogą być istotne w osiąganiu wyników sportowych przez zawodników swobodnego latania wykorzystano korelację rang Spearmana, w której uwzględniono miejsce zawodnika w klasyfikacji końcowej w sezonie startowym oraz średnie wartości analizowanych parametrów zawodników. W analizach statystycznych różnice dla $p \leq 0,05$ uznano za statystycznie istotne.

4 Wyniki badań

4.1 Charakterystyki opisowe wieku chronologicznego, stażu zawodniczego, cech morfologicznych, wskaźników somatycznych, odżywczych oraz elementów składu ciała zawodników

W tabeli 1 zaprezentowano charakterystyki opisowe (M, Sd, min, max) wieku chronologicznego, stażu zawodniczego oraz cech morfologicznych, elementów składu ciała, wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych zawodników uprawiających swobodne latanie w tunelu aerodynamicznym. Badanych zawodników cechowała duża rozpiętość wieku (18-46 lat) oraz stażu zawodniczego (2-10 lat), związanego z profesjonalnych uprawianiem swobodnych lotów (indoor skydiving). Badani zawodnicy zróżnicowani byli także pod względem morfologicznym oraz składu ciała.

Tabela 1. Charakterystyki opisowe: wieku chronologicznego, stażu zawodniczego oraz cech morfologicznych, składu ciała, wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych badanych zawodników

	n=86			
	M	**Sd**	**min**	**max**
wiek chronologiczny	37,2	8,99	18	46
staż zawodniczy	6,8	3,86	2	10
wysokość ciała [cm]	177,6	6,62	162,5	192
masa ciała [kg]	81,0	8,70	61,3	100.5
długość tułowia [cm]	51,6	3,27	43	58,7
długość kończyny górnej [cm]	77,2	4,09	68	89,1
długość kończyny dolnej [cm]	92,0	5,27	69	104
szerokość barków [cm]	42,4	1,53	39	45,3
szerokość bioder [cm]	30,3	2,35	21	36,2
masa mięśni [kg]	37,5	4,29	28,7	48,3
masa tłuszczowa [kg]	16,3	6,85	2,8	36
FFM [kg]	66,0	7,19	51,4	83,8
BMI [kg/m2]	25,7	2,37	20,4	28,4
PBF [%]	19,2	6,38	4,4	31,9
wskaźnik WHR	0,9	0,04	0,81	1,0
wskaźnik Rohrera [g/cm3]	1,5	0,15	1,09	1,70
wskaźnik tułowia [%]	29,1	1,56	24,71	33,41
wskaźnik międzykończynowy [%]	84,0	5,06	74,75	103,84
wskaźnik barkowo-wzrostowy [%]	23,9	0,93	21,70	25,76
wskaźnik biodrowo-wzrostowy [%]	17,1	1,37	11,67	20,81

4.2 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca zawodników

W grupie badanych zawodników wykonano pomiary ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi w dwóch seriach badań: przed i bezpośrednio po treningu. Średnie wartości analizowanych parametrów, jak również wyniki testu t-Studenta oceniającego istotności różnic dla prób zależnych przedstawiono w tab. 2. Jak z niej wynika, zarejestrowano istotny statystycznie wzrost wartości ciśnienia zarówno skurczowego jaki i rozkurczowego krwi zawodników mierzonego bezpośrednio po zakończonym wysiłku fizycznym.

Tabela 2. Zestawienie wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) zawodników w seriach badań: przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

						Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
		M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość ciśnienia tętniczego krwi przed wysiłkiem fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	133,6	9,75	107	157		
	rozkurczowe	78,3	8,07	60	92		
wartość ciśnienia tętniczego krwi bezpośrednio po wysiłku fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	153,5	11,41	129	175		
	rozkurczowe	79,2	8,12	52	94		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [mmHg]	**skurczowe**	19,9	1,66			**19,26**	**0,000*** **
	rozkurczowe	0,9	0,05			**2,76**	**0,007** **

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

Analizie poddano także częstości skurczów serca zawodników w takich samych seriach badań, czyli przed treningiem oraz bezpośrednio po jego zakończeniu. Wzrost częstości skurczów serca zawodników mierzony po wysiłku fizycznym był istotny statystycznie (tab.3).

Tabela 3. Zestawienie wartości częstości skurczów serca HR zawodników przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

					Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
	M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość HR przed wysiłkiem fizycznym [ud./min]	76,6	8,37	56	90		
wartość HR bezpośrednio po wysiłku fizycznym [ud./min]	97,7	13,48	72	136		
zmiana wartości HR w seriach badań [ud./min]	21,1	5,11			**19,41**	**0,00*** **

poziom istotności p ≤ 0,05 *
poziom istotności p ≤ 0,01 **
poziom istotności p ≤ 0,001 ***

4.3 Analiza progu bólu zawodników

W grupie zawodników wykonano także pomiary progu bólu, mierzonego w czterech anatomicznych miejscach przed treningiem w tunelu aerodynamicznym, a następnie bezpośrednio po zakończeniu wysiłku fizycznego. Zmiany progu bólu oceniono testem t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych. Jak wynika z tabeli 4, we wszystkich analizowanych przypadkach wartości progu bólu wzrosły bezpośrednio po treningu, natomiast istotnie statystycznie zawodnicy uzyskali wyższe wartości progu bólu mierzonego na LACA kończyny górnej prawej i lewej.

Tabela 4. Zestawienie wartości progu bólu mierzonego w czterech anatomicznych miejscach, wykonanego przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

							Test t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
			M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość progu bólu przed wysiłkiem fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	5,5	2,48	1,5	10		
		R	5,6	2,81	1,2	10		
	LA CA	**L**	4,6	2,43	1,5	10		
		R	4,9	2,55	1	10		
wartość progu bólu bezpośrednio po wysiłku fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	5,7	2,51	1,5	10		
		R	5,8	2,56	1,8	10		
	LA CA	**L**	5,1	2,59	1,5	10		
		R	5,1	2,62	1,3	10		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	0,2	0,03			1,28	0,204
		R	0,1	0,25			0,74	0,459
	LA CA	**L**	0,5	0,17			**2,87**	**0,008****
		R	0,2	0,07			**2,3**	**0,01****

R – right
L – left
LACA – latero carpi
LADI – latero digiti

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.4 Ocena siły mięśniowej ręki prawej i lewej zawodników

Analizie poddano siłę mięśniową ręki prawej oraz lewej zawodników, która oceniona była z wykorzystaniem dynamometru w dwóch seriach badań: bezpośrednio przed wysiłkiem fizycznym, czyli treningiem w tunelu aerodynamicznym, a następnie bezpośrednio po zakończonym wysiłku. Zmiany wartości siły mięśniowej ręki oceniono testem t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych. Jak wynika z tabeli 5 wzrost wartości siły mięśniowej zawodników w kolejnych badaniach był statystycznie istotny w przypadku obu kończyn.

Tabela 5. Zestawienie wartości siły mięśniowej ręki prawej (R) i lewej (L) zawodników mierzonej przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

						Test t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
		M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość siły mięśni ręki przed wysiłkiem fizycznym [PSI]	**L**	22,1	3,71	14	30		
	R	22,6	4,01	13	30		
wartość siły mięśni ręki bezpośrednio po wysiłku fizycznym [PSI]	**L**	22,5	3,66	14	30		
	R	23,2	3,99	15	30		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [PSI]	**L**	0,4	-0,05			**2,96**	**0,004***
	R	0,6	-0,02			**2,75**	**0,007***

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.5 Korelacja rang Spearmana uwzględniająca ranking zawodników oraz analizowane parametry zawodników

W celu poszukiwania cech morfologicznych, elementów składu ciała, wartości wskaźników oraz mierzonych parametrów takich jak siła mięśni ręki, próg bólu, ciśnienie tętnicze krwi oraz częstość skurczów serca przed i bezpośrednio po wysiłku, a także ich zmian, które mogą być istotne w osiąganiu wyników sportowych przez zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym wykorzystano korelację rang Spearmana, w której uwzględniono na podstawie rankingu – miejsca zawodnika w końcowej tabeli w sezonie startowym 2019 oraz wartości analizowanych parametrów zawodników.

Jak wynika z tabeli 6 istotne statystycznie znaczenie na osiągnięcia wyższego miejsca w rankingu zawodów indoor skydiving miały wybrane cechy budowy ciała. Należała do nich szerokość bioder - większa wartość tej cechy wpływała niekorzystnie na miejsce w rankingu zawodników. Spośród analizowanych elementów składu ciała tj. masy mięśni w kg i beztłuszczowej masy ciała (FFM) [kg], stwierdzono dodatnią korelację z sukcesem sportowym (większa wartość istotnie wpływała na miejsce w końcowym rankingu zawodników). Natomiast zawartość tłuszczu wyrażona w kg oraz procentowa zawartość tłuszczu (PBF%) korelowała ujemnie z rankingiem.

Istotne statystycznie znaczenie miała także wartość ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi mierzona przed treningiem - im niższe wartości parametrów tym wyższe miejsce zawodnika w rankingu. Analiza zmian tych parametrów (ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi) mierzona przed i bezpośrednio po zakończeniu wysiłku fizycznego wykazała iż mniejsza zmiana wartości korelowała dodatnio z wyższą pozycją w rankingu końcowym zawodników.

Tabela 6. Wyniki korelacji rang Spearmana uwzględniające miejsce zawodnika w końcowym rankingu oraz analizowane parametry zawodników

		r	p
wiek chronologiczny		-0.07	
wysokość ciała [cm]		0,05	
długość tułowia[cm]		-0,01	
długość kończyny górnej [cm]		-0,09	
długość kończyny dolnej [cm]		0,02	
szerokość barków [cm]		-0,03	
szerokość bioder[cm]		**-0,35**	**0.027***
skład ciała i wskaźniki	**masa ciała [kg]**	-0,12	
	masa mięśni [kg]	**0,81**	**0,012***
	masa tłuszczu [kg]	**-0,31**	**0,035***
	FFM [kg]	**0,34**	**0,032***
	BMI [kg/m^2]	0,19	
	PBF [%]	**-0,31**	**0.041***
	WHR	-0,20	
wartość ciśnienia tętniczego krwi przed wysiłkiem fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	**-0,4**	**0.02***
	rozkurczowe	**-0,24**	**0.049***
wartość HR [ud./min]		-0,11	
wartość ciśnienia tętniczego krwi bezpośrednio po wysiłku fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	0,12	
	rozkurczowe	0,15	
wartość HR (ud./min)		0,05	
zmiana wartości ciśnienia tętniczego krwi w seriach badań [mmHg]	**skurczowe**	**-0,23**	**0,04***

zmiana wartości ciśnienia tętniczego krwi w seriach badań [mmHg]	**rozkurczowe**		-0,25	**0,047***
HR (ud./min)			-0,04	
wartość progu bólu przed wysiłkiem fizycznym[kg/cm2]	**LA DI**	**L**	-0,08	
		R	-0,17	
	LA CA	**L**	-0,14	
		R	-0,08	
wartość progu bólu po wysiłku fizycznym[kg/cm2]	**LA DI**	**L**	-0,03	
		R	-0,01	
	LA CA	**L**	-0,02	
		R	-0,03	
zmiana wartości progu bólu w seriach badań[kg/cm2]	**LA DI**	**L**	-0,17	
		R	-0,11	
	LA CA	**L**	-0,12	
		R	-0,05	
wartość siły mięśniowej przed wysiłkiem fizycznym[PSI]	**L**		-0,06	
	R		-0,09	
wartość siły mięśniowej po wysiłku fizycznym[PSI]	**L**		-0,15	
	R		-0,11	
zmiana wartości siły mięśniowej w seriach badań[PSI]	**L**		-0,12	
	R		-0,13	

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.6 Charakterystyki opisowe wieku chronologicznego, cech morfologicznych, wskaźników somatycznych, odżywczych oraz elementów składu ciała amatorów

Charakterystyki opisowe (M, Sd, min, max) dla wieku chronologicznego oraz cech morfologicznych, elementów składu ciała, a także wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych amatorów, którzy po raz pierwszy uczestniczyli w zajęciach swobodnego latania w tunelu aerodynamicznym zaprezentowano w tabeli 7. Badani mężczyźni byli w wieku chronologicznym zbliżonym do zawodników ($M_{amatorów}$36,3; $M_{zawodników}$ 37,2). Rozpiętość wieku (18-44 lat) również podobna była w obu grupach. Amatorzy zróżnicowani byli pod względem morfologicznym oraz składu ciała (tab.7).

Tabela 7. Charakterystyki opisowe: wieku kalendarzowego, cech morfologicznych, składu ciała oraz wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych amatorów

	n=30			
	M	**Sd**	**min**	**max**
wiek chronologiczny	36,3	12,90	18	44
wysokość ciała [cm]	174,1	6,08	166,5	184,3
masa ciała [kg]	81,3	11,73	63,2	100
długość tułowia [cm]	50,4	3,87	44,2	56,8
długość kończyny górnej [cm]	76,9	3,42	72	83,8
długość kończyny dolnej [cm]	90,9	5,56	80,2	98,5
szerokość barków [cm]	42,4	1,45	40	45,3
szerokość bioder [cm]	31,6	2,69	27,4	36,2
masa mięśni [kg]	35,2	3,84	28,7	42
masa tłuszczowa [kg]	19,3	9,15	2,8	36
FFM [kg]	62,1	6,45	51,4	73,8
BMI [kg/m2]	27,0	4,53	20,4	37,8
PBF [%]	22,7	8,75	4,4	34,1
WHR	0,9	0,06	0,81	0,99
wskaźnik Rohrera [g/cm3]	1,6	0,28	1,16	2,2
wskaźnik tułowia [%]	29,0	2,33	25,11	33,41
wskaźnik międzykończynowy [%]	84,9	4,94	76,54	96,01
wskaźnik barkowo-wzrostowy [%]	24,4	1,11	21,7	25,76
wskaźnik biodrowo-wzrostowy [%]	18,1	1,64	14,87	20,81

4.7 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca amatorów

W przypadku analizy ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym, zanotowano spadek wartości mierzonych parametrów (tab. 8).

Natomiast w grupie badanych mężczyzn zarejestrowano istotnie statystyczny wzrost częstości skurczów serca monitorowany bezpośrednio po zakończeniu wysiłku fizycznego w tunelu aerodynamicznym (tab. 9).

Tabela 8. Zestawienie wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) amatorów przed i bezpośrednio po zakończeniu wysiłku fizycznego oraz wyniki testu t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych

						Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
		M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość ciśnienia tętniczego krwi przed wysiłkiem fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	151,2	12.10	138	177		
	rozkurczowe	89,3	9,86	77	110		
wartość ciśnienia tętniczego krwi bezpośrednio po wysiłku fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	150,3	8.23	128	163		
	rozkurczowe	88,4	8,30	75	101		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [mmHg]	**skurczowe**	-0,9	-3,95			-0.47	0.621
	rozkurczowe	-0,9	-1,56			-0,44	0,665

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

Tabela 9. Zestawienie wartości częstości skurczów serca amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

					Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
	M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość HR przed wysiłkiem fizycznym [ud./min]	79,4	3,22	75	85		
wartość HR bezpośrednio po wysiłku fizycznym [ud./min]	88,7	7,01	77	100		
zmiana wartości HR w seriach badań [ud./min]	9,3	3,79			**6,43**	**0,000*** **

poziom istotności p ≤ 0,05 *
poziom istotności p ≤ 0,01 **
poziom istotności p ≤ 0,001 ***

4.8 Analiza progu bólu amatorów

Zmiany progu bólu amatorów przed i bezpośrednio po lotach w tunelu aerodynamicznym oceniono testem t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych. Jak wynika z tabeli 10 we wszystkich analizowanych przypadkach wartości progu bólu amatorów wzrosły bezpośrednio po treningu, natomiast istotnie statystycznie wzrosty wartości progu bólu zanotowano na LADI (latero digiti – nad pierwszą przestrzenią międzykostną, mięśniem międzykostnym grzbietowym, w kierunku drugiej kości śródręcza) oraz LACA (latero carpi – przejście między proksymalną a środkową 1/3 przedramienia, w bruździe między promieniowymi prostownikami nadgarstka) kończyny górnej prawej i lewej.

Tabela 10. Zestawienie wartości progu bólu amatorów mierzonego w czterech anatomicznych miejscach wykonanego przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

							Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
			M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość progu bólu przed wysiłkiem fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	4,3	1,55	2,00	8,30		
		R	4,0	1,73	2,00	9,10		
	LA CA	**L**	3,5	1,68	1,80	8,20		
		R	3,6	1,47	1,60	7,70		
wartość progu bólu bezpośrednio po wysiłku fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	4,9	1,87	2,30	10,00		
		R	5,0	2,10	1,80	10,00		
	LA CA	**L**	4,0	1,74	1,50	8,50		
		R	4,2	1,74	1,30	7,20		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	0,6	0,32			**2,68**	**0,012***
		R	1,0	0,37			**4,75**	**0,001*****
	LA CA	**L**	0,5	0,06			**2,02**	**0,05***
		R	0,6	0,27			**2,31**	**0,029***

R – right
L – left
LA CA – latero carpi
LA DI – latero digiti

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.9 Ocena siły mięśniowej ręki prawej i lewej amatorów

Analizie poddano siłę mięśniową ręki prawej oraz lewej amatorów, ocenioną za pomocą dynamometru przed wysiłkiem fizycznym w tunelu aerodynamicznym, a następnie bezpośrednio po zakończonym wysiłku. Zmiany siły mięśniowej ręki oceniono testem t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych. Jak wynika z tabeli 11 wzrost siły mięśniowej amatorów w kolejnych badaniach był statystycznie istotny w przypadku obu kończyn górnych.

Tabela 11. Zestawienie wartości siły mięśniowej ręki prawej (R) i lewej (L) amatorów mierzonej przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych

						Test t- Studenta istotności różnic dla prób zależnych	
		M	**Sd**	**min**	**max**	**t**	**p**
wartość siły mięśni ręki przed wysiłkiem fizycznym [PSI]	**L**	20,3	4,25	14	30		
	R	20,7	5,39	5	28		
wartość siły mięśni ręki bezpośrednio po wysiłku fizycznym [PSI]	**L**	21,2	4,04	14	29		
	R	21,3	5,72	5	30		
zmiana wartości parametrów w seriach badań [PSI]	**L**	0,8	-0,20			**2,62**	**0,014***
	R	0,6	0,33			**2,89**	**0,007****

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.10 Analiza wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) oraz częstości skurczów serca zawodników w porównaniu z amatorami

Analiza ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) wykazała istotnie statystycznie wyższe wartości zanotowane u amatorów w porównaniu z zawodnikami bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego, które wynikały zapewne z czynnika emocjonalnego i dużego stresu związanego z pierwszą próbą swobodnego latania. Wartość ciśnienia skurczowego bezpośrednio po wysiłku fizycznym była porównywalna w obu badanych grupach. Natomiast ciśnienie rozkurczowe mierzone bezpośrednio po wysiłku fizycznym było istotnie statystyczne wyższe u amatorów. Zmiana wartości ciśnienia tętniczego krwi mierzonego przed i bezpośrednio po wysiłku była istotnie statystycznie większa w przypadku zmiany ciśnienia skurczowego zawodników w odniesieniu do amatorów (tab.12).

Tabela 12. Porównanie wartości mierzonego ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) zawodników i amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych

		zawodnicy		**amatorzy**		**Test t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych**	
		M	**Sd**	**M**	**Sd**	**t**	**p**
wartość ciśnienia krwi przed wysiłkiem fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	133,6	9,75	151,2	12,10	**-7,72**	**0,000*** **
	rozkurczowe	78,3	8,07	89,3	9,86	**-6,04**	**0,000*** **
wartość ciśnienia krwi bezpośredni o po wysiłku fizycznym [mmHg]	**skurczowe**	153,5	11,41	150,3	8,23	1,89	0,078
	rozkurczowe	79,2	8,12	88,4	8,30	**-5,29**	**0,000*** **
zmiana wartości parametrów w seriach badań [mmHg]	**skurczowe**	19,9	1,66	-0,9	3,95	**9,32**	**0,000*** **
	rozkurczowe	0,9	0,05	-0,9	1,56	1,32	0,191

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

W tabeli 13 zaprezentowano wyniki porównania wartości częstości skurczów serca zawodników i amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych. Jak z niej wynika istotnie statystyczną większą wartość częstości skurczów serca mieli zawodnicy po treningu (wynika to z intensywności zadań wykonywanych w tunelu aerodynamicznym) i jednocześnie wzrost tego parametru (wartość HR po wysiłku w odniesienie do wartości spoczynkowych) w tej badanej grupie był istotnie statystycznie większy (tab. 13).

Tabela 13. Porównanie wartości częstości skurczów serca zawodników i amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych

	zawodnicy		**amatorzy**		**Test t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych**	
	M	**Sd**	**M**	**Sd**	**t**	**p**
wartość HR przed wysiłkiem fizycznym [ud./min]	76,6	8,37	79,4	3,22	-1,80	0,073
wartość HR bezpośrednio po wysiłku fizycznym [ud./min]	97,7	13,48	88,7	7,01	3,47	**0,001*** **
zmiana wartości HR w seriach badań [ud./min]	21,1	5,11	9,3	3,79	5,74	**0.000*** **

poziom istotności p ≤ 0,05 *
poziom istotności p ≤ 0,01 **
poziom istotności p ≤ 0,001 ***

4.11 Analiza progu bólu zawodników w odniesieniu do amatorów

Zawodnicy uzyskali istotne statystycznie wyższe wartości progu bólu aniżeli amatorzy we wszystkich analizowanych punktach pomiarowych bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego. W przypadku zmiany wartości progu bólu analizowanego przed i po wysiłku fizycznym, zawodnicy jednak tylko w punkcie pomiarowym LA DI R cechowali się istotnie statystycznym wzrostem tego parametru w stosunku do amatorów. Bezpośrednio po wysiłku fizycznym nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w przypadku progu bólu między porównywanymi grupami, co świadczy o większym wzroście progu bólu w wyniku wysiłku fizycznego w tunelu aerodynamicznym u amatorów (tab.14).

Tabela 14. Porównanie wartości progu bólu zawodników i amatorów mierzonego w czterech anatomicznych miejscach wykonanego przed i po wysiłku oraz wyniki testu t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych

			zawodnicy		**amatorzy**		**Test t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych**	
			M	**Sd**	**M**	**Sd**	**t**	**p**
wartość progu bólu przed wysiłkiem fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	5,5	2,48	4,3	1,55	**2,39**	**0,019****
		R	5,6	2,81	4,0	1,73	**3,07**	**0,003****
	LA CA	**L**	4,6	2,43	3,5	1,68	**2,34**	**0,002****
		R	4,9	2,55	3,6	1,47	**2,54**	**0,013****
wartość progu bólu bezpośrednio po wysiłku fizycznym [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	5,7	2,51	4,9	1,87	1,50	0,135
		R	5,8	2,56	5,0	2,10	1,54	0,127
	LA CA	**L**	5,1	2,59	4,0	1,74	2,16	0,033
		R	5,1	2,62	4,2	1,74	1,78	0,077
zmiana wartości parametrów w seriach badań [kg/cm2]	**LA DI**	**L**	0,2	0,03	0,6	0,32	1,29	0,199
		R	0,1	0,25	1,0	0,37	**2,66**	**0,001*****
	LA CA	**L**	0,5	0,17	0,5	0,06	0,04	0,971
		R	0,2	0,07	0,6	0,27	1,03	0,304

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

4.12 Porównanie wartości siły mięśniowej ręki zawodników i amatorów przed i po wysiłku fizycznym

Zestawiając porównawczo wartość siły mięśni ręki zawodników w odniesieniu do amatorów można stwierdzić, że zawodnicy istotnie statystycznie uzyskali lepsze wyniki w przypadku wartości siły mięśniowej zarówno prawej jak i lewej ręki w warunkach spoczynkowych, ale również wartość siły mięśniowej ręki prawej po wysiłku fizycznym (tab.15).

Tabela 15. Porównanie wartości siły mięśni ręki prawej (R) i lewej (L) zawodników i amatorów mierzonej przed i po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych.

		zawodnicy		**amatorzy**		**Test t- Studenta istotności różnic dla prób niezależnych**	
		M	**Sd**	**M**	**Sd**	**t**	**p**
wartość siły mięśni ręki przed wysiłkiem fizycznym [PSI]	**L**	22,1	3,71	20,3	4,25	**2,10**	**0,038***
	R	22,6	4,01	20,7	5,39	**2,01**	**0,047***
wartość siły mięśni ręki bezpośrednio po wysiłku fizycznym [PSI]	**L**	22,5	3,66	21,2	4,04	1,66	0,1
	R	23,2	3,99	21,3	5,72	**2,03**	**0,044***
zmiana wartości parametrów w seriach badań [PSI]	**L**	0,4	-0,05	0,8	-0,20	1,31	0,192
	R	0,6	-0,02	0,6	0,33	0,21	0,831

poziom istotności $p \leq 0,05$ *
poziom istotności $p \leq 0,01$ **
poziom istotności $p \leq 0,001$ ***

5 Dyskusja

Loty w tunelu aerodynamicznym zapewniają uprawiającym tę dyscyplinę sportu ekstremalne przeżycia i intensywne emocje oraz wymagają umiejętności kontroli własnego ciała w dynamicznych warunkach, podobnie jak w tradycyjnych sportach ekstremalnych. Klasyfikacja lotów w tunelu aerodynamicznym zależy od poziomu zawodników i rodzaju wykonywanych akrobacji na granicy ryzyka. Nieliczne badania naukowe dotyczące indoor skydivingu opisują przede wszystkim technologię tuneli, wpływ lotów na kontrolę posturalną i stabilność ciała z uwzględnieniem zakłóceń układu przedsionkowego, wzrokowego i somatosensorycznego, a także koncentrują się na ryzyku wystąpienia zwichnięć w stawie ramiennym (López-de-Celis i wsp., 2022; Newcomb i wsp., 2022; Quesada i wsp., 2021). Brakuje natomiast naukowych doniesień dotyczących budowy ciała zawodników oraz adaptacji organizmu i jego reaktywności na bodźce w specyficznych warunkach środowiska jakie panuje w tunelu aerodynamicznym.

Loty w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving) są dyscypliną sportu, której popularność stale rośnie. Zawody sportowe w tej dyscyplinie są bardzo widowiskowe, jednak wymagają od zawodników ponadprzeciętnych umiejętności i przygotowania. Loty w tunelu aerodynamicznym angażują zarówno sferę fizyczną jak i psychiczną zawodników, co skutkuje wieloma zmianami w organizmie człowieka.

Jednym z głównych celów pracy była ocena parametrów morfologicznych, proporcji ciała i składu ciała zawodników uprawiających loty w tunelu aerodynamicznym. Liczne opracowania naukowe dotyczące budowy ciała zawodników w kontekście różnych dyscyplin sportowych udowadniają niepodważalne znaczenie czynnika morfologicznego, który może znacząco pomagać lub przeszkadzać w osiąganiu sportowych sukcesów (Krakowiak i wsp., 2008; Zatoń i Jastrzębska, 2014).

Z analizy wyników badań własnych wykazano, że na osiągnięcie wyższego miejsca w rankingu zawodników w swobodnym lataniu spośród analizowanych cech somatycznych istotne znaczenie miała tylko szerokość bioder – większa wartość tej cechy wpływała niekorzystnie na miejsce w rankingu. Analiza pozostałych parametrów morfologicznych nie wykazała zależności z osiągnięciem lepszych wyników sportowych w tej wyselekcjonowanej grupie najlepszych w Polsce sportowców. Zatem można przyjąć, że w grupie zawodników uprawiających tę dyscyplinę, czynnik morfologiczny nie był czynnikiem decydującym w osiąganiu wysokich miejsc w rankingu.

Prawdopodobnie selekcja zawodników uprawiających swobodne latanie pod względem cech somatycznych dokonała się na wcześniejszych etapach treningu i kariery sportowej.

Analiza składu ciała zawodników, który jest ważnym aspektem w odniesieniu do zdrowia i sprawności fizycznej sportowców, wykazała, że większa zarówno wartość masy mięśni oraz beztłuszczowej masy ciała istotnie dodatnio korelowały z sukcesem sportowym. Natomiast zawartość tłuszczu wyrażona w kilogramach oraz procentowa zawartość tłuszczu (PBF) korelowała ujemnie z rankingiem. Można zatem przyjąć, że postawiona w pracy hipoteza 1 weryfikuje się tylko częściowo pozytywnie, parametry morfologiczne zawodników nie wpływały znacząco na ich miejsce w rankingu końcowym zawodów o zasięgu ogólnopolskim, natomiast wybrane wartości elementów składu ciała były istotne w osiąganiu sportowych sukcesów.

Kolejnym celem pracy była ocena zmian parametrów krążeniowych (ciśnienia tętniczego krwi: skurczowego i rozkurczowego oraz częstości skurczów serca) w dwóch seriach badań: przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym w tunelu aerodynamicznym w grupie zawodników oraz mężczyzn, którzy po raz pierwszy doświadczyli lotu w tunelu aerodynamicznym.

Wysiłek fizyczny w tunelu aerodynamicznym ze względu na rodzaj skurczu mięśni oraz na intensywność wysiłku zaliczany jest do intensywnego wysiłku dynamicznego. Natomiast ze względu na czas trwania, zgodnie z literaturą przedmiotu, możemy go zaliczyć do wysiłku krótkotrwałego przedłużonego (Wojtasik i wsp., 2015), chociaż niektórzy autorzy zaliczają go do wysiłku średniej długości (Braksator i Mamcarz, 2016).

W badaniach własnych w grupie zawodników pomiary ciśnienia tętniczego krwi: skurczowego i rozkurczowego przed i bezpośrednio po treningu wykazały istotny statystycznie wzrost wartości ciśnienia zarówno skurczowego jak i rozkurczowego zawodników mierzonego bezpośrednio po zakończeniu intensywnego trwającego 2x1,5 min (z przerwą trwającą 1 minutę) wysiłku fizycznego. Wartości tych parametrów kształtowały się odmiennie w porównywanej grupie amatorów, którzy jednorazowo odbywali swobodne latanie w tunelu aerodynamicznym. W grupie tej zarejestrowano nieznaczny spadek wartości ciśnienia tętniczego krwi: skurczowego i rozkurczowego, w analizowanych seriach badań, co może wynikać, ze słabszej adaptacji układu krążenia i wyhamowaniu układu współczulnego u amatorów (Górski, 2015), jednak nie był on istotny statystycznie.

Zmiany zachodzące w układzie krążenia pod wpływem wysiłku fizycznego zależą od kontroli nerwowej i hormonalnej, rodzaju obciążeń treningowych oraz sposobu aktywacji

mięśni szkieletowych. Praca mięśni powoduje wzrost ciśnienia skurczowego w zależności od indywidualnych właściwości, od rodzaju i natężenia wysiłku. Zgodnie ze stwierdzeniem Herxheimera (1933), wzrost skurczowego ciśnienia tętniczego krwi następuje w krótkim czasie po zaczęciu pracy i jest proporcjonalna do jej natężenia. W przebiegu dynamicznego wysiłku fizycznego rozkurczowe ciśnienie tętnicze krwi nie ulega zmianie lub nieznacznie się zmniejsza – to efekt rozszerzenia naczyń tętniczych łożyska mięśniowego (Braksator i Mamcarz, 2016). Czynność serca wykazuje największe przyspieszenie w 2 — 10 minut po rozpoczęciu wysiłku (Christensen 1931) w zależności od rytmu spoczynkowego i tempa pracy, zaś po przerwaniu wysiłku osiąga częstość spoczynkową w różnym czasie, co zależy to od wielkości zmęczenia (Herxheimer, 1933; Missiuro, 1932).

W przebiegu stresu, który może być związany z pierwszą próba swobodnego latania w tunelu aerodynamicznym występuje przyspieszenie rytmu serca, wzrost skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi oraz zwiększenie objętości wyrzutowej i rzutu serca. Jednocześnie następuje wzrost przepływu krwi przez mięsień sercowy, zwiększenie pracy skurczowej lewej komory oraz wartości produktu podwójnego (iloczyn ciśnienia skurczowego i rytmu serca). Wskazuje to na nasilenie zużycia tlenu przez serce (Jain i wsp., 1998; Schröder i wsp., 2000; Stoelting i wsp., 2014). W tym samym czasie dochodzi do skurczu tętnic obwodowych, co przejawia się wzrostem oporu naczyniowego i przyczynia się do osłabienia obwodowego przepływu krwi.

Analiza częstości skurczów serca zarówno zawodników jak i amatorów wykazała istotny statystycznie wzrost tego parametru w drugiej serii badań, czyli po zakończeniu wysiłku fizycznego w obu badanych grupach. Rytm serca w spoczynku przy ok. 60-ciu uderzeniach na minutę jest bardzo korzystny w kontekście sprawnie funkcjonującego układy krążenia. Częstość skurczów serca (HR), jest indywidualną cechą osobniczą i zależy od stopnia wytrenowania (Braksator i Mamcarz, 2016). Po rozpoczęciu pracy następuje zwiększenie częstości skurczów serca, a po upływie 2-5 minut stabilizuje się na poziomie odpowiadającym intensywności pracy lub osiąga swoją maksymalną wielkość (HR_{max}). W czasie wysiłków dynamicznych częstość skurczów serca wykazuje prawie liniową zależność od intensywności wysiłku (Górski, 2015).

Analiza ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) wykazała istotne statystycznie wyższe wartości zanotowane u amatorów w porównaniu do zawodników bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego, które wynikały z czynnika emocjonalnego (pobudzenia układu adrenergicznego) związanego z pierwszą próbą

swobodnego latania. W grupie zawodników, którzy wykonują trening wielokrotnie w ciągu tygodnia od wielu lat i przyzwyczajeni są do przebywania w takich warunkach, czynnik emocjonalny jest zdecydowanie mniej istotny. Takie założenie mogą też potwierdzać uzyskane wyniki badań, które wykazały, że istotne znaczenie miała wartość ciśnienia tętniczego krwi: skurczowego i rozkurczowego mierzona przed treningiem - niższa wartość tych parametrów korelowała dodatnio z wyższym miejscem zawodnika w rankingu (Balsam i wsp., 2009; Balsam i Szmit, 2011a; Balsam i Szmit, 2011b).

Natomiast zmiana wartości ciśnienia skurczowego mierzonego przed i bezpośrednio po wysiłku była istotnie statystycznie większa w przypadku zawodników w odniesieniu do amatorów, co wynika z większej intensywności treningu zawodników niż amatorów oraz niższej porównywanej wartości wyjściowej parametru w grupie regularnie trenującej. Dodatkowo w grupie zawodników analiza zmian ciśnienia tętniczego krwi w seriach badań wykazała iż mniejsza zmiana wartości korelowała dodatnio z wyższą pozycją w rankingu końcowym zawodników.

Istotnie statystyczną większą wartość częstości skurczów serca mieli zawodnicy bezpośrednio po treningu w odniesieniu do amatorów. Związane jest to z większą intensywnością zadań wykonywanych w tunelu aerodynamicznym. Jednocześnie wzrost wartości tego parametru (wartość HR bezpośrednio po wysiłku w odniesienie do wartości spoczynkowych) w tej badanej grupie był istotnie statystycznie większy niż w porównywanej grupie amatorów.

W celu adaptacji organizmu do długotrwałych wysiłków fizycznych wymagany jest wieloletni regularny trening wytrzymałościowy, który powoduje zmniejszenie HR w wysiłkach submaksymalnych (Górski, 2015). Nawet około 40 roku życia można osiągać sukcesy sportowe (Górski, 2015). Częstość skurczów serca może wzrastać na początku wysiłku lub nawet przed rozpoczęciem wysiłku fizycznego. Powstaje to na wskutek przechodzenia części impulsacji zstępującej z kory ruchowej poprzez kolateralne drogi piramidalnej do ośrodków współczulnych podwzgórza i stąd do ośrodków opuszki rdzenia (Konturek, 2001).

Postawiona w pracy hipoteza 2 potwierdziła założenie, iż ocena zmian parametrów krążeniowych zawodników w specyficznych warunkach wysiłku fizycznego jest ważną informacją dotyczącą poziomu wytrenowania, a także adaptacji układu krążenia. Różna reakcja układu krążenia w grupie zawodników i amatorów jest wynikiem adaptacji do wykonywania lotów w tunelu aerodynamicznym.

Intensywne bodźce działające na organizm człowieka w czasie lotów w tunelu aerodynamicznym takie jak silny strumień powietrza i zmiany ciśnienia podczas lotu stymulują receptory dotyku i propriocepcji, które mogą wpływać na zmniejszenie wrażliwości na inne bodźce bólowe. Ból, zgodnie z definicją Międzynarodowego Towarzystwa Badania Bólu (IASP), jest to „nieprzyjemne wrażenie czuciowe i emocjonalne, połączone z rzeczywistym lub zagrażającym uszkodzeniem tkanek lub opisywane w kategoriach takiego uszkodzenia".

Ból w organizmie dostarcza informacji o sytuacji wewnętrznej ustroju – zaburzeniu homeostazy, która może zagrażać zdrowiu lub życiu. Ocena wrażliwości uciskowej jest dość szybką oraz łatwą metodą określania progu bólowego tkanek (Kubasik i wsp., 2015). Z badań wynika, że aktywność fizyczna ma wpływ na modulację bólu (Naugle i wsp., 2017), jak również jest czynnikiem predykcyjnym działania mechanizmów hamowania bólu (Gurevich i wsp., 1994). Według badań Egan'a (1987) wyższy próg i tolerancja bólu u zawodników ma wpływ na utrzymanie poziomu wyników sportowych i odnoszenia przez nich sukcesów.

Z badań własnych wynika, że we wszystkich analizowanych punktach pomiaru na ciele wartości progu bólu u zawodników wzrosły bezpośrednio po treningu, natomiast istotnie statystycznie zawodnicy uzyskali wyższe wartości progu bólu mierzonego w punkcie LACA (przejście między proksymalną a środkową 1/3 przedramienia, w bruździe między promieniowymi prostownikami nadgarstka) kończyny górnej zarówno prawej i lewej.

W badanej grupie amatorów we wszystkich analizowanych przypadkach wartości progu bólu również wzrosły bezpośrednio po treningu, natomiast istotny statystycznie wzrost wartości progu bólu zanotowano, podobnie jak u zawodników, w punkcie LACA kończyny górnej prawej i lewej, ale także w punkcie LADI (nad pierwszą przestrzenią międzykostną, mięśniem międzykostnym grzbietowym, w kierunku drugiej kości śródręcza) kończyny górnej prawej i lewej.

Zawodnicy uzyskali istotne statystycznie wyższe wartości progu bólu w porównaniu do amatorów we wszystkich analizowanych punktach pomiarowych bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego, co potwierdzają badania innych autorów na temat wzrostu progu bólu i tolerancji na ból u osób trenujących (Raudenbush i wsp., 2012; Thornton i wsp., 2017). W przypadku zmiany wartości progu bólu analizowanego przed i po wysiłku fizycznym zawodnicy tylko w punkcie pomiarowym LADI R (ręka prawa - nad pierwszą przestrzenią międzykostną, mięśniem międzykostnym grzbietowym,

w kierunku drugiej kości śródręcza) cechowali się istotnie statystycznym większym wzrostem wartości tego parametru w stosunku do amatorów. Po wysiłku fizycznym nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w wartościach progu bólu między porównywanymi grupami, zatem nawet jednorazowy wysiłek fizyczny w tunelu aerodynamicznym spowodował wzrost wartości tego parametru u amatorów. Wyniki badań własnych spójne są z badaniami innych autorów *(Pawlak, 2013; Pawlak, 2014*) i potwierdzają, iż nawet nieznaczny wysiłek fizyczny może zmienić próg odbioru bodźców zarówno sensorycznych, jak i o charakterze nocyceptywnym.

Loty w tunelu aerodynamicznym mają wpływ na siłę mięśniową. Utrzymanie stabilnej pozycji ciała podczas działania strumienia powietrza o dużej prędkości wymaga aktywizacji wielu grup mięśniowych, szczególnie mięśni stabilizujących głównie tułów i kończyny górne. Regularne treningi powodują zwiększenie wytrzymałości mięśniowej oraz siły chwytu. Badania naukowe dotyczące pomiaru siły mięśniowej przy użyciu dynamometru ręcznego potwierdzają iż jest to przydatna i prosta metoda oceny stanu funkcjonalnego układu mięśniowego (Giampaoli i wsp., 1999; Martin-Ponce i wsp., 2014; Taekema i wsp., 2010). Dynamometrię wykorzystuje się do oceny siły mięśni ręki w sportach, w których ważne jest chwytanie przyborów (np. piłki, kija, rakiety) (Cronin i wsp. 2017). Wyższe wartości siły mięśni ręki uzyskiwali zawodnicy najwyższej klasy rozgrywkowej w odniesieniu do zawodników lig akademickich, jak również mężczyzn nie uprawiających sportu (Lijewski i wsp., 2019; Otterson i Debeliso, 2020). Również istotna dla wyniku sportowego jest siła mięśni ręki w sportach walki takich jak: zapasy i judo (Iermakov i wsp., 2016). Badania siły mięśniowej, w niektórych sportach, są ważnym aspektem kontroli przeprowadzonych treningów oraz programowania doboru ćwiczeń, tak aby osiągać sukcesy. Z analizy badań Rakowskiego i Staszkiewicza (2010) wynika, że siła mięśni jest istotnym czynnikiem warunkującym jakość wspinaczki i dotyczy to sportowców wyczynowych jak i tych na poziomie amatorskim. Liczne doniesienia naukowe potwierdzają także, że pomiar siły uścisku ręki może być przydatny w prognozowaniu wielu zdarzeń niekorzystnych dla zdrowia. Redukcja aktywności ruchowej lub jej zaprzestanie ma wpływ na zmniejszenie siły mięśniowej (Górski, 2015). Spadek siły mięśniowej związany jest także z wiekiem, stanem odżywienia oraz stanem psychicznym badanych (Klidjian i wsp., 1980; Zasadzka i wsp., 2017). Związek siły chwytu z koncepcją sarkopenii, czyli związanej z wiekiem utraty masy, siły i funkcji mięśni, podkreśla również jej znaczenie w diagnostyce zdrowotnej.

Z analizy badań własnych wynika, że wzrost wartości siły mięśniowej zarówno zawodników jak i amatorów, w kolejnych badaniach był statystycznie istotny w przypadku obu kończyn górnych. Zestawiając porównawczo wartość siły mięśniowej ręki zawodników w odniesieniu do amatorów można stwierdzić, że zawodnicy istotnie statystycznie uzyskali lepsze wyniki w przypadku wartości siły mięśniowej zarówno prawej jak i lewej ręki w warunkach spoczynkowych, ale również wartość siły mięśniowej ręki prawej po wysiłku fizycznym, co potwierdzają badania innych autorów (Cronin i wsp., 2017; Lijewski i wsp., 2019; Otterson i Debeliso, 2020; Straub, 1979) dotyczące wzrostu wartości tego parametru w wyniku intensywnego treningu fizycznego. Zarówno wartość siły mięśniowej jak i wartość progu bólu badanych zawodników była istotnie wyższa niż u amatorów i zmieniała się pod wpływem treningu w tunelu aerodynamicznym. Wyniki badań potwierdziły hipotezę 3 iż wartość tych analizowanych parametrów zależna jest od poziomu wytrenowania.

6 Podsumowanie wyników i wnioski

Wyniki badań własnych dotyczące najlepszych w Polsce zawodników indoor skydivingu stanowią pierwsze w literaturze naukowej opracowanie dotyczące budowy somatycznej, analizy reakcji układu krążenia za pomocą monitorowania parametrów krążeniowych, oceny reaktywności na bodźce (wysokość progu bólu) oraz oceny siły mięśni ręki.

W świetle przeprowadzonych analiz badanych parametrów i uzyskanych wyników można wskazać, że:

1. Na odnoszenie sukcesu sportowego w swobodnym lataniu w tunelu aerodynamicznym (indoor skydiving) nie miała wpływu budowa somatyczna zawodników, natomiast był on zależny od składu ciała (wyższego udziału beztłuszczowej masy ciała i masy mięśni szkieletowych oraz niższej zawartości tkanki tłuszczowej).
2. Trening w tunelu aerodynamicznym ma istotny wpływ na parametry krążeniowe badanych osób. Wartości ciśnienia tętniczego krwi oraz częstości skurczów serca istotnie statystycznie wzrosły bezpośrednio po wysiłku fizycznym zawodników. Natomiast w grupie amatorów zarejestrowano istotny statystycznie wzrost HR oraz nieznaczny spadek wartości ciśnienia tętniczego krwi.
3. W grupie zawodników analiza zmian ciśnienia tętniczego krwi w seriach badań wykazała iż mniejsza zmiana wartości korelowała dodatnio z wyższą pozycją w rankingu końcowym zawodników.
4. Niższa wartość ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi u zawodników przed treningiem korelowała z wyższym miejscem w rankingu. Bezpośrednio przed wejściem do tunelu aerodynamicznego istotnie statystycznie wyższe wartości ciśnienia tętniczego krwi amatorów w porównaniu z zawodnikami wynikały z czynnika emocjonalnego (pobudzenia układu adrenergicznego), związanego z pierwszym doświadczeniem latania w tunelu.
5. Jednorazowy trening w tunelu aerodynamicznym miał znaczący wpływ na wzrost wartości progu bólu amatorów bezpośrednio po wysiłku fizycznym.
6. Utrzymania odpowiednich pozycji ciała, w specyficznych warunkach jakie panują w tunelu aerodynamicznym wpływają na istotny statystycznie wzrost siły mięśniowej zarówno w grupie zawodników jak i amatorów.

7 Piśmiennictwo

1. Abraham J. (2010). Analysis of anthropometry, body composition and performance variables of young Indian athletes in southern region. *Indian Journal of Science and Technology*, *3(12)*, 1210-1213.
2. Adhikari A., Nugent J. (2014). Anthropometric characteristic, body composition and somatotype of Canadian female soccer players. *American Journal of Sports Science, 2(6-1),* 14-18.
3. Alekso S. (1985). *Doznania psychiczne skoczków spadochronowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
4. Ambroży T., Wieczorek T., Mucha D. (2016). Zasady właściwego i bezpiecznego prowadzenia treningu wysokogórskiego jako elementu kształtującego zdolności kondycyjne sportowców. Kultura Bezpieczeństwa. *Nauka – Praktyka – Refleksje* 24(24): 46-73.
5. Asserraji M., Benameur I., Maoujoud O., El Kharras A., Hajbi H., Filali K. (2014). Late care in marathon runs leading to exertional heat stroke with multiple organ failure. *Asian journal of sports medicine*, *5* (2), 136-138.
6. Andersz N., Boguszewski D. (2013). Zastosowanie i skuteczność zbiegów fizjoterapeutycznych w rehabilitacji i odnowie biologicznej zawodników gier zespołowych. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, 16-19.
7. Andrzejewski W., Kassolik K., Cymer K.(2009). Poziom korelacji między wrażliwością uciskową mierzoną na przyczepie kostnym i na przebiegu mięśni szkieletowych. *Family Medicine & Primary Care Review 11*, 127–133.
8. Badowska-Kozakiewicz A. (2019). *Fizjologia człowieka w zarysie,* PZWL, Warszawa
9. Baker L.B, Lang J.A, Kenney W.L. (2009). Change in body mass accurately and reliably predicts change in body water after endurance exercise. *European journal of applied physiology*, *105*, 959-967.
10. Balsam P., Szmit S. Opolski G. (2009). Trening a wydolność fizyczna organizmu – VO2maks oraz VO2AT. *Kardiologia po Dyplomie*, 8 (8), 49-54.
11. Balsam P., Szmit S. (2011a). Intensywność treningu a zmniejszenie ryzyka związanego z chorobą wieńcową. *Kardiologia po Dyplomie*, 10(9): 76-78.

12. Balsam P., Szmit S. (2011b). Rehabilitacja kardiologiczna a śmiertelność wśród pacjentów po angioplastyce naczyń wieńcowych. *Kardiologia po Dyplomie*, 10(7): 84-86.
13. Barlow J. B., Wiliam H Rae. Jr., Alan Pope, (1999). *Low-Speed Wind Tunnel Testing.* John Wiley and Sons.
14. Bäcker HC, Vosseller JT, Exadaktylos AK, Perka C., Benneker LM, Krause FG, Deml, MC (2020). Epidemiology and injury patterns of aerial sports in Switzerland. *World journal of orthopedics* , *11* (2), 107.
15. Bean A. (2014). *Żywienie w sporcie.* Zysk i S-ka, Poznań
16. Begu B., Kryeziu AR., Havolli J. (2018). Latent structure of the morphological characteristics and motor basic abilities and situational to basketball players 14–15 years. *Sport Mont, 16(3)*, 69–74.
17. Bębenek J. (1983). *Przewodnik skoczka spadochronowego*. Krajowa Agencja Wydawnicza.
18. Bieniek R., Bertrandt J., Klos A., Kobos, Z. (2003). Ocena stanu odżywienia reprezentacji Wojska Polskiego w skokach spadochronowych - badania wstępne. *Żywienie Człowieka i Metabolizm*, *30*(1-2), 598-602.
19. Bilsborough JC., Greenway K., Livingston S., Cordy J., Coutts AJ. (2016). Changes in anthropometry upper body strength and nutrient intake in professional Australian Football Players during a season. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11(3)*, 290-300.
20. Birch K., MacLaren D., George K. (2012). *Fizjologia sportu.* PWN Warszawa.
21. Blecharz J. (2006). Psychologia we współczesnym sporcie – punkt wyjścia i możliwości rozwoju. *Przegląd Psychologiczny* 49(4): 445-462.
22. Blecharz J., Pasternak-Basiaga J. (2019). *Psychologia sportu w Polsce*. Polski Komitet Olimpijski: 251-274.
23. Bober T, Zawadzki J. (2001). *Biomechanika układu ruchu człowieka*. Katedra biomechaniki. AWF Wrocław.
24. Bobrowski D. (2008). Zmiany hemodynamiczne układu krążenia skoczków spadochronowych w świetle szkoleń spadochronowego. *Zeszyty Naukowe/Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki*, (1), 136-143.
25. Bojzan A., Pietraszewska J., Migasiewicz I., Tomaszewski W., Błocz W. (2008). Wybrane elementy antropometryczne młodych tenisistów w kontekście ich przydatności do uprawiania tej dyscypliny, jak również przeciwdziałania

przeciążeniom i kontuzjom narządu ruchu. *Medycyna Sportowa, vol.24,* 337 – 347.

26. Bolach E., Bolach B., Seniuk K. (2013). Analiza obciążeń treningowych w mikrocyklu wprowadzającym w fazie przygotowania specyficznego tenisistów na wózkach. *Kwartalnik Fizjoterapii*, *21* (3), 36.
27. Bolanowski M., Zadrożna-Śliwka B., Zatońska K. (2005). Badanie składu ciała – metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia, otyłość i zaburzenia przemian materii*, 1 (1), 20-25.
28. Bosch T., Carbuhn A., Stanforth P., Olivier J., Keller K., Dengel D. (2019). Body composition and bone mineral density of Division 1 Collegiate football players: A consortium of college athlete research study. *Journal of Strength and Conditioning Research, vol. 33,* 1339-1346.
29. Boussuges A., Blanc F., Carturan D. (2006). Hemodynamic changes induced by recreational scuba diving. *Chest*, *129*(5), 1337-1343.
30. Braksator W., Mamcarz A. (2016). *Kardiologia sportowa w praktyce klinicznej*, PZWL, Warszawa
31. Brukner P., Khan K. (2011). *Kliniczna Medycyna Sportowa.* DB Publishing, Warszawa.
32. Brzozowska A., Gawęcki J. (2015). *Woda w żywieniu i jej źródła.* Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Poznań.
33. Burdukiewicz A., Chmura J., Pietraszewska J., Andrzejewska J., Stachoń A., Nosal J. (2013). Characteristics of body tissue composition and functional traits in junior football players. *Human Movement, 14(2),* 96–101.
34. Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Pietraszewski B., Krzysztoń M., Andrzejewska J., Stachoń A. (2014). Charakterystyka proporcji kończyny górnej zawodników strzelectwa sportowego. *Strzelectwo sportowe, zeszyt nr 11,* 23 -29.
35. Burdukiewicz A., Chmura J., Pietraszewska J., Andrzejewska J., Stachoń A., Chromik K. (2016). Zróżnicowanie morfologiczne zawodniczek strzelectwa sportowego. *Strzelectwo sportowe, zeszyt nr 13,* 33 - 40.
36. Bujak K. (2015). Wpływ zawodników obcokrajowych na sukces sportowy na przykładzie PLFA. Nessel K. (red). *Bohaterowie drugiego planu*, *wyd. 1,* Kraków, 78 - 89.

37. Campa F., Toselli S. (2018). Bioimpedance Vector Analysis of Elite subelite and low-level male volleyball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 13(9),* 1250-1253.
38. Carter J., Ackland TR., Kerr D., Stapff AB. (2005). Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences, 23(10),* 1057-1063.
39. Celka R. (2007). Morfologiczne i motoryczne czynniki determinujące wynik sportowy zawodników uprawiających skoki akrobatycznych na ścieżce. *Dysertacja doktorska*, AWF, Poznań.
40. Cempla J., Mleczko E. (1989). *Badania zależności między objętością, strukturą i dynamika obciążeń treningowych biegaczy, a rozwojem sportowym i reakcjami fizjologicznymi na wysiłek fizyczny o różnej mocy*. Wydawnictwo AWF Kraków.
41. Chmura J., Chmura P., Ciastoń J. (2008). Przygotowanie motoryczne piłkarzy do wprowadzenia startowego. *Sport Wyczynowy*, *1*, 49-61.
42. Ciepielowska J. (2021). Budowa somatyczna i struktura obciążeń treningowych a kierunek zmian wskaźników określających poziom wytrenowania polskich zawodniczek i zawodników aerobiku sportowego. *Dysertacja doktorska*, AWF w Krakowie.
43. Cięszczyk P. (2024). *Fizjologia wysiłku.* PZWL, Warszawa
44. Cięszczyk P., Eider J., Ostanek M.O, Arczewska A., Leońska-Duniec A., Sawczyn S., Ficek K., Krupecki K. (2011). Asocjacja polimorfizmu ACTN3 R577X u polskich sportowców nastawionych na siłę. *Journal of Human Kinetics*. 4; 28:55.
45. Cięszczyk P., Maciejewska A., Sawczuk M., (2008). Badania genetyczne w sporcie. *International Association of Ontokinesiologists*, Szczecin
46. Cięszczyk P., Maciejewska A., Sawczuk M. (2009). Zmienność genetyczna jako jeden z podstawowych parametrów determinujących poziom sprawności fizycznej człowieka. *Zeszyty Naukowe. Prace Instytutu Kultury Fizycznej. Uniwersytet Szczeciński*, 26, 583.
47. Chiarlitti N., Celise - Houdse P., Reid R., Kennedy C., Andersen R. (2018). Importance of body composition in the national Hockey League combine physiological assessment. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32(11)*, 3135-3142.
48. Christensen H. (1931). *Arbeits physiologie*. Berlin.

49. Chesterton L., Sim J., Wright C., Foster N. (2007). Interrater Reliability of Algometry in Measuring Pressure Pain Thresholds in Healthy Humans, Using Multiple Raters. *The Clinical Journal of Pain, vol. 27*, 760-766.
50. Czuba M. (2013). *Wpływ hipoksji hipo- i normo-barycznej na wydolność aerobową oraz możliwości wysiłkowe zawodników dyscyplin wytrzymałościowych w normoksji.* AWFiS Katowice.
51. Chudecka M. (2005). Morfologiczna charakterystyka windsurferów w świetle typologii Adama Wankego. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku, tom 9,* 512 – 516.
52. Chung A., Makovicka J., Patel K., Tummala S., Deckey D., Hydrick T., Rubel N., Chhabra A. (2019). Epidemiology of cervical injuries in NCAA football players. *Spine, 44(12)*, 848-854.
53. Coldham S., Lewis J., Lee H. (2006). The Reliability of One vs. Three Grip Trials in Symptomatic and Asymptomatic Subjects. *Journal of Therapy, 19(3),* 318-327.
54. Cronin J., Lawton T., Harris N., Kilding A., McMaster D. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, vol. 3,* 3187-3217.
55. Davis J., Baker L., Barnes K., Ugaro C., Stofan J. (2016). Thermoregulation, fluid balance ad sweat losses in American Football Players. *Sports Medicine, vol. 46*, 1391-1405.
56. Decoster LC., Bernier JN., Lindsay RH., Vailas J. (1999). Generalized joint hypermobility and its relationship to injury patterns among NCAA lacrosse players. *Journal of Athletic Training, 34(2),* 99 - 105.
57. Dengel D., Bosch T., Burruss T., Fielding K., Engel B., Weir N., Weston T. (2014). Body composition and bone mineral density of national football league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28(1),* 1- 6.
58. Drozdowski Z. (1984). *Antropologia sportowa.* AWF. Poznań.
59. Drozdowski Z. (1998). *Antropometria w wychowaniu fizycznym*. AWF Poznań.
60. Durkalec-Michalski K., Nowaczyk P. M., Podgórski T., Kusy K., Osiński W., Jeszka, J. (2019). Relationship between body composition and the level of aerobic and anaerobic capacity in highly trained male rowers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *59*(9), 1526-1535.

61. Durkalec-Michalski K., Podgorski T., Sokolowski M., Jeszka J. (2016). Związek wskaźników składu ciała z wydolnością fizyczną sportowców uprawiających sporty walki. *Arch Budo*, *12*, 247-256.
62. Dzieciaszek B. (2009). *Skoki spadochronowe - szkolenie podstawowe.* Wydano nakładem autora.
63. Dzieciaszek B., Grocholski M. (2009). *Skoki spadochronowe*. Wydawnictwo Pascal.
64. Ernst K. 2021. *Fizyka sportu*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
65. Egan, S. (1987). Acute pain tolerance among athletes. *Canadian Journal of Sport Sciences, vol. 12*, 175 - 178.
66. Elliott K., Harmatz J., Zhao Z., Greenblatt D. (2016). Body Size Changes Among National Collegiate Athletic Association New England Division III Football Players, 1956-2014: Comparison With Age-Matched Population Controls. *Journal of Athletic Training, nr 51*, 373-381.
67. Figueiredo I. M., Sampaio R. F., Mancini M. C., Silva F. C. M., Souza, M. A. P. (2007). Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. *Acta Fisiátrica*, 104-110.
68. Fischer A. A. (1986). Pressure threshold measurement for diagnosis of myofascial pain and evaluation of treatment results. *The Clinical journal of pain*, *2*(4), 207-214.
69. Fischer A. A. (1986). Pressure threshold meter: its use for quantification of tender spots. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *67*(11), 836-838.
70. Fischer A. A. (1987). Pressure algometry over normal muscles. Standard value, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain 30*, 115-126.
71. Fitzgerald M.(2012). *Waga startowa. Jak zeszczupleć, by poprawić wyniki sportowe.* Inne Spacery, Zielonka.
72. Frączek B., Gacek M., Grzelak A. (2012). *Żywieniowe wspomaganie zdolności wysiłkowych w grupie sportowców wyczynowych.* Problemy Higieny i Epidemiologii, 93 (4): 817-823.
73. Froelicher V. F. (1999). *Podręcznik testów wysiłkowych.* Bel CORP Scientific Publications, Warszawa.
74. Fugiel J., Czajka K., Posłuszny P., Sławińska T. (2017). *Motoryczność człowieka – podstawowe zagadnienia z antropomotoryki.* MedPharm Polska, Wrocław.

75. Fugiel J., Czajka K., Posłuszny P., Sławińska T. (2022). *Motoryczność człowieka – podstawowe zagadnienia z antropomotoryki*. MedPharm Polska, Wrocław.
76. Gardaševic J., Bjelica D., Corluka M., Vasiljevic I. (2019). Elite football players from Bosnia and Herzegovina and Kosovo and their body composition. *Sport Mont, 17(2),* 75 – 79.
77. Gardašević N., Fulurija D., Joksimović M., Eler N., Shavkatovich F**.** (2020). The Influence of Morphological Characteristics on Throw Speed in Handball. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports, 9(3),* 32 - 38.
78. Gaurav V., Singh M., Singh S. (2010). Anthropometric characteristics, somatotyping and body composition of volleyball and basketball players. *Journal of Physical Education of Sport Management, 1(3*), 28 - 32.
79. Goderwis L. (2015). The effect of training and nutrition on the body composition of college football players. *Theses and Dissertations - Dietetics and Human Nutrition. University of Kentucky UKnowledge.*
80. Gorzkowski P. (2006). Drugim celem jest zdobycie mistrzostwa… . *Merkuriusz Uniwersytecki*, *Nr 23*, Warszawa.
81. Giampaoli S., Ferrucci L.U.I.G.I., Cecchi F., Lo Noce C., Poce A., Dima F., Santaquilani A., Vescio M.F., Menotti, A. (1999). Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age and ageing*, *28*(3), 283-288.
82. Gibbs D., Lynch S., Number E., Number G. (2015). Commo Shoulder Injuries I American Football Athletes. *Current Sports Medicine Reports*, *14(5),* 413 - 419.
83. Gleim GW. (1984). The profiling of professional football players. *Clinics in Sport Medicine, 3(1),* 185 - 197.
84. Górski J. (2015). *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*, PZWL, Warszawa
85. Górski J. (2019). *Fizjologia wysiłku i treningu fizycznego*, PZWL, Warszawa
86. Graczyk D., Jethon Z., Magiera A. (2008). Wpływ nurkowania na stan autonomicznego układu nerwowego paraplegików określony za pomocą analizy czasowej zmienności rytmu zatokowego serca. Doniesienie wstępne. *Polish Hyperbaric Research*, (3 (24), 35-43.
87. Graczyk D., Magiera A. (2005). Stres a częstość skurczów serca w nurkowaniu. *Medycyna Sportowa*, nr 5 (21), str. 349-357
88. Grant S., Hynes V., Whittaker A., Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, *14*(4), 301-309.

89. Gryko K., Stastny P., Kopiczko A., Mikołajec K., Pecha O., Perkowski K. (2019). Can Anthropometric Variables and Maturation Predict the Playing Position in Your Basketball Players. *Journal of Human Kinetics, 69/2019*, 109 – 123.
90. Gurevich M., Kohn P. M., Davis C. (1994). Exercise-induced analgesia and the role of reactivity in pain sensitivity. *Journal of Sports Sciences*, *12*(6), 549-559.
91. Gusic M., Popovic S., Molnar S., Masanovic B., Radakovic M. (2017). Sport-Specific Morphology Profile: Differences in Anthropometric Characteristics among Elite Soccer and Handball Players. *Sport Mont, 15(1),* 3 - 6.
92. Guszkowska M., Bołdak A. (2010). Cechy temperamentu u mężczyzn uprawiających sporty wysokiego ryzyka. *Psychologia-Etologia-Genetyka*, *22*, 7-26.
93. Gutka M. (2015). *Od polany do Narodowego. Żaden z prekursorów nawet nie marzył o takiej przyszłości.* Pobrane z: www.przegladsportowy.onet.pl.
94. Hoffmann J. (2008). The Applied Physiology of American Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 3(3)*, 387 -392.
95. Holloszy J. O., Coyle E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of applied physiology*, *56*(4), 831-838.
96. Herxheimer H. (1933). *Grundriss der Sportmedizin*. Leipzig.
97. Hogeweg J. A., Langereis M. J., Bernards A. T., Faber J. A., Helders, P. J. (1992). Algometry. Measuring pain threshold, method and characteristics in healthy subjects. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *24*(2), 99-103.
98. Hrytsyna N. (2024). *Percepcja bólu u sportowców i osób niebędących sportowcami: metaanaliza różnic w tolerancji bólu i progu bólu*. Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
99. Iermakov S., Podrigalo LV., Jagiełło W. (2016). Hand-grip strength as an indicator for predicting the success in martial arts athletes. *Archives of Budo, 12(1)*, 179 - 186.
100. Jagiełło W. (2012). Differentiation of the body build in judo competitors of the men`s Polish national team. *Science of Martial Arts, 9(2),* 117 - 125.
101. Jagiełło W., Jagiełło M., Kalina R., Barczyński B., Litwiniuk A., Klimczak J. (2017). Własności składu ciała kobiecych przedstawicieli polskiej drużyny szermierczej – szabla. *Biology of Sport, nr 34*, 301 – 304.

102. Jagiełło W., Kalina R., Jagiełło M. (2015). Differentiation of the Body Composition in the Polish National Team Pentathletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, *no 2*, 105 – 111.
103. Jain D., Shaker S. M., Burg M., Wackers F. J. T., Soufer R., Zaret B. L. (1998). Effects of mental stress on left ventricular and peripheral vascular performance in patients with coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*, *31*(6), 1314-1322.
104. Jaskólski A., Jaskólska A. (2005). *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka.* Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, Wrocław
105. Jensen, K. (1990). Quantification of tenderness by palpation and use of pressure algometers. *Pain Research and Therapy. Myofascial pain and fibromyalgia*, 165-181.
106. Joksimović M., Skrypchenko I., Yarymbash K., Fulurija D., Nasrolahi S., Pantović M. (2019). Anthropometric characteristics of professional football players in relation to the playing position and their significance for success in the game. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 23(5),* 224 – 230.
107. Jóźwiak D., Olszański R., Dąbrowiecki Z., Remlain M. (2016). *Polish Hyperbaric Research 2* (55).
108. Kasperczyk T. (2014). Aktywność fizyczna seniorów warunkiem zdrowia i dobrej jakości życia. *Journal of Clinical Healthcare*, (1), 8-15.
109. Klidjian A. M., Foster K. J., Kammerling R. M., Cooper A., Karran S. J. (1980). Relation of anthropometric and dynamometric variables to serious postoperative complications. *Br Med J*, *281*(6245), 899-901.
110. Knechtle B., Duff B., Welzel U., Kohler G. (2009). Body mass and circumference of upper arm are associated with race performance in ultraendurance runners in a multistage race—the Isarrun 2006. *Research quarterly for exercise and sport*, *80*(2), 262-268.
111. Kochanowicz K., Kochanowicz A. (2010). Criteria of Initial Selection of Candidates for Artistic Gymnastics. *Baltic Journal of Health and Physical Activity, vol. 2,* 75 - 84.

112. Konstantinos N.S., Panagiotis M.G., Ioannis B.A. (2019). Morphological characteristics of adolescent elite female handball and volleyball players. *Journal of Physical Education and Sport, 19(4),* 1502 – 1507.
113. Konturek S. (2001). *Fizjologia człowieka. Tom II. Układ krążenia.* Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków
114. Kosendiak J. (2007). Wielostopniowy system naboru i selekcji do wyczynowego uprawiania sportu. *Strzelectwo sportowe (Nowoczesne rozwiązania szkoleniowe), zeszyt nr 4,* Wrocław.
115. Kowalczyk E., Kura M. (2012). Wpływ stresu związanego ze skokami spadochronowymi na stężenie ACTH i kortyzolu w surowicy krwi. *Psychiatria Polska*, *46* (5).
116. Kowalczyk E., Kura M., Ciećwierz J. (2012). Lęk związany ze skokami ze spadochronem. *Polski Merkuriusz Lekarski: Organy Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, *33* (194), 97-100.
117. Kozłowska J., Cieślicka M., Muszkieta R., Napierała M. (2013). Wpływ treningu na budowę somatyczną zawodników trenujących wybrane sztuki walki. *Uwarunkowania zdrowia psychicznego i społecznego człowieka, Monografie 21/13*, 110 – 120, Bydgoszcz – Poznań.
118. Kraemer W., Torine J., Silvestre R., French D., Ratamess N., Spiering B., Hatfield D., Vingren J., Volek J. (2005). Body size and composition of National Football League players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19(3),* 485 – 489.
119. Krakowiak H., Lewandowski A., Sokołowska E., Čabrić M. (2017). Zmiany morfologiczne u młodych wioślarzy w rocznym cyklu treningowym. *Medical and Biological Sciences, 21/3,* 59 – 63.
120. Krakowiak H., Cabrić M., Sokołowska E., Lewandowski A. (2008). Budowa i skład ciała lekkoatletów trenujących biegi krótkie. *Medycyna Sportowa nr 24 (1)*, 30 – 36.
121. Kruczkowski D., Jaszczur-Nowicki J. (2008). Zdolność zachowania ciała w warunkach po obciążeniu fizycznym. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences* , *18* (44), 71-77.
122. Krzystyniak K., Mucha D., Zięba H., Marszałek A. (2014). *Wyzwania ekstremalne: granice wytrzymałości człowieka*. Wydawnictwo Medyk.
123. Kubasik W., Humpa F., Pawlak D. (2015). Algometria jako ocena uciskowego progu bólu. *Fizjoterapia w praktyce, nr 2,* 34 - 37.

124. Kujawski S., Slomko J., Zawadka-Kunikowska M., Kozakiewicz M., Klawe JJ, Tafil-Klawe M., Zalewski P. (2017). Wpływ ekspozycji hiperbarycznej na układ sercowo-naczyniowy. Rola autonomicznego układu nerwowego. *Polish Hyperbaric Research*, *61* (4), 33-41.
125. Kusy K., Zieliński J. (2017). *Diagnostyka w sporcie. Podręcznik nowoczesnego trenera*. AWF w Poznaniu.
126. Lambert BS., Oliver JM., Katts GR., Green JS., Martin SE., Crouse SF. (2012). DEXA or BMI: clinical considerations for evaluating obesity in collegiate division I-A American football athletes. *Journal of Sport Medicine, 22(5),* 436 - 438.
127. Lazarus, R. S. (2000). How emotions influence performance in competitive sports. *The Sport Psychologist* 14(3): 229-252.
128. Leutzinger TJ., Gillen ZM., Miramonti AM., McKay BD., Mendez AI., Cramer JT. (2018). Anthropometric and Athletic Performance Combine Test Results Among Positions Within Grade Levels of High School–Aged American Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, vol. 32*, 1288 - 1296.
129. Lewitt A., Mądro E., Krupienicz A. (2007). Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Zakład Podstaw Pielęgniarstwa Akademii Medycznej w Warszawie, Endokrynologia, Otyłość, Zaburzenia Przemiany Materii, tom 3, nr 4*, 79 – 84.
130. Lijewski M., Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Stachoń A., Andrzejewska J., Chromik K. (2019). Anthropometric and strength profiles of professional handball players in relation to their playing position – multivariate analysis. *Acta of Bioengineering and Biomechanics, 24(4)*, 147 - 155.
131. Litwińska A. (2008). *Poziom zdolności twórczych sportowców uprawiających różne dyscypliny sportowe.* Wydawnictwo Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego, Kielce.
132. López-de-Celis C., Zegarra-Chávez D., Cadellans-Arróniz A., Carrasco-Uribarren A., Izquierdo-Nebreda P., Canet-Vintró M., Rodriguez-Sanz J., Pérez-Bellmunt A. (2022). Study on Balance and Postural Control According to the Stabilometry in Indoor Skydivers: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(1), 635.
133. Lukaski H. (2017). *Body composition: health and performance in exercise and sport*. CR Press Taylor & Francis Group.

134. Łaska-Mierzejewska T. (1999). Antropologia w sporcie i wychowaniu fizycznym. *Biblioteka Trenera, Centralny Ośrodek Sportu.*
135. Łaszczyńska J. (1998). Termowizyjne zobrazowania zmian efektorowych układu termoregulacji w odpowiedzi na bodziec niedotlenienia wysokościowego. *Postępy medycyny lotniczej*. Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, Warszawa.
136. Łubiński S., Kosendiak J. (2017). The Basketball warms-ups-theoretical assumptions and practical solutions. *Journal of Education, Health and Sport*, *7*(6), 933-951.
137. Łuczyńska A. (2011). *Psychologia sportu i aktywności fizycznej. Zagadnienia kliniczne.* Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
138. Makarowski R., Makurat F., Budnik-Przybylska D., Przybylski, J. (2009). Człowiek, emocje i skoki spadochronowe. *Rocznik Naukowy/Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego*, *19*.
139. Małek Ł. (2022). *Kardiologia sportowa dla lekarzy rodzinnych,* Medical Tribune Polska, Warszawa
140. Martín-Ponce E., Hernández-Betancor I., González-Reimers E., Hernández-Luis R., Martínez-Riera A., Santolaria F. (2014). Prognostic value of physical function tests: hand grip strength and six-minute walking test in elderly hospitalized patients. *Scientific reports*, *4*(1), 7530.
141. Masanovic B., Vukcevic A., Spaic S. (2018). Sport-Specific Morphology Profile: Differences in Anthropometric Characteristics between Elite Soccer and Basketball Players. *Journal of Anthropology of Sport and Physical Education, vol. 4.*
142. Marmon S. (2021). Obciążenia treningowe a wynik sportowy polskich maratończyków. Praca doktorska, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie.
143. Massy-Westropp N. M., Gill T. K., Taylor A. W., Bohannon R. W., Hill C. L. (2011). Hand grip strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC research notes*, *4*, 1-5.
144. Martin R. (1928). *Lerbuch der Anthropologie*, Verlag von Gustav Fischer, Jena.
145. Martín - Matillas M., Valadés D., Hernández - Hernández E., Olea - Serrano F., Sjöström M., Delgado - Fernández M., Ortega FB. (2014). Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *Journal of Sports Sciences, 32(2),* 137 – 148.

146. Mazur S., Kozdra-Kaczanowska A., Pala M. (2018). *Spadochroniarstwo i ryzyko związane z podstawowymi skokami spadochronowymi wojskowymi i cywilnymi*. Oficyna Wydawnicza AFM.
147. Mergheş PE., Grădinaru S., Grădinaru S. (2015). Study on the somatic profile of the volleyball outside hitter. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal, 7(13),* 21–26.
148. Michalik, K., Woźniak A., Wierzbicka-Damska I. (2017). The influence of aerobic performance on HRR in road cyclists and footballers. *Journal of Education, Health and Sport*, *7*(4), 77-89.
149. Mikołajczyk, K. (2018). Lokalne i układowe mechanizmy adaptacji tkanki kostnej u zawodników wspinaczki sportowej. *Nauki Przyrodnicze i Medyczne: Żywienie, sport oraz zdrowie*. 118.
150. Mikulić P., Vucetić V., Matković B., Oreb G. (2005). Morphological characteristics and somatotype of elite Croatian rowers. *Hrvatski sportskomedicinski vjesnnik, 20(1),* 15-19.
151. Missiuro W. (1932). *Concours de ski.* Warszawa.
152. Morgan W. P. (1995). Anxiety and panic in recreational scuba divers. *Sports Medicine*, *20*, 398-421.
153. Musiał K., Lipert A. (2017). Analiza składu ciała dorosłych osób amatorsko trenujących biegi długodystansowe. *Medycyna Sportowa* 2(4): 139-146.
154. Naugle K. M., Ohlman T., Naugle K. E., Riley Z. A., Keith N. R. (2017). Physical activity behavior predicts endogenous pain modulation in older adults. *Pain* , *158* (3), 383-390.
155. Newcomb N. L., Lester D. R., Keyt L. K., Zumsteg D. M., Barry, P. A. (2022). Indoor skydiving: an emerging cause of anterior shoulder dislocations. *Ochsner journal*, *22*(1), 71-75.
156. Nowacka – Chiari E. (2005). Budowa ciała młodych pływaczek. *Słupskie Prace Biologiczne*, 127 – 133.
157. Nowosielska - Swadźba D., Kunicki M., Zwolińska D. (2016). Ocena składu ciała u osób trenujących pływanie i hokej na lodzie. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku, nr 2,* 45-53.
158. Osiński W. (1991). *Zagadnienia motoryczności człowieka,* AWF, Poznań.
159. Osiński W. (2000). *Antropomotoryka.* Poznań. Wydawnictwo AWF Poznań.
160. Osiński W. (2019). *Antropomotoryka.* Poznań. Wydawnictwo AWF Poznań.

161. Ostojic SM. (2003). Seasonal alternations in body composition and sprint performance of elite soccer players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 11-14.
162. Otterson R., Debeliso M. (2020). Grip strength and North American collegiate football performance indicators. *Turkish Journal of Kinesiology, 6(1)*, 16 - 25.
163. Ozimek M. (2007). Determinanty wieloletniego przygotowania zawodników wysokiej klasy w wybranych dyscyplinach sportu. *Studia i Monografie 45*. AWF Kraków.
164. Ozimek M., Ambroży T. (2016). *Periodyzacja przygotowania sportowców: rozwiązania programowe na przykładzie lekkoatletycznego sprintu*. WSBPI Apeiron: 125-162.
165. Pawlak M. (2013). Aspects of pain in sport. *Trends in Sport Sciences, 3(20),* 123 - 134.
166. Pawlak M. (2013). Pain in sport and physiotherapy. *Acta Neurobiologiae Experimentalis,* 73 (1), 12-19.
167. Pawlak M. (2014). Ból w sporcie — aktualne wyzwania dla teorii i praktyki. *Forum Zaburzeń Metabolicznych, 5(4)*, 158-164.
168. Pawlak M., Chudecka M., Leźnicka K. (2024). Insight in perception of pain in sports–selected aspects. *Acta Kinesiologica*, *18*(1), 16-22.
169. Pena J., Moreno - Deutres D., Coma J., Cook M., Busca B. (2018). Anthropometric and fitness profile of high-level basketball, handball and volleyball player. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 18,* 30 – 35.
170. Petroski EL., Del Fraro JF., Fidelix YL., Santos Silva DA., Pires - Neto CS., Dourado AC., Rocha MA., Reeberg - Stanganelli LC., Oncken P., Soares Viera F. (2013). Anthropometric, morphological and somatotype characteristics of athletes of the Brazilian men's volleyball team: an 11-year descriptive study. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, 15(2),* 184 – 192.
171. Pietraszewska J. (1998). Zróżnicowanie morfologiczne zawodników różnych dyscyplin sportowych. Wrocław: *Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.*
172. Pietraszewska J. (2002). *Budowa somatyczna i skład tkankowy młodych sportowców. Ontogeneza i promocja zdrowia w aspekcie medycznym, antropologicznym i wychowania fizycznego*. Zielona Góra: 353-358

173. Pietraszewska J., Jakubowski W. (2013). Use of different methods for testing morphological characteristics and evaluation of body tissue composition of swimmers. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine, nr 3,* 33 – 41.
174. Pietraszewska J., Stachoń A., Burdukiewicz A., Andrzejewska J., Sieroń A. (2016). Budowa ciała siatkarzy na różnych poziomach sportowych. *Journal of Education, Health and Sport, 6(6)*, 543 – 552.
175. Podstawski R., Mańkowski S., Omelan A., Choszcz D. (2016). Związki między poziomem cech somatycznych i zdolności szybkościowych oraz zmianami tętna pod wpływem krótkotrwałego wysiłku fizycznego u młodych kobiet i mężczyzn. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, (3 (17)), 19-27.
176. Poliszczuk T., Mosakowska M. (2010). Antropometryczny profil elitarnych badmintonistów z Polski. *Medycyna Sportowa, 26(1),* 45 – 55.
177. Quesada E., Cuadrado-Gallego J. J., Patricio M. Á., Usero, L. (2021). Outlier Detection Transilience-Probabilistic Model for Wind Tunnels Based on Sensor Data. *Sensors*, *21*(7), 2532.
178. Raczek J. (2010). *Antropomotoryka*, PZWL, Warszawa
179. Raczek J., Młynarski W., Ljach W. (2003). *Kształtowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych.* AWF, Katowice.
180. Raković A., Savanović V., Stanković D., Pavlović R., Simeonov A., Petković E. (2015). Analysis of the elite athletes' somatotypes. *Acta Kinesiologica*, *9*(1), 47-53.
181. Raudenbush B., Canter R., Corley N., Grayhem R., Koon J., Lilley S., Meyer B., Wilson I. (2012). Pain Threshold and Tolerance Differences Among Intercollegiate Athletes: Implication of Past Sports Injuries and Willingness to Compete Among Sports Teams. *North American Journal of Psychology, 14(1),* 85 - 94.
182. Rebelo A., Brito J., Maia J., Coelho - Silva M., Figuereido A., Bansgbo J., Malina R., Seabra A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *International Journal of Sports Medicine, 34(4),* 312 - 317.
183. Regulska-Ilow B., Kosendiak A., Konikowska K., Różańska D., Ilow R., Kawicka A., Dudziak K. (2014). Athlete's body contents analysis before and after marathon by bioelectrical impedance. *Polish Journal of Sports Medicine*, *30*(2).

184. Requena B., García I., Suárez - Arrones L., Sáez de Villarreal E., Naranjo Orellana J., Santalla A. (2017). Off season effects on functional performance body composition and blood parameters in top level professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 31(4),* 939 - 946.
185. Reuter P., Fichthorn, K. (2019). Prevalence of generalized joint hypermobility, musculoskeletal injuries, and chronic musculoskeletal pain among American university students. *PeerJ Life and Environment.*
186. Ridan T., Malczewska N., Ogrodzka K., Dubaj W., Hładki W. (2015). Charakterystyka urazowości kończyny górnej w grupie osób czynnie uprawiających wspinaczkę skałkową. *Ostry dyżur 2015.* 8 (1).
187. Rivas L., Mielgo - Ayuso J., Norte - Navarro A., Cejuela R., Canabas M., Martinez - Sanz J. (2015). Body Compositio and somatotype in University triathletes. *Nutricion Hospitalaria, 32(2),* 799 - 807.
188. Roelofs EJ., Smith - Ryan AE., Trexler ET., Hirsch KR. (2017). Seasonal effects on body composition muscle characteristics and performance of collegiate swimmers and divers. *Journal of Athletic Training, 52(1)*, 45 - 50.
189. Rokowski R., Staszkiewicz R. (2010). Wspinaczka sportowa – rola i znaczenie przygotowania siłowego dla osiągnięć wspinaczy. *Sport Wyczynowy 2*, 19-34.
190. Ruchlewicz T., Chwała W., Staszkiewicz R. (1997). Parametry charakteryzujące siłę wybranych grup mięśni u wspinaczy sportowych. *Antropomotoryka*, *16*, 79-88.
191. Sahu DP. (2015). Comparative study on body segments and BMI between cricket players and hockey players. *International Journal of Physical Education, Sports and Health, 1(3)*, 6 - 9.
192. Sawczyn S., Kochanowicz K., Kruczkowski D., Dancewicz T. (1997). Cechy prognostyczne budowy somatycznej w doborze do gimnastyki sportowej. *Trening, (3),* 19 – 21.
193. Schöder H., Silverman D. H., Campisi R., Sayre J. W., Phelps M. E., Schelbert H. R., Czernin J. (2000). Regulation of myocardial blood flow response to mental stress in healthy individuals. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *278*(2), H360-H366.
194. Sibila M., Pori M. (2009). Position - Related Differences in Selected Morphological Body Characteristics of Top - Level Handball Players. *Collegium Antropologicum, 33(4),* 1079 – 1086.

195. Siewierski M., Adamczyk J., Grzechnik - Siewierska M. (2011). Dobór i selekcja w polskich klubach. Etapy szkolenia a rodzaje selekcji. *Sport Wyczynowy, nr 2,* 33 – 42.
196. Siewierski M., Adamczyk J., Grzechnik-Siewierska M. (2011). Dobór i selekcja w polskich klubach. Etapy szkolenia a rodzaje selekcji. *Sport Wyczynowy 2*(358): 33-42.
197. Sigmund M., Sigmundova D., Kvintova J. (2015). Basic physical profile of current Czech elite male ice hockey players – reference values. *Life Science Journal, 12(2),* 9 – 13.
198. Sigmud M., Kohn S., Sigmundova D. (2016). Assessment of basic physical parameters of current Canadian - American National Hockey League (NHL) ice hockey players. *Acta Gymnica, 46(1)*, 30 - 36.
199. Singh K., Singh M., Singh P., Choudhary A. (2017). Relationship between the anthropometric variables and throwing skill in male softball players. *European Journal of Physical Education and Sport Science, 3(10)*, 198 – 208.
200. *SKY DIVE CLUB. (2021). Podręcznik skoczka. Skrypt szkolenia spadochronowego*
201. Slimani M., Nikolaidis PT. (2017). Anthropometric and Physiological Characteristics of Male Soccer Players According to their Competitive Level, Playing Position and Age Group: A systematic Review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 59(1),* 141 – 163.
202. Sozański H. (1999). *Podstawy teorii treningu sportowego. Warszawa.* Biblioteka Trenera, COS.
203. Sozański H., Adamczyk J., Siewierski M. (2012). *Etapizacja procesu szkolenia sportowego - teoria i rzeczywistość.* AWF Poznań.
204. Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. (2013). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego*. AWF, Warszawa.
205. Sozański H., Sadowska J., Czerwiński J. (2016). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego,* AWF, Warszawa
206. Sozański H., Siewierski M., Adamczyk J. (2010). Indywidualizacja treningu, specyfika treningu indywidualnego. *Rocznik Naukowy*, AWFiS Gdańsk 20: 5-23.
207. Sozański H., Śledziewski D. (2000). *Obciążenia treningowe, Dokumentowanie i opracowywanie danych*. COS Warszawa.

208. Sozański, H., Zaporożanow W. (1993). Kierowanie jako czynnik optymalizacji treningu. *Biblioteka Trenera*. RCMSzKFiS.
209. **S**öğüt M., Luz L., Kaya Ömer Barış, Altunsoy K., Dogan A., Kirzaci S., Clemente F., Nokolaidis P. (2019). Age and Maturity-Related Variations in Morphology, Body Composition, and Motor Fitness among Young Female Tennis Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(13),* 2412.
210. Smith R. (1990). Sports and Freedom: The Rise of Big-Time College Athletics. *New York*, *Oxford University Press.*
211. Spieszny M. (2011). Analiza rozwoju cech somatycznych, motorycznych i umiejętności techniczno-taktycznych młodych sportowców uprawiających grę w piłkę ręczną. Kraków, Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
212. Starkowicz - Przybycień B. (2010). Body composition and somatotype of the top of Polish male karate contestants. *Biology of Sport, 3*, 195 - 201.
213. Stecco L., Stecco C. (2015). Manipulacja powięzi w zespołach bólowych układu ruchu – część praktyczna. *Odnova-Med*, Szczecin.
214. Stecco L., Stecco A. (2019). Manipulacja powięzi w leczeniu dolegliwości bólowych układu ruchu. *Odnova-Med*, Szczecin.
215. Stergiou G.S., Palatini P., Parati G., O'Brien E., Januszewicz A., Lurbe E., Persu A., Mancia G., Kreutz, R. (2021). European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement. *Journal of hypertension*, *39*(7), 1293-1302.
216. Stoelting R. K., Flood P., Rathmell J. P., Shafer S. (2014). *Pharmacology and physiology in Anesthetic Practice*. Wolters Kluwer
217. Straub WF. (1979). Grip strength of college and professional football players. *Ergonomics, vol. 22,* 1185 - 1194.
218. Strong J., Unruh A. M., Wright A., Baxter G. D. (2008). *Ból. Podręcznik dla Terapeutów.* DB Publishing, Warszawa
219. Strzała M., Szyguła Z., Głąb G., Ostrowski A. (2013). Funkcjonowanie organizmu człowieka w warunkach wysokościowych. *Medycyna Środowiskowa* 16, nr. 4, 90.
220. Szopa J., Mleczko E., Żak S. (1996). *Podstawy antropomotoryki.* PWN, Warszawa.
221. Szopa J., Mleczko E., Żak S. (2000). *Podstawy antropomotoryki,* PWN, Warszawa.

222. Taekema D. G., Gussekloo J., Maier A. B., Westendorp R. G., de Craen, A. J. (2010). Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age and ageing*, *39*(3), 331-337.
223. Thornton C., Sheffield D., Baird A., (2017). A longitudinal exploration of pain tolerance and participation in contact sports. *Scandinavian Journal of Pain, 16(1)*, 36 - 44.
224. Toselli S., Campa F., Pasqualiano M., Greco G., Loi A., Grigoletto A., Zaccagni L. (2021). Differences in Maturity and Anthropometric and Morphological Characteristics among Young Male Basketball and Soccer Players and Non-Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18(8),* 3902.
225. Trubiłko J. (2023). Morfofunkcjonalne uwarunkowania zawodników uprawiających futbol amerykański z uwzględnieniem specjalizacji na boisku podczas gry. *Rozprawa doktorska*, Uniwersytet Szczeciński Wydział Kultury Fizycznej i Zdrowia Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Szczecin
226. Trubiłko J., Kolano P., Sieńko – Awierianów E., Chudecka M. (2020). Morphological characteristics, assessment of hypermobility and pain threshold of rugby players. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine, 31(3),* 107 - 113.
227. Turnagöl H. (2016). Body composition and bone mineral density of collegiate American football players. *Journal of Human Kinetics, 1(51),* 103 – 112.
228. Urban F., Kandráč R., Táborský F. (2010). Anthropometric Profiles and Somatotypes of National Teams at the 2010 Men's 20 European Handball Championship. *In EHF Web Perodical*.
229. Vanderweeën L., Oostendorp B., Vaes P., Duquet W. (1986). Pressure algometry in manual therapy. *Manual Therapy, vol. 1,* 258 - 265.
230. Vanderweeen L., Oostendorp R.A.B., Vaes P., Duquet W. (1996). Pressure algometry in manual therapy. *Manual Therapy* 5, 258-265.
231. Vaquera A., Santiago S., Gerardo VJ., Morante JC., García - Tormo V. (2015). Anthropometric Characteristics of Spanish Professional Basketball Players. *Journal of Human Kinetics, vol. 46*, 99 - 106.

232. Walnik M., Strzelecka K., Gronczewski A. (2020). Charakterystyki aerodynamiczne skoczka spadochronowego. *Mechanika w lotnictwie ML-XIX,* Warszawa.
233. Warner E., Fornetti W., Jallo J., Pivarnik J. (2004). A Skinfold Model to Predict Fat-Free Mass in Female Athletes. *Journal of Athletic Training, 39(3),* 259 – 262.
234. Watts P. B., Martin D. T., Durtschi S. (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, *11*(2), 113-117.
235. Ważny Z. (1989). *Mały leksykon treningu sportowego*. AWF Katowice.
236. Ważny Z. (2004). Rozważania na temat metodyki treningu sportowego. *Sport Wyczynowy* 7-8: 475-476.
237. Wiśniowski W. (2016). *Tunele aerodynamiczne w Polsce na tle tuneli światowych.* Biblioteka Naukowa Instytutu Lotnictwa, Warszawa.
238. Wojtasik W., Szulc A., Kołodziejczyk M., Szulc A. (2015). Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu wysiłku fizycznego na organizm człowieka. *Czasopismo Edukacji, Zdrowia i Sportu* 5, nr. 10, 350-372.
239. Wolański N., Parizkova J. (1976). *Sprawność fizyczna a rozwój człowieka.* Sport i Turystyka, Warszawa
240. Wolański N. (2012). *Rozwój biologiczny człowieka. Podstawy auksologii, gerontologii i promocji zdrowia.* Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
241. Wolański N., Kaczmarek M. (2018). *Rozwój biologiczny człowieka od poczęcia do śmierci.* Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
242. Yamashita D., Asakura M., Ito Y., Yamada S., Yamada Y. (2017). Physical Characteristics and Performance of Japanese Top-Level American Football Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 31(9),* 2455 – 2461.
243. Zaccagni L., Rinaldo N., Bramanti B., Mongillo J., Gualdi - Russo E. (2020). Body image perception and body composition: assessment of perception inconsistency by a new index. *Journal of Translational Medicine, 18(20),* 1- 8.
244. Zasadzka E., Strzeszak D., Poterska A., Trzmiel, T., Pawlaczyk, M. (2017). Siła uścisku dłoni u osób po 65 roku życia. *Geriatria*, *11*, 117-22.
245. Zasadzka E., Trzmiel T., Pochylska J., Kropińska S., Pawlaczyk M. (2017). Sprawność i samopoczucie słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku. *Gerontologia Polska.* 25, 106-111.

246. Zatoń M., Jastrzębska A. (2010). *Testy fizjologiczne w ocenie wydolności fizycznej*, PWN, Warszawa
247. Ziemba A. W. (2021). Granice wytrzymałości czy możliwości? *AKADEMIA. Magazyn Polskiej Akademii Nauk*, 38-43.
248. Ziemba A. (2023). Fizjologiczna adaptacja do aktywności oraz jej skutki u dzieci i młodzieży. *Medycyna Sportowa* 39, nr. 1, 1-11.
249. Żarów R. (2007). *Przewodnik do ćwiczeń z antropologii. Antropometria*. Akademia Wychowania Fizycznego Kraków.

