

RAFAŁ BARAN^{1,2}, KINGA KOZIOŁ¹, JOANNA BARAN^{1,3},
JUSTYNA LESZCZAK^{1,3}, TERESA POP¹

¹ Instytut Nauk o Zdrowiu, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, Polska

² SOLUTION. Analizy Statystyczne, Rzeszów, Polska

³ Przyrodniczo-Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

9. Czynniki różnicujące równowagę dzieci w wieku szkolnym

Factors differentiating the balance of school-age children

Streszczenie

Wprowadzenie: Równowaga bardzo istotnie wpływa na poziom funkcjonowania w społeczeństwie. Jest to cecha, którą można kształtować przez całe życie, jednak najbardziej dynamicznie rozwija się w okresie dziecięcym. Pomiarów równowagi można dokonać za pomocą specjalistycznych urządzeń, najczęściej połączonych z systemem komputerowym. Jednak nie jest to jedyny sposób, ponieważ równowagę można mierzyć przez wykonywanie testów równoważnych. Kilka z nich zostało wykorzystanych do przeprowadzenia badań w niniejszej pracy. Celem pracy było przedstawienie wpływu składu masy ciała na równowagę. Badania miały także sprawdzić występowanie zależności między równowagą a płcią, wiekiem, wzrostem i masą ciała. **Materiał i metody:** Badano 64 dziewczynki i 50 chłopców w wieku 7–10 lat. Wykonano pomiar składu masy ciała za pomocą analizatora Tanita MC 980 MA. Równowagę mierzono za pomocą testów: testu dwóch wag, stania na jednej kończynie dolnej z otwartymi i zamkniętymi oczami (czas mierzono za pomocą stopera), skakania na jednej kończynie dolnej z otwartymi i zamkniętymi oczami (czas mierzono za pomocą stopera). **Wyniki:** Badania wykazały istotne korelacje pomiędzy wzrostem, wiekiem i wagą a parametrami równowagi. Wyższe wartości podanych czynników wpływały pozytywnie na stan równowagi. U dziewczynek największy wpływ miał wiek, u chłopców – wzrost. Analiza statystyczna nie przedstawiła istotnych korelacji między parametrami równowagi a poszczególnymi składnikami masy ciała. W odniesieniu do symetrii obciążania kończyn dolnych nie wykryto istotnych korelacji z wcześniej wymienionymi czynnikami. **Wnioski:** Równowaga dzieci zależy od płci i wieku; osoby płci żeńskiej oraz osoby starsze posiadają lepszą równowagę. Osoby posiadające większą zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie wykazują gorszą równowagę; osoby posiadające większą zawartość tkanki beztłuszczowej i wody charakteryzują się lepszymi zdolnościami równoważnymi. Lepszą symetrię obciążenia osiągały osoby starsze, z większą masą ciała oraz osoby wyższe; płeć nie ma wpływu na symetrię obciążania kończyn dolnych. Większa zawartość tkanki tłuszczowej wpływa pozytywnie na symetrię obciążania kończyn dolