



Uniwersytet Rzeszowski
Collegium Medicum
Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Rozprawa doktorska
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu,
w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej

**Ocena budowy somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolności
kognitywnych młodzieży szkolnej po wdrożeniu autorskiej interwencji
treningowej w formie rozgrzewki**

Mgr Sylwia Pomianek

Promotor:

Prof. dr hab. Wojciech Czarny

Promotor pomocniczy:

Dr Piotr Matłosz

Rzeszów, 2025 r.

*Pragnę wyrazić moje najgłębsze wyrazy wdzięczności oraz serdeczne podziękowania
Promotorowi,*

*Panu Profesorowi Wojciechowi Czarnemu, za nieocenione wsparcie i cenne wskazówki
udzielone w trakcie przygotowywania niniejszej rozprawy doktorskiej.*

Szczególne podziękowania kieruję również do Promotora pomocniczego,

*Pana Doktora Piotra Matłosa, którego merytoryczne uwagi i cenne spostrzeżenia
miały istotny wpływ na kształt i ostateczny wymiar mojej pracy doktorskiej.*

Spis treści

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW.....	4
WSTĘP.....	6
1. WPROWADZENIE TEORETYCZNE- PRZEGLĄD BADAŃ.....	8
1.1. SPECYFIKA ROZWOJU SOMATYCZNEGO W OKRESIE ADOLESCENCJI.....	8
1.2. CHARAKTERYSTYKA ROZWOJU MOTORYCZNEGO W OKRESIE ADOLESCENCJI.....	10
1.3. ROZWÓJ FUNKCJI KOGNITYWNYCH W OKRESIE ADOLESCENCJI.....	12
1.4. CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKÓW MAJĄCYCH WPLYW NA OSIĄGNIĘCIA SZKOLNE.....	13
1.5. PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH ZWIĄZKÓW POMIĘDZY BUDOWĄ SOMATYCZNĄ, ZDOLNOŚCIAMI MOTORYCZNYMI, A OSIĄGNIĘCIAMI SZKOLNYMI.....	16
2. CEL PRACY I PYTANIA BADAWCZE.....	21
2.1. PYTANIA BADAWCZE.....	21
3. MATERIAŁ I METODY.....	22
3.1 CHARAKTERYSTYKA GRUPY BADANEJ.....	22
4. WYNIKI.....	32
4.1. OCENA RÓŻNIC BADANYCH ZMIENNYCH W POSZCZEGÓLNYCH GRUPACH ZE WZGLĘDU NA PLEĆ.....	32
4.2. ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY BADANYMI ZMIENNYMI W GRUPIE KONTROLNEJ.....	42
4.3. ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY BADANYMI ZMIENNYMI W GRUPIE BADANEJ.....	45
4.4. OCENA RÓŻNIC ANALIZOWANYCH ZMIENNYCH PRZED I PO WDROŻENIU INTERWENCJI W GRUPIE KONTROLNEJ.....	48
4.5. OCENA RÓŻNIC ANALIZOWANYCH ZMIENNYCH PRZED I PO WDROŻENIU INTERWENCJI W GRUPIE BADANEJ.....	53
5. DYSKUSJA.....	58
6. WNIOSKI.....	69
PIŚMIENNICTWO.....	70
TEST SPRAWNOŚCI ALPHA.....	77
TESTY PSYCHOLOGICZNE: TEST D2-R.....	78
KWESTIONARIUSZ JAKOŚCI SNU, ŻYWIENIA, AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ.....	80
STRESZCZENIE.....	83
ABSTRACT.....	84
SPIS TABEL.....	85
SPIS RYCIN.....	86
ZAŁĄCZNIK 1- ZGODA KOMISJI BIOETYCZNEJ.....	87
ZAŁĄCZNIK 2- OŚWIADCZENIE.....	89

Wykaz stosowanych skrótów.

ADHD - zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi, ang. *attention deficit hyperactivity disorder*.

ALPHA – bateria testów Alpha, ang. *Alpha test battery*.

B% - procent błędów, ang. *error percentage*.

BDNF - mózgowy czynnik neurotroficzny pochodzenia mózgowego, ang. *brain-derived neurotrophic factor*.

BMI – wskaźnik masy ciała, ang. *body mass index*.

Bp T – błędy pominięcia – liczba pominiętych znaków docelowych, ang. *Errors of omission – number of missed target characters*.

Bw T – błędy fałszywe – liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów, ang. *errors of commission – number of distractors marked incorrectly*.

CRF – wydolność krążeniowo-oddechowa, ang. *cardiorespiratory fitness*.

d2-R - test uwagi i koncentracji, ang. *test of attention and concentration*.

FATP - procentowa zawartość tkanki tłuszczowej, ang. *fat percentage*.

FFM– beztłuszczowa masa ciała, ang. *fat-free mass*.

GH - hormonu wzrostu, ang. *growth hormone*.

IGF-1- insulinopodobny czynnik wzrostu-1, ang. *insulin-like growth factor 1*.

IQ - inteligencja ogólna, ang. *general intelligence*.

ISAK - międzynarodowe towarzystwo na rzecz rozwoju kinantropometrii, ang. *the international society for the advancement of kinanthropometry*.

K T – wskaźnik koncentracji, ang. *concentration index*.

LPZW – liczba przetworzonych znaków docelowych; wskaźnik szybkości pracy, ang. *number of reviewed target characters; work speed index*.

M – średnia, ang. *Mean*.

Me – mediana, ang. *Median*.

MM – masa mięśniowa oznacza ilość mięśni szkieletowych w ciele, ang. *muscle mass*.

p – wartość p, poziom istotności statystycznej, ang. *p-value, statistical significance level*.

PhA – kąt fazowy, ang. *phase angle*.

PHV - gwałtowny wzrost wysokości, ang. *peak height velocity*.

Q1- pierwszy kwartył, ang. *first quartile*.

Q3- trzeci kwartył, ang. *third quartile*.

r - współczynnik korelacji liniowej Pearsona, ang. *Pearson's correlation coefficient*.

SD - odchylenie standardowe, ang. *standard deviation*.

SO - otyłość sarkopeniczna, ang. *sarcopenic obesity*.

SP- przycinanie synaptyczne, ang. *synaptic pruning*.

TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, ang. *total body water*.

VO2Max – maksymalny pobór tlenu, ang. *maximal oxygen uptake*.

WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder, ang. *waist to hip ratio*.

WHtR – stosunek obwodu tali do wzrostu, ang *waist to height ratio*.

Wstęp.

W dobie dynamicznej cyfryzacji współczesne młode społeczeństwo zmagają się z wieloma wyzwaniami, które w istotny sposób wpływają na jego rozwój fizyczny, psychiczny oraz społeczny. Siedzący tryb życia, niewłaściwie zbilansowana dieta oraz intensywne tempo życia przyczyniają się do pogorszenia kondycji zdrowotnej młodzieży, co skutkuje wzrostem liczby problemów o charakterze somatycznym i psychicznym. W konsekwencji zaburzenia te oddziałują na ogólny dobrostan dorastającej jednostki, a tym samym na jej zdolności poznawcze i motywację do nauki [1].

Analiza dostępnych badań naukowych dotyczących obniżenia poziomu aktywności fizycznej wśród młodzieży, wzrostu częstości występowania chorób cywilizacyjnych oraz narastającego zmęczenia psychicznego wskazuje na konieczność podjęcia działań mających na celu poprawę sytuacji. Szczególnie istotne wydaje się określenie czynników warunkujących motywację uczniów do nauki oraz zbadanie wpływu aktywności fizycznej na funkcjonowanie mózgu, co może stanowić kluczowy element w procesie edukacyjnym i wychowawczym. Wyniki licznych badań sugerują, że odpowiednio zaprojektowane programy treningowe, oparte na dowodach naukowych, mogą przyczynić się do poprawy zdolności poznawczych, koncentracji oraz ogólnej efektywności w procesie przyswajania wiedzy[2].

Inspiracją do podjęcia niniejszych badań była możliwość opracowania oraz wdrożenia autorskiego modelu rozgrzewki, który uwzględniałby elementy wspierające funkcje poznawcze. Autor, będący nauczycielem wychowania fizycznego oraz trenerem tenisa z wieloletnim doświadczeniem pedagogicznym i sportowym, dostrzega istotną potrzebę zreformowania dotychczasowego modelu realizacji zajęć wychowania fizycznego. Wskazuje na zauważalny spadek zaangażowania uczniów w aktywność fizyczną prowadzoną w ramach szkolnego programu, co w jego ocenie stanowi jeden z głównych czynników wpływających na obniżenie poziomu sprawności fizycznej oraz ogólnego zainteresowania aktywnością ruchową wśród młodzieży. Tym samym postuluje wprowadzenie bardziej zindywidualizowanych, nowoczesnych oraz atrakcyjnych form zajęć, które mogłyby lepiej odpowiadać na potrzeby i preferencje współczesnych uczniów oraz skuteczniej motywować ich do systematycznego uczestnictwa w aktywności fizycznej. Zastosowanie ćwiczeń wielozadaniowych, integrujących komponenty kognitywne, może nie tylko podnieść efektywność zajęć wychowania

fizycznego, ale także zmienić postrzeganie aktywności fizycznej przez młodzież, czyniąc ją integralnym elementem codziennego życia. Przeprowadzone analizy wskazują, że odpowiednio skonstruowane programy aktywności fizycznej mogą przyczynić się do długofalowej poprawy stylu życia młodych osób, prowadząc do większej dbałości o zdrowie oraz lepszej adaptacji do wyzwań współczesnego świata.

Uzyskane wyniki badań mogą stanowić istotny wkład w dyskusję nad modyfikacją podstawy programowej edukacji fizycznej w polskich szkołach. Implementacja metod uwzględniających zarówno aspekty motoryczne, jak i poznawcze, może przyczynić się do zwiększenia efektywności procesu nauczania oraz poprawy kondycji psychofizycznej uczniów. W związku z powyższym postulowana jest dalsza eksploracja tej problematyki, co może w przyszłości przyczynić się do opracowania nowych standardów edukacyjnych w zakresie wychowania fizycznego oraz zdrowego stylu życia młodzieży.

1. Wprowadzenie teoretyczne- przegląd badań.

Adolescencja stanowi kluczowy etap ontogenezy człowieka, charakteryzujący się intensywnymi przemianami w zakresie rozwoju somatycznego, motorycznego oraz kognitywnego. Jest to okres przejściowy między dzieciństwem a dorosłością, podczas którego dochodzi do dynamicznego wzrostu i dojrzewania organizmu.

1.1. Specyfika rozwoju somatycznego w okresie adolescencji.

Okres adolescencji, obejmujący przedział wiekowy 12–18 lat, charakteryzuje się intensywnymi procesami dojrzewania biologicznego i hormonalnego, które prowadzą do dynamicznych zmian somatycznych. Do najistotniejszych z nich należy skok pokwitaniowy (PHV, ang. *peak height velocity*), czyli gwałtowny wzrost wysokości, którego mechanizmy są ściśle regulowane przez układ hormonalny [3]. Zmiany te odgrywają kluczową rolę w procesie kształtowania proporcji ciała oraz osiągnięcia dojrzałości fizycznej, przy czym przebiegają w sposób zróżnicowany ze względu na płeć [4].

Skok pokwitaniowy jest jednym z najbardziej charakterystycznych procesów somatycznych okresu adolescencji. U dziewcząt rozpoczyna się zwykle między 10, a 12 rokiem życia i kończy w wieku 12–13 lat, skutkując przyrostem wysokości ciała o około 6–9 cm rocznie [5]. U chłopców faza ta rozpoczyna się później, w wieku 12–14 lat, a jej zakończenie przypada na 14–15 rok życia, przy czym średni roczny przyrost wysokości wynosi 8–12 cm. Przyrost ten jest wynikiem zwiększonego wydzielania hormonu wzrostu (GH, ang. *growth hormone*), którego poziom osiąga maksymalne wartości w okresie dojrzewania [6].

Zmiany w długości ciała zachodzą według określonego wzorca. W pierwszej kolejności dochodzi do przyspieszonego wydłużania kończyn dolnych, następnie wzrost obejmuje kończyny górne, a w końcowym etapie intensywnemu wydłużaniu ulega tułów[6]. Kształtowanie się proporcji ciała różni się w zależności od płci – u dziewcząt charakterystyczne jest poszerzenie bioder pod wpływem estrogenów, natomiast u chłopców dochodzi do zwiększenia szerokości barków, co jest wynikiem działania testosteronu [7].

W okresie adolescencji oprócz wzrostu długości ciała dochodzi także do istotnych zmian w składzie ciała, obejmujących zarówno przyrost masy mięśniowej, jak i tkanki tłuszczowej [8]. U chłopców, pod wpływem testosteronu, obserwuje się intensywny rozwój masy mięśniowej oraz jednoczesny spadek zawartości tkanki tłuszczowej [9]. Natomiast u dziewcząt, w wyniku działania estrogenów, wzrasta ilość tkanki tłuszczowej, szczególnie w rejonach bioder, ud oraz pośladków, co jest istotnym elementem procesu dojrzewania płciowego [10].

Wzrost długości ciała jest bezpośrednio związany z intensywnym rozwojem układu kostnego. W okresie skoku pokwitaniowego następuje przyspieszenie procesów kostnienia oraz zwiększenie gęstości mineralnej kości, co prowadzi do wzrostu ich wytrzymałości mechanicznej. Niemniej jednak pełna dojrzałość układu kostnego następuje dopiero w trzeciej dekadzie życia [11]. Procesy te są regulowane przez kompleksowy system hormonalny, obejmujący GH, insulinopodobny czynnik wzrostu-1 (*insulin-like growth factor 1*, IGF-1), hormony tarczycy oraz hormony płciowe. Nieprawidłowości w funkcjonowaniu osi hormonalnych, zwłaszcza w zakresie hormonów tarczycy, mogą prowadzić do zaburzeń wzrostu oraz mineralizacji kości [3].

Rozwój układu mięśniowego zachodzi równolegle do zmian w układzie kostnym i nerwowym. U chłopców, w wyniku wzrostu stężenia testosteronu, dochodzi do zwiększenia masy mięśniowej oraz siły mięśniowej, natomiast u dziewcząt rozwój mięśni jest mniej intensywny [12]. Procesy te mają istotne konsekwencje dla zdolności motorycznych młodzieży – poprawie ulega koordynacja ruchowa i sprawność fizyczna. Niemniej jednak, w pewnych etapach wzrostu może występować przejściowa niezręczność ruchowa, wynikająca z dysproporcji między tempem wzrostu kości, a adaptacją układu mięśniowego i nerwowego [13].

Burzliwe zmiany somatyczne w okresie adolescencji są wynikiem intensywnych przemian hormonalnych. Za przyspieszenie tempa wzrostu i dojrzewania organizmu odpowiada hormon wzrostu, którego wydzielanie jest szczególnie nasilone w fazie skoku pokwitaniowego [14]. Kluczową rolę odgrywają także hormony płciowe – testosteron u chłopców stymuluje rozwój masy mięśniowej, mineralizację kości oraz procesy kostnienia, natomiast estrogeny u dziewcząt wpływają na dojrzewanie szkieletu oraz zwiększenie zawartości tkanki tłuszczowej. Dodatkowo, hormony tarczycy pełnią istotną funkcję w regulacji metabolizmu i procesów wzrostu, a ich niedobory mogą prowadzić do spowolnienia tempa wzrostu oraz zaburzeń mineralizacji kości. Rozwój

somatyczny w okresie adolescencji to proces wielowymiarowy i dynamiczny, obejmujący wzrost długości ciała, zmiany w proporcjach sylwetki, rozwój masy mięśniowej i tkanki tłuszczowej oraz dojrzewanie układu kostno-mięśniowego. Proces ten jest regulowany przez skomplikowane interakcje hormonalne, a jego przebieg może być modyfikowany przez czynniki genetyczne, środowiskowe oraz styl życia [8].

1.2. Charakterystyka rozwoju motorycznego w okresie adolescencji.

W okresie adolescencji obserwuje się przejściowe pogorszenie koordynacji ruchowej i równowagi, co wynika z nieproporcjonalnego wzrostu różnych segmentów ciała, takich jak kończyny dolne, tułów czy obręcz barkowa. Dysproporcja ta prowadzi do zaburzeń biomechanicznych, skutkujących obniżeniem precyzji ruchów, wzmożonym napięciem mięśniowym oraz przejściową niezręcznością ruchową. Zjawisko to, określane mianem "mutacji motoryczności", jest konsekwencją gwałtownego skoku wzrostowego i zmieniających się warunków biomechanicznych. Wraz z ustabilizowaniem się proporcji ciała i zakończeniem głównych procesów hormonalnych, dochodzi do normalizacji funkcji motorycznych, co skutkuje poprawą koordynacji i płynności ruchowej.

Mimo wspomnianych trudności okres dojrzewania jest kluczowym etapem intensyfikacji rozwoju motorycznego, który obejmuje poprawę podstawowych zdolności motorycznych, takich jak siła mięśniowa, szybkość, wytrzymałość, gibkość, moc i koordynacja ruchowa.

Rozwój siły mięśniowej jest szczególnie zauważalny u chłopców, co wynika ze zwiększonego wydzielania testosteronu, prowadzącego do hipertrofii mięśniowej oraz wzrostu gęstości i wytrzymałości tkanki kostnej. U dziewcząt zmiany te są mniej wyraźne ze względu na odmienny profil hormonalny, w którym kluczową rolę odgrywają estrogeny, sprzyjające akumulacji tkanki tłuszczowej, szczególnie w okolicach bioder i ud [15].

Szybkość lokomocyjna, definiowana jako zdolność do wykonywania ruchów w jak najkrótszym czasie, rozwija się w różnym tempie u obu płci. U dziewcząt szczytowy moment rozwoju tej zdolności przypada na wiek 13–14 lat, natomiast u chłopców na 15–17 lat, co koreluje z okresem maksymalnego wzrostu długości ciała i przyrostu masy mięśniowej [16].

Moc mięśniowa, będąca iloczynem siły i szybkości, podlega dynamicznym zmianom, zwłaszcza u chłopców w drugiej fazie dojrzewania, co jest efektem stopniowego dojrzewania układu nerwowo-mięśniowego i hormonalnego. Wzrost masy mięśniowej oraz poprawa efektywności rekrutacji jednostek motorycznych sprzyjają poprawie zdolności do generowania siły eksplozywnej [17].

Wytrzymałość, będąca zdolnością do długotrwałego wykonywania wysiłku o umiarkowanej intensywności, podlega progresji w wyniku adaptacji układu sercowo-naczyniowego i oddechowego do zwiększonego zapotrzebowania na tlen. U dziewcząt rozwój wytrzymałości często ustępuje zahamowaniu w późniejszych latach adolescencji, co może być związane z niższą masą mięśniową oraz zmianami metabolicznymi wynikającymi z gospodarki hormonalnej [18].

Gibkość, określana jako zakres ruchu w stawach, ulega największemu rozwojowi w pierwszej fazie adolescencji i osiąga szczytowe wartości wcześniej u dziewcząt niż u chłopców. W późniejszym okresie dochodzi do stopniowego zmniejszania elastyczności struktur ścięgniowych, co wpływa na potencjalny spadek tej zdolności, jeśli nie jest ona odpowiednio stymulowana poprzez aktywność fizyczną [19].

Koordynacja ruchowa, warunkująca płynność, precyzję i efektywność ruchów, początkowo ulega pogorszeniu w wyniku dysproporcji ciała, jednak w późniejszym okresie następuje jej wyraźna poprawa. Optymalizacja funkcji motorycznych jest efektem zarówno procesów neurobiologicznych, takich jak mielinizacja włókien nerwowych, jak i doświadczenia ruchowego oraz systematycznego treningu [20].

Rozwój motoryczny w okresie adolescencji to złożony proces, uwarunkowany czynnikami biologicznymi, hormonalnymi oraz środowiskowymi. Jego prawidłowy przebieg wymaga odpowiedniego wsparcia poprzez aktywność fizyczną dostosowaną do indywidualnych możliwości i potrzeb młodzieży. Zrozumienie dynamiki tych zmian jest kluczowe dla projektowania programów edukacyjnych i treningowych, mających na celu wspieranie harmonijnego rozwoju zdolności ruchowych oraz prewencję potencjalnych zaburzeń motorycznych [20].

1.3. Rozwój funkcji kognitywnych w okresie adolescencji.

Adolescencja stanowi kluczowy etap rozwoju człowieka, w którym dochodzi do intensywnych zmian zarówno na poziomie neurobiologicznym, jak i funkcjonalnym. Okres ten cechuje się istotnymi przemianami w strukturze i funkcjonowaniu mózgu, co bezpośrednio wpływa na zdolności poznawcze, emocjonalne oraz behawioralne jednostki.

Jednym z najważniejszych procesów neurobiologicznych zachodzących w adolescencji jest przebudowa istoty szarej, obejmująca stopniową redukcję liczby połączeń synaptycznych. Proces ten, określany jako przycinanie synaptyczne (ang. synaptic pruning, SP), zachodzi głównie w przedziale wiekowym 10–15 lat i odgrywa kluczową rolę w optymalizacji funkcjonowania mózgu [21]. Eliminacja zbędnych połączeń nerwowych prowadzi do zwiększenia efektywności przetwarzania informacji oraz specjalizacji funkcjonalnej poszczególnych obszarów mózgu. Równocześnie obserwuje się intensyfikację procesu mielinizacji włókien nerwowych, skutkującą wzrostem objętości istoty białej [22]. Zwiększona mielinizacja usprawnia transmisję impulsów nerwowych, co przekłada się na efektywniejszą integrację informacji pomiędzy różnymi obszarami mózgu oraz poprawę koordynacji procesów poznawczych

Na poziomie funkcjonalnym dojrzewanie mózgu koreluje z progresywnym rozwojem wyższych funkcji poznawczych. Adolescenci wykazują stopniową poprawę zdolności myślenia hipotetyczno-dedukcyjnego, co umożliwia im formułowanie hipotez, planowanie działań, przewidywanie ich konsekwencji oraz lepsze rozumienie abstrakcyjnych pojęć. Ponadto, rozwój struktur neuronalnych odpowiedzialnych za autorefleksję i introspekcję przyczynia się do bardziej zaawansowanego postrzegania własnych emocji, motywacji oraz empatycznego rozumienia stanów emocjonalnych innych osób [23].

Jednakże procesy dojrzewania mózgu w okresie adolescencji są nierównomierne. Szczególnie istotnym aspektem jest fakt, że rozwój kory przedczołowej – odpowiedzialnej za kontrolę impulsów, podejmowanie decyzji oraz regulację emocji – przebiega wolniej w porównaniu z dojrzewaniem struktur układu limbicznego, odpowiedzialnego za przetwarzanie emocji i reakcje nagrody. Ta asynchronia dojrzewania neurobiologicznego może prowadzić do zwiększonej impulsywności,

podatności na podejmowanie ryzykownych zachowań oraz trudności w długoterminowym planowaniu działań [24].

Okres adolescencji charakteryzuje się dynamicznymi zmianami w strukturze i funkcjonowaniu mózgu, które bezpośrednio wpływają na rozwój zaawansowanych funkcji poznawczych. Mimo że procesy neurobiologiczne zachodzą według określonych mechanizmów, ich przebieg może być modulowany przez różne czynniki, w tym indywidualne doświadczenia, kontekst społeczny oraz wpływy środowiskowe. W konsekwencji tempo oraz kierunek tych zmian mogą wykazywać istotne różnice indywidualne, co stanowi istotny obszar badań w psychologii rozwojowej oraz neuronaukach kognitywnych.

1.4. Charakterystyka czynników mających wpływ na osiągnięcia szkolne.

Osiągnięcia szkolne uczniów stanowią wynik interakcji wielu czynników, które są szczegółowo badane w literaturze specjalistycznej. Wśród tych czynników wyróżnia się zarówno czynniki wewnętrzne, takie jak cechy osobowościowe, jak i czynniki zewnętrzne, odnoszące się do środowiska, w którym funkcjonuje uczeń. Wspomniane czynniki, zarówno psychiczne, społeczne, jak i fizyczne, odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu wyników edukacyjnych, a ich wzajemna dynamika jest istotna dla pełnego zrozumienia mechanizmów sukcesu szkolnego.

Czynniki wewnętrzne: motywacja, inteligencja, samodyscyplina i poczucie skuteczności.

Jednym z najważniejszych wewnętrznych determinantów osiągnięć szkolnych jest motywacja, która może przybierać dwie główne formy: motywację wewnętrzną (napędzaną chęcią uczenia się dla osobistej satysfakcji) oraz motywację zewnętrzną (wynikającą z dążenia do zewnętrznych nagród, takich jak oceny czy uznanie). Badania wskazują, że motywacja wewnętrzna sprzyja głębszemu zaangażowaniu w proces nauki, co przekłada się na wyższe osiągnięcia edukacyjne. Z kolei motywacja zewnętrzna, choć może stanowić istotny czynnik mobilizujący w krótkim okresie, nie zapewnia równie trwałych efektów w długoterminowej perspektywie [25].

Kolejnym czynnikiem, który odgrywa istotną rolę w sukcesach edukacyjnych, jest inteligencja. Zgodnie z teorią psychologiczną, inteligencja ogólna (IQ, ang. General intelligence) oraz inteligencje wielorakie, takie jak inteligencja emocjonalna czy społeczna, mają znaczący wpływ na zdolność przyswajania wiedzy, rozwiązywania problemów i adaptacji do zmieniających się warunków. Wysoki poziom inteligencji, szczególnie w zakresie rozwiązywania problemów i rozumienia złożonych zależności, stanowi fundament dla rozwoju umiejętności potrzebnych w edukacji [26].

Samodyscyplina, rozumiana jako zdolność do planowania, organizowania pracy i utrzymywania koncentracji na wyznaczonych zadaniach, jest kolejnym kluczowym czynnikiem determinującym osiągnięcia szkolne. W literaturze wskazuje się, że samodyscyplina może mieć większe znaczenie niż samo uzdolnienie, szczególnie w kontekście osiągania długoterminowych celów edukacyjnych. Umiejętność zarządzania czasem, radzenia sobie z prokrastynacją i utrzymywania koncentracji stanowi fundament efektywnej nauki [27].

Na znaczenie poczucia własnej skuteczności wskazuje teoria Alberta Bandury, która podkreśla, że przekonanie ucznia o swojej zdolności do osiągania sukcesów w nauce wpływa bezpośrednio na jego motywację oraz wyniki edukacyjne. Uczniowie, którzy wierzą w swoje umiejętności, są bardziej skłonni do podejmowania wyzwań, radzenia sobie z trudnościami i dążenia do wysokich osiągnięć.

Również przekonania i postawy wobec nauki mają duży wpływ na zaangażowanie ucznia oraz jego dążenie do sukcesu. Uczniowie, którzy postrzegają naukę jako proces wartościowy i osiągalny, wykazują wyższą motywację do nauki.

Czynniki zewnętrzne: środowisko rodzinne, styl wychowawczy i wsparcie szkoły.

Do czynników zewnętrznych, mających decydujący wpływ na wyniki uczniów, zaliczamy przede wszystkim środowisko rodzinne, w tym zarówno wzorce wychowawcze, jak i dostępność zasobów edukacyjnych. Dzieci wychowujące się w rodzinach, które inwestują w edukację, wspierają rozwój intelektualny i emocjonalny, mają wyższe wyniki w szkole. Rodziny wykształcone częściej angażują się w edukację swoich dzieci, a także stawiają wyższe wymagania [28].

Styl wychowawczy, w tym szczególnie styl demokratyczny, w którym rodzice stawiają wymagania, ale jednocześnie wspierają i motywują dziecko, jest uznawany za

najbardziej sprzyjający wysokim osiągnięciom szkolnym. Z kolei style autorytarne lub zaniedbujące mogą prowadzić do problemów emocjonalnych, które mają negatywny wpływ.

Relacje społeczne, zarówno w szkole, jak i w szerszym kontekście społecznym, również odgrywają istotną rolę w rozwoju ucznia. Dobre relacje z nauczycielami i rówieśnikami sprzyjają lepszemu samopoczuciu ucznia, co w konsekwencji wpływa na jego motywację i chęć angażowania się w proces edukacyjny. Dodatkowo infrastruktura szkoły jako czynnik zewnętrzny, ma istotny wpływ na efektywność nauczania i osiągnięcia uczniów. Odpowiednio wyposażone klasy, dostęp do materiałów dydaktycznych, wsparcie nauczycieli, a także obecność zajęć pozalekcyjnych mogą znacząco wpływać na rozwój intelektualny i emocjonalny ucznia.

Czynniki psychologiczne: radzenie sobie ze stresem i zaburzenia psychiczne.

Wpływ czynników psychologicznych odgrywa istotną rolę w kontekście osiągnięć szkolnych. Umiejętność radzenia sobie ze stresem oraz adaptacja do trudnych sytuacji szkolnych ma kluczowe znaczenie w osiąganiu sukcesów edukacyjnych. Uczniowie, którzy potrafią zarządzać emocjami, lepiej radzą sobie w sytuacjach stresowych, takich jak egzaminy czy trudności związane z nauką, co wpływa na ich wyniki w nauce [29].

Z drugiej strony, zaburzenia psychiczne, takie jak depresja czy zaburzenia koncentracji uwagi (np. ADHD), mogą stanowić poważną barierę w osiąganiu sukcesów szkolnych. Uczniowie cierpiący na zaburzenia psychiczne mają trudności w koncentracji, organizacji pracy oraz utrzymaniu motywacji, co znacząco obniża ich wyniki edukacyjne. W takich przypadkach wsparcie specjalistyczne oraz odpowiednia terapia mogą znacząco poprawić ich funkcjonowanie w szkole [30].

Interakcja czynników wewnętrznych i zewnętrznych.

W literaturze naukowej podkreśla się, że osiągnięcia szkolne są efektem skomplikowanej interakcji czynników wewnętrznych (osobowościowych) i zewnętrznych (środowiskowych). Wspieranie rozwoju ucznia na wielu poziomach – od motywacji i samodyscypliny, po wsparcie ze strony rodziny, szkoły i społeczności – jest kluczowe dla jego sukcesów edukacyjnych. Należy uwzględnić zróżnicowane potrzeby uczniów na różnych etapach rozwoju, co pozwala na skuteczniejsze

dostosowanie metod nauczania i wspierania ich edukacji. Tylko całościowe podejście, uwzględniające zarówno aspekty psychiczne, społeczne, jak i fizyczne, może prowadzić do długoterminowych sukcesów edukacyjnych uczniów [28].

1.5. Przegląd badań dotyczących związków pomiędzy budową somatyczną, zdolnościami motorycznymi, a osiągnięciami szkolnymi.

Cechy somatyczne, obejmujące fizyczne właściwości ciała, takie jak masa ciała, wysokość ciała, stan zdrowia, sprawność fizyczna oraz funkcjonowanie układu nerwowego, mają istotny wpływ na wyniki edukacyjne uczniów, szczególnie w okresie adolescencji [31]. Badania wskazują, że te cechy mogą oddziaływać na osiągnięcia szkolne poprzez różne mechanizmy, które obejmują zarówno aspekty zdrowotne, jak i motoryczne [32].

Stan zdrowia i sprawność fizyczna.

Niezbędne jest zauważenie, że stan zdrowia, w tym obecność chorób przewlekłych, infekcji czy zaburzeń zdrowotnych, może wpływać na zdolność dziecka do koncentracji i przyswajania wiedzy. Dzieci, które często chorują, narażone są na długotrwałe przerwy w nauce, co zmniejsza ich możliwości rozwoju kognitywnego [33]. Ponadto, dzieci o niższym poziomie sprawności fizycznej często wykazują większą podatność na stres i zmniejszoną energię, co negatywnie oddziałuje na ich zaangażowanie w nauce. Z kolei dzieci w dobrym stanie zdrowia i dobrej kondycji fizycznej wykazują lepsze zdolności do radzenia sobie z wyzwaniami, zarówno w zakresie emocjonalnym, jak i poznawczym [34].

Zdolności motoryczne a rozwój kognitywny.

Zdolności motoryczne, które obejmują koordynację ruchową, równowagę, precyzję oraz szybkość reakcji, mają bezpośredni wpływ na funkcje poznawcze uczniów, w tym koncentrację, pamięć oraz zdolność rozwiązywania problemów. Rozwój tych umiejętności sprzyja poprawie funkcji wykonawczych, takich jak organizacja, kontrola impulsów oraz planowanie działań [35]. Dzieci, które opanowały bardziej zaawansowane umiejętności motoryczne, wykazują lepszą zdolność do koncentracji, a także lepsze wyniki w testach wymagających rozwiązywania

problemów. Aktywność fizyczna, zwłaszcza o charakterze wymagającym precyzyjnej koordynacji ruchów, może prowadzić do poprawy funkcji poznawczych, takich jak uwaga i pamięć robocza. W szczególności ćwiczenia aerobowe, takie jak bieganie, poprawiają ukrwienie mózgu, co wspomaga pamięć i koncentrację [36].

Neurobiologia rozwoju mózgu.

W kontekście rozwoju mózgu, aktywność fizyczna wpływa na neuroplastyczność, czyli zdolność mózgu do tworzenia nowych połączeń neuronowych. Regularny wysiłek fizyczny stymuluje produkcję neurotroficznych czynników wzrostu, takich jak mózgowy czynnik neurotroficzny pochodzenia mózgowego (BDNF ang. brain-derived neurotrophic factor) czyli białka, które wspierają odżywianie neuronów oraz wspomagają tworzenie nowych połączeń synaptycznych [37]. Badania wykazują, że po około 20 minutach aktywności fizycznej poziom BDNF wzrasta o 32 %, co ma pozytywny wpływ na zdolności poznawcze, pamięć roboczą oraz koncentrację [38]. W szczególności, dzieci regularnie uczestniczące w aktywności fizycznej wykazują lepszą zdolność do przetwarzania informacji oraz lepsze wyniki w testach pamięciowych. U takich dzieci obserwuje się także większą aktywność elektryczną w hipokampie, strukturze mózgowej odpowiedzialnej za przechowywanie i przetwarzanie informacji [39].

Neuroprzekaźniki i ich rola w aktywności fizycznej.

Aktywność fizyczna wpływa na poziom neuroprzekaźników, takich jak dopamina, serotonina i noradrenalina, które odgrywają kluczową rolę w regulowaniu procesów poznawczych i emocjonalnych. Dopamina, odpowiedzialna za układ nagrody, zwiększa motywację oraz sprawność ruchową, wspomagając koordynację motoryczną i płynność ruchów [40]. Wysiłek fizyczny zwiększa poziom dopaminy, co poprawia zdolność do koncentracji i organizacji działań. Serotonina, z kolei, wpływa na nastrój i ogólne samopoczucie, a regularny wysiłek fizyczny podnosi jej poziom, przyczyniając się do poczucia relaksu i zmniejszenia stresu. Noradrenalina, odpowiedzialna za koncentrację i skupienie uwagi, również wzrasta po aktywności fizycznej, co sprzyja poprawie wyników w zadaniach wymagających zapamiętywania informacji [41].

Istnieje coraz większe przekonanie, że aktywność fizyczna oddziałuje na procesy poznawcze w sposób dwójaki. Z jednej strony, poprawia ukrwienie mózgu, co

zwiększa dopływ tlenu oraz składników odżywczych do mózgu, co z kolei wspomaga funkcje poznawcze, takie jak pamięć, koncentracja i zdolność rozwiązywania problemów. Z drugiej strony, aktywność fizyczna redukuje stres i napięcie emocjonalne, co poprawia zdolność do skupiania uwagi oraz przetwarzania informacji [42]. W kontekście adolescencji, okres ten charakteryzuje się intensywnymi zmianami zarówno w strukturze, jak i funkcjonowaniu mózgu. Regularna aktywność fizyczna ma kluczowe znaczenie dla utrzymania wysokiej neuroplastyczności mózgu, która jest niezbędna do skutecznego przyswajania wiedzy oraz radzenia sobie z wyzwaniami edukacyjnymi. Regularny wysiłek fizyczny, zwłaszcza aerobowy, wpływa na poprawę funkcjonowania układu krążenia. Poprawia on drożność naczyń krwionośnych, co skutkuje lepszym ukrwieniem mózgu oraz dostarczaniem większej ilości tlenu i składników odżywczych. W rezultacie, dzieci, które regularnie uprawiają sport, wykazują lepszą koncentrację i efektywność w nauce, ponieważ ich mózg jest lepiej zaopatrzony w niezbędne substancje odżywcze [43].

Podsumowując, aktywność fizyczna w okresie adolescencji ma wieloaspektowy wpływ na rozwój umysłowy i emocjonalny młodych ludzi. Wspiera rozwój neuroplastyczności, poprawia koncentrację, pamięć oraz zdolność do przetwarzania informacji, co bezpośrednio wpływa na osiągnięcia szkolne. Długoterminowe korzyści zdrowotne płynące z aktywności fizycznej, takie jak poprawa ukrwienia mózgu, wzrost poziomu neuroprzekaźników i redukcja stresu, przyczyniają się do lepszego dobrostanu i efektywności edukacyjnej. W związku z tym, uwzględnienie aktywności fizycznej jako integralnej części procesu edukacyjnego może stanowić istotny element wspierający osiągnięcia szkolne i rozwój młodzieży. Aktywność fizyczna stanowi nieodzowny element zdrowego stylu życia, warunkujący sprawność fizyczną jednostki, co niewątpliwie przekłada się na wysoką jakość życia oraz dobre samopoczucie. Regularny wysiłek fizyczny odgrywa kluczową rolę w profilaktyce chorób związanych z dysfunkcjami poznawczymi oraz przyczynia się do utrzymania dobrostanu psychicznego. Zarówno aktywność fizyczna, jak i zdrowy styl życia niosą liczne korzyści zdrowotne, obejmujące redukcję ryzyka wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych [44], otyłości [45], cukrzycy typu 2 [46] oraz depresji [47]. Ponadto badania wskazują na ścisłą zależność pomiędzy aktywnością fizyczną a funkcjami poznawczymi [48]. Procesy poznawcze, które zachodzą w obrębie układu nerwowego, obejmują odbieranie, przetwarzanie, przechowywanie oraz retransmisję informacji

zgodnie z modelem reakcja → zachowanie. Do podstawowych procesów poznawczych zalicza się uwagę, pamięć, percepcję oraz kontrolę poznawczą/funkcje wykonawcze, natomiast do procesów złożonych należą myślenie i język [49].

Aktywność fizyczna odgrywa szczególnie istotną rolę w okresie dojrzewania i wczesnej dorosłości, kiedy funkcje wykonawcze wykazują intensywny rozwój. Podstawowe funkcje neurokognitywne, takie jak uwaga oraz szybkość przetwarzania informacji, mają istotny wpływ na proces uczenia się [50]. W konsekwencji funkcje wykonawcze oraz neurokognitywne determinują wyniki poznawcze oraz osiągnięcia edukacyjne [51]. Dowiedziono, iż trening fizyczny selektywnie indukuje angiogenezę [23], synaptogenezę oraz neurogenezę, zwłaszcza w obrębie zakrętu zębatego (gyrus dentatus) hipokampa [52]. Zmiany morfologiczne w strukturze mózgu mogą przyczyniać się do poprawy funkcji poznawczych oraz lepszych wyników edukacyjnych [53]. Wyniki badań wskazują, że zarówno systematyczna aktywność fizyczna, jak i pojedyncze intensywne sesje treningowe mogą prowadzić do poprawy efektywności w zadaniach poznawczych.

W skali globalnej prowadzone są liczne badania mające na celu określenie wpływu aktywności fizycznej na wyniki edukacyjne [54]. Niektórzy badacze wykazują pozytywny wpływ aktywności fizycznej na osiągnięcia w przedmiotach ścisłych, inni zaś wskazują na jej znaczenie w naukach humanistycznych [55]. Ponadto stwierdzono, że osoby regularnie podejmujące trening aerobowy charakteryzują się większą objętością istoty szarej i białej w korze przedczołowej oraz skroniowej w porównaniu do osób prowadzących siedzący tryb życia [56]. W procesie ontogenezy obserwuje się redystrybucję tkanki tłuszczowej podskórnej: w miarę starzenia się zwiększa się otłuszczenie tułowia, natomiast maleje otłuszczenie kończyn [57]. Badania wykazały, iż proces ten rozpoczyna się już w wieku przedszkolnym, nasila się w okresie dojrzewania i trwa do czwartej dekady życia [58]. Wiele z tych wskaźników zdrowotnych pozostaje w bezpośrednim bądź pośrednim związku z wynikami edukacyjnymi [59,60]. Ponadto wyniki badań obserwacyjnych i epidemiologicznych sugerują istnienie korelacji pomiędzy poziomem aktywności fizycznej a korzyściami zdrowotnymi i poznawczymi, przy czym intensywniejsze zaangażowanie w aktywność fizyczną przynosi większe efekty [36,61–63].

Pomimo licznych korzyści wynikających z podejmowania aktywności fizycznej, znaczna część młodzieży – około 80 % – nie spełnia zaleceń dotyczących poziomu

aktywności fizycznej [64]. Siedzący tryb życia oraz rozwój mediów społecznościowych negatywnie oddziałują na postawę młodego pokolenia, przyczyniając się do wzrostu zagrożeń dla zdrowia fizycznego oraz poznawczego [65].

W Polsce badania dotyczące korelacji pomiędzy aktywnością fizyczną a wynikami edukacyjnymi przeprowadzono wśród uczniów szkół podstawowych oraz gimnazjalnych. Wciąż jednak istnieje luka badawcza dotycząca młodzieży w wieku 14-18 lat uczęszczającej do szkół średnich. Dotychczas stosunkowo najlepiej udokumentowany jest związek pomiędzy budową ciała a poziomem sprawności fizycznej, przy czym różne grupy sportowe są klasyfikowane na podstawie systemów typologicznych.

2. Cel pracy i pytania badawcze.

Celem pracy była ocena budowy somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej przed i po wdrożeniu autorskiej wielozadaniowej interwencji treningowej w formie rozgrzewki. Przedmiotem niniejszej analizy jest porównanie poziomu zdolności motorycznych, wybranych cech budowy somatycznej oraz funkcji poznawczych uczniów po zastosowaniu interwencji. Dodatkowym zamierzeniem jest identyfikacja potencjalnych zależności pomiędzy tymi zmiennymi, co pozwoli na ocenę możliwości wpływu interwencji nie tylko na poszczególne aspekty rozwoju fizycznego i poznawczego, lecz również na ich wzajemne powiązania.

2.1. Pytania badawcze.

1. Jakie wystąpiły istotne różnice w budowie somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolnościach kognitywnych pomiędzy grupą badaną a grupą kontrolną w podziale na płeć w pierwszym i drugim pomiarze?
2. Jakie wystąpiły istotne statystycznie korelacje w budowie somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolnościach kognitywnych w grupie kontrolnej?
3. Jakie wystąpiły istotne statystycznie korelacje w budowie somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolnościach kognitywnych w grupie badanej?
4. Jakie wystąpiły istotne różnice w budowie somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolnościach kognitywnych ocenianych przed i po wdrożeniu interwencji w grupie kontrolnej?
5. Jakie wystąpiły istotne różnice w budowie somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolnościach kognitywnych ocenianych przed i po wdrożeniu interwencji w grupie badanej?

3. Materiał i metody.

3.1 Charakterystyka grupy badanej.

Badaniem objęto grupę 104 uczniów Dwujęzycznego Liceum Uniwersyteckiego im. Stanisława Barańczaka w Rzeszowie, w tym 53 kobiety (51%) oraz 51 mężczyzn (49%), w przedziale wiekowym od 13 do 18 lat. Uczniów podzielono na grupę kontrolną oraz grupę badaną. Grupie badanej wprowadzono autorski zestaw ćwiczeń podczas rozgrzewki. Obie grupy miały przeprowadzone dwukrotnie testy sprawności, testy psychologiczne oraz pomiary ciała.

Kryteria włączenia do badania obejmowały: dobrowolną zgodę uczestników, wiek mieszczący się w przedziale 13–18 lat oraz brak zaangażowania w treningi sportowe na poziomie wyczynowym. Natomiast kryteriami wykluczenia były: obecność wad wrodzonych i nabytych układu ruchu, przebyte urazy oraz choroby o podłożu ortopedycznym, neurologicznym bądź metabolicznym, a także rozpoznane zaburzenia neurorozwojowe, mogące wpływać na funkcjonowanie motoryczne i poznawcze badanych.

Procedura badawcza została przeprowadzona zgodnie z wytycznymi Deklaracji Helsińskiej dotyczącymi prowadzenia badań z udziałem ludzi oraz uzyskała pozytywną opinię Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego (Uchwała nr 2023/07/051).



Rycina 1. Schemat przebiegu eksperymentu. Źródło: opracowanie własne.

3.2. Metody.

Wszystkie procedury badawcze zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami etycznymi, w pełnej zgodności z postanowieniami Deklaracji Helsińskiej. Projekt badawczy uzyskał pozytywną opinię Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Rzeszowskim (uchwała nr 2023/07/051) oraz zgodę dyrektora placówki, w której realizowano badania. Uczestnikom oraz ich opiekunom przekazano szczegółowe informacje o celach i przebiegu badań. Testy były przeprowadzane w godzinach porannych, w salach gimnastycznych, w odzieży sportowej, z zachowaniem jednolitych warunków środowiskowych oraz przy użyciu identycznych narzędzi i protokołów pomiarowych dla każdej tury badania.

Procedura badawcza obejmowała następujące etapy.

Okres realizacji badań trwał od września 2023 roku do czerwca 2024 roku. Grupę badawczą stanowili uczniowie Dwujęzycznego Liceum im. Stanisława Barańczaka w Rzeszowie. Zarówno działania badawcze, jak i zastosowana interwencja zostały przeprowadzone w trakcie zajęć wychowania fizycznego, natomiast testy psychologiczne realizowano podczas godzin wychowawczych. Zakres badań obejmował: wypełnienie przez rodziców uczestników ankiety dotyczącej danych socjodemograficznych, ocenę składu ciała, pomiary antropometryczne, ocenę sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych uczniów. Pomiary fizyczne zostały przeprowadzone przez autora niniejszej dysertacji, natomiast testy psychologiczne wraz z ich interpretacją były realizowane przez wykwalifikowanego psychologa.

Ocena składu ciała oraz pomiary antropometryczne.

Ocena wysokości ciała przeprowadzona została poprzez trzykrotny pomiar, za pomocą certyfikowanego stadiometru Seca 213, charakteryzującego się dokładnością do 0,1 cm. Pomiary wykonano w standardowych warunkach – boso, w pozycji wyprostowanej. Do analizy uwzględniono średnią wartość z trzech pomiarów. Ocena masy ciała oraz składu ciała została przeprowadzona przy użyciu profesjonalnego wieloczęstotliwościowego analizatora składu ciała (urządzenie Tanita DC-430 S).

Pomiar obwodu talii, bioder, ramienia oraz szyi wykonano za pomocą taśmy antropometrycznej, zgodnie z protokołem ISAK (The International Society for the Advancement of Kinanthropometry). Protokół ISAK to międzynarodowy standard

opracowany przez organizację zajmującą się promowaniem naukowej i praktycznej standaryzacji pomiarów antropometrycznych. Celem protokołu jest zapewnienie wysokiej rzetelności i porównywalności danych antropometrycznych zarówno w badaniach naukowych, jak i w praktyce klinicznej oraz sportowej. W ramach protokołu ISAK (The International Society for the Advancement of Kinanthropometry) szczegółowo określone zostały zasady prowadzenia pomiarów antropometrycznych, które mają na celu zapewnienie wysokiej precyzji i porównywalności danych.

W przypadku obwodów ciała, pomiary wykonuje się w określonych lokalizacjach:

- Obwód talii: mierzony w najwęższym miejscu tułowia, zwykle między dolnym łukiem żebrowym a grzebieniem biodrowym, przy naturalnym wydechu.
- Obwód bioder: mierzony w najszerszym miejscu pośladków.
- Obwód ramienia: mierzony w połowie długości między wyrostkiem barkowym łopatki a wyrostkiem łokciowym kości łokciowej (przy swobodnie opuszczonym ramieniu).
- Obwód szyi: mierzony u podstawy szyi, poniżej krtani, poziomo wokół szyi.

Wszystkie pomiary wykonywane są dwukrotnie, a jeśli różnica między nimi przekracza 5 %, wykonywany jest trzeci pomiar, po czym do analizy przyjmowana jest średnia z dwóch najbliższych wartości. Dzięki zastosowaniu protokołu ISAK możliwe jest uzyskanie wysokiej dokładności pomiarów, ich porównywalności w różnych grupach badawczych, a także zapewnienie spójności metodologicznej w badaniach populacyjnych, klinicznych oraz w monitorowaniu rozwoju fizycznego dzieci i młodzieży.

Dodatkowo wykonano pomiar fałdu tłuszczowo skórniego na tylnej części ramienia oraz na plecach w obszarze podłopatkowym [66].

Ocena sprawności fizycznej - Alpha fitness test.

Zestaw Testów Sprawności Fizycznej Związanej ze Zdrowiem dla Dzieci i Młodzieży Alpha Test to standaryzowany europejski zestaw testów służący do oceny sprawności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 6–18 lat. Obejmuje pomiar wydolności tlenowej (test Légera), siły mięśniowej (skok w dal z miejsca, ścisk dłoni), zwinności (bieg 4 × 10 m) oraz antropometrii (wzrost, masa ciała, obwód talii). Jego

celem jest identyfikacja poziomu sprawności fizycznej oraz wczesne wykrywanie ryzyka zdrowotnego związanego z niską aktywnością fizyczną.

Test siły chwytu (Handgrip Strength) ma na celu pomiar maksymalnej siły izometrycznej mięśni dłoni i przedramienia. Procedura pomiarowa polega na tym, że badany trzyma dynamometr w ręce dominującej lub badanej, z ramieniem zgiętym pod kątem prostym i łokciem przylegającym do boku ciała. W razie potrzeby uchwyt dynamometru jest dostosowywany w taki sposób, aby jego podstawa spoczywała na pierwszej kości śródreżca (tzw. pięcie dłoniowej), a uchwyt znajdował się w środkowej części czterech palców. Po odpowiednim przygotowaniu badany wykonuje maksymalny skurcz izometryczny mięśni dłoni, utrzymując nacisk przez ok. 5 sekund. Ocena wyników opiera się na zapisie najlepszego rezultatu spośród kilku prób. Każda próba powinna być poprzedzona co najmniej 15-sekundowym okresem przerwy. Uzyskane wyniki są następnie porównywane z normatywnymi tabelami odniesienia, pozwalając na obiektywną ocenę poziomu siły chwytu badanej osoby.

Test skoku w dal z miejsca (Standing Long Jump), określany również mianem skoku w dal, jest powszechnie stosowanym testem służącym do pomiaru siły eksplozywnej mięśni kończyn dolnych. Procedura testu polega na tym, że badany stoi w pozycji wyjściowej za linią startu, z nogami ustawionymi na szerokość bioder. Następnie wykonuje dynamiczny wyskok w przód, lądując na obie stopy. Podczas wykonywania skoku dopuszczalne jest wymachnięcie rękami oraz zgięcie kolan w celu wygenerowania maksymalnego napędu do przodu. Kluczowym elementem testu jest utrzymanie stabilności lądowania oraz unikanie opadnięcia do tyłu, co mogłoby wpłynąć na wynik pomiaru. Ocena rezultatu polega na pomiarze odległości od linii startu do najbliższego punktu kontaktu stóp z podłożem podczas lądowania, zazwyczaj jest to pięta. Test obejmuje trzy próby, z których wybierany jest najlepszy wynik. Uzyskane rezultaty poddaje się dalszej analizie w odniesieniu do tabel normatywnych.

Wieloetapowy test wytrzymałościowy (ang. *Multi-Stage Fitness Test- Beep Test*) to metoda oceny maksymalnej wydolności tlenowej podczas biegu, stosowana w sporcie oraz badaniach nad wydolnością fizyczną populacji ogólnej. Test polega na ciągłym biegu między dwiema liniami oddalonymi o 20 metrów, w rytmie sygnałów dźwiękowych. Prędkość biegu początkowo jest niska i wzrasta co minutę, co sygnalizują coraz częstsze sygnały. Uczestnik musi dotrzeć do linii przed sygnałem. Niewykonanie zadania skutkuje ostrzeżeniami. Drugie ostrzeżenie kończy test. Wynik

testu określa osiągnięty poziom oraz liczbę pokonanych 20-metrowych odcinków, które odpowiadają określonemu tempu biegu, umożliwiając ocenę wydolności aerobowej badanego.

Test zwinności – bieg wahadłowy na dystansie 10 metrów (Agility Shuttle 4 x10m), ocenia szybkość, zwinność i koordynację ruchową uczestnika podczas biegu z zadaniem przenoszenia znaczników. Wyznacza się dwie linie oddalone o 10 metrów. Uczestnik biegnie na sygnał do linii końcowej, podnosi znacznik i przenosi go na linię startową, po czym wraca po drugi znacznik i powtarza zadanie. Czas wykonania testu mierzony jest z dokładnością do jednego miejsca po przecinku, a najlepszy wynik z dwóch prób uznaje się za ostateczny. Próba jest unieważniona, jeśli uczestnik upuści lub rzuci znacznik [67].

Ocena zdolności kognitywnych.

Test uwagi i koncentracji d2-R: W celu oceny poziomu uwagi, koncentracji, zdolności do pracy pod presją, a także szybkości i dokładności wykonywanych zadań, zastosowana została zrewidowana wersja testu d2-R, która jest narzędziem powszechnie wykorzystywanym do pomiaru funkcji poznawczych w obszarze uwagi selektywnej.

W celu oceny poziomu uwagi, koncentracji, zdolności do działania pod presją czasu, a także szybkości i precyzji przetwarzania informacji, zastosowano zrewidowaną wersję testu d2-R (*d2-Revision*). Jest to standaryzowane narzędzie diagnostyczne szeroko wykorzystywane do pomiaru selektywnej uwagi oraz zdolności poznawczych związanych z koncentracją i kontrolą interferencji bodźców.

Test został przeprowadzony dwukrotnie – przed wdrożeniem interwencji treningowej oraz po jej zakończeniu. Każdemu uczestnikowi przypisano indywidualny kod, którym oznaczono arkusze testowe w celu zapewnienia anonimowości i zachowania ciągłości pomiaru.

Opis procedury testu d2-R.

Test d2-R polega na jak najszybszym i jednocześnie najdokładniejszym przeszukiwaniu zbioru podobnych wizualnie znaków (liter) i zaznaczaniu jedynie tych, które spełniają ściśle określone kryteria. Na arkuszu znajduje się 14 wierszy, z których każdy zawiera 47 znaków: liter "d" oraz "p", przy czym niektóre z nich są oznaczone jedną, dwiema lub trzema kreskami umieszczonymi powyżej lub poniżej litery. Zadaniem osoby

badanej jest przekreślenie wszystkich liter "d" posiadających dokładnie dwie kreski (niezależnie od ich położenia), przy jednoczesnym ignorowaniu pozostałych znaków (liter "p" oraz liter "d" z inną liczbą kresek). Na wykonanie każdego wiersza przeznaczono dokładnie 20 sekund – po tym czasie osoba prowadząca test wydaje sygnał przejścia do kolejnego wiersza. Całe badanie trwa około 4–5 minut [68].

Pomiar wykonano we wrześniu 2023, lutym 2024 oraz czerwcu 2024 r.

Ocena danych socjodemograficznych.

Dane socjodemograficzne uczestników badania zostały pozyskane za pomocą autorskiego kwestionariusza ankiety, opracowanego na potrzeby niniejszego projektu badawczego. Konstrukcja narzędzia została oparta na wnikliwej analizie literatury przedmiotu oraz inspirowana założeniami przedstawionymi w publikacji promotora pomocniczego[69,70]. Narzędzie to miało na celu uzyskanie szczegółowych informacji umożliwiających charakterystykę próby badawczej w kontekście wybranych zmiennych socjodemograficznych. Kwestionariusz zawierał pytania zamknięte oraz półotwarte, dotyczące m.in.: wieku i płci uczestników, poziomu aktywności fizycznej (zarówno w czasie wolnym, jak i w ramach zajęć szkolnych), stylu życia, nawyków zdrowotnych oraz podstawowego statusu społeczno-ekonomicznego rodzin uczniów. Zbieranie danych miało charakter jednorazowy i zostało przeprowadzone we wrześniu 2023 roku. Ankiety zostały wypełnione przez rodziców lub opiekunów prawnych uczniów, co miało na celu zapewnienie wiarygodności i rzetelności uzyskanych informacji, zwłaszcza w zakresie danych wymagających wiedzy poza codziennym zakresem informacji dostępnych samym uczniom (np. wykształcenie rodziców, sytuacja zawodowa, dochód gospodarstwa domowego). Zgromadzone dane posłużyły do opisu grupy badanej oraz jako zmienne kontrolne w dalszej analizie statystycznej.

3.3. Wdrożona autorska interwencja.

Opracowana interwencja została zaprojektowana w odpowiedzi na istotne zagadnienia badawcze oraz w oparciu o wieloletnie doświadczenie zawodowe autora jako trenera tenisa i nauczyciela wychowania fizycznego w liceum ogólnokształcącym. Jej konstrukcja była poprzedzona szczegółową analizą literatury naukowej z zakresu aktywności fizycznej, rozwoju motorycznego oraz funkcji poznawczych młodzieży. W ramach planowanej interwencji opracowano trzy autorskie zestawy ćwiczeń,

z których każdy zawierał sześć zadań ruchowych ukierunkowanych na rozwój określonych zdolności motorycznych. Główne cele ćwiczeń obejmowały: wzmacnianie siły kończyn dolnych, siły chwytu dłoni, siły eksplozywnej kończyn dolnych, a także doskonalenie szybkości, zwinności, wydolności tlenowej oraz wytrzymałości ogólnej. Dodatkowo, wszystkie zadania charakteryzowały się wysokim poziomem złożoności poznawczej – wymagały koncentracji uwagi, precyzji wykonania oraz jednoczesnego zaangażowania wielu funkcji motorycznych, co kwalifikuje je jako ćwiczenia o charakterze dwu- lub wielozadaniowym.

Każdy z trzech zestawów zawierał identyczne kategorie zadań – od ćwiczenia pierwszego do szóstego – co zapewniło spójność i porównywalność ich wpływu na rozwój wybranych zdolności motorycznych.

Interwencję wdrożono w formie systematycznej rozgrzewki realizowanej w grupie eksperymentalnej w okresie od września 2023 roku do czerwca 2024 roku. Skuteczność interwencji oceniono za pomocą badań przeprowadzonych w dwóch punktach czasowych – przed jej rozpoczęciem (wrzesień 2023 r.) oraz po jej zakończeniu (czerwiec 2024 r.). Dla celów porównawczych, równolegle przeprowadzono identyczne pomiary w grupie kontrolnej, która nie uczestniczyła w programie interwencyjnym.

Ćwiczenia w ramach interwencji obejmowały następujące zadania:

Zestaw I

Ćwiczenie 1:

Utrzymywanie równowagi w pozycji jedno nogi (kolano kończyny podporowej wyprostowane), z jednoczesnym izometrycznym ścisnięciem piłki tenisowej w przeciwległej, wyprostowanej kończynie górnej (schemat: lewa noga – prawa ręka i odwrotnie). Czas trwania jednej serii: 20 sekund. Liczba powtórzeń: 3.

Ćwiczenie 2:

Złożona sekwencja ruchowa obejmująca skok w przód (z obunóg) i natychmiastowy wyskok pionowy, zakończona dynamicznym powrotem – przeskokami z nogi na nogę – z krótkim zatrzymaniem (2 sekundy) po każdym kontakcie z podłożem. Pokonywany dystans: jedna długość wyznaczonego toru.

Ćwiczenie 3:

Zadanie złożone z kroku odstawno-dostawnego od jednej linii do drugiej, z cofnięciem się o jedną długość linii oraz biegu przodem w tę samą stronę z powrotem tyłem. Dystans: dwie długości toru.

Ćwiczenie 4:

Zadanie o charakterze zwinnościowo-koordynacyjnym. Badany przemieszcza się od znacznika początkowego, zabiera po jednej z pięciu rozmieszczonych piłek tenisowych i przenosi je za linię startu, po czym odkłada je kolejno na pierwotne pozycje.

Ćwiczenie 5:

Wieloelementowe ćwiczenie siłowo-wytrzymałościowe typu *burpees*. Składa się z przysiadu, przejścia do podporu przodem, wykonania pompki, powrotu do przysiadu i wyskoku pionowego z rękami uniesionymi nad głowę. Liczba powtórzeń: 10.

Ćwiczenie 6:

Ćwiczenie z taśmą oporową typu *theraband* (umieszczoną powyżej kostek) – krok odstawno-dostawny z jednoczesnym kozłowaniem piłki tenisowej, zmiennie prawą i lewą ręką. Pokonywany dystans: dwie długości toru.

Zestaw II

Ćwiczenie 1:

Utrzymywanie równowagi w stanie jednoonóż (kolano kończyny podporowej zgięte), z jednoczesnym izometrycznym ściskiem piłki tenisowej palcami przeciwległej, wyprostowanej kończyny górnej. Czas trwania jednej serii: 20 sekund. Liczba powtórzeń: 3.

Ćwiczenie 2:

Skok z jednej nogi w przód z lądowaniem na obie nogi, po czym następuje zmiana nogi. Powrót w postaci dynamicznych podskoków z pracą kończyn dolnych – z naprzemiennym przejściem z pozycji obunóż do rozkroku.

Ćwiczenie 3:

Zadanie złożone: krok skrzyżny przodem, a następnie krok odstawno-dostawny w przód i cofnięcie o jedną linię. Przy każdej nowej linii rozpoczyna się ponownie od kroku skrzyżnego. Dodatkowo bieg przodem z cofnięciem się tyłem o jedną długość.

Ćwiczenie 4:

Ćwiczenie koordynacyjno-szybkościowe. Szybka praca nóg w miejscu, na sygnał dźwiękowy – zmiana kierunku biegu (przód, tył, prawo, lewo). Każdy kierunek powtarzany trzykrotnie.

Ćwiczenie 5:

Ćwiczenie typu *burpees* (wariant II) – analogiczne jak w zestawie I, powtarzane 10 razy.

Ćwiczenie 6:

Wykroki skośne z taśmą oporową (umieszczoną powyżej kostek), z jednoczesnym podrzucaniem piłki tenisowej naprzemiennie prawą i lewą ręką. Pokonywany dystans: dwie długości toru.

Zestaw III

Ćwiczenie 1:

Ćwiczenie równoważno-koordynacyjne. Badany stoi na jednej nodze z kolaniem wyprostowanym, wykonuje zejście do pozycji ze zgiętym kolaniem, a w przeciwległej wyprostowanej ręce ściska piłkę tenisową – najpierw całą dłońią, następnie rozluźnia chwyt i ściska tylko palcami. Powtórzenia: 10 cykli.

Ćwiczenie 2:

Sekwencja wyskoków: wyskok obunóż w górę, wyskok obunóż w przód, skok z jednej nogi w przód z lądowaniem na obie nogi oraz skok z jednej nogi w górę z lądowaniem na obie nogi. Każdy element wykonywany 4-krotnie z naprzemienną zmianą nóg.

Ćwiczenie 3:

Ruch inicjowany krokiem skrzyżnym tyłem, następnie kontynuowany krokiem odstawno-dostawnym w przód, z cofnięciem o jedną linię i powtórzeniem sekwencji przy każdej nowej linii. Dodatkowo bieg przodem z powrotem tyłem.

Ćwiczenie 4:

Bieg zwinnościowy „koperta” – badany na sygnał dźwiękowy rozpoczyna bieg wyznaczoną trasą w kształcie rombu, omijając pacholki od zewnętrznej strony. Zadanie powtarzane trzykrotnie.

Ćwiczenie 5:

Ćwiczenie izometryczne typu *plank*. Pozycja podporu przodem na przedramionach z zachowaniem linii prostej między piętami, biodrami a barkami. Utrzymanie pozycji przez 20 sekund.

Ćwiczenie 6:

Przysiady z taśmą theraband (umieszczoną powyżej kolan) z jednoczesnym żonglowaniem dwiema piłkami tenisowymi. Liczba powtórzeń: 15.

3.4. Metody analizy statystycznej.

Analiza statystyczna została przeprowadzona przy użyciu programu **Statistica 13.3**. W celu opracowania danych oraz oceny istotności statystycznej zastosowano następujące metody:

- Obliczono średnią arytmetyczną (M), odchylenie standardowe (SD), wartości minimalne i maksymalne, medianę (Me) oraz kwartyle (Q1, Q3) w celu opisu zmiennych liczbowych.
- Dla porównań międzygrupowych zastosowano:
 - test U Manna–Whitneya (dla danych o rozkładzie nieparametrycznym).
- Dla porównań wewnątrzgrupowych (przed i po interwencji) użyto:
 - test Wilcoxona, w zależności od spełnienia założeń normalności.
- Do oceny siły związku między zmiennymi ilościowymi zastosowano:
 - współczynnik korelacji Pearsona (dla zmiennych o rozkładzie normalnym)

Istotność statystyczna była oceniana na poziomie $p < 0,05$, co oznacza, że istnieje mniej niż 5% prawdopodobieństwa, iż uzyskany wynik jest dziełem przypadku. Wyniki spełniające ten warunek uznawano za statystycznie istotne. W przypadku $p < 0,01$ lub $p < 0,001$ – jako odpowiednio bardzo istotne lub wysoce istotne statystycznie.

4. Wyniki.

4.1. Ocena różnic badanych zmiennych w poszczególnych grupach ze względu na płeć.

W analizie statystycznej uwzględniono dane dotyczące dwóch grup: badanej i kontrolnej. Poniżej przedstawiono statystyki opisowe dla budowy i składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności kognitywnych. Porównania zostały dokonane na podstawie średnich arytmetycznych oraz odchyłeń standardowych (SD), przy jednoczesnym uwzględnieniu wartości minimalnych, maksymalnych oraz kwartylowych

Tabela 1. Statystyka opisowa dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie kontrolnej.

Grupa kontrolna		M	SD	Min	Q1	Me	Q3	Max
Antropometria	wysokość ciała [cm]	168,8	7,5	155,0	163,0	168,0	175,0	187,0
	masa ciała [kg]	62,5	14,1	39,1	53,9	59,5	69,5	96,8
	obwód talii [cm]	71,8	9,9	54,0	65,0	70,0	75,5	99,0
	obwód bioder [cm]	95,7	8,9	80,0	91,0	94,2	101,5	121,0
	obwód ramienia [cm]	27,0	3,9	19,0	24,2	26,5	29,0	36,2
	obwód szyi [cm]	33,3	3,2	27,2	31,0	33,0	35,5	42,0
	SF tricepsowy [mm]	1,4	0,6	0,1	0,9	1,3	1,7	4,0
	SF podłopatkowy [mm]	1,3	0,7	0,4	0,8	1,1	1,625	3,9
	BMI [kg/m ²]	21,1	3,7	15,6	18,5	20,5	22,4	35,1
	WHR	0,7	0,0	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9
	WHTR	0,4	0,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6
Skład ciała	FATP [%]	19,4	9,3	3,0	11,8	18,8	26,0	41,8
	MM [kg]	47,7	9,6	33,1	40,7	46,0	54,9	75,7
	FFM [kg]	49,7	9,7	34,8	42,0	47,7	54,8	73,1
	TBW [kg]	36,4	7,1	25,5	30,7	34,9	40,1	53,5
	kąt fazowy	5,6	0,6	4,3	5,1	5,6	6,05	7,1
Sprawność fizyczna	ścisk dłoni [kg]	34,6	12,2	20,0	28,0	32,0	41,5	94,0
	skok w dal z miejsca [cm]	172,2	27,3	120,0	148,5	168,0	189,2	232,0
	beep test [20m]	698,4	433,9	60,0	330,0	540,0	920,0	1940,0
	bieg 4x10m [s]	12,3	1,1	10,4	11,7	12,4	13,3	15,9
nośność i kogn.	LPZW	179,0	29,4	109,0	164,0	185,0	195,0	257,0
	Bp T	11,9	10,7	0,0	5,0	9,0	15,0	54,0

Bw T	1,4	3,8	0,0	0,0	0,0	1,0	27,0
K T	165,7	31,0	98,0	146,0	166,0	186,0	252,0
B%	7,4	7,2	0,0	3,2	5,3	9,6	43,8

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI – Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR – Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem – pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T – liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T – błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T – wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% – procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 1 przedstawiono grupę kontrolną (54 osoby), w której przeprowadzono analizę antropometryczną, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych. Poniżej przedstawiono opis statystyczny dla każdej z analizowanych kategorii.

Średnia wysokość ciała w grupie kontrolnej wyniosła 168,8 cm (SD = 7,5), a masa ciała 62,5 kg (SD = 14,1). Obwód talii i bioder wynosił odpowiednio średnio 71,8 cm oraz 95,7 cm. Średni wskaźnik BMI u uczestników wyniósł 21,1 kg/m², co mieści się w zakresie normy według klasyfikacji WHO. Wskaźnik WHR wynosił średnio 0,7, a WHtR – 0,4 co sugeruje niskie ryzyko centralnej otyłości. Procentowa zawartość tkanki tłuszczowej wynosiła średnio 19,4% (SD = 9,3), natomiast masa mięśni szkieletowych 47,7 kg (SD = 9,6). Masa beztłuszczowa wynosiła średnio 49,7 kg, a całkowita zawartość wody – 36,4 kg. Średni kąt fazowy, będący wskaźnikiem integralności błon komórkowych, wynosił 5,6° (SD = 0,6), co można uznać za wartość prawidłową w populacji ogólnej. Średnia siła chwytu dłoni wyniosła 34,6 kg (SD = 12,2), a wynik w skoku w dal z miejsca – 172,2 cm (SD = 27,3). W teście beep test średni wynik wyniósł 698,4 pkt, co świadczy o przeciętnym poziomie wydolności tlenowej. Wynik biegu 4x10 m wynosił średnio 12,3 s (SD = 1,1), przy czym wynik maksymalny (15,9 s). W zakresie zdolności poznawczych, średni czas w zadaniu LPZW wyniósł 179,0 ms (SD = 29,4). Wskaźnik Bp T (błędy pozytywne) wynosił średnio 11,9, a Bw T (błędy wtórne) – 1,4. Parametr K T wskazuje średnią na poziomie 165,7, natomiast wartość B – 7,4 (SD = 7,3). Grupa kontrolna charakteryzuje się ogólnie prawidłowymi wskaźnikami antropometrycznymi i składu ciała,

umiarkowanym poziomem sprawności fizycznej oraz przeciętnym poziomem funkcji poznawczych. Dane mogą służyć jako punkt odniesienia do porównań międzygrupowych w dalszych analizach.

Tabela 2. Statystyka opisowa dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej.

	Grupa badana	M	SD	Min	Q1	Me	Q3	Max
Antropometria	wysokość ciała [cm]	168,8	7,5	155,0	163,0	168,0	175,0	187,0
	masa ciała [kg]	62,5	14,1	39,1	53,9	59,5	69,6	96,8
	obwód talii [cm]	71,8	9,9	54,0	65,0	70,0	75,5	99,0
	obwód bioder [cm]	95,8	8,9	80,0	91,0	94,2	101,5	121,0
	obwód ramienia [cm]	27,1	4,0	19,0	24,2	26,5	29,0	36,2
	obwód szyji [cm]	33,4	3,2	27,2	31,0	33,0	35,5	42,0
	SF tricepsowy [mm]	1,4	0,7	0,1	0,9	1,3	1,7	4,0
	SF podłopatkowy [mm]	1,3	0,7	0,4	0,8	1,1	1,6	3,9
	BMI [kg/m ²]	21,7	4,3	15,1	18,9	20,9	23,5	34,7
	WHR	0,7	0,1	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	WHtR	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6
Skład ciała	FATP [%]	19,4	9,3	3	11,8	18,8	26	41,8
	MM [kg]	47,2	9,3	33	39,9	45,3	52	69,5
	FFM [kg]	49,7	9,7	34,8	42,0	47,7	54,8	73,1
	TBW [kg]	36,9	7,2	25,5	30,7	34,9	40,1	53,5
	kąt fazowy	5,7	0,7	4,0	5,2	5,6	6,2	7,2
Sprawność fizyczna	ścisk dłoni [kg]	33,3	7,1	20,0	28,0	33,0	38,0	52,0
	skok w dal z miejsca [cm]	173,3	35,1	104,0	145,0	173,0	191,0	249,0
	beep test [20m]	647,0	313,1	60,0	460	540,0	880,0	1540,0
	bieg 4x10m [s]	12,2	1,1	9,8	11,5	12,2	13,0	14,3
Zdolności kognitywne	LPZW	177,6	30,6	92,0	162	177,0	198,5	245,0
	Bp T	13,2	13,7	1,0	5,75	9,5	16,5	90,0
	Bw T	3,4	5,9	0,0	0,0	1,0	4,0	32,0
	K T	161,0	28,2	83,0	146,0	161,0	180,0	224,0
	B%	9,1	7,2	0,6	3,7	8,5	12,2	43,1

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójęglowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2 przedstawia w grupie badanej (50 osób), pomiary parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych.

Dane zostały poddane analizie opisowej. Średnia wysokość ciała wyniosła 168,8 cm (SD = 7,5), a masa ciała – 62,5 kg (SD = 14,1). Obwód talii i bioder wynosił odpowiednio 71,8 cm oraz 95,8 cm. Obwody ramienia i szyi osiągały średnio 27,1 cm i 33,4 cm. Wskaźnik masy ciała (BMI) wynosił średnio 21,7 kg/m² (SD = 4,3), co sugeruje wartości w normie dla większości uczestników. Wskaźnik WHR osiągnął średnią 0,7, a WHTR – 0,4, wskazując na niskie ryzyko otyłości brzusznej. Procentowa zawartość tkanki tłuszczowej wyniosła średnio 19,4% (SD = 9,3), a masa mięśni – 47,2 kg (SD = 9,3). Beztłuszczowa masa ciała wynosiła średnio 49,7 kg, natomiast całkowita zawartość wody w organizmie – 36,9 kg. Średni kąt fazowy, będący biomarkerem zdrowia komórkowego, wyniósł 5,7° (SD = 0,7), co sugeruje prawidłową integralność błon komórkowych. Uczestnicy osiągnęli średnią siłę chwytu dłoni na poziomie 33,3 kg (SD = 7,1), a średni wynik w skoku w dal z miejsca wyniósł 173,3 cm (SD = 35,1). Średni wynik testu beep test (20 m) wyniósł 647,0 pkt, świadcząc o umiarkowanej wydolności fizycznej. Czas uzyskany w biegu 4x10 m wynosił średnio 12,2 s (SD = 1,1). W zakresie funkcji poznawczych, średni czas reakcji w zadaniu LPZW wyniósł 177,6 ms (SD = 30,6). Średnia liczba błędów pozytywnych (Bp T) wynosiła 13,2, a błędów wtórnych (Bw T) – 3,4. Parametr K T osiągnął wartość średnią 161,0 , natomiast wynik B – 9,1 (SD = 7,2). Grupa badana cechuje się parametrami antropometrycznymi i składu ciała zbliżonymi do wartości referencyjnych dla populacji ogólnej. Uzyskane wyniki sprawności fizycznej i zdolności poznawczych również wskazują na przeciętny lub umiarkowany poziom. Dane te stanowią podstawę do porównań z grupą kontrolną w kontekście ewentualnych wpływów badanego czynnika/intervencji. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej grupy kontrolnej oraz badanej, wykazano ogólną zbieżność parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych.

Obie grupy charakteryzowały się niemal identyczną średnią wysokością ciała (~168,8 cm) oraz masą ciała (~62,5 kg). Również wartości obwodów oraz wskaźników BMI, WHR i WHTR były porównywalne, co sugeruje brak istotnych różnic w budowie ciała i rozkładzie tkanki tłuszczowej. Procent tkanki tłuszczowej oraz masa mięśniowa były bardzo zbliżone w obu grupach (19,39% vs 19,39%; 47,76 kg vs 47,18 kg). Masa beztłuszczowa i całkowita zawartość wody również pozostawały niemal identyczne. Nieznaczna różnica w kącie fazowym (5,64° vs 5,70°) nie wskazuje na znaczące zmiany w integralności komórkowej. Grupa kontrolna wykazywała nieco wyższy średni

wynik w teście beep test (698 vs 647 pkt) oraz większą siłę chwytu dłoni (34,65 vs 33,26 kg), jednak różnice te nie są wyraźne. Skok w dal oraz czas biegu 4x10 m były niemal identyczne, co sugeruje podobny poziom ogólnej sprawności fizycznej. Wyniki w testach kognitywnych (LPZW, Bp T, Bw T, K T, B%) wykazywały minimalne różnice pomiędzy grupami, bez wyraźnych przewag którejkolwiek ze stron. Różnice w liczbie błędów czy czasach reakcji mieszczą się w granicach naturalnej zmienności. Grupy kontrolna i badana cechują się zbliżonymi wartościami w analizowanych parametrach, co sugeruje brak istotnych różnic w zakresie antropometrii, składu ciała, sprawności fizycznej i funkcji poznawczych. Dane wskazują na homogeniczność grup, co czyni je odpowiednimi do dalszych analiz porównawczych w kontekście wpływu czynnika/interwencji.

Tabela 3. Statystyka opisowa kobiet dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w pierwszym pomiarze.

kobiety		pierwszy pomiar							
		badana			kontrolna			p	
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3		
Antropometria	wysokość ciała [cm]	165,0	160,5	167,0	164,0	160,5	168,0	1,000	
	masa ciała [kg]	55,8	50,0	66,4	56,1	48,3	62,3	0,530	
	obwód talii [cm]	67,0	62,4	73,6	65,0	61,1	70,0	0,267	
	obwód bioder [cm]	94,1	90,5	100,4	92,2	87,4	98,2	0,190	
	obwód ramienia [cm]	25,7	23,0	28,6	26,0	23,5	27,2	0,947	
	obwód szyi [cm]	31,1	30,0	32,2	31,1	29,4	32,0	0,421	
	SF tricepsowy[mm]	1,5	1,2	1,9	1,4	1,1	1,8	0,793	
	SF podłopatkowy [mm]	1,2	0,9	1,8	1,0	0,8	1,3	0,154	
	BMI [kg/m2]	21,0	18,6	23,8	20,1	18,2	22,5	0,476	
	WHR	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,278	
	WHTR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,342	
	Skład ciała	FATP[%]	24,3	19,3	29,4	22,6	19,4	26,0	0,328
MM [kg]		41,0	37,9	43,4	40,8	36,1	44,0	0,703	
FFM [kg]		43,3	39,9	45,7	43,0	38,1	46,4	0,703	
TBW [kg]		31,7	29,2	33,5	31,5	27,9	33,9	0,679	
kąt fazowy		5,4	5,0	5,6	5,4	4,9	5,7	0,895	
Sprawność fizyczna		ścisk dłoni [kg]	28,5	26,7	33,0	28,5	23,7	31,2	0,727
		skok w dal z miejsca [cm]	157,5	137,7	173,5	158,7	144,1	171,5	0,385
	beep test [20m]	500,0	340,0	580,0	350,0	295,0	540,0	0,166	
	bieg 4x10m [s]	12,9	12,1	13,2	12,8	12,1	13,3	0,778	

Zdolności kognitywne	LPZW	180,0	163,5	200,0	178,0	164,0	195,7	0,939
	Bp T	11,0	6,0	15,5	7,0	5,0	15,7	0,518
	Bw T	2,0	0,0	5,0	0,5	0,0	1,0	0,053
	K T	161,0	146,0	181,0	160,0	141,7	193,0	0,812
	B%	9,8	4,2	12,9	5,2	3,1	10,3	0,154

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI – Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR – Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T – błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T – wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% – procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W przeprowadzonych analizach wśród grupy żeńskiej w pierwszym pomiarze przedstawionej w tabeli 3, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między grupami w żadnym z badanych parametrów somatycznych (wysokość, masa ciała, obwody, grubość fałdów skórnych, BMI, WHR, WHtR, skład ciała; wszystkie $p > 0,05$). Podobnie, porównanie wyników prób sprawnościowych (siła uścisku dłoni, skok w dal, beep test, bieg 4×10 m) nie ujawniło istotnych rozbieżności ($p > 0,05$). Nie odnotowano również istotnych różnic w ocenach parametrów poznawczych (LPZW, BpT, BwT, KT, B%; $p > 0,05$). Najniższą wartość p uzyskano dla testu BwT ($p = 0,053$), co należy uznać za różnicę o charakterze granicznym.

Tabela 4. Statystyka opisowa kobiet dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w drugim pomiarze.

kobiety		drugi pomiar						
		badana			kontrolna			p
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	
Antropometria	wysokość ciała [cm]	165,9	161,7	168,3	165,5	161,2	169,1	0,986
	masa ciała [kg]	58,4	51,3	67,1	57,6	50,3	62,5	0,401
	obwód talii [cm]	68,0	63,2	74,5	66,5	60,7	70,0	0,183
	obwód bioder [cm]	94,5	89,5	101,5	92,0	88,4	96,5	0,227
	obwód ramienia [cm]	25,0	23,0	28,0	24,5	23,5	27,0	0,713
	obwód szyi [cm]	32,0	30,7	33,0	31,5	29,9	32,5	0,288
	SF tricepsowy [mm]	1,7	1,4	2,2	1,7	1,4	1,9	0,693
	SF podłopatkowy [mm]	1,2	1,0	1,9	1,2	0,9	1,6	0,445
	BMI [kg/m ²]	16,0	15,0	16,0	19,7	18,3	22,9	0,298
	WHR	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,184
Skład ciała	WHtR	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,151
	FATP [%]	24,0	20,6	29,8	22,4	18,3	25,8	0,274
	MM [kg]	43,2	39,1	44,1	41,4	36,7	45,2	0,462

Sprawność fizyczna	FFM [kg]	45,5	41,2	46,5	43,6	38,7	47,6	0,457
	TBW [kg]	33,3	30,1	34,0	31,4	28,3	34,1	0,298
	kąt fazowy	5,6	5,4	6,0	5,6	5,0	6,1	0,649
	ścisk dłoni [kg]	31,0	29,0	33,0	25,5	24,0	28,7	0,000*
	skok w dal z miejsca [cm]	165,0	152,5	177,5	152,0	139,0	163,7	0,015*
	beep test [20m]	620,0	530,0	680,0	440,0	325,0	760,0	0,054
	bieg 4x10m [s]	12,5	12,1	12,8	13,0	12,4	13,3	0,026*
Zdolności kognitywne	LPZW	230,0	197,5	281,5	200,0	184,0	235,0	0,082
	Bp T	6,0	3,0	10,0	13,0	6,5	27,0	0,008*
	Bw T	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	2,5	0,024*
	K T	219,5	181,7	274,2	173,0	163,0	223,0	0,004*
	B%	3,1	1,9	4,7	7,5	4,2	16,9	0,001*

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI – Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR – Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW – liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T – błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T – wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% – procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W drugiej turze badania wśród grupy żeńskiej przedstawionej w tabeli 4, nie odnotowano istotnych statystycznie różnic między grupą badawczą a kontrolną w większości zmiennych somatycznych. Dotyczyło to zarówno wskaźnika masy ciała ($BMI = 0,298$), jak i relacji taliowo-biodrowej (WHR) oraz stosunku obwodu talii do wzrostu (WHtR), których wartości były nieznacznie wyższe w grupie badanej, ale różnice nie osiągnęły poziomu istotności ($p > 0,05$). Również pozostałe parametry antropometryczne nie wykazały istotnych odchyleń ($p > 0,05$). W obszarze sprawności fizycznej grupa badawcza uzyskała znacząco wyższe wyniki niż kontrolna. Siła chwytu (handgrip) była w tej grupie istotnie większa ($p = 0,001$), a test skoku w dal z miejsca potwierdził jej przewagę ($p = 0,015$). Ponadto czas pokonania dystansu 4×10 m okazał się krótszy w grupie badawczej ($p = 0,026$). Podobna tendencja wystąpiła w wynikach testów poznawczych. Grupa badawcza popełniała mniej błędów w zadaniach BpT ($p = 0,008$) oraz BwT ($p = 0,024$), a jej czas reakcji (KT) był znacząco krótszy ($p = 0,004$). Również odsetek błędów (B) był istotnie niższy w grupie badanej ($p = 0,001$). Jedynie wskaźnik LPZW różnił się w obu grupach w sposób graniczny ($p = 0,082$).

W obu pomiarach nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą badaną a kontrolną w zakresie budowy somatycznej, obejmującej parametry antropometryczne i skład ciała (wszystkie $p > 0,05$). Dotyczy to m.in. wysokości i masy

ciała, obwodów, grubości fałdów skórnych, BMI, WHR, WHTR oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej, masy mięśni i całkowitej zawartości wody. Największe różnice dotyczyły BMI ($p = 0,298$), jednak również nie osiągnęły poziomu istotności. W zakresie sprawności fizycznej, w pierwszym pomiarze nie odnotowano różnic istotnych statystycznie ($p > 0,05$). Natomiast w drugim pomiarze zaobserwowano istotną poprawę w grupie badanej w takich próbach jak: siła chwytu ($p = 0,001$), skok w dal z miejsca ($p = 0,015$) oraz bieg 4×10 m ($p = 0,026$). Wynik testu beep test był bliski istotności ($p = 0,054$), co może sugerować tendencję do wyższej wydolności tlenowej w tej grupie. W odniesieniu do zdolności poznawczych, w pierwszym pomiarze nie odnotowano różnic istotnych statystycznie. W drugim pomiarze grupa badana uzyskała istotnie lepsze wyniki w zakresie błędów przy testach poznawczych (BpT, $p = 0,008$), błędów wtórnych (BwT, $p = 0,024$), czasu reakcji (K T, $p = 0,004$) oraz procentowego udziału błędów (B, $p = 0,001$). Różnica w liczbie poprawnie zapamiętanych wyrazów (LPZW) była bliska istotności ($p = 0,082$).

Tabela 5. Statystyka opisowa mężczyzn dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w pierwszym pomiarze.

mężczyźni		pierwszy pomiar						
		badana			kontrolna			p
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	
Antropometria	wysokość ciała [cm]	175,0	172,0	178,0	176,0	173,0	180,0	0,449
	masa ciała [kg]	64,4	59,0	71,0	65,1	59,2	71,6	0,828
	obwód talii [cm]	72,5	69,0	79,0	73,1	69,1	77,9	0,763
	obwód bioder [cm]	94,5	91,0	101,5	93,5	89,1	101,5	0,970
	obwód ramienia [cm]	28,0	25,5	29,5	27,0	25,3	30,4	0,962
	obwód szyi [cm]	35,5	34,5	37,0	35,0	34,5	36,5	0,865
	SF tricepsowy [mm]	1,0	0,7	1,5	1,0	0,8	1,3	0,861
	SF podłopatkowy [mm]	1,0	0,8	1,5	1,0	0,7	1,3	0,946
	BMI [kg/m2]	20,7	19,3	21,9	20,5	19,1	22,1	0,887
	WHR	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,287
	WHTR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,727
	Skład ciała	FATP [%]	11,8	10,0	14,9	11,6	8,6	19,2
MM [kg]		52,8	49,6	60,5	54,4	49,7	59,3	0,928
FFM [kg]		55,6	52,2	63,7	57,2	52,3	62,9	0,927
TBW [kg]		40,7	38,2	46,6	41,9	38,3	45,7	0,923

Sprawność fizyczna	kąt fazowy	6,2	5,8	6,5	5,8	5,3	6,5	0,112
	ścisk dłoni [kg]	39,0	34,0	41,0	38,5	32,5	43,7	1,000
	skok w dal z miejsca [cm]	207,5	180,0	218,0	187,2	163,5	209,5	0,107
	beep test [20m]	880,0	520,0	1040,0	920,0	635,0	1240,0	0,468
	bieg 4x10m [s]	11,1	10,7	12,6	12,1	11,2	13,3	0,061
Zdolności kognitywne	LPZW	174,0	153,0	196,0	179,0	153,7	193,0	0,985
	Bp T	8,0	5,0	16,0	9,0	4,2	14,7	0,777
	Bw T	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,286
	K T	167,0	141,0	178,0	166,5	146,2	180,0	0,910
	B%	6,0	3,4	10,3	5,2	3,0	8,6	0,386

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartyl; Q3 – trzeci kwartyl; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W przeprowadzonej analizie porównawczej wśród grupy męskiej w pierwszym pomiarze przedstawionej w tabeli 5 nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między badanymi grupami w żadnym z parametrów antropometrycznych ani w składzie ciała – wszystkie wartości p mieściły się w zakresie od 0,112 do 0,970 ($p > 0,05$). Dotyczy to masy ciała, wzrostu, obwodów ciała, grubości fałdów skórnych, wskaźników BMI, WHR, WHtR oraz składu ciała (masa mięśniowa, tłuszczowa, zawartość wody, kąt fazowy). Również w próbach sprawności fizycznej – siły ścisku dłoni (handgrip), skoku w dal z miejsca, teście wytrzymałościowym (beep test) i biegu 4×10 m – żaden z parametrów nie osiągnął poziomu istotności statystycznej ($p > 0,05$).

Tabela 6. Statystyka opisowa mężczyzn dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w drugim pomiarze.

mężczyźni		drugi pomiar						
		badana			kontrolna			
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	p
Antropometria	wysokość ciała [cm]	177,2	174,0	179,5	178,1	174,7	183,1	0,410
	masa ciała [kg]	66,2	60,3	72,3	69,2	59,2	75,5	0,840
	obwód talii [cm]	72,0	70,5	80,0	72,2	69,3	80,0	0,970
	obwód bioder [cm]	93,0	89,0	96,5	95,0	90,0	98,0	0,490
	obwód ramienia [cm]	28,0	26,0	29,5	27,2	24,2	30,3	0,570

Skład ciała	obwód szyi [cm]	36,0	34,5	37,0	36,0	34,1	36,0	0,690
	SF tricepsowy [mm]	1,1	0,9	1,5	1,1	0,9	1,4	0,980
	SF podłopatkowy [cm]	1,0	0,8	1,8	1,0	0,8	1,4	0,940
	BMI [kg/m ²]	21,4	19,3	22,0	20,7	19,1	22,7	0,640
	WHR	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,220
	WHtR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,540
	FATP [%]	11,2	8,4	15,1	11,7	8,6	15,2	0,740
	MM [kg]	56,5	51,4	62,2	56,6	52,1	62,0	0,880
	FFM [kg]	59,5	54,1	65,5	59,6	54,9	65,2	0,870
	TBW [kg]	43,6	39,6	47,9	43,6	40,2	47,6	0,800
	kąt fazowy	6,2	5,9	6,9	6,1	5,5	6,5	0,190
Sprawność fizyczna	ścisk dłoni[kg]	43,0	40,0	48,0	42,0	32,7	44,0	0,160
	skok w dal z miejsca [cm]	211,0	187,0	226,0	180,0	167,0	209,2	0,010*
	beep test [20m]	1240,0	860,0	1520,0	870,0	500,0	1235,0	0,020*
	bieg 4x10m [s]	11,5	10,7	12,1	12,3	11,7	13,2	0,001*
Zdolności kognitywne	LPZW	243,0	218,0	268,0	210,0	178,0	229,0	0,001*
	Bp T	10,0	3,0	21,0	9,5	4,0	21,7	0,770
	Bw T	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,001*
	K T	215,0	201,0	247,0	180,5	165,5	206,2	0,001*
	B%	4,6	1,4	9,9	6,5	2,4	11,0	0,290

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

Wyniki znajdujące się w tabeli 6 nie stwierdzają istotnych statystycznych różnic między grupą badawczą a kontrolną wśród mężczyzn w drugim pomiarze, w zakresie budowy ciała i składu ciała – wszystkie wartości p mieściły się w przedziale 0,190–0,970 ($p > 0,05$). W obszarze sprawności fizycznej grupa badana uzyskała istotnie lepsze wyniki w skoku w dal z miejsca ($p = 0,010$) i teście wytrzymałościowym (beep test, $p = 0,020$), a także osiągnęła szybszy czas w biegu 4×10 m ($p < 0,001$). Ponadto w testach poznawczych grupa badana wykazała istotną przewagę, osiągając lepsze wyniki w LPZW ($p = 0,001$), BwT ($p = 0,001$) oraz KT ($p = 0,001$).

Analiza porównawcza pomiędzy grupą badaną a kontrolną wśród mężczyzn, przeprowadzona w dwóch pomiarach, wykazała brak istotnych różnic statystycznych ($p > 0,05$) w zakresie budowy somatycznej oraz składu ciała, zarówno w pierwszym,

jak i drugim pomiarze. Dotyczy to takich parametrów jak: wysokość i masa ciała, obwody ciała, grubość fałdów skórnych, wskaźniki BMI, WHR i WHtR, a także skład ciała (procentowa zawartość tłuszczu, masa mięśni, masa beztłuszczowa, całkowita zawartość wody i kąt fazowy). W zakresie sprawności fizycznej, w pierwszym pomiarze również nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy grupami ($p > 0,05$). Natomiast w drugim pomiarze grupa badana osiągnęła istotnie lepsze wyniki w testach skoku w dal z miejsca ($p = 0,010$), beep tęście 20 m ($p = 0,020$) oraz biegu 4×10 m ($p = 0,001$), co wskazuje na poprawę sprawności fizycznej w tej grupie. Podobnie, w obszarze zdolności poznawczych, w pierwszym pomiarze nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. W drugim pomiarze grupa badana uzyskała istotnie lepsze wyniki w zakresie liczby poprawnie zapamiętanych wyrazów (LPZW, $p = 0,001$), mniejszej liczby błędów wtórnych (Bw T, $p = 0,001$) oraz krótszego czasu reakcji (K T, $p = 0,001$), co może świadczyć o pozytywnym wpływie zastosowanej interwencji na funkcje poznawcze.

4.2. Analiza zależności pomiędzy badanymi zmiennymi w grupie kontrolnej.

Tabela 7. Korelacje pomiędzy sprawnością fizyczną, budowa somatyczną, składem ciała w grupie kontrolnej.

grupa kontrolna		siła dłoni [kg]	skok w dal z miejsca [cm]	beep test [20m]	bieg 4x10m
Antropometria	obwód talii [cm]	0,37	-0,05	-0,02	0,04
	obwód bioder [cm]	0,30	-0,15	-0,26	0,11
	WHR	0,34	0,09	0,27	-0,08
	WHtR	0,21	-0,24	-0,14	0,10
	obwód ramienia [cm]	0,51	0,07	0,09	-0,11
	obwód szyji [cm]	0,59	0,25	0,29	-0,07
	SF tricepsowy [mm]	-0,17	-0,54	-0,57	0,31
	SF podłopatkowy [mm]	0,08	-0,32	-0,35	0,23
Skład ciała	wysokość ciała [cm]	0,62	0,50	0,36	-0,18
	masa ciała [kg]	0,49	0,06	0,02	-0,02
	BMI	0,29	-0,17	-0,15	0,05
	FATP [%]	-0,29	-0,61	-0,61	0,25
	MM [kg]	0,67	0,36	0,32	-0,17
	FFM [kg]	0,67	0,36	0,32	-0,17
	TBW [kg]	0,67	0,36	0,32	-0,17
	kąt fazowy	0,46	0,37	0,29	-0,37
Z d c	LPZW T	0,25	0,17	0,16	-0,14

Bp T	0,06	-0,02	-0,12	-0,17
Bw T	-0,09	-0,14	-0,14	0,04
K T	0,23	0,18	0,21	-0,07
B %	0,00	-0,08	-0,16	-0,12

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójęgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W analizie zależności pomiędzy zmiennymi w grupie kontrolnej przedstawionej w tabeli 7, zaobserwowano szereg istotnych zależności korelacyjnych, szczególnie w obrębie budowy somatycznej i składu ciała w odniesieniu do parametrów sprawności fizycznej. W zakresie budowy somatycznej stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy obwodem ramienia oraz szyi a siłą chwytu dłoni ($r = 0,51$ oraz $r = 0,59$), co potwierdza zależność pomiędzy rozmiarem segmentów ciała a poziomem siły mięśniowej. Wysokość ciała dodatnio korelowała zarówno ze skokiem w dal ($r = 0,50$), jak i z wynikami testu beep ($r = 0,36$ – $0,37$), wskazując na znaczenie wzrostu w kontekście wybranych zdolności motorycznych. Masa mięśniowa oraz masa beztłuszczowa ($r = 0,67$ dla obu) wykazywały silne dodatnie korelacje z siłą chwytu dłoni, podkreślając znaczenie komponentu mięśniowego w rozwoju siły. Z kolei negatywne korelacje zanotowano pomiędzy poziomem otluszczenia ciała a sprawnością fizyczną, szczególnie w zakresie skoczności i wydolności: skok w dal ($r = -0,61$), test beep ($r = -0,62$), co sugeruje, że wyższy poziom tkanki tłuszczowej może być czynnikiem ograniczającym efektywność wysiłkową. W odniesieniu do zdolności kognitywnych, zaobserwowano słabe dodatnie korelacje wskaźnika koncentracji (K T) z parametrami sprawności fizycznej, np. skokiem w dal ($r = 0,18$) czy beep testem ($r = 0,21$), co może sugerować umiarkowaną zależność między poziomem sprawności a funkcjami poznawczymi. Ujemne korelacje występowały natomiast pomiędzy liczbą błędów poznawczych (Bw T) a wynikami sprawnościowymi, np. skokiem w dal ($r = -0,14$) i beep testem ($r = -0,14$), co może wskazywać, że niższy poziom błędów poznawczych współwystępuje z wyższą wydolnością fizyczną.

Podsumowując, w grupie kontrolnej zaobserwowano umiarkowane korelacje pomiędzy wskaźnikami budowy ciała (szczególnie mięśniowej i beztłuszczowej masy ciała) a poziomem sprawności fizycznej, a także słabsze zależności pomiędzy sprawnością fizyczną a funkcjami poznawczymi. Wyniki te mogą wskazywać na istnienie powiązań między komponentami somatycznymi, motorycznymi i kognitywnymi.

Tabela 8. Korelacje pomiędzy zdolnościami kognitywnymi, budową somatyczną oraz składem ciała w grupie kontrolnej.

	grupa kontrolna	LPZW T	Bp T	Bw T	K T	B %
Antropometria	wysokość ciała [cm]	-0,05	-0,01	-0,10	-0,03	-0,04
	masa ciała [kg]	0,01	-0,03	-0,13	0,04	-0,06
	obwód talii [cm]	-0,10	-0,06	-0,11	-0,06	-0,06
	obwód bioder [cm]	-0,01	-0,01	-0,09	0,00	-0,02
	WHR	-0,17	-0,10	-0,11	-0,11	-0,09
	WHtR	-0,10	-0,07	-0,10	-0,06	-0,05
	obwód ramienia [cm]	0,07	-0,14	-0,22	0,15	-0,17
	obwód szyi [cm]	-0,02	-0,06	-0,16	0,02	-0,10
	SF tricepsowy [mm]	-0,08	0,02	0,02	-0,09	0,05
	SF podłopatkowy [mm]	-0,09	0,00	-0,03	-0,08	0,02
	wysokość ciała [cm]	-0,05	-0,01	-0,10	-0,03	-0,04
Skład ciała	masa ciała [kg]	0,01	-0,03	-0,13	0,04	-0,06
	BMI	0,05	-0,04	-0,14	0,08	-0,06
	FATP [%]	0,05	0,07	-0,03	0,03	0,06
	MM [kg]	0,00	-0,06	-0,14	0,05	-0,09
	FFM [kg]	0,01	-0,06	-0,14	0,05	-0,09
	TBW [kg]	0,01	-0,06	-0,14	0,05	-0,09
	kąt fazowy	-0,22	0,02	-0,05	-0,20	0,03

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W analizie współzależności pomiędzy parametrami antropometrycznymi, składu ciała oraz wynikami w testach funkcji poznawczych w grupie kontrolnej przedstawionej w tabeli 8, nie stwierdzono silnych istotnych korelacji. Większość współczynników

korelacji przyjmowała niskie wartości ($|r| < 0,3$), co wskazuje na brak wyraźnych zależności statystycznych pomiędzy budową somatyczną a zdolnościami kognitywnymi w badanej próbie. Najwyższe, mimo nadal niskiego natężenia, ujemne korelacje zaobserwowano pomiędzy obwodem ramienia a liczbą błędów wtórnych (BwT) oraz kątem fazowym a wskaźnikiem tempa pracy (LPZW T), przy obu wartościach ($r = -0,22$). Nieco słabsze, lecz wciąż ujemne korelacje odnotowano między wskaźnikiem BMI i masą mięśniową a liczbą błędów wtórnych ($r = -0,14$) oraz pomiędzy masą ciała i masą beztłuszczową a tą samą miarą błędów (r w przedziale $-0,13$ do $-0,14$). Wartości te jednak nie osiągają progów istotności statystycznej, co oznacza, że obserwowane zależności mogą mieć charakter przypadkowy i nie należy ich interpretować jako dowodów na istnienie silnego związku przyczynowego.

Podsumowując, w grupie kontrolnej nie wykazano istotnych statystycznie korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami budowy somatycznej oraz składu ciała a zdolnościami poznawczymi. Obserwowane współczynniki korelacji były słabe i nie wskazują na systematyczną zależność pomiędzy tymi zmiennymi w analizowanej próbie.

4.3. Analiza zależności pomiędzy badanymi zmiennymi w grupie badanej.

Tabela 9. Korelacje pomiędzy sprawnością fizyczną, budową somatyczną, składem ciała oraz zdolnościami kognitywnymi w grupie badanej.

	grupa badana	siła dłoni [kg]	skok w dal [cm]	beep test [20m]	bieg 4x10m
Antropometria	wysokość ciała	0,60	0,51	0,46	-0,35
	masa ciała	0,48	0,00	0,00	0,10
	obwód talii [cm]	0,39	-0,07	-0,03	0,14
	obwód bioder [cm]	0,23	-0,20	-0,20	0,29
	WHR	0,50	0,14	0,25	-0,15
	WHtR	0,22	-0,25	-0,19	0,26
	obwód ramienia [cm]	0,45	-0,05	0,00	0,12
	obwód szyji [cm]	0,71	0,32	0,30	-0,17
	SF tricepsowy [mm]	-0,10	-0,48	-0,37	0,47
	SF podłopatkowy [mm]	0,09	-0,33	-0,24	0,29
Skład ciała	wysokość ciała	0,60	0,51	0,46	-0,35
	masa ciała	0,48	0,00	0,00	0,10
	BMI	0,28	-0,22	-0,20	0,27
	FATP [%]	-0,25	-0,60	-0,51	0,54

Zdolności kognitywne	MM [kg]	0,71	0,39	0,34	-0,25
	FFM [kg]	0,71	0,39	0,34	-0,25
	TBW [kg]	0,71	0,39	0,34	-0,25
	LPZW T	0,03	-0,06	-0,20	0,04
	Bp T	-0,09	-0,12	-0,15	-0,08
	Bw T	-0,23	-0,07	-0,01	0,00
	K T	0,13	0,01	-0,14	0,09
	B%	-0,18	-0,10	-0,09	-0,10

BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

Analiza współzależności pomiędzy parametrami budowy somatycznej, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej przedstawionej w tabeli 9, wykazała istnienie umiarkowanych, a w niektórych przypadkach silnych korelacji, zwłaszcza pomiędzy komponentami somatycznymi a wynikami sprawności fizycznej. W zakresie budowy somatycznej i składu ciała siła chwytu dłoni wykazała silne dodatnie korelacje z obwodem szyi, masą mięśniową, masą beztłuszczową oraz zawartością wody ($r = 0,71$ we wszystkich przypadkach), co wskazuje na wyraźny związek między komponentem beztłuszczowym a poziomem siły mięśniowej. Wzrost ciała skorelowany był dodatnio z wynikami skoku w dal ($r = 0,51$) oraz z wynikami testu wytrzymałościowego (beep test, $r = 0,46-0,48$), co sugeruje, że wyższy wzrost może predykować niektóre zdolności motoryczne. Natomiast zawartość tkanki tłuszczowej okazała się ujemnie powiązana z wynikami obu tych prób (skok w dal $r = -0,60$; beep test $r = -0,51$), co potwierdza niekorzystny wpływ nadmiernego otluszczenia na sprawność fizyczną. W odniesieniu do parametrów poznawczych zaobserwowano jedynie słabe korelacje z wskaźnikami somatycznymi i fizycznymi: najwyższe, choć nieistotne statystycznie, wartości dotyczyły ujemnej relacji między liczbą błędów wtórnych (BwT) a masą mięśniową oraz beztłuszczową ($r = -0,23$) oraz niewielkiej dodatniej korelacji między wskaźnikiem koncentracji (KT) a siłą chwytu dłoni ($r = 0,13$).

Podsumowując, w grupie badanej stwierdzono istotne związki pomiędzy parametrami składu ciała a wynikami sprawności fizycznej, przy czym największe

znaczenie wykazywały masa mięśniowa, masa beztłuszczowa oraz wysokość ciała. Natomiast relacje pomiędzy budową somatyczną a zdolnościami poznawczymi były słabe i statystycznie nieistotne, co nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie o wpływie tych zmiennych na funkcje kognitywne.

Tabela 10. Korelacje pomiędzy zdolnościami kognitywnymi, budową somatyczną oraz składem ciała w grupie badanej.

grupa badana		LPZW T	Bp T	Bw T	K T	B%
Antropometria	obwód talii [cm]	0,00	-0,23	-0,13	0,14	-0,28
	obwód bioder [cm]	0,02	-0,24	-0,14	0,17	-0,31
	WHR	-0,01	-0,12	-0,07	0,06	-0,14
	WHtR	0,03	-0,16	-0,09	0,13	-0,21
	obwód ramienia [cm]	0,03	-0,23	-0,15	0,18	-0,30
	obwód szyi [cm]	0,02	-0,22	-0,17	0,17	-0,29
	SF tricepsowy [mm]	0,00	-0,10	0,06	0,04	-0,09
	SF podłopatkowy [mm]	-0,01	-0,20	0,04	0,07	-0,19
Skład ciała	wysokość ciała [cm]	-0,07	-0,25	-0,15	0,08	-0,27
	masa ciała [kg]	0,00	-0,26	-0,16	0,16	-0,33
	BMI	0,03	-0,19	-0,11	0,14	-0,25
	FATP [%]	0,01	-0,10	0,05	0,05	-0,11
	MM [kg]	0,01	-0,23	-0,20	0,16	-0,30
	FFM [kg]	0,01	-0,23	-0,20	0,16	-0,30
	TBW [kg]	0,01	-0,23	-0,20	0,16	-0,30
kąt fazowy		0,15	-0,18	-0,12	0,27	-0,24

BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR — stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

Analiza korelacji pomiędzy parametrami antropometrycznymi i składu ciała a wynikami w testach funkcji poznawczych w grupie badanej przedstawionej w tabeli 10, wykazała umiarkowane ujemne związki, zwłaszcza w odniesieniu do parametrów masy ciała, obwodów oraz komponentów beztłuszczowych z wybranymi wskaźnikami funkcji kognitywnych. Najsilniejsze, choć wciąż nieprzekraczające granicy istotności statystycznej, korelacje zaobserwowano pomiędzy masą ciała a wskaźnikiem dokładności (B%; $r = -0,33$), obwodem bioder a B% ($r = -0,31$), masą mięśniową, beztłuszczową masą ciała i zawartością wody a B ($r = -0,30$) oraz obwodem szyi a B%

($r = -0,29$). Zależności te sugerują, że wyższe wartości parametrów związanych z masą i objętością ciała mogą wiązać się z nieco niższą precyzją poznawczą, jednak z uwagi na brak istotności statystycznej należy podchodzić do nich z ostrożnością. Podobny, umiarkowany ujemny trend zaobserwowano także między masą ciała a liczbą błędów poznawczych (BpT; $r = -0,26$) oraz między wzrostem ciała a wskaźnikami LPZW T ($r = -0,07$) i B% ($r = -0,27$), co może wskazywać na subtelny wpływ cech somatycznych na wydajność poznawczą. Warto również zauważyć, że wskaźnik koncentracji (KT) wykazywał nieznaczne dodatnie korelacje z większością parametrów somatycznych (do $r = 0,27$ dla kąta fazowego), co może wskazywać na potencjalny, choć nieistotny wpływ zdrowia komórkowego na zdolność do skupienia uwagi. W przypadku fałdów skórnych, korelacje były słabe i niesystematyczne, co sugeruje niewielki wpływ lokalnego otłuszczenia na parametry poznawcze.

4.4. Ocena różnic analizowanych zmiennych przed i po wdrożeniu interwencji w grupie kontrolnej.

Tabela 11. Różnice analizowanych parametrów przed i po wdrożeniu interwencji w grupie kontrolnej.

	kontrolna	pomiar pierwszy			pomiar drugi			p (T1vsT3)
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	
Antropometria	wysokość ciała [cm]	171,0	164,0	177,7	172,3	165,5	180,0	0,000*
	masa ciała [kg]	59,9	53,3	67,7	61,6	54,7	69,8	0,014*
	obwód talii [cm]	69,7	64,6	75,4	70,3	64,5	75,0	1,000
	obwód bioder [cm]	92,7	88,1	98,9	94,0	89,0	98,0	1,000
	obwód ramienia [cm]	27,0	24,5	29,0	26,0	24,0	29,0	0,551
	obwód szyi [cm]	33,2	31,0	35,0	33,5	31,0	36,0	0,064
	FS nad tricepsem [mm]	1,2	1,0	1,6	1,4	1,1	1,8	0,452
	SF podłopatkowy [mm]	1,0	0,8	1,3	1,1	0,9	1,5	0,119
	BMI [kg/m ²]	20,5	18,5	22,4	20,7	18,7	22,9	1,000
	WHR	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	1,000
	WHTR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,506
Skład ciała	FATP [%]	19,1	11,6	24,6	17,3	11,7	23,8	1,000
	MM [kg]	46,0	40,8	54,9	47,8	41,4	56,8	0,001*
	FFM [kg]	48,5	42,9	57,8	50,3	43,6	59,8	0,001*
	TBW [kg]	35,5	31,4	42,3	36,8	31,4	43,7	0,003*
	kąt fazowy	5,6	5,1	6,0	5,8	5,3	6,3	0,001*
Sprawność fizyczna	ścisk dłoni [kg]	32,00	28,00	41,50	32,00	26,00	42,00	1,000
	skok w dal [cm]	168,0	148,5	189,2	167,0	145,0	189,0	0,114
	beep test [20m]	540,0	330,0	920,0	720,0	420,0	900,0	1,000
	bieg 4x10m [s]	12,5	11,7	13,3	12,5	12,0	13,3	0,973

Zdolności kognitywne	LPZW	185,0	164,0	195,0	208,5	178,0	232,5	0,001*
	Bp T	9,0	5,0	15,0	10,5	5,2	22,7	0,072
	Bw T	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,160
	K T	166,0	146,0	186,0	174,5	164,2	210,7	0,001*
	B%	5,3	3,2	9,6	7,3	3,2	14,1	0,262

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI – Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR – Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T – błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T – wskaźnik koncentracji, obliczany jako: $K = LPZW - Bp - Bw$; B% – procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 11, w grupie kontrolnej porównanie wyników pierwszego i drugiego pomiaru ujawniło jedynie nieliczne statystycznie istotne zmiany, które dotyczyły przede wszystkim wybranych wskaźników budowy somatycznej oraz składu ciała, podczas gdy w obszarach sprawności fizycznej i funkcji poznawczych przeważał brak istotnych różnic. Wysokość ciała wzrosła istotnie ($p = 0,001$), co najprawdopodobniej odzwierciedla naturalny proces dojrzewania biologicznego uczestników. Istotny przyrost masy ciała ($p = 0,014$) oraz beztłuszczowej masy ciała, w tym masy mięśniowej ($p = 0,001$; $p = 0,001$) i całkowitej zawartości wody ($p = 0,003$), dodatkowo potwierdził rozwój komponentu beztłuszczowego. Jednocześnie kąt fazowy uległ znaczącemu zwiększeniu ($p = 0,001$), co może świadczyć o poprawie integralności błon komórkowych i ogólnego stanu odżywienia. Pozostałe parametry antropometryczne – obwody ciała, wskaźniki BMI, WHR, WHtR oraz procent otluszczenia – nie wykazały zmian istotnych statystycznie ($p > 0,05$). W zakresie sprawności fizycznej nie zaobserwowano istotnych różnic w wynikach siły chwytu dłoni, skoku w dal z miejsca, testie wytrzymałościowym (beep test) ani w biegu 4×10 m (wszystkie $p > 0,05$), co wskazuje na brak wpływu zewnętrznych czynników lub interwencji na poziom sprawności w tej grupie. Z kolei w testach poznawczych liczba poprawnie zapamiętanych wyrazów (LPZW) oraz wskaźnik koncentracji (KT) wzrosły istotnie (oba $p = 0,001$), co można interpretować jako efekt naturalnego rozwoju poznawczego lub adaptacji do procedury badawczej. Pozostałe wskaźniki poznawcze (BpT, BwT, B%) nie wykazały istotnych zmian pomiędzy pomiarami ($p > 0,05$), mimo nieznacznych wzrostów median. Łącznie obserwowane w grupie kontrolnej zmiany

dotyczą głównie rozwoju biologicznego i poznawczego uczestników, bez dowodów na wpływ interwencji na sprawność fizyczną.

Tabela 12. Interpretacje uzyskanych wyników według tabeli ALPHA w grupie kontrolnej.

grupa kontrolna	bardzo niski		niski		średni		wysoki		bardzo wysoki		p	pomiar 1v2
	[%]		[%]		[%]		[%]		[%]			
	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1		
obwód talii [cm]	31,9	38,3	21,3	23,4	29,8	23,4	8,5	6,4	8,5	8,5	0,854	0,802
SF nad tricepsem [mm]	44,7	70,2	8,5	6,4	19,1	8,5	12,8	0,0	14,9	14,9	0,678	0,246
SF podłopatkowy[mm]	19,1	14,9	27,7	38,3	27,7	17,0	12,8	14,9	12,8	14,9	0,949	0,283
BMI	21,3	19,1	42,5	44,7	8,5	6,4	17,0	19,1	10,6	10,6	0,790	0,699
ścisk dłoni [kg]	12,8	21,3	23,4	27,7	25,5	10,6	8,5	8,5	29,8	31,9	0,949	0,118
skok w dal z miejsca [cm]	19,1	27,7	10,6	14,9	25,5	23,4	21,3	10,6	23,4	23,4	0,931	0,036
beep test [20m]	17,0	21,3	17,0	23,4	21,3	25,5	14,9	8,5	29,8	21,3	0,846	0,464
bieg 4x10m	31,9	34,0	21,3	10,6	8,5	6,4	27,7	27,7	10,6	21,3	0,854	0,361

Alpha test battery- podręcznik sprawności fizycznej ALPHA Health-Related dla dzieci i młodzieży; BMI –wskaźnik masy ciała; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką [67]. Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 12 analiza rozkładu kategorii interpretacyjnych według klasyfikacji ALPHA dla wybranych parametrów antropometrycznych wykazała brak istotnych statystycznie zmian w obwodzie talii ($p = 0,854$), grubości fałdów skórnych tricepsa ($p = 0,678$) i podłopatkowego ($p = 0,948$) oraz we wskaźniku BMI ($p = 0,790$). Również w odniesieniu do testów sprawnościowych – siły siły dłoni ($p = 0,949$), beep testu ($p = 0,846$) i biegu 4×10 m ($p = 0,854$) – nie odnotowano istotnych przesunięć w klasyfikacji wyników, co świadczy o zachowaniu stabilnej struktury ocenianej grupy. Jedynym wyjątkiem był skok w dal z miejsca, w którym zmiana rozkładu kategorii osiągnęła poziom istotności ($p = 0,036$), co można interpretować jako niewielką poprawę zdolności skoczności lub adaptację do procedury testowej. Ogólnie brak przesunięć w pozostałych zmiennych wskazuje, że zastosowana interwencja nie miała wpływu na parametry somatyczne ani sprawnościowe uczestników grupy kontrolnej [71,72].

Tabela 13. Interpretacja wyników według tabel Kułagi w grupie kontrolnej.

grupa kontrolna pomiar	norma [%]		nadwaga [%]		otyłość [%]		p	pomiar 1v 2
	1	2	1	2	1	2		
WHR	89,4	87,2	2,1	6,4	8,5	6,4	0,905	0,310
WHtR	87,2	87,2	4,3	4,3	8,5	8,5	0,716	1,000
BMI	82,9	83,0	12,8	12,8	4,3	4,3	0,368	1,000
FATP	89,4	89,4	8,5	4,3	2,1	6,4	0,867	0,370

BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; WHR — stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –stosunek obwodu talii do wzrostu. Źródło: opracowanie własne.

Analiza rozkładu uczestników grupy kontrolnej w tabeli 13, według klasyfikacji wskaźników WHR, WHtR, BMI (wg siatek centylowych Kułagi) oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (FATP) nie wykazała statystycznie istotnych różnic między pomiarem pierwszym a drugim (wszystkie wartości $p > 0,05$). W przypadku WHR odsetek osób mieszczących się w normie nieznacznie zmniejszył się z 89,36% do 87,23%, przy jednoczesnym niewielkim wzroście kategorii nadwagi i stabilnym poziomie otyłości, jednak różnice te nie były istotne ($p = 0,905$). Struktura kategorii WHtR pozostała niezmienniona (norma 87,23%, nadwaga 4,26%, otyłość 8,51%; $p = 0,716$ i $p = 1,000$), podobnie jak klasyfikacja BMI (norma 82,98%, nadwaga 12,77%, otyłość 4,26%; $p = 0,368$ i $p = 1,00$) oraz rozkład FATP ($p = 0,867$ i $p = 0,368$). Taka stabilność struktury kategorii zarówno w obszarze wskaźników antropometrycznych, jak i poziomu otluszczenia wskazuje, że przeprowadzona interwencja nie wpłynęła na zmiany w składzie ciała uczestników grupy kontrolnej, a obserwowane wahania mieszczą się w granicach naturalnej zmienności [73].

4.5. Ocena różnic analizowanych zmiennych przed i po wdrożeniu interwencji w grupie badanej.

Tabela 14. Różnice analizowanych parametrów przed i po wdrożeniu interwencji w grupie badanej.

	grupa badana	pomiar pierwszy			pomiar drugi			(T1vsT3)
		Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	
Antropometria	wysokość ciała	168,0	163,0	175,0	169,0	165,0	177,0	0,001*
	masa ciała [kg]	59,5	53,9	69,5	62,5	56,7	69,7	0,012*
	obwód talii [cm]	70,0	65,0	75,5	70,7	65,5	76,7	0,416
	obwód bioder[cm]	94,2	91,0	101,5	93,7	89,0	101,0	0,142
	obwód ramienia	26,5	24,2	29,0	27,0	23,9	28,6	1,000
	obwód szyi [cm]	33,0	31,0	35,5	33,7	31,5	36,0	0,110
	SF nad tricepsem[cm]	1,3	0,9	1,7	1,5	1,0	2,1	0,001*
	SF	1,1	0,8	1,6	1,2	0,9	1,9	0,036
	podłopatkowy cm							
	BMI [kg/m2]	20,9	18,9	23,5	21,4	19,2	23,7	0,867
	WHR	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,002*
	WHtR	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,000
Skład ciała	FATP [%]	18,8	11,8	26,0	18,2	11,3	25,2	1,000
	MM [kg]	45,3	39,9	52,0	45,7	42,4	55,3	0,001*
	FFM [kg]	47,7	42,0	54,8	48,2	44,7	58,2	0,001*
	TBW [kg]	34,9	30,7	40,1	35,3	32,7	42,6	0,001*
	kąt fazowy	5,6	5,2	6,2	5,8	5,5	6,3	0,001*
Sprawność fizyczna	ścisk dłoni [kg]	33,0	28,0	38,0	35,0	30,0	42,2	0,001*
	skok w dal [cm]	173,0	145,0	191,0	177,5	162,7	209,5	1,000
	beep test [20m]	540,0	460,0	880,0	710,0	580,0	1150,0	0,001*
	bieg 4x10m [s]	12,2	11,5	13,0	12,1	11,6	12,6	1,000
Zdolności kognitywne	LPZW	177,0	162,0	198,5	242,0	200,0	280,0	0,001*
	Bp T	9,5	5,7	16,5	7,0	3,0	14,0	1,000
	Bw T	1,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	0,002*
	K T	161,00	146,00	180,00	217,00	189,00	274,00	0,000*
	B%	8,5	3,7	12,2	3,4	1,7	6,6	0,004*

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; min – wartość minimalna; maks – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył; BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; MM – masa mięśniowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie; WHR – stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –Stosunek obwodu talii do wzrostu; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójgłowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką; LPZW T - liczba przetworzonych znaków docelowych, wskaźnik tempa pracy; Bp T – błędy pominięcia, tj. liczba pominiętych znaków docelowych; Bw T –błędy fałszywe, tj. liczba błędnie zaznaczonych dystraktorów; K T –wskaźnik koncentracji, obliczany jako: K = LPZW – Bp – Bw; B% –procent błędów: $B\% = [(Bp + Bw) / LPZW] \times 1$. Źródło: opracowanie własne.

W grupie badanej, po zastosowanej interwencji, przedstawionej w tabeli 14, zaobserwowano szereg statystycznie istotnych zmian, przede wszystkim w obszarze składu ciała i wybranych cech antropometrycznych. Wysokość ciała wzrosła istotnie ($p = 0,000$), co należy wiązać z procesem wzrastania uczestników. Równocześnie odnotowano znaczący przyrost masy ciała ($p = 0,012$), któremu towarzyszył wzrost masy mięśniowej oraz beztłuszczowej masy ciała. Analiza grubości fałdów skórnych wykazała istotny wzrost wartości fałdu tricepsowego ($p = 0,001$) i podłopatkowego ($p = 0,036$), wskazujący na umiarkowany przyrost podskórnej tkanki tłuszczowej. Wskaźnik taliowo-biodrowy (WHR) również uległ istotnemu podwyższeniu ($p = 0,002$), podczas gdy stosunek obwodu talii do wzrostu (WHtR) oraz wskaźnik masy ciała (BMI) pozostały na niezmiennym poziomie ($p = 1,000$ i $p = 0,8670$). Z kolei parametry odzwierciedlające stan komponentu beztłuszczowego i odżywienie komórkowe, takie jak masa mięśniowa, beztłuszczowa masa ciała, całkowita zawartość wody oraz kąt fazowy, wykazały wyraźny, istotny wzrost (wszystkie $p = 0,001$), co świadczy o poprawie stanu fizjologicznego uczestników. Interwencja przyniosła także istotne korzyści w zakresie sprawności fizycznej i funkcji poznawczych. Siła chwytu dłoni uległa znaczącej poprawie ($p = 0,001$), podobnie jak wydolność tlenowa mierzona w teście beep test ($p = 0,000$), podczas gdy wyniki w skoku w dal z miejsca oraz w biegu 4×10 m nie zmieniły się istotnie ($p = 1,000$), co sugeruje, że interwencja miała charakter ogólnorozwojowy, a nie ukierunkowany na specyficzne komponenty motoryczne. W obszarze poznawczym liczba poprawnie zapamiętanych wyrazów (LPZW) oraz wskaźnik koncentracji (KT) wzrosły istotnie (oba $p = 0,001$), natomiast liczba błędów wtórnych (BwT) zmniejszyła się ($p = 0,002$), a wskaźnik dokładności (B) uległ poprawie ($p = 0,004$). Wskaźnik błędów pozytywnych (BpT) pozostał niezmienny ($p = 1,000$). W sumie wdrożona interwencja doprowadziła do znaczącego rozwoju somatycznego, poprawy składu ciała, wzmocnienia siły i wydolności oraz usprawnienia pamięci operacyjnej, koncentracji i precyzji poznawczej uczestników.

Tabela 15. Interpretacje uzyskanych wyników według tabeli testów ALPHA w grupie badanej.

grupa badana	bardzo niski [%]		niski [%]		średni [%]		wysoki [%]		bardzo wysoki [%]		p	pomiar 1 v 2
	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 1	pomiar 2		
obwód talii [cm]	22,8	24,6	19,3	22,8	35,1	35,1	14,0	7,0	8,8	10,5	0,846	0,271
SF nad tricepsem [mm]	15,8	10,5	17,5	8,8	42,1	43,9	15,8	22,8	8,8	14,0	0,854	0,031
SF podłopatkowy [mm]	15,8	12,3	21,0	21,0	33,3	26,3	12,3	22,8	17,5	17,5	1,000	0,302
BMI	12,3	12,3	19,3	17,5	45,6	45,6	7,0	10,5	15,8	14,0	0,779	0,802
ścisk dłoni [kg]	8,8	3,5	19,3	17,5	21,0	15,8	21,0	24,6	29,8	38,6	0,854	0,064
skok w dal [cm]	12,3	5,3	19,3	3,5	10,5	19,3	21,0	31,6	36,8	40,3	0,946	0,010*
beep test [20m]	12,3	5,3	22,8	12,3	24,6	21,0	35,1	36,8	5,3	24,6	0,801	0,001*
bieg 4x10 [m]	21,0	17,5	22,8	14,0	14,0	29,8	28,1	22,8	14,0	15,8	0,678	0,310

Alpha test battery- podręcznik sprawności fizycznej ALPHA Health-Related dla dzieci i młodzieży; BMI –wskaźnik masy ciała; SF nad tricepsem- pomiar fałdu skórno-tłuszczowego nad mięśniem trójkątowym ramienia; SF podłopatkowy pomiar fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką[71]. Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 15 analiza rozkładu uczestników grupy badanej w ramach klasyfikacji interpretacyjnych (bardzo niski, niski, średni, wysoki, bardzo wysoki) ujawniła istotne przesunięcia w wybranych zmiennych, co świadczy o skuteczności wdrożonej interwencji w zakresie poprawy wybranych komponentów sprawności fizycznej. Obwód talii oraz wskaźniki BMI i fałdu podłopatkowego pozostały stosunkowo stabilne, bez statystycznie istotnych zmian w rozkładzie kategorii ($p > 0,05$), natomiast fałd skórny tricepsowy wykazał istotne przesunięcie klasyfikacyjne ($p = 0,031$), z redukcją udziału osób w kategoriach bardzo niskiej i niskiej oraz wzrostem w wyższych przedziałach, co może odzwierciedlać lokalne zmiany w dystrybucji tkanki tłuszczowej. Zarówno skok w dal z miejsca ($p = 0,010$), jak i test wydolnościowy beep test ($p = 0,001$)

odnotowały znaczące przesunięcia w kierunku wyższych kategorii, ze spadkiem uczestników o niskiej sprawności i wzrostem tych osiągających poziomy wysokie bądź bardzo wysokie, co potwierdza efektywność programu w rozwijaniu siły eksplozywnej oraz wydolności tlenowej. Choć siła chwytu dłoni wykazała jedynie tendencję do przesunięcia w górne kategorie ($p = 0,063$), bieg 4×10 m nie zmienił struktury klasyfikacyjnej ($p = 0,315$), co wskazuje na brak wyraźnego wpływu interwencji na szybkość i zwinność. Ogólnie obserwowane zmiany świadczą o ukierunkowanym działaniu programu na funkcjonalne aspekty sprawności, przy jednoczesnej stabilności pozostałych parametrów somatycznych [71,72].

Tabela 16. Interpretacja wyników według tabel Kułagi w grupie badanej.

grupa badana	norma [%]		nadwaga [%]		otyłość [%]		p	pomiar 1v2
	1	2	1	2	1	2		
WHR	94,7	89,5	1,7	1,7	3,5	8,8	0,905	0,222
WHtR	80,7	85,9	5,3	1,7	14,0	12,3	0,761	0,221
BMI	73,7	73,7	15,8	17,5	10,5	8,8	1,000	0,613
FATP	10,5	7,1	7,0	10,7	33,5	32,9	0,670	0,370

BMI –Wskaźnik masy ciała; FATP – procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; WHR — stosunek obwodu talii do obwodu bioder; WHtR –stosunek obwodu talii do wzrostu. Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 16 analiza rozkładu diagnostycznego uczestników grupy badanej według wskaźników WHR, WHtR, BMI (wg siatek centylowych Kułagi) oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (FATP) nie wykazała statystycznie istotnych przesunięć pomiędzy pomiarem pierwszym a drugim (wszystkie $p > 0,05$). W przypadku WHR odsetek osób sklasyfikowanych jako otyłe wzrósł z 3,51 % do 8,77 %, a osób mieszczących się w normie spadł z 94,74 % do 89,47 %, jednak zmiany te nie były istotne statystycznie ($p = 0,905$; $p = 0,223$). Podobnie struktura kategorii WHtR pozostała względnie niezmienną – udział osób w normie wzrósł z 80,70 % do 85,96 %, a z nadwagą zmalał z 5,26 % do 1,75 % ($p = 0,761$; $p = 0,223$). Również rozkład klasyfikacyjny BMI okazał się stabilny (norma 73,68 %, nadwaga i otyłość z nieznacznymi fluktuacjami; $p = 1,000$ i $p = 0,607$), podobnie jak udział uczestników w poszczególnych kategoriach FATP ($p = 0,670$; $p = 0,368$). Uzyskane wyniki sugerują, że wdrożona interwencja nie wpłynęła istotnie na przesunięcia pomiędzy kategoriami normy, nadwagi i otyłości ani na poziom otluszczenia, a zaobserwowane tendencje mieszczą się w granicach naturalnej zmienności populacji [73].

5. Dyskusja.

Niniejsza dysertacja stanowi próbę kompleksowej analizy wpływu autorskiego programu ćwiczeń wielozadaniowych na wybrane aspekty rozwoju młodzieży szkolnej, obejmujące budowę somatyczną, poziom sprawności fizycznej oraz funkcje poznawcze. Badanie koncentruje się na ocenie skuteczności zaplanowanej interwencji ruchowej w kontekście modyfikacji parametrów antropometrycznych oraz usprawnienia zdolności motorycznych i procesów poznawczych, takich jak koncentracja uwagi, pamięć operacyjna czy kontrola poznawcza. Podejście to łączy perspektywę nauk o zdrowiu, wychowania fizycznego i psychologii poznawczej, tworząc podstawy do oceny potencjału oddziaływań fizycznych na rozwój psychofizyczny młodzieży. W ramach badania w roku szkolnym 2023–2024 w grupie badanej wdrożono autorski program rozgrzewek składający się z trzech zestawów ćwiczeń, które łączyły zadania motoryczne o zróżnicowanym charakterze z jednoczesną stymulacją pracy obu półkul mózgowych. W obu badanych kohortach – badanej oraz kontrolnej – wykonano serię standaryzowanych pomiarów antropometrycznych, analizy składu ciała (metodą bioimpedancji), testów sprawności fizycznej Alpha Fitness oraz testów psychologicznych D-2R, umożliwiających ocenę szybkości reakcji, uwagi selektywnej i parametrów pamięci roboczej. W grupie badanej po wdrożeniu interwencji zaobserwowano istotne zmiany. Po pierwsze, uczestnicy interwencji doświadczyli istotnego przyrostu komponentu beztłuszczowego – masy mięśniowej, beztłuszczowej masy ciała, całkowitej zawartości wody i kąta fazowego (wszystkie $p = 0,001$) – podczas gdy w grupie kontrolnej podobne zmiany dotyczyły jedynie parametrów wysokości ciała i normalnego przyrostu beztłuszczowej masy ciała związanych z dojrzewaniem, bez wpływu na sprawność fizyczną czy otłuszczenie. Po drugie, interwencja przełożyła się na znaczące zwiększenie siły chwytu dłoni ($p = 0,001$) oraz wydolności tlenowej ocenianej w teście beep ($p = 0,001$), zaś w grupie kontrolnej nie odnotowano istotnych zmian w ocenianych testach motorycznych (siła, skok w dal, bieg 4×10 m, beep test; wszystkie $p > 0,05$). Po trzecie, w zakresie funkcji poznawczych grupa badana osiągnęła istotne poprawy w liczbie zapamiętanych wyrazów (LPZW) i wskaźniku koncentracji (KT) (oba $p = 0,001$), redukcję błędów wtórnych (BwT; $p = 0,002$) oraz wzrost precyzji (B; $p = 0,004$), natomiast w grupie kontrolnej jedynie testy pamięciowe i koncentracji wykazały adaptacyjne zmiany bez udziału interwencji. Analiza klasyfikacji interpretacyjnych oparta na systemie ALPHA pozwalała ocenić

przemieszczenia uczestników między pięciostopniową skalą (bardzo niski, niski, średni, wysoki, bardzo wysoki) w kluczowych parametrach sprawności fizycznej oraz w wybranych miarach morfologicznych. W grupie badanej, w odróżnieniu od kontrolnej, zaobserwowano odsetek badanych w obrębie klasyfikacji wyników skoku w dal z miejsca i testu wytrzymałościowego (beep test). Odsetek osób zaklasyfikowanych do kategorii „niska” i „bardzo niska” uległ w obu tych próbach wyraźnemu zmniejszeniu na korzyść kategorii „wysoka” i „bardzo wysoka” ($p = 0,010$) dla skoku w dal, $p = 0,001$ dla beep testu, co może świadczyć o pozytywnym efekcie wdrożenia interwencji w rozwijaniu siły eksplozywnej i wydolności tlenowej. W grupie kontrolnej natomiast struktura kategorii ALPHA dla wszystkich testów motorycznych nie wykazała istotnych statystycznie zmian ($p > 0,05$). Równolegle przeprowadzono diagnostyczną analizę, w której zaobserwowano znaczące odsetki badanych w obrębie klasyfikacji wyników normy, nadwagi i otyłości w oparciu o wskaźniki WHR, WHtR, BMI, FATP (wg siatek centylowych Kułagi) [73]. W grupie badanej żaden z tych wskaźników nie wykazał istotnych zmian pomiędzy kategoriami (wszystkie $p > 0,05$), zauważalne, lecz nieistotne statystycznie, tendencje - takie jak wzrost odsetka osób sklasyfikowanych jako otyłe w kategorii WHR czy wzrost udziału osób mieszczących się w normie według WHtR — mogą odzwierciedlać niewielkie zmiany w dystrybucji tkanki tłuszczowej. Wskaźnik BMI oraz FATP również nie wykazał istotnych zmian ($p \geq 0,368$ dla BMI; $p \geq 0,368$ dla FATP), co wskazuje, że program ćwiczeń wielozadaniowych może mieć wpływ przede wszystkim na rozwój beztłuszczowej masy ciała i poprawę parametrów funkcjonalnych, pozostawiając poziom otłuszczenia na niezmiennym poziomie. Porównanie obu grup ujawniło istotne różnice: w grupie kontrolnej nie odnotowano zmian ani w klasyfikacjach sprawności fizycznej według systemu ALPHA, ani w parametrach budowy somatycznej. Natomiast w grupie badanej udział w programie interwencyjnym doprowadził do poprawy wyników w testach sprawnościowych, co przełożyło się na kwalifikację uczestników do wyższych poziomów sprawności fizycznej, mimo braku istotnej redukcji masy tkanki tłuszczowej oraz zmian w stopniu otłuszczenia ciała.

W kontekście aktualnych danych epidemiologicznych jednym z najobszerniejszych opracowań wydaje się być globalna metaanaliza Zhang, która objęła 2 033 badania z 154 krajów i 45,9 mln uczestników w wieku <18 lat. Autorzy oszacowali, że w latach 2000–2023 ogólna częstość nadwagi wyniosła 14,8% (95 % CI 14,5–15,1), a otyłości

8,5 % (95 % CI 8,2–8,8), przy wyraźnym wzroście po 2011 r. [74]. Z kolei przegląd Ng M, dostarcza danych modelowanych dla dorosłych ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ i $\geq 30 \text{ kg/m}^2$) na poziomie globalnym i regionalnym, wskazując na rosnące tempo występowania nadwagi i otyłości w większości krajów świata [75]. Przegląd WHO „Obesity and overweight” syntetyzuje dane epidemiologiczne i definicyjne, podkreślając różnorodność wskaźników używanych do monitorowania otyłości oraz ich ograniczenia. Autorzy przyjęli założenia diagnostyczne oparte na siatkach centylowych BMI dla dzieci polskich (3–18 r. ż.), gdzie nadwagę definiuje się jako BMI powyżej 85. centyla ($> 1 \text{ SD}$) a otyłość jako BMI powyżej 97. centyla ($> 2 \text{ SD}$) [64,76,77].

W przeprowadzonej analizie przed wdrożeniem interwencji obie grupy badana i kontrolna wykazały bardzo zbliżone wartości podstawowych wskaźników antropometrycznych, takich jak średnia wysokość ciała (~168,8 cm), masa ciała (~62,5 kg), obwody ciała oraz wskaźniki BMI, WHR i WHtR, co może potwierdzać jednorodność grupy. Porównanie procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (19,39 % vs 19,39 %) oraz masy mięśniowej (47,76 kg vs 47,18 kg) a także beztłuszczowej masy ciała i całkowitej zawartości wody, wskazuje, że obie grupy dysponowały zbliżonym potencjałem metabolicznym i fizjologicznym. Nieistotne statystycznie różnice w wartości kąta fazowego ($5,64^\circ$ vs $5,70^\circ$) świadczą o braku znaczących odchyłeń w integralności błon komórkowych między uczestnikami. Również w zakresie sprawności fizycznej nie odnotowano istotnych różnic: grupa kontrolna uzyskała nieznacznie wyższy wynik w teście beep test (698 vs 647m) oraz nieco większą siłę chwytu dłoni (34,65 vs 33,26 kg), lecz skok w dal i bieg 4×10 m pozostawały bardzo zbliżone. Różnice te, mieszczące się w granicach naturalnej zmienności, nie miały charakteru istotnego statystycznie i pozwalają na wnioskowanie, że interwencja nie była poprzedzona dysproporcjami w poziomie sprawności. Podobnie w testach funkcji poznawczych (LPZW, BpT, BwT, KT, B) obie grupy osiągały bardzo zbliżone wyniki, co dowodzi braku różnic w zakresie pamięci operacyjnej, błędów poznawczych oraz szybkości reakcji. Zachowanie wysokiego stopnia porównywalności na etapie pomiaru wyjściowego wydaje się być kluczowe dla oceny efektywności zastosowanej interwencji. Opisane homogeniczne profile zarówno somatyczne, jak i sprawnościowe oraz poznawcze uczestników pozwalają domniemywać przypisanie ewentualnych zmian obserwowanych w kolejnych pomiarach wpływowi badanej interwencji. Wstępna analiza wykazała brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy kobietami z grupy

kontrolnej i grupy badanej w zakresie budowy i składu ciała przed rozpoczęciem programu ćwiczeń. Analogicznie, nie stwierdzono istotnych różnic między mężczyznami z obu grup. Parametry takie jak wysokość ciała, masa ciała, obwody antropometryczne, grubość fałd skórno-tłuszczowych, wskaźniki BMI, WHR, WHtR, beztłuszczowa masa ciała (FFM), procentowa zawartość tkanki tłuszczowej (BF%), poziom nawodnienia organizmu oraz kąt fazowy nie różniły się istotnie pomiędzy grupami w obrębie tej samej płci (wszystkie wartości $p > 0,05$).

W grupie kontrolnej, niezależnie od płci, w drugim pomiarze nie zaobserwowano żadnych istotnych zmian ani w testach sprawności fizycznej (siła chwytu, skok w dal, beep test, bieg 4×10 m), ani w testach poznawczych (LPZW, BwT, KT, B), co wskazuje na stabilność badanych zmiennych w warunkach braku interwencji. Z kolei w grupie badanej po wdrożeniu programu wielozadaniowych rozgrzewek zaobserwowano wyraźne korzyści, przy czym zaobserwowano zróżnicowane reakcje u kobiet i mężczyzn. W przypadku kobiet odnotowano istotny przyrost siły chwytu dłoni ($p = 0,001$), poprawę zdolności eksplozywnej w skoku w dal ($p = 0,015$) oraz lepsze wyniki w teście zwinności 4×10 m ($p = 0,026$), przy tendencji do wzrostu wydolności tlenowej w teście beep ($p = 0,054$). Kobiety poprawiły również swoje wyniki w zakresie funkcji poznawczych – osiągnęły mniejszą liczbę błędów wtórnych ($p = 0,024$), skróciły czas reakcji ($p = 0,004$) i zwiększyły precyzję wykonania zadań ($p = 0,001$). Wzrost liczby poprawnie zapamiętanych wyrazów nie był istotny ($p = 0,082$). U mężczyzn największe korzyści dotyczyły komponentów fizycznych: odnotowano istotną poprawę mocy eksplozywnej w skoku w dal ($p = 0,010$), wydolności tlenowej w teście beep ($p = 0,020$) oraz szybkości w biegu 4×10 m ($p < 0,001$), natomiast przyrost siły chwytu dłoni nie osiągnął progu istotności statystycznej. W zakresie funkcji poznawczych mężczyźni wykazali znaczące zmniejszenie liczby błędów wtórnych ($p < 0,001$), szybszy czas reakcji ($p < 0,001$) oraz istotny wzrost liczby zapamiętanych wyrazów ($p < 0,001$), co wskazuje na poprawę pamięci operacyjnej. Wyniki te są spójne z danymi literaturowymi. Kumari i wsp. W badaniu przekrojowym wśród 800 uczniów z regionu górskiego Indii stwierdzili, że chłopcy osiągają wyższe wyniki w zakresie siły i wytrzymałości, natomiast dziewczęta charakteryzują się niższym poziomem tkanki tłuszczowej. Autorzy analizowali również wpływ czynników środowiskowych i behawioralnych na rozwój sprawności fizycznej [78]. Potwierdzeniem efektów różnic jest także badanie Fyfe, w którym porównano

efekty ośmioletniego treningu oporowego i wytrzymałościowego u chłopców i dziewcząt – chłopcy uzyskali większe przyrosty mocy eksplozywnej, a dziewczęta bardziej poprawiły wydolność tlenową [79]. Dodatkowo, analiza obejmująca lata 2001–2020 przeprowadzona przez Lewandowskiego wykazała, że u studentek fizjoterapii z Bydgoszczy nastąpił przyrost masy ciała przy stabilnej wysokości ciała, któremu towarzyszyło pogorszenie wyników w testach szybkości i mocy eksplozywnej, podczas gdy pozostałe komponenty sprawności i cechy somatyczne pozostały niezmienione. Badania te przeprowadzono obserwacyjnie przekrojowo-porównawczo o charakterze analizy trendów sekularnych, a dane zbierane były cyklicznie i porównywane u kolejnych roczników studentek [80]. W związku z tym brak zmian w grupie kontrolnej wydaje się potwierdzać, że zaobserwowane efekty w grupie badanej mogłyby być wynikiem interwencji. Program ćwiczeń okazał się skuteczny zarówno w aspekcie motorycznym, jak i poznawczym, przy czym profil odpowiedzi był zróżnicowany ze względu na płeć – kobiety zyskały przede wszystkim w zakresie siły i precyzji poznawczej, natomiast mężczyźni wykazali większe postępy w wydolności tlenowej i pamięci operacyjnej. Wyniki te podkreślają zasadność stosowania ukierunkowanych, wielozadaniowych programów treningowych w pracy z młodzieżą oraz znaczenie uwzględniania różnic płciowych w planowaniu interwencji ruchowych.

Analiza zależności między budową ciała a sprawnością fizyczną i zdolnościami poznawczymi wykazała, że w grupie kontrolnej silniejsze i istotniejsze statystycznie związki występowały między parametrami somatycznymi a sprawnością fizyczną, natomiast relacje pomiędzy budową ciała a funkcjami poznawczymi były słabe i niesystematyczne. Umiarkowane dodatnie korelacje odnotowano m.in. pomiędzy obwodem ramienia ($r=0,51$), szyi ($r=0,59$) i wysokością ciała ($r=0,62$) a siłą chwytu dłoni, a także między wysokością ciała a wynikami w skoku w dal i testu beep. Masa mięśniowa ($r=0,67$) oraz beztłuszczowa masa ciała ($r=0,67$) silnie korelowały z siłą chwytu dłoni, co potwierdza znaczenie komponentu mięśniowego w rozwoju siły fizycznej. Jednocześnie wykazano, że wyższy procent tkanki tłuszczowej wiąże się z niższymi wynikami w próbach wysiłkowych ($r= -0,61$) oraz siły eksplozywnej kończyn dolnych ($r= -0,61$), co może sugerować ograniczający wpływ nadmiaru tłuszczu na wydolność fizyczną. W odniesieniu do funkcji poznawczych nie odnotowano istotnych korelacji z budową ciała – najwyższe, choć wciąż nieistotne statystycznie, ujemne współczynniki dotyczyły np. obwodu ramienia ($r=-0,22$) czy

masę mięśniową ($r=-0,140$) i liczby popełnianych błędów poznawczych. Wnioski te znajdują potwierdzenie w literaturze. Marks i wsp. wykazał, że nadmiar tkanki tłuszczowej negatywnie wpływa na wydolność fizyczną młodzieży. W badaniu obejmującym 375 uczniów z Rzeszowa najniższe wyniki testów wydolnościowych uzyskiwały osoby z wyższym poziomem FM%. Wśród dziewcząt istotnym predyktorem wydolności krążeniowo-oddechowej (CRF) okazał się wiek i poziom tkanki tłuszczowej, a wśród chłopców – stosunek obwodu talii do wzrostu (WHtR) i wiek. Uzyskane wyniki wskazują, że niekorzystne proporcje ciała, takie jak podwyższony poziom tkanki tłuszczowej czy nieprawidłowe wskaźniki antropometryczne, mogą być istotnie powiązane z obniżonym poziomem sprawności fizycznej. Zależność ta podkreśla znaczenie systematycznego monitorowania składu ciała u młodzieży jako jednego z kluczowych elementów oceny stanu zdrowia oraz potencjału motorycznego w populacji szkolnej. Regularna kontrola parametrów somatycznych może stanowić podstawę do wczesnej identyfikacji osób zagrożonych niską aktywnością fizyczną i wynikającymi z niej negatywnymi konsekwencjami zdrowotnymi [81]. Kolejnym dowodem potwierdzającym obserwacje jest artykuł Mendoza-Munoz, w którym zaprezentowano wyniki analizy, w której 225 hiszpańskich nastolatków w wieku 12–17 lat. Młodzież z prawidłowym BMI osiągała lepsze wyniki w testach sprawnościowych, szczególnie w zakresie szybkości i wydolności tlenowej. Jednocześnie osoby z nadwagą i otyłością cechowała większa siła chwytu dłoni, co autorzy przypisali wyższej beztłuszczowej masie ciała. Ostatecznie badanie wskazuje, że masa tłuszczowa ma negatywny, a masa mięśniowa pozytywny wpływ na sprawność fizyczną nastolatków [82]. Chociaż w grupie kontrolnej nie odnotowano istotnych statystycznie korelacji pomiędzy składem ciała a funkcjami poznawczymi, to relacje tego rodzaju były szczegółowo analizowane w badaniu Huang i współpracowników. Autorzy ci podjęli próbę zidentyfikowania związków pomiędzy parametrami somatycznymi — w tym zawartością tkanki tłuszczowej oraz beztłuszczową masą ciała, a wybranymi aspektami funkcjonowania poznawczego, takimi jak uwaga, pamięć robocza czy kontrola hamowania. Wyniki ich badań dostarczają dowodów na potencjalny wpływ niekorzystnych proporcji ciała na obniżenie sprawności intelektualnej, szczególnie wśród dzieci i młodzieży, co może mieć istotne konsekwencje dla planowania działań profilaktycznych w obszarze zdrowia publicznego i edukacji [83]. Wyniki dostępnych badań jednoznacznie potwierdzają istnienie istotnych zależności pomiędzy składem ciała - w szczególności poziomem

tkanki tłuszczowej oraz masą mięśniową — a poziomem sprawności fizycznej u młodzieży. Optymalna kompozycja ciała, charakteryzująca się niskim udziałem tkanki tłuszczowej oraz odpowiednio rozwiniętą masą mięśniową, sprzyja osiągnięciu wyższych wyników w testach motorycznych, takich jak siła, wytrzymałość czy szybkość. W odniesieniu do zależności między budową ciała a funkcjami poznawczymi, wyniki badań są mniej spójne i wskazują na słabsze, niejednoznaczne powiązania. Niemniej jednak niektóre doniesienia sugerują, że korzystny profil somatyczny może mieć pozytywny wpływ również na wybrane aspekty funkcjonowania poznawczego, takie jak uwaga, pamięć robocza czy kontrola wykonawcza. W związku z powyższym, monitorowanie składu ciała oraz promowanie zdrowego stylu życia wśród dzieci i młodzieży wydają się istotnymi elementami nie tylko profilaktyki zaburzeń metabolicznych, ale także wsparcia dla rozwoju poznawczego i edukacyjnego. Uzyskane wyniki wskazują, że w grupie kontrolnej zmiany w wybranych parametrach somatycznych i funkcjach poznawczych były najprawdopodobniej efektem naturalnych procesów rozwojowych. Brak postępów w zakresie sprawności fizycznej oraz stabilność klasyfikacji statusu masy ciała i poziomu otluszczenia wskazują, że bez ukierunkowanej interwencji ruchowej nie dochodzi do istotnej poprawy tych wskaźników.

Analiza współzależności pomiędzy budową somatyczną, składem ciała, sprawnością fizyczną i zdolnościami poznawczymi w grupie badanej młodzieży wykazała wyraźne, statystycznie istotne korelacje między komponentami beztłuszczowymi ciała a poziomem sprawności fizycznej. Najsilniejsze dodatnie związki odnotowano między siłą chwytu dłoni a takimi wskaźnikami jak obwód szyi, masa mięśniowa, beztłuszczowa masa ciała i zawartość wody ($r = 0,71$), co potwierdza kluczowe znaczenie masy mięśniowej w rozwoju siły. Wysokość ciała korelowała dodatnio z wynikami skoku w dal ($r = 0,51$) i testu beep ($r = 0,46$) wskazując, że może pełnić rolę predyktora zdolności motorycznych. Z drugiej strony, procentowa zawartość tkanki tłuszczowej była negatywnie skorelowana z wynikami testów wydolnościowych — szczególnie skoku w dal ($r = -0,60$) i testu beep ($r = -0,51$) co sugeruje, że nadmiar tkanki tłuszczowej może ograniczać zdolności fizyczne. W badaniu Ferreira, które przeprowadzono wśród 152 nastolatków w wieku 11–16 lat analiza wykazała, że wyższy kąt fazowy (PhA) był pozytywnie skorelowany z lepszym składem ciała i wynikami testów sprawnościowych, zwłaszcza u chłopców. U dziewcząt głównymi

determinantami PhA były BMI i procentowa zawartość tkanki tłuszczowej, natomiast u chłopców – masa beztłuszczowa, siła kończyn górnych i zwinność [84]. Podobne zależności potwierdza także Zembura i wsp, którzy w swoim badaniu oceniali występowanie otyłości sarkopenicznej (SO) u dzieci i młodzieży z otyłością. Wśród 95 uczestników (średni wiek 12,7 lat) stwierdzono, że SO wiąże się z niższą masą i siłą mięśniową oraz słabszą wydolnością fizyczną. Autorzy podkreślili potrzebę wprowadzenia jednolitych kryteriów diagnozowania SO w populacji pediatrycznej i konieczność uwzględnienia jakości masy mięśniowej w ocenie stanu zdrowia dzieci z otyłością [85].

W kontekście funkcji poznawczych zaobserwowano jedynie słabe, nieistotne statystycznie korelacje z parametrami składu ciała. Najsilniejsze z nich to ujemne związki między wskaźnikiem dokładności a masą ciała ($r = -0,33$) oraz obwodem bioder ($r = -0,31$), masą mięśniową, masą beztłuszczową, zawartością wody ($r \approx -0,30$) a procentem popełnianych błędów. Te wyniki mogą wskazywać na potencjalne obniżenie precyzji poznawczej przy wyższych wartościach objętościowych, choć nie są wystarczająco silne, by wyciągać jednoznaczne wnioski. Dodatkowo, kąt fazowy ($r = 0,27$) wykazywał nieznaczną dodatnią korelację ze wskaźnikiem koncentracji, co może sugerować związek między zdrowiem komórkowym a utrzymaniem uwagi. Podobne wnioski płyną z badania Dringa, które analizowało wpływ 5-tygodniowego programu „The Daily Mile” na dzieci w wieku szkolnym. Zaobserwowano poprawę funkcji wykonawczych i wydolności, choć bez istotnych zmian w składzie ciała. Wszystkie te badania potwierdzają, że parametry somatyczne, szczególnie te związane z masą mięśniową, mają ścisły związek ze sprawnością fizyczną, natomiast zależności między składem ciała a zdolnościami poznawczymi są słabsze i bardziej złożone, choć możliwe do zaobserwowania przy dłuższej ekspozycji na aktywność fizyczną [86]. Z kolei Ateş wykazał, że regularna aktywność fizyczna znacząco poprawia skład ciała, wydolność tlenową i zdolność koncentracji u chłopców w wieku 10–13 lat. W badaniu porównano chłopców trenujących z grupą nieaktywną – dzieci trenujące miały niższą masę ciała, BMI i zawartość tkanki tłuszczowej oraz wyższe VO_{2max} . Uzyskiwały też wyższe wyniki w teście uwagi (D2-r), co sugeruje pozytywny wpływ aktywności na funkcje poznawcze [87]. Na podstawie analizy porównawczej wyników uzyskanych w pierwszym i drugim pomiarze w grupie kontrolnej zaobserwowano jedynie nieliczne

korelacje, głównie w zakresie wybranych komponentów budowy ciała oraz funkcji poznawczych. Brak istotnych zmian w obszarze sprawności fizycznej, jak również stabilność wskaźników klasyfikujących masę ciała i poziom otluszczenia, sugerują, że w analizowanym okresie nie wystąpiły czynniki zewnętrzne wpływające na ogólną kondycję fizyczną uczestników tej grupy. W zakresie budowy somatycznej odnotowano statystycznie istotny wzrost wysokości ciała, masy ciała, masy mięśniowej, beztłuszczowej masy ciała, zawartości wody oraz kąta fazowego, co najprawdopodobniej wynika z fizjologicznego dojrzewania adolescentów. Parametry takie jak obwody ciała, wskaźnik masy ciała BMI, WHR, WHtR oraz procentowa zawartość tkanki tłuszczowej nie uległy jednak istotnym zmianom, co potwierdza stabilność ogólnego profilu antropometrycznego. W testach sprawnościowych, obejmujących siłę chwytu, skok w dal, bieg wahadłowy (beep test) oraz test 4×10 m, nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy pierwszym a drugim pomiarem, co potwierdza brak progresji w zakresie zdolności motorycznych bez udziału interwencji treningowej. Jednocześnie wśród zmiennych poznawczych zaobserwowano istotną poprawę w liczbie poprawnie zapamiętanych wyrazów (LPZW) oraz we wskaźniku koncentracji (KT), co może wynikać z naturalnego rozwoju funkcji poznawczych lub efektu adaptacji do procedury testowej.

W grupie badanej, po przeprowadzeniu interwencji ruchowej, odnotowano szereg istotnych statystycznie zmian, które dotyczyły zarówno składu ciała, wybranych cech antropometrycznych, jak i komponentów sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych. W obszarze budowy somatycznej zaobserwowano istotny wzrost wysokości ciała ($p = 0,001$) i masy ciała ($p = 0,012$), co można wiązać z naturalnym procesem rozwoju uczestników. Jednocześnie odnotowano wzrost wartości fałdów tricepsowego ($p = 0,001$) i podłopatkowego ($p = 0,036$) a także wzrost wskaźnika WHR ($p = 0,002$), co może świadczyć o umiarkowanym przyroście lokalnej tkanki tłuszczowej. Znacząco poprawiły się również wskaźniki sugerujące korzystne zmiany fizjologiczne: masa mięśniowa, beztłuszczowa masa ciała, zawartość wody oraz kąta fazowego (wszystkie $p = 0,001$). Wyniki te korespondują z badaniami [88], w których wykazano, że intensywny trening funkcjonalny oparty na masie własnego ciała prowadzi do znacznego wzrostu masy mięśniowej i siły u młodzieży. W zakresie sprawności fizycznej zaobserwowano istotną poprawę siły chwytu dłoni ($p = 0,001$) oraz wydolności tlenowej mierzonych testem beep ($p = 0,001$). Brak zmian w testach

skoku w dal i biegu 4×10 m ($p = 1,000$) sugeruje specyficzność wpływu interwencji, skupiającego się na komponentach siły i wydolności, co zgodne jest z wynikami badań [89], gdzie aktywne przerwy szkolne wpływały korzystnie na siłę chwytu i testy sprawnościowe. Również analiza klasyfikacji interpretacyjnych ALPHA wykazała istotne zmiany w klasyfikacji uczestników w zakresie skoku w dal ($p = 0,010$) i testu beep ($p = 0,001$). Natomiast w przypadku siły chwytu nie zaobserwowano istotności ($p = 0,063$). Ponadto, zmiana klasyfikacyjna dla SF nad tricepsem ($p = 0,031$) może świadczyć o zmniejszeniu lub redystrybucji tkanki tłuszczowej w tej okolicy. W zakresie funkcji poznawczych odnotowano istotną poprawę liczby zapamiętanych wyrazów (LPZW, $p = 0,001$), czasu reakcji (KT, $p = 0,001$), spadku liczby błędów wtórnych (BwT, $p = 0,002$) oraz poprawę wskaźnika dokładności (B, $p = 0,004$), przy braku zmian w liczbie błędów pozytywnych (BpT, $p = 1,000$). Wyniki te znajdują potwierdzenie w analizie [90], w której wykazano pozytywny wpływ aktywności fizycznych angażujących poznawczo na kontrolę hamowania i pamięć roboczą. Podobnie, w metaanalizie [91] stwierdzono, że interwencje fizyczne, zarówno krótkoterminowe, jak i długoterminowe, przyczyniały się do poprawy szybkości przetwarzania informacji, uwagi i elastyczności poznawczej, a częściowo także umiejętności językowych. Również systematyczny przegląd Singha [92] potwierdza pozytywny wpływ aktywności fizycznej na wyniki akademickie, szczególnie w matematyce. Jednocześnie analiza klasyfikacji diagnostycznych WHR, WHtR, BMI i FATP nie wykazała istotnych zmian (wszystkie $p > 0,05$), co sugeruje, że interwencja nie wpłynęła na zmianę klasyfikacji uczestników pomiędzy kategoriami normy, nadwagi i otyłości. To spostrzeżenie znajduje potwierdzenie w wynikach przeglądu Yuksela [93] oraz Santosa [94], którzy podkreślają, że skuteczność interwencji w zakresie redukcji nadwagi zależy od wielu czynników, takich jak intensywność, czas trwania oraz zaangażowanie rodziny. Zastosowana interwencja mogła przynieść wyraźne, pozytywne zmiany w zakresie składu ciała, komponentów sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych uczestników. Choć nie zaobserwowano istotnych zmian w klasyfikacjach otyłości, poprawa wskaźników fizjologicznych i poznawczych sugeruje, że interwencja miała charakter ogólnorozwojowy i wspierający zdrowie. W świetle licznych badań omawianych powyżej, uzyskane efekty potwierdzają zasadność wdrażania dobrze zaplanowanych programów ruchowych w środowisku szkolnym.

Do mocnych stron przeprowadzonego badania należy zaliczyć zastosowanie kompleksowej oceny uczestników, obejmującej zarówno parametry somatyczne, komponenty sprawności fizycznej, jak i wybrane funkcje poznawcze. Wykorzystanie wystandaryzowanych narzędzi, takich jak test d2-R do oceny koncentracji uwagi oraz zestawu ALPHA-Fitness do pomiaru sprawności fizycznej, zwiększa trafność i rzetelność uzyskanych wyników. Dodatkowym atutem był kontrolowany charakter interwencji oraz wysoka jednorodność grup eksperymentalnej i kontrolnej na etapie pomiaru początkowego, co umożliwiło wiarygodną ocenę skutków programu treningowego.

Do ograniczeń badania należy zaliczyć stosunkowo krótki czas trwania interwencji oraz brak oceny trwałości uzyskanych efektów w dłuższej perspektywie czasowej. Istotnym czynnikiem ograniczającym interpretację wyników była również brak kontroli nad zmiennymi środowiskowymi poza szkołą, takimi jak poziom spontanicznej aktywności fizycznej, jakość snu, sposób odżywiania czy poziom stresu, które mogły wpływać zarówno na kondycję fizyczną, jak i funkcje poznawcze uczestników. Dodatkowo, relatywnie niewielka liczebność próby ogranicza możliwości pełnego uogólnienia wyników na populację ogólną młodzieży szkolnej.

Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie aplikacyjne, zwłaszcza w kontekście edukacji fizycznej i zdrowotnej realizowanej w szkołach. Autorski program ćwiczeń wielozadaniowych, integrujący elementy fizyczne i poznawcze, może stanowić atrakcyjną i skuteczną alternatywę dla tradycyjnych form aktywności fizycznej, co ma szczególne znaczenie w obliczu obserwowanego spadku zaangażowania młodzieży w zajęcia wychowania fizycznego. Zastosowanie tego typu interwencji może przyczynić się do zwiększenia frekwencji na lekcjach WF, ograniczenia liczby zwolnień lekarskich oraz ogólnego wzrostu motywacji uczniów do podejmowania regularnej aktywności ruchowej. Dzięki udokumentowanemu wpływowi ćwiczeń nie tylko na sprawność fizyczną, lecz także na wybrane funkcje poznawcze, program może być również wykorzystany jako wsparcie procesów edukacyjnych, zwłaszcza w pracy z uczniami o obniżonej koncentracji uwagi czy trudnościach z organizacją działania. Z tego względu rekomenduje się wdrażanie podobnych rozwiązań zarówno w ramach obowiązkowych zajęć szkolnych, jak i pozalekcyjnych programów treningowych.

6. Wnioski.

1. Analiza danych początkowych wykazała wysoką jednorodność grup badanej i kontrolnej, zarówno wśród dziewcząt, jak i chłopców, pod względem budowy i składu ciała, sprawności fizycznej i funkcji poznawczych, co umożliwiło wiarygodną ocenę efektów interwencji. Program treningowy nie wpłynął istotnie na budowę somatyczną ani skład ciała uczestników w żadnej z płci. Jednak zarówno u dziewcząt, jak i u chłopców z grupy badanej zaobserwowano istotną poprawę wybranych zdolności motorycznych oraz funkcji poznawczych.
2. W grupie kontrolnej komponenty budowy ciała, zwłaszcza masa mięśniowa i beztłuszczowa, wykazywały istotny związek z poziomem sprawności fizycznej. Z kolei zależności pomiędzy budową somatyczną a zdolnościami poznawczymi miały charakter marginalny i niesystematyczny, co może sugerować brak wyraźnych powiązań pomiędzy tymi zmiennymi w analizowanej grupie.
3. W grupie badanej odnotowano silne związki między komponentami somatycznymi a sprawnością fizyczną, szczególnie w odniesieniu do masy mięśniowej, masy beztłuszczowej i wysokości ciała. Z kolei zależności między budową ciała a zdolnościami poznawczymi były słabe i nieistotne statystycznie, co nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie o ich znaczeniu funkcjonalnym.
4. W grupie kontrolnej zaobserwowano istotne zmiany głównie w wybranych komponentach składu ciała oraz funkcjach poznawczych, które mogły wynikać z naturalnego rozwoju uczestników. Brak istotnych zmian w zakresie sprawności fizycznej oraz klasyfikacji statusu masy ciała może potwierdzać, że zastosowana interwencja nie miała istotnego wpływu na analizowane parametry w tej grupie.
5. Zaobserwowano po wdrożeniu interwencji istotne zmiany w składzie ciała, wydolności i funkcjach poznawczych uczestników, przy względnej stabilności klasyfikacyjnych wskaźników masy ciała i otluszczenia.

Piśmiennictwo.

- 1 Lin Y, Jia G, Zhao Z, *et al.* The association between family adaptability and adolescent depression: the chain mediating role of social support and self-efficacy. *Front Psychol.* 2024;Volume 15-2024. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1308804
- 2 Wu K, Xiang Q, Zhang Y, *et al.* Limited effect of sleep education among rural middle-school students in eastern China: a 4-month intervention study. *Sleep Biol Rhythms.* 2025;23:205–9. doi: 10.1007/s41105-025-00570-3
- 3 Tavares ABW, Collett-Solberg PF. Growth hormone deficiency and the transition from pediatric to adult care. *J Pediatr (Rio J).* 2021;97:595–602. doi: 10.1016/j.jped.2021.02.007
- 4 Tsutsui T, Iizuka S, Sakamaki W, *et al.* Growth until Peak Height Velocity Occurs Rapidly in Early Maturing Adolescent Boys. *Children.* 2022;9. doi: 10.3390/children9101570
- 5 Cossio-Bolaños MA, Vidal-Espinoza R, Minango-Negrete J, *et al.* Estimation of Pubertal Growth Spurt Parameters in Children and Adolescents Living at Moderate Altitude in Colombia. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2021;Volume 12-2021. doi: 10.3389/fendo.2021.718292
- 6 Nuzzo JL, Pinto MD. Sex Differences in Upper- and Lower-Limb Muscle Strength in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Eur J Sport Sci.* 2025;25:e12282. doi: <https://doi.org/10.1002/ejsc.12282>
- 7 Kužma M, Stojkovičová D, Payer J. Effect of long-term treatment with growth hormone on bone density and bone quality | Efekt dlhodobej liečby rastovým hormónom na kostnú hustotu a kvalitu kostí. *Clinical Osteology.* 2019;24:23–6.
- 8 Antonio L, Priskorn L, Holmboe SA, *et al.* Association between pubertal timing and bone and body composition in young adult men. *Sci Rep.* 2025;15:9506. doi: 10.1038/s41598-025-93895-5
- 9 Zhou B, Bennett JE, Wickham AP, *et al.* General and abdominal adiposity and hypertension in eight world regions: a pooled analysis of 837 population-based studies with 7·5 million participants. *The Lancet.* 2024;404:851–63. doi: 10.1016/S0140-6736(24)01405-3
- 10 Bergmann GG, Bergmann MLA, Pinheiro ES, *et al.* Longitudinal study of the physical growth of schoolchildren aged 10 to 14 years: Sexual dimorphism and peak growth velocity | Estudo longitudinal do crescimento corporal de escolares de 10 a 14 anos: Dimorfismo sexual e pico de velocidade. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* 2008;10:249–54. doi: 10.5007/1980-0037.2008v10n3p249
- 11 Wydra Arnika and Czajka-Oraniec I and WJ and ZW. The influence of growth hormone deficiency on bone health and metabolism. *Rheumatology.* 2023;61:239–47. doi: 10.5114/reum/170244
- 12 Mansurova GSh, Ryabchikov IV, Maltsev SV, *et al.* Violations of the musculoskeletal system in school-age children. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii.* 2017;62:187–91. doi: 10.21508/1027-4065-2017-62-5-187-191
- 13 Ireland A, Riddell A, Colombo A, *et al.* Development of musculoskeletal deficits in children with cystic fibrosis in later childhood. *Bone.* 2023;170:116657. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2022.116657>
- 14 d'Angelo DM, Di Donato G, Breda L, *et al.* Growth and puberty in children with juvenile idiopathic arthritis. *Pediatric Rheumatology.* 2021;19:28. doi: 10.1186/s12969-021-00521-5

- 15 Xu Y, Wen Z, Deng K, *et al.* Relationships of sex hormones with muscle mass and muscle strength in male adolescents at different stages of puberty. *PLoS One*. 2021;16:e0260521-.
- 16 Barnett LM, Verswijveren SJJM, Colvin B, *et al.* Motor skill competence and moderate- and vigorous-intensity physical activity: a linear and non-linear cross-sectional analysis of eight pooled trials. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2024;21:14. doi: 10.1186/s12966-023-01546-7
- 17 Jansson D, Lundberg E, Rullander A-C, *et al.* Hormonal and inflammatory responses in prepubertal vs. pubertal male children following an acute free-weight resistance training session. *Eur J Appl Physiol*. 2025;125:381–92. doi: 10.1007/s00421-024-05603-2
- 18 Pion J, Segers V, Fransen J, *et al.* Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *Eur J Sport Sci*. 2015;15:357–66. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.944875>
- 19 D’Anna C, Forte P, Pugliese E. Trends in Physical Activity and Motor Development in Young People—Decline or Improvement? A Review. *Children*. 2024;11. doi: 10.3390/children11030298
- 20 Hassan MA, Liu W, McDonough DJ, *et al.* Comparative Effectiveness of Physical Activity Intervention Programs on Motor Skills in Children and Adolescents: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19. doi: 10.3390/ijerph191911914
- 21 Herting MM, Chu X. Exercise, cognition, and the adolescent brain. *Birth Defects Res*. 2017;109:1672–9. doi: 10.1002/bdr2.1178
- 22 Liuzzi L, Pine DS, Fox NA, *et al.* Changes in Behavior and Neural Dynamics across Adolescent Development. *Journal of Neuroscience*. 2023;43:8723–32. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0462-23.2023
- 23 Chueh T-Y, Hung C-L, Chang Y-K, *et al.* Effects of cognitive demand during acute exercise on inhibitory control and its electrophysiological indices: A randomized crossover study. *Physiol Behav*. 2023;265:114148. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114148>
- 24 Aga K, Inamura M, Chen C, *et al.* The effect of acute aerobic exercise on divergent and convergent thinking and its influence by mood. *Brain Sci*. 2021;11. doi: 10.3390/brainsci11050546
- 25 Floegel A, Russo P, Veidebaum T, *et al.* Transition of clinical biomarker status from childhood into adolescence—A prospective study in children from eight European countries. *PLoS One*. 2025;20:e0311180-.
- 26 Pishghadam R, Faribi M, Kolahi Ahari M, *et al.* Intelligence, emotional intelligence, and emo-sensory intelligence: Which one is a better predictor of university students’ academic success? *Front Psychol*. 2022;Volume 13-2022. doi: 10.3389/fpsyg.2022.995988
- 27 Malaran J, Pañares N. Multiple Intelligences Among Senior High School and Their Academic Performance. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS*. 2025;08. doi: 10.47191/ijmra/v8-i05-03
- 28 Lozano-Blasco R, Quílez Robres A, Usán P, *et al.* Types of Intelligence and Academic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Intell*. 2022;10:123. doi: 10.3390/jintelligence10040123
- 29 Sánchez-Álvarez N, Berrios Martos MP, Extremera N. A Meta-Analysis of the Relationship Between Emotional Intelligence and Academic Performance in

- Secondary Education: A Multi-Stream Comparison. *Front Psychol.* 2020;Volume 11-2020. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01517
- 30 Thielemann JFB, Kasparik B, König J, *et al.* A systematic review and meta-analysis of trauma-focused cognitive behavioral therapy for children and adolescents. *Child Abuse Negl.* 2022;134:105899. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2022.105899>
 - 31 London RA, Castrechini S. A Longitudinal Examination of the Link Between Youth Physical Fitness and Academic Achievement. *Journal of School Health.* 2011;81:400–8. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2011.00608.x>
 - 32 Pellicer-Chenoll M, Garcia-Massó X, Morales J, *et al.* Physical activity, physical fitness and academic achievement in adolescents: a self-organizing maps approach. *Health Educ Res.* 2015;30:436–48. doi: 10.1093/her/cyv016
 - 33 Jauhari S, Agarwal M, Pandit P, *et al.* Effectiveness of Educational Interventions on Adolescent Knowledge and Practices for Preventing Noncommunicable Diseases in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Adolescent Health.* Published Online First: 11 April 2025. doi: 10.1016/j.jadohealth.2024.12.014
 - 34 Kiuru N, Wang M-T, Salmela-Aro K, *et al.* Associations between Adolescents' Interpersonal Relationships, School Well-being, and Academic Achievement during Educational Transitions. *J Youth Adolesc.* 2020;49:1057–72. doi: 10.1007/s10964-019-01184-y
 - 35 Bidzan-Bluma I, Lipowska M. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15. doi: 10.3390/ijerph15040800
 - 36 Wassenaar TM, Wheatley CM, Beale N, *et al.* The effect of a one-year vigorous physical activity intervention on fitness, cognitive performance and mental health in young adolescents: the Fit to Study cluster randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* 2021;18:47. doi: 10.1186/s12966-021-01113-y
 - 37 Bethlehem RAI, Seidlitz J, White SR, *et al.* Brain charts for the human lifespan. *Nature.* 2022;604:525–33. doi: 10.1038/s41586-022-04554-y
 - 38 Mu L, Cai J, Gu B, *et al.* Treadmill Exercise Prevents Decline in Spatial Learning and Memory in 3×Tg-AD Mice through Enhancement of Structural Synaptic Plasticity of the Hippocampus and Prefrontal Cortex. *Cells.* 2022;11. doi: 10.3390/cells11020244
 - 39 Zhang L, Wu H, Fan Y, *et al.* Treadmill exercise prevents recognition memory impairment in VD rat model and enhancement of hippocampal structural synaptic plasticity. *Brain Behav.* 2024;14:e3633. doi: <https://doi.org/10.1002/brb3.3633>
 - 40 Innocenti A, Lentini G, Rapacchietta S, *et al.* The Role of Supplements and Over-the-Counter Products to Improve Sleep in Children: A Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 2023;24. doi: 10.3390/ijms24097821
 - 41 Zong B, Yu F, Zhang X, *et al.* Understanding How Physical Exercise Improves Alzheimer's Disease: Cholinergic and Monoaminergic Systems. *Front Aging Neurosci.* 2022;Volume 14-2022. doi: 10.3389/fnagi.2022.869507
 - 42 Stillman CM, Esteban-Cornejo I, Brown B, *et al.* Effects of Exercise on Brain and Cognition Across Age Groups and Health States. *Trends Neurosci.* 2020;43:533–43. doi: 10.1016/j.tins.2020.04.010
 - 43 Hale GE, Colquhoun L, Lancaster D, *et al.* Review: Physical activity interventions for the mental health and well-being of adolescents – a systematic

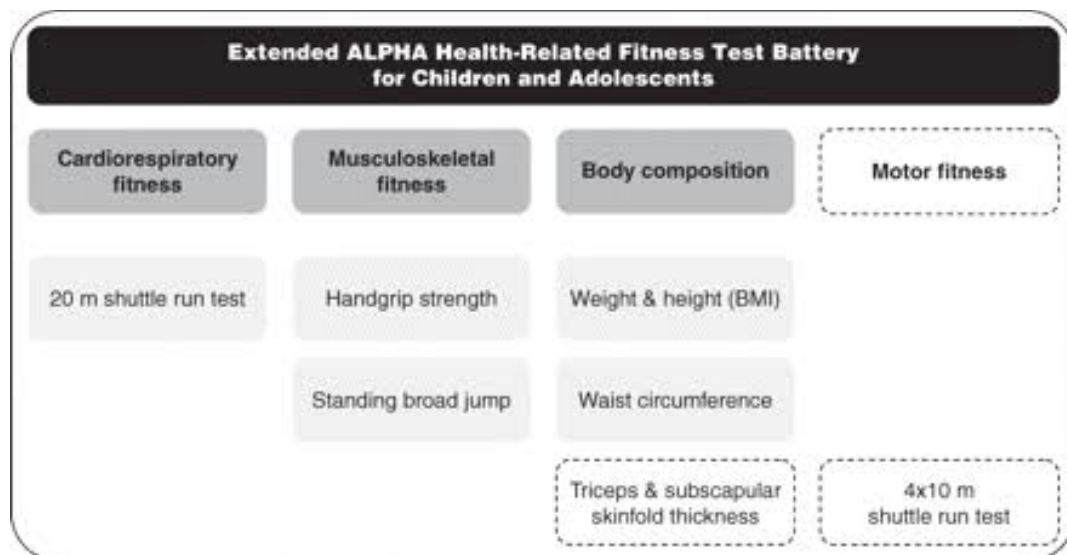
- review. *Child Adolesc Ment Health*. 2021;26:357–68. doi: <https://doi.org/10.1111/camh.12485>
- 44 Zhuang Z, Gao M, Yang R, *et al*. Association of physical activity, sedentary behaviours and sleep duration with cardiovascular diseases and lipid profiles: a Mendelian randomization analysis. *Lipids Health Dis*. 2020;19:86. doi: 10.1186/s12944-020-01257-z
- 45 Yuksel HS, Şahin FN, Maksimovic N, *et al*. School-Based Intervention Programs for Preventing Obesity and Promoting Physical Activity and Fitness: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17. doi: 10.3390/ijerph17010347
- 46 Simon SL, Higgins J, Melanson E, *et al*. A Model of Adolescent Sleep Health and Risk for Type 2 Diabetes. *Curr Diab Rep*. 2021;21:4. doi: 10.1007/s11892-020-01373-1
- 47 Wolf S, Seiffer B, Zeibig J-M, *et al*. Is Physical Activity Associated with Less Depression and Anxiety During the COVID-19 Pandemic? A Rapid Systematic Review. *Sports Medicine*. 2021;51:1771–83. doi: 10.1007/s40279-021-01468-z
- 48 García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, Lubans DR, *et al*. Effects of physical education interventions on cognition and academic performance outcomes in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2021;55:1224. doi: 10.1136/bjsports-2021-104112
- 49 Xue Y, Yang Y, Huang T. Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019;53:1397. doi: 10.1136/bjsports-2018-099825
- 50 Kwon S, Janz KF, Letuchy EM, *et al*. Parental characteristic patterns associated with maintaining healthy physical activity behavior during childhood and adolescence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2016;13:58. doi: 10.1186/s12966-016-0383-9
- 51 Ruotsalainen I, Gorbach T, Perkola J, *et al*. Physical activity, aerobic fitness, and brain white matter: Their role for executive functions in adolescence. *Dev Cogn Neurosci*. 2020;42:100765. doi: 10.1016/J.DCN.2020.100765
- 52 Hillman CH. I. AN INTRODUCTION TO THE RELATION OF PHYSICAL ACTIVITY TO COGNITIVE AND BRAIN HEALTH, AND SCHOLASTIC ACHIEVEMENT. *Monogr Soc Res Child Dev*. 2014;79:1–6. doi: <https://doi.org/10.1111/mono.12127>
- 53 Thielemann JFB, Kasparik B, König J, *et al*. A systematic review and meta-analysis of trauma-focused cognitive behavioral therapy for children and adolescents. *Child Abuse Negl*. 2022;134:105899. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2022.105899>
- 54 Marques A, Santos DA, Hillman CH, *et al*. How does academic achievement relate to cardiorespiratory fitness, self-reported physical activity and objectively reported physical activity: a systematic review in children and adolescents aged 6–18 years. *Br J Sports Med*. 2018;52:1039. doi: 10.1136/bjsports-2016-097361
- 55 Haverkamp BF, Wiersma R, Vertessen K, *et al*. Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *J Sports Sci*. 2020;38:2637–60. doi: 10.1080/02640414.2020.1794763
- 56 Santos F, Sousa H, Gouveia ÉR, *et al*. School-Based Family-Oriented Health Interventions to Promote Physical Activity in Children and Adolescents: A Systematic Review. *American Journal of Health Promotion*. 2022;37:243–62. doi: 10.1177/08901171221113836

- 57 Yao W, Luo J, Ao L, *et al.* Association of total body fat and fat distribution with bone mineral density among children and adolescents aged 6–17 years from Guangzhou, China. *Eur J Pediatr.* 2023;182:1115–26. doi: 10.1007/s00431-022-04727-x
- 58 Veroude K, Jolles J, Croiset G, *et al.* Changes in neural mechanisms of cognitive control during the transition from late adolescence to young adulthood. *Dev Cogn Neurosci.* 2013;5:63–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2012.12.002>
- 59 Butzer B, van Over M, Noggle Taylor JJ, *et al.* Yoga May Mitigate Decreases in High School Grades. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2015;2015:259814. doi: 10.1155/2015/259814
- 60 COSTIGAN SA, EATHER N, PLOTNIKOFF RC, *et al.* High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48.
- 61 Norris E, Shelton N, Dunsmuir S, *et al.* Physically active lessons as physical activity and educational interventions: A systematic review of methods and results. *Prev Med (Baltim).* 2015;72:116–25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.12.027>
- 62 Vazou S, Pesce C, Lakes K, *et al.* More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *Int J Sport Exerc Psychol.* 2019;17:153–78. doi: 10.1080/1612197X.2016.1223423
- 63 Wassenaar TM, Wheatley CM, Beale N, *et al.* Effects of a programme of vigorous physical activity during secondary school physical education on academic performance, fitness, cognition, mental health and the brain of adolescents (Fit to Study): study protocol for a cluster-randomised trial. *Trials.* 2019;20:189. doi: 10.1186/s13063-019-3279-6
- 64 Chaput J-P, Willumsen J, Bull F, *et al.* 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* 2020;17:141. doi: 10.1186/s12966-020-01037-z
- 65 Robinson TN, Banda JA, Hale L, *et al.* Screen Media Exposure and Obesity in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2017;140:S97–101. doi: 10.1542/peds.2016-1758K
- 66 Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M. International standards for anthropometric assessment. *International Society for the Advancement of Kinanthropometry - ISAK.* 2019.
- 67 Ruiz JR, España-Romero V, Piñero JC, *et al.* *The ALPHA Health-Related Fitness Test Battery for Children and Adolescents.* European Commission, Directorate-General for Health and Consumers (DG SANCO) 2009.
- 68 Birckenkamp R, Schmidt-Atzert L, Liepmann D, *et al.* *D2-R. Zrewidowana wersja testu do badania uwagi i koncentracji.* Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego 2020.
- 69 Matłosz P, Wszyńska J, Czarny W, *et al.* Associations between Frequency of Dairy Intake with Body Composition and Excess Adiposity in Preschool Children from Poland. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19. doi: 10.3390/ijerph19031140
- 70 Herbert J, Matłosz P, Martínez-Rodríguez A, *et al.* Weekday and Weekend Physical Activity of Preschool Children in Relation to Selected Socioeconomic Indicators. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19. doi: 10.3390/ijerph19094999