Źródła internetowe:

1. http://projects.thestar.com/photos/on_assignment/how-ifly-toronto-brings-thrill-of-skydiving-indoors.html [dostęp: 13.04.2020]
2. http://www. fai.org/news/) [dostęp: 13.03.2025]
3. http://www.polska-zbrojna.pl/home/articleshow/10373?t=Beda-latac-dwa-dni-w-tunelu [dostęp: 13.04.2020]
4. https://airandspace.si.edu/collection-objects/1903-wright-flyer/nasm_A19610048000 [dostęp: 13.04.2020]
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_wind_tunnel [dostęp: 13.04.2020].
6. https://www.flyspot.com/pl/nasze-atrakcje/tunel-flyspot/oferta-dla-profesjonalistow/zawody-we-flyspot/liga-mistrzow/ [dostęp: 13.04.2025].
7. https://flyspot.com/pl/o-nas/ [dostęp: 13.04.2020]
8. https://www.flyspotpolishopen.com/. [dostęp: 13.03.2025]
9. https://www.hurricanefactory.com/tatralandia/pl/historia [dostęp: 13.04.2020]
10. https://www.indoorskydivingsource.com/articles/a-complete-history-of-the-vertical-wind-tunnel/ [dostęp 13.04.2020]
11. https://web.archive.org/web/20140228112028/http://www.eng.fiu.edu/mme/robotics/EML4905SeniorDesignProject/SampleSeniorDesignProjects/2011Fall/2011fall-T6-VerticalWindTunnel.pdf [dostęp: 13.04.2020]
12. https://web.archive.org/web/20060825050634/http://www.bodyflight.net/2006_torinno_olympics_.html [dostęp: 13.04.2020]
13. https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=4457509&KC=&FT=E&locale=en_EP [dostęp: 13.04.2020]

8 Spis tabel

Tabela 1. Charakterystyki opisowe: wieku chronologicznego, stażu zawodniczego oraz cech morfologicznych, składu ciała, wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych badanych zawodników 42

Tabela 2. Zestawienie wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) zawodników w seriach badań: przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t - Studenta istotności różnic dla prób zależnych 43

Tabela 3. Zestawienie wartości częstości skurczów serca HR zawodników przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych 44

Tabela 4. Zestawienie wartości progu bólu mierzonego w czterech anatomicznych miejscach, wykonanego przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t - Studenta istotności różnic dla prób zależnych 45

Tabela 5. Zestawienie wartości siły mięśniowej ręki prawej (R) i lewej (L) zawodników mierzonej przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych 46

Tabela 6. Wyniki korelacji rang Spearmana uwzględniające miejsce zawodnika w końcowym rankingu oraz analizowane parametry zawodników 48

Tabela 7. Charakterystyki opisowe: wieku kalendarzowego, cech morfologicznych, składu ciała oraz wyliczonych wskaźników odżywczych i somatycznych amatorów ... 50

Tabela 8. Zestawienie wartości ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) amatorów przed i bezpośrednio po zakończeniu wysiłku fizycznego oraz wyniki testu t - Studenta istotności różnic dla prób zależnych 51

Tabela 9. Zestawienie wartości częstości skurczów serca amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych 52

Tabela 10. Zestawienie wartości progu bólu amatorów mierzonego w czterech anatomicznych miejscach wykonanego przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych 53

Tabela 11. Zestawienie wartości siły mięśniowej ręki prawej (R) i lewej (L) amatorów mierzonej przed i bezpośrednio po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób zależnych 54

Tabela 12. Porównanie wartości mierzonego ciśnienia tętniczego krwi (skurczowego i rozkurczowego) zawodników i amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych 56

Tabela 13. Porównanie wartości częstości skurczów serca zawodników i amatorów przed i bezpośrednio po wysiłku fizycznym oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych 57

Tabela 14. Porównanie wartości progu bólu zawodników i amatorów mierzonego w czterech anatomicznych miejscach wykonanego przed i po wysiłku oraz wyniki testu t - Studenta istotności różnic dla prób niezależnych..... 58

Tabela 15. Porównanie wartości siły mięśniowej ręki prawej (R) i lewej (L) zawodników i amatorów mierzonej przed i po wysiłku oraz wyniki testu t-Studenta istotności różnic dla prób niezależnych 59

9 Spis rycin

Rycina 1. Budynek tunelu aerodynamicznego…….22

Rycina 2. Budynek tunelu aerodynamicznego…….23

Rycina 3. Budowa tunelu aerodynamicznego……...23

Rycina 4. Zawodnicy w tunelu podczas zawodów……...27

Rycina 5. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 1 i 2…...29

Rycina 6. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 3 i 4…...30

Rycina 7. Zestaw figur, które zawodnicy muszą zaprezentować podczas rundy 5 i 6…...30

10 Załączniki

Załącznik nr 1. Zgoda Komisji Bioetycznej …….…….….. 93

Załącznik nr 1

KOMISJA BIOETYCZNA
przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Szczecinie
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 11
71-332 Szczecin

Sekretariat 91 48 74 936 wew. 110, tel./fax 91 48 62 631
e-mail: bioetyka@oil.szczecin.pl

Uchwała Nr 10/KB/VI/2018
Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie
z dnia 21 czerwca 2018 roku

w sprawie badania własnego, praca doktorska, zgłoszonego przez Panią mgr Joannę Trubiłko ze Studium Wychowania Fizycznego i Sportu, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, ul. Tenisowa 33, 71-066 Szczecin, pt.

„ Aktywność fizyczna jako czynnik warunkujący cechy morfo-funkcjonalne i reaktywność organizmu na działanie bodźcowe stosowane w medycynie sportowej i odnowie biologicznej."

Na podstawie art. 29 ust. 2 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz.U. z 2017r., poz.125), ustawy z dnia 6 września 2001 r. Prawo farmaceutyczne (Dz.U. z 2016r., poz.2142.) oraz rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz.U. Nr 47, poz. 480) uchwala się, co następuje:

§ 1

Komisja Bioetyczna Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie stwierdza, że do wniosku zgłaszającego wyżej wskazany program badawczy dołączono następujące dokumenty:

1. Opis projektu badania.
2. Wzór Formularza Świadomej Zgody na udział w badaniu.
3. Wzory Informacji dla uczestnika badania.
4. Życiorys Głównego badacza i członków zespołu badawczego.
5. Zgoda na przeprowadzenie badań w Zakładzie Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej Wydziału Nauk o Zdrowiu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego.
6. Dane płatnika.

§ 2

Komisja Bioetyczna Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie, po zapoznaniu się z w/w dokumentacją oraz recenzją sporządzoną przez ***Panią prof. dr. hab. Aleksandrę Żukrowską*** - postanawia zaopiniować przedstawiony projekt badawczy **p o z y t y w n i e.**

§ 3

Skład i działanie Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie są zgodne z zasadami Good Clinical Practice (GCP) oraz obowiązującymi przepisami.

§ 4

Podmiotom wymienionym w § 8 ust. 1 w/w rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej przysługuje prawo odwołania do Odwoławczej Komisji Bioetycznej przy Ministerstwie Zdrowia za pośrednictwem Komisji Bioetycznej OIL w Szczecinie w terminie 14 dni od dnia otrzymania niniejszej uchwały.

§ 5

Lista osób uczestniczących w obradach Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie w dniu 21 czerwca 2018 roku stanowi załącznik do niniejszej uchwały.

§ 6

Tekst uchwały sporządzono w dwóch jednobrzmiących egzemplarzach, po jednym dla wnioskodawcy i Komisji Bioetycznej OIL w Szczecinie.

§ 7

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

PRZEWODNICZĄCY
Komisji Bioetycznej
Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie

prof. dr hab. n. med. Piotr Gutowski

Lista obecności
Członków Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie
w dniu 21 czerwca 2018 roku.

L.P.	Nazwisko i imię	Specjalizacja	miejsce pracy	podpis
1.	Prof. dr hab. n. med. Marek Droździk	Choroby wew., farmakologia kliniczna	Zakład Farmakologii Doświadczalnej i Klinicznej PUM w Szczecinie	
2.	Prof. dr hab. n. med. Janusz Fydryk	Pediatria, nefrologia	Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii PUM w Szczecinie	
3.	Prof. dr hab. n. med. Piotr Gutowski	Chirurgia, angiologia	Klinika Chirurgii Naczyniowej PUM w Szczecinie	
4.	Prof. dr hab. n. med. Andrzej Torbè	Położnictwo i ginekologia	Klinika Położnictwa i Perinatologii PUM w Szczecinie	
5.	Mgr Bożena Rasińska	Pielęgniarka	Chirurgiczna Izba Przyjęć PUM Szczecin	
6.	Mec. Danuta Kordonowska-Głowa	Radca prawny		
7.	Mgr farm. Anna Kuliszewska-Krakowiak	Farmaceuta	Zachodniopomorska Okręgowa Izba Aptekarska w Szczecinie	
8.	Dr hab. med. Karolia Kędzierska-Kapuza	Choroby wewnętrzne, nefrologia, transplantologia kliniczna	Klinika Nefrologii, Transplantologii i Chor. Wewnętrzn. PUM w Szczecinie	
9.	Dr n. med. Krzysztof Mokrzycki	Choroby wewnętrzne, kardiologia, transplantologia kliniczna	Klinika Kardiochirurgii PUM w Szczecinie	
10.	Dr Małgorzata Foszczyńska-Kłoda	Choroby wew., chemioterapia, onkologia kliniczna	Oddział Onkologii Klinicznej ZCO w Szczecinie.	
11.	Dr n. med. Robert Kowalczyk	Chirurgia szczękowa	Klinika Chirurgii Szczękowo-Twarzowej PUM w Szczecinie	
12.	Prof. dr hab. n. med. Jerzy Samochowiec	Psychiatria	Katedra i Klinika Psychiatrii PUM w Szczecinie	
13.	Dr n. med. Henryk Smulski	Choroby wewnętrzne	ZCO w Szczecinie	
14.	Ksiądz dr Arkadiusz Wieczorek	Duchowny	Wicerektor AWSD w Szczecinie	
15.	Prof. dr hab. Aleksandra Żukrowska	Filozof	Szczecińska Szkoła Wyższa Collegium Balticum ul. Mieszka I 61 C 71 - 011 Szczecin	

011-52/MF/KB/452/09/2018

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
70-310 Szczecin, ul. Piastów 17
-1-

Okręgowa Izba Lekarska w Szczecinie
WPŁYNĘŁO 30. 05. 2018 DATA
L.dz. 1350

BADANIE WŁASNE

Data 28.05.2018 r.

KOMISJA BIOETYCZNA
Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie
WPŁYNĘŁO 30. 05. 2018 DATA
L.dz. 214

.....
(nazwa jednostki organizacyjnej - pieczątka)

ZGŁOSZENIE BADAŃ
DO KOMISJI BIOETYCZNEJ
PRZY OKRĘGOWEJ IZBIE LEKARSKIEJ W SZCZECINIE

1. Kierownik samodzielnej jednostki organizacyjnej *(imię nazwisko, tytuł naukowy, specjalizacja)*

dr hab. inż. Jacek Wróbel prof. nadzw., Rektor Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

2. Kierownik (kierownicy) tematu badawczego (imię, nazwisko, tytuł naukowy specjalizacja)

Joanna Trubiłko mgr wychowania fizycznego

3. Członkowie zespołu badawczego: (imiona, nazwiska, tytuły naukowe, specjalizacja, stanowisko służbowe):

- Dr hab. Monika Chudecka, prof. US – Katedra Anatomii Funkcjonalnej Człowieka i Biometrii, Wydział Kultury Fizycznej i Promocji Zdrowia, Uniwersytet Szczeciński
- Dr Elżbieta Sieńko-Awierianów - Katedra Anatomii Funkcjonalnej Człowieka i Biometrii, Wydział Kultury Fizycznej i Promocji Zdrowia, Uniwersytet Szczeciński
- Dr hab. Anna Lubkowska, prof. PUM - Zakład Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej, Wydział Nauk o Zdrowiu, Pomorski Uniwersytet Medyczny
- Mgr Piotr Kolano - Kolano Medic Piotr Kolano fizjoterapeuta

4. Temat badań:

Aktywność fizyczna jako czynnik warunkujący cechy morfo-funkcjonalne i reaktywność organizmu na działanie bodźcowe stosowane w medycynie sportowej i odnowie biologicznej

5.Miejsce prowadzenia badań *(nazwa jednostki prowadzącej)*

Zakład Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej, Wydział Nauk o Zdrowiu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego przy ul. Żołnierskiej 48 w Szczecinie

6. Informacja o badaniach *(na osobnej kartce)*:

a) założenie badań,
b) metodyka badań (szczegółowo),
c) badani: wiek, płeć, stan zdrowia,
d) kryteria włączenia i wyłączenia
e) liczebność grupy badanej,
f) miejsce wykonywania badań laboratoryjnych
g) życiorys badacza,
h). protokół badania
i) przewidywany okres przeprowadzania badań.

7. Rodzaj badania i zasady finansowania:
(należy określić rodzaj pracy badawczej: własna, grant, statutowa, habilitacyjna, doktorska, magisterska, studencka, inne:

praca doktorska

finansowanie – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

8. **Załączniki:**
Do niniejszego zgłoszenia należy dołączyć niżej wymienione dokumenty w celu ich zaakceptowania:
- opis badania wg punktu 6, - załącznik 1
- zgoda pacjenta/badanego na udział w badaniach – załącznik 2
- informacja dla pacjenta na temat przeprowadzanych badań – załącznik 3
- zgoda na przeprowadzenie badań w Zakładzie Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej Wydziału Nauk o Zdrowiu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego

REKTOR
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu
Technologicznego w Szczecinie
dr hab. inż. Jerzy Wróbel, prof. nadzw.

.....
pieczątka i podpis kierownika jednostki organizacyjnej

.....
pieczątka i podpis kierownika tematu