- 71 Kolimechkov S, Petrov L, Alexandrova A. Alpha-fit test battery norms for children and adolescents from 5 to 18 years of age obtained by a linear interpolation of existing European physical fitness references. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2019.
- 72 Ruiz JR, España Romero V, Castro Piñero J, *et al*. Alpha-fitness test battery: Healthrelated field-based fitness tests assessment in children and adolescents | Bateria alpha-fitness: Test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutr Hosp*. 2011;26:1210–4. doi: 10.3305/nh.2011.26.6.5270
- 73 Kułaga Z, Świąder-Leśniak A, Kotowska A, *et al*. Population-based references for waist and hip circumferences, waist-to-hip and waist-to-height ratios for children and adolescents, and evaluation of their predictive ability. *Eur J Pediatr*. 2023;182:3217–29. doi: 10.1007/s00431-023-05001-4
- 74 Zhang X, Liu J, Ni Y, *et al*. Global Prevalence of Overweight and Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Pediatr*. 2024;178:800–13. doi: 10.1001/jamapediatrics.2024.1576
- 75 Ng M, Gakidou E, Lo J, *et al*. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. 2025;405:813–38. doi: 10.1016/S0140-6736(25)00355-1
- 76 Mazur A, Zachurzok A, Baran J, *et al*. Childhood Obesity: Position Statement of Polish Society of Pediatrics, Polish Society for Pediatric Obesity, Polish Society of Pediatric Endocrinology and Diabetes, the College of Family Physicians in Poland and Polish Association for Study on Obesity. *Nutrients*. 2022;14. doi: 10.3390/nu14183806
- 77 Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, *et al*. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54:1451–62. doi: 10.1136/bjsports-2020-102955
- 78 Kumari R, Nath B, Singh Y, *et al*. Health-related physical fitness, physical activity and its correlates among school going adolescents in hilly state in north India: a cross sectional survey. *BMC Public Health*. 2024;24:401. doi: 10.1186/s12889-024-17808-3
- 79 Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables. *Sports Medicine*. 2014;44:743–62. doi: 10.1007/s40279-014-0162-1
- 80 Lewandowski A, Siedlaczek M, Piekorz Z, *et al*. “Secular trends (2001–2020) in physical fitness as a health component in physiotherapy students from Bydgoszcz (Poland)”. *Sci Rep*. 2024;14:11490. doi: 10.1038/s41598-024-62157-1
- 81 Marks K, Kopeć D, Lenik J, *et al*. Selected somatic parameters and body composition as predictors of cardiorespiratory fitness among Polish adolescents aged 11–14. *Sci Rep*. 2024;14:25355. doi: 10.1038/s41598-024-75821-3
- 82 Mendoza-Muñoz M, Adsuar JC, Pérez-Gómez J, *et al*. Influence of Body Composition on Physical Fitness in Adolescents. *Medicina (B Aires)*. 2020;56. doi: 10.3390/medicina56070328
- 83 Huang T, Chen Z, Shen L, *et al*. Associations of Cognitive Function with BMI, Body Fat Mass and Visceral Fat in Young Adulthood. *Medicina (B Aires)*. 2019;55. doi: 10.3390/medicina55060221
- 84 Ferreira GOC, Ferrari G, Langer RD, *et al*. Phase angle and its determinants among adolescents: influence of body composition and physical fitness level. *Sci Rep*. 2024;14:13697. doi: 10.1038/s41598-024-62546-6

- 85 Zembura M, Czepczor-Bernat K, Dolibog P, *et al.* Skeletal muscle mass, muscle strength, and physical performance in children and adolescents with obesity. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;Volume 14-2023. doi: 10.3389/fendo.2023.1252853
- 86 Dring K, Hatch L, Williams R, *et al.* Effect of five-weeks participation in The Daily Mile on cognitive function, physical fitness, and body composition in children. 2022.
- 87 Ates B, Tanir H, Akinci Y. Body composition, cardiovascular fitness and attention of school-aged male children practicing sports club activities: A cross-sectional. *J Educ Health Promot*. 2024;13.
- 88 Koźlenia D, Popowczak M, Szafraniec R, *et al.* Changes in Muscle Mass and Strength in Adolescents Following High-Intensity Functional Training with Bodyweight Resistance Exercises in Physical Education Lessons. *J Clin Med*. 2024;13. doi: 10.3390/jcm13123400
- 89 Zhang D, Shi L, Zhu X, *et al.* Effects of intervention integrating physical literacy into active school recesses on physical fitness and academic achievement in Chinese children. *J Exerc Sci Fit*. 2023;21:376–84. doi: 10.1016/j.jesf.2023.09.004
- 90 Mao F, Huang F, Zhao S, *et al.* Effects of cognitively engaging physical activity interventions on executive function in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Front Psychol*. 2024;15.
- 91 Haverkamp BF, Wiersma R, Vertessen K, *et al.* Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *J Sports Sci*. 2020;38:2637–60. doi: 10.1080/02640414.2020.1794763
- 92 Singh AS, Saliasi E, Berg V van den, *et al.* Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *Br J Sports Med*. 2019;53:640. doi: 10.1136/bjsports-2017-098136
- 93 Yuksel HS, Şahin FN, Maksimovic N, *et al.* School-Based Intervention Programs for Preventing Obesity and Promoting Physical Activity and Fitness: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17. doi: 10.3390/ijerph17010347
- 94 Santos F, Sousa H, Gouveia ÉR, *et al.* School-Based Family-Oriented Health Interventions to Promote Physical Activity in Children and Adolescents: A Systematic Review. *American Journal of Health Promotion*. 2022;37:243–62. doi: 10.1177/08901171221113836

Test sprawności Alpha.



Testy psychologiczne: Test D2-r.

Imię i Nazwisko

Klasa

d2

Ten test ma na celu sprawdzenie Twojej zdolności koncentracji na zadaniu. Aby zapoznać Cię z tym zadaniem, na tej stronie przedstawiono przykład i jedną linię, szkoleniową, która pozwoli ci przeciwzyć zadanie.

Przykład



Zwróć uwagę na trzy małe litery w przykładzie. Jest to litera **d**, której towarzyszą dwie linie. Pierwsze **d** ma dwie kreski nad nim, drugie **d** ma dwie kreski poniżej, a trzecie **d** ma jedną kreskę powyżej i jedną poniżej. Zauważ, że we wszystkich tych przypadkach literze **d** towarzyszą dwie kreski.

Twoim zadaniem będzie znalezienie takich właśnie liter **d** (z dwiema kreskami na dole, na górze lub po jednej na górze i na dole) i zaznaczenie ich kreską (/). Przyjrzyj się dobrze, bo są litery **d**, które mają więcej niż dwie lub mniej niż dwie kreski oraz litery **p**, których w żadnym wypadku nie powinnoś/powinnaś zaznaczać, niezależnie od liczby kresek, jakie mają. Jeśli popełnisz błąd i chcesz zmienić odpowiedź, musisz przekreślić linię z inną, tworząc krzyżyk (X), tak aby oceniający wiedział, że chcesz poprawić błąd.

Litery **d** należy zaznaczać tylko jako dwie skośne kreski. Możesz przeciwzyć to zadanie na linii treningowej, która pojawia się na dole tej strony.

Zauważ, że nad każdą z liter znajduje się liczba. Po wykonaniu testowego ćwiczenia, sprawdź, czy zaznaczyłeś cyfry **1, 3, 5, 6, 9, 12, 13, 17, 19 i 22**.

Na odwrocie arkusza (CZEKAJ, NIE OBRACAJ JESZCZE) znajdziesz 14 linii podobnych do linii ćwiczeniowej, którą właśnie wykonałeś. Ponownie Twoim zadaniem będzie zaznaczenie liter **d** dwiema kreskami. Zaczynasz od linii 1 i kiedy egzaminator powie ;ZMIEN!, przejdziesz do linii 2 i kiedy egzaminator powie ;ZMIEN! rozpoczniesz się następna linia testu i tak dalej. Sprawdź, czy żadna linia nie jest pominięta.

Pracuj tak szybko, jak to możliwe, nie popełniając błędów. nie przerywaj pracy, dopóki egzaminator nie powie ;STOP!; w tym czasie należy natychmiast przerwać i odwrócić ten arkusz.

CZEKAJ. NIE ODWRACAJ ARKUSZA, DOPÓKI EGZAMINATOR O TO NIE POPROSI

linia treningowa

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
d	p	d	d	d	d	p	d	d	p	d	d	d	d	p	p	d	d	d	p	d	d

		TR	TA	O	C	ID
1	d d p d d p p d d d d p d p d d p p d d d d p d p d p p d d d p p d d p					
2	p d p p d d d p p d d d p d p d p d p d p d d d p d p d p p d d d p p d d					
3	d d d d p p d p p p p d d p d p d p d p d p d p d d p d d d p d d p d d d p d					
4	d d p d d p p d p p d d d d p d p d d p p d d d d p d p d p p d d d p p d d p					
5	p d p p d d d p p d d d p d d p d p d p d p d d d p d p d p d p d d d p d p d d					
6	d d d d p p d p p p p d d p d p d p d p d p d p d d p p d d d p d d p d d d p d					
7	d d p d d p p d p p d d d d p d p d d p p d d d d d p d p d p d d d p p d d d p					
8	p d p p d d d p p d d d p d p d p d p d p d d d p d p d p d p d d d p d p d d					
9	d d d d p p d p p p p d d p d p d p d p d d p d p p d d d p d d p d d d d p d					
10	d d p d d p p d p p d d d d p d p d d p p d d d d d p d p d p p d d d p p d d p					
11	p d p p d d d p p d d d p d p d p d p d p d d d p d p d p d p d d d p d d p d d					
12	d d d d p p d p p p p d d p d p d p d p d p d p d d p p d d d d p d d p d d d p d					
13	d d p d d p p d p p d d d d p d p d d p p d d d d d p d p d d p p d d d p p d d p					
14	p d p p d d d p p d d d p d p d p d p d p d d d p d p d p d p d d d p d d p d d					

Kwestionariusz jakości snu, żywienia, aktywności fizycznej.

Kwestionariusz ankiety

Zapraszamy do udziału w anonimowym badaniu ankietowym, którego celem jest: **Ocena budowy somatycznej, sprawności i aktywności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej pod wpływem ukierunkowanego procesu treningowego** Proszę wpisać znak „X” przy wybranej odpowiedzi, odnoszącej się do Pani/Pana sytuacji lub wpisać odpowiedź w miejscu wy kropkowanym.

*Dziękujemy bardzo
Organizatorzy badania*

METRYCZKA

1. Wiek uczestnika:lat
2. Płeć uczestnika: ☐Kobieta ☐Mężczyzna
3. Palenie tytoniu: ☐Tak ☐Nie
4. Wykształcenie matki: ☐Podstawowe ☐Zawodowe ☐Średnie ☐Wyższe
5. Wykształcenie ojca: ☐Podstawowe ☐Zawodowe ☐Średnie ☐Wyższe
6. Charakter pracy matki ☐Siedząca/umysłowa ☐Fizyczna ☐Mieszana
7. Charakter pracy ojca ☐Siedząca/umysłowa ☐Fizyczna ☐Mieszana
8. Liczba osób mieszkających w gospodarstwie domowym:
☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ więcej
9. Dane dotyczące masy ciała (w kilogramach) oraz wysokości ciała (w centymetrach) rodziców/opiekunów uczestnika:

Rodzic/opiekun	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
Matka		
Ojciec		

10. W którym tygodniu ciąży urodziło się dziecko?:
☐ w planowanym terminie lub później
☐ przedwcześnie,tygodni przed planowanym porodem
11. Czy poród odbył się przez cesarskie cięcie? ☐Tak ☐Nie
12. Jaka była masa i długość ciała dziecka w chwili urodzenia?
.....gramówcentymetrów
13. Jak często uczestnik uczestniczy w zajęciach ruchowych?
☐ codziennie ☐ 2-3 razy w tygodniu ☐ 1 raz w tygodniu ☐ wcale
14. Czy uczestnik uprawia jakiś sport w klubach / stowarzyszeniach poza szkołą?
☐ Nie
☐ Tak – rodzaj aktywnościliczba godzin tygodniowo.....
15. Ile czasu w ciągu dnia uczestnik spędza przed TV, komputerem, video lub DVD ?

	Wcale	Mniej niż 30 min. dziennie	Mniej niż 1 godz. dziennie	Okolo 1-2 godz. dziennie	Okolo 2-3 godz. dziennie	Więcej niż 3 godz. dziennie
Dzień powszedni	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sobota/niedziela	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1. Czy uczestnik leczy się na któreś z poniższych schorzeń?

- ☐ Cukrzyca
☐ Nadciśnienie
☐ Inne schorzenia układu krążenia
☐ Choroby tarczycy
☐ Zmiany zwyrodnieniowe stawów/kręgosłupa
☐ Choroby układu pokarmowego
☐ Schorzenia nerek
☐ Schorzenia układu nerwowego
☐ Choroba nowotworowa
☐ Inne, jakie?.....
☐ Nie leczy się na żadne z wymienionych schorzeń

16. Kwestionariusz częstotliwości spożycia żywności FFQ-6.

Pytania w kwestionariuszu dotyczą częstotliwości spożycia żywności przez Państwa dziecko. Proszę odpowiedzieć na wszystkie pytania najlepiej jak Pan(i) potrafi. Jeśli nie umie Pan(i) odpowiedzieć, to proszę określić w przybliżeniu (**Proszę zaznaczyć X**).

Jak często w ciągu ostatnich 12 miesięcy <u>dziecko</u> piło lub jadło:	Nigdy lub prawie nigdy	Raz w miesiącu lub rzadziej	Kilka razy w miesiącu	Kilka razy w tygodniu	Codziennie (raz dziennie)	Kilka razy dziennie
Słodycze i przekąski (cukier, miód, czekolady, cukierki i batony czekoladowe, cukierki nie czekoladowe herbatniki i ciastka, lody, budyń, przekąski słone itp.)						
Produkty mleczne i jaja (mleko i naturalne napoje mleczne, jogurty, kakao, twarogi naturalne, sery, jajecznicą, omlet)						
Produkty zbożowe (pieczywo razowe lub z ziarnami, pieczywo rafinowane, kasze gruboziarniste nie rafinowane, kasze drobnoziarniste rafinowane, gotowe śniadaniowe produkty zbożowe itp.)						
Tłuszcze (olej, masło, margaryna, Śmietana, śmietanka, inne tłuszcze zwierzęce, majonez i dresingi itp.)						
Owoce (owoce, kiwi i cytrusy, owoce tropikalne, pozostałe owoce jagodowe, owoce suszone itp.)						
Warzywa i ziarna (warzywa, świeże nasiona roślin, suche nasiona roślin, orzechy i						

kremy orzechowe itp.)						
Produkty mięsne (kiełbasy, wędliny, mięso narządowe, mięso czerwone, mięso drobiowe itp.)						
Ryby						
Napoje słodzone (nektary owocowe, napoje słodzone)						
Napoje niesłodzone (100% soki warzywne, warzywno- owocowe, owocowe)						

Streszczenie.

Uniwersytet Rzeszowski

20.05.2025 r.

Collegium Medicum

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Ocena budowy somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej przed i po wdrożeniu autorskiej interwencji treningowej w formie rozgrzewki

Autor: mgr Sylwia Pomianek

Promotor: Prof.dr hab. Wojciech Czarny

Promotor pomocniczy: dr Piotr Matłosz

Głównym celem niniejszej pracy była ocena budowy somatycznej, sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych młodzieży szkolnej przed i po wdrożeniu autorskiej, wielozadaniowej interwencji treningowej realizowanej w formie rozgrzewki.

Badaniem objęto 104 uczniów Dwujęzycznego Liceum Uniwersyteckiego im. Stanisława Barańczaka w Rzeszowie, w tym 53 kobiety (51%) oraz 51 mężczyzn (49%) w wieku od 13 do 18 lat. Uczestników podzielono losowo na grupę badaną i grupę kontrolną. W grupie eksperymentalnej wdrożono autorski program ćwiczeń ruchowych w trakcie rozgrzewki. Zarówno grupa badana, jak i kontrolna zostały poddane dwukrotnym pomiarom obejmującym testy sprawności fizycznej, testy psychologiczne oraz antropometryczne pomiary ciała.

Zastosowana interwencja treningowa przyczyniła się do istotnych statystycznie, korzystnych zmian w składzie ciała, wydolności fizycznej oraz funkcjach poznawczych uczestników. Zaobserwowane efekty miały głównie charakter ogólnorozwojowy, przy zachowaniu względnej stabilności wskaźników klasyfikacyjnych takich jak wskaźnik masy ciała (BMI) i poziom otyłości. Interwencja nie wykazała jednoznacznego wpływu na redukcję nadwagi lub otyłości.

Abstract.

University of Rzeszów

20 May 2025

Collegium Medicum

Faculty of Physical Culture Sciences

Assessment of Somatic Structure, Physical Fitness, and Cognitive Abilities of School-Aged Youth Before and After the Implementation of an Original Training Intervention in the Form of a Warm-Up

Author: MSc Sylwia Pomianek

Supervisor: Prof. Wojciech Czarny, PhD, DSc

Assistant Supervisor: Piotr Matłosz, PhD

The main objective of this study was to assess the somatic structure, physical fitness, and cognitive functions of school-aged youth before and after the implementation of a proprietary, multi-task training intervention conducted in the form of a warm-up.

The study involved 104 students from the Stanisław Barańczak Bilingual University High School in Rzeszów, including 53 females (51%) and 51 males (49%), aged between 13 and 18 years. The participants were randomly assigned to an experimental group and a control group. The experimental group underwent an original exercise program incorporated into their warm-up routines. Both the experimental and control groups underwent two rounds of assessment, which included physical fitness tests, psychological tests, and anthropometric body measurements.

The implemented training intervention resulted in statistically significant, beneficial changes in body composition, physical performance, and cognitive functions among the participants. The observed effects were primarily of a general developmental nature, with relative stability in classification indices such as Body Mass Index (BMI) and body fat levels. The intervention did not demonstrate a clear impact on the reduction of overweight or obesity.

Spis tabel.

Tabela 1. Statystyka opisowa dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie kontrolnej.	32
Tabela 2. Statystyka opisowa dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej.	34
Tabela 3. Statystyka opisowa kobiet dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w pierwszym pomiarze.	36
Tabela 4. Statystyka opisowa kobiet dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w drugim pomiarze.	37
Tabela 5. Statystyka opisowa mężczyzn dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w pierwszym pomiarze.	39
Tabela 6. Statystyka opisowa mężczyzn dla parametrów antropometrycznych, składu ciała, sprawności fizycznej oraz zdolności poznawczych w grupie badanej i kontrolnej w drugim pomiarze.	40
Tabela 7. Korelacje pomiędzy sprawnością fizyczną, budową somatyczną, składem ciała w grupie kontrolnej.	42
Tabela 8. Korelacje pomiędzy zdolnościami kognitywnymi, budową somatyczną oraz składem ciała w grupie kontrolnej.	44
Tabela 9. Korelacje pomiędzy sprawnością fizyczną, budową somatyczną, składem ciała oraz zdolnościami kognitywnymi w grupie badanej.	45
Tabela 10. Korelacje pomiędzy zdolnościami kognitywnymi, budową somatyczną oraz składem ciała w grupie badanej.	47
Tabela 11. Różnice analizowanych parametrów przed i po wdrożeniu interwencji w grupie kontrolnej.	48
Tabela 12. Interpretacje uzyskanych wyników według tabeli ALPHA w grupie kontrolnej.	51
Tabela 13. Interpretacja wyników według tabel Kułagi w grupie kontrolnej.	52
Tabela 14. Różnice analizowanych parametrów przed i po wdrożeniu interwencji w grupie badanej.	53
Tabela 15. Interpretacje uzyskanych wyników według tabeli testów ALPHA w grupie badanej.	55
Tabela 16. Interpretacja wyników według tabel Kułagi w grupie badanej.	57

Spis rycin.

Rycina 1. Schemat przebiegu eksperymentu.....	22
--	----

Załącznik 1- Zgoda komisji bioetycznej.

Uniwersytet Rzeszowski
Komisja Bioetyczna



UCHWAŁA nr 2023/07/051
Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego
z dnia 4 października 2023 roku
w sprawie wniosku dotyczącego eksperymentu badawczego
„Ocena budowy somatycznej, sprawności i aktywności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży
szkolnej pod wpływem ukierunkowanego procesu treningowego”
zgłoszonego przez mgr Sylwię Pomianek

§ 1

Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Rzeszowskiego, działając na podstawie art. 29 ustawy z dnia 5 grudnia 1997 roku o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz. U. 2022 r. poz. 1731, 1733, 2731, 2770) i Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 26 stycznia 2023 roku w sprawie komisji bioetycznej oraz Odwoławczej Komisji Bioetycznej (Dz. U. 2023 r. poz. 218) oraz art. 37r ustawy z dnia 6 września 2001 roku Prawo farmaceutyczne (Dz. U. 2021 r. poz. 1997 z późn.zm.) i zgodnie z zasadami GCP (Good Clinical Practice), po zapoznaniu się z wnioskiem i dokumentacją eksperymentu badawczego, na posiedzeniu dn. 4 października 2023 roku w wyniku dyskusji i głosowania przeprowadzonych w trybie stacjonarnym liczbą 13. głosów akceptujących spośród 13 oddanych głosów

postanawia

eksperyment badawczy
„Ocena budowy somatycznej, sprawności i aktywności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej pod wpływem ukierunkowanego procesu treningowego”
oraz dokumentację badania, w tym:
opis projektu planowanego eksperymentu,
dokumenty potwierdzające kwalifikacje badacza,
wzory ankiet i kwestionariuszy stosowanych w eksperymencie,
informacja o eksperymencie dla uczestnika badania,
formularz świadomej zgody uczestnika na udział w eksperymencie
informacja o przetwarzaniu danych osobowych w związku z udziałem w eksperymencie,
informacja o nienaruszeniu praw autorskich wykorzystywanych kwestionariuszy,
zgoda na wykorzystanie kwestionariusza / ankiety,
ogłoszenia / zawiadomienia o prowadzonym badaniu / eksperymencie,
Zgody dyrektorów ośrodków, kierowników na przeprowadzenie badania,
polisą obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej

zaopiniować pozytywnie

§ 2

Uchwała wchodzi w życie z dniem jej podjęcia.

Uzasadnienie

Projekt i warunki realizacji eksperymentu badawczego „Ocena budowy somatycznej, sprawności i aktywności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej pod wpływem ukierunkowanego procesu treningowego” respektują prawa, zasady bezpieczeństwa i dobro osób uczestniczących w eksperymencie. Projekt został opracowany zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami naukowymi, w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Przewidywane korzyści i ryzyko dla uczestników pozostają we właściwej proporcji. Uczestnikom zapewniono

al. mgr. W. Kopisto 2a, 35-959 Rzeszów
tel.: +48 17 872 11 53
e-mail: komisjabioetyczna@ur.edu.pl





dostęp do wyników eksperymentu i informacji o stanie zdrowia. Poprawnie zostały zdefiniowane kryteria włączenia uczestników do eksperymentu. Zespół badawczy posiada odpowiednie kwalifikacje określone w art. 23 ust. 1-3 Ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz. U. 2022, poz. 1731, 1733, 2731, 2770 z późn. zm.). Warunki techniczne ośrodka zapewniają realizację celów badawczych przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa uczestnikom. Pisemna informacja o eksperymencie przeznaczona dla uczestników jest wiarygodna, wyczerpująca, prawdziwa i zrozumiała, zatem spełnia kryterium poprawności i kompletności. Poprawna jest również procedura stosowana podczas uzyskiwania świadomej zgody na udział w badaniu w zakresie zarówno przedmiotowości, jak i jej podmiotowości określonych w art. 25 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz. U. 2022, poz. 1731, 1733, 2731, 2770 z późn. zm.). Powyższe wskazują, że projekt eksperymentu w żaden sposób nie narusza godności uczestników eksperymentu.

Przewodnicząca
Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego

dr hab. med. Beata Sas-Korczyńska, prof. UR



Otrzymują:

Wnioskujący podmiot (Badacz / Sponsor): mgr Sylwia Pomianek

Załącznik 2- Oświadczenie.

Oświadczenie

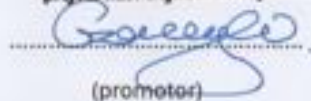
Sylwia Pomianek

Rzeszów, 29.05.2025 r.

Ja, niżej podpisana **Sylwia Pomianek**, niniejszym oświadczam, iż przedkładana przeze mnie dysertacja doktorska pt. *„Ocena budowy somatycznej, sprawności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej po wdrożeniu autorskiej interwencji treningowej w formie rozgrzewki”*, przygotowana w ramach przewodu doktorskiego realizowanego na **Wydziale Nauk o Kulturze Fizycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego**, została opracowana zgodnie z założeniami eksperymentu badawczego pt. *„Ocena budowy somatycznej, sprawności i aktywności fizycznej oraz zdolności kognitywnych młodzieży szkolnej pod wpływem ukierunkowanego procesu treningowego”*.

Eksperyment ten uzyskał pozytywną opinię **Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego**, wyrażoną w Uchwale nr 2023/07/051 z dnia 4 października 2023 roku.

prof. dr hab. Wojciech Ciołty



(promotor)



(składający oświadczenie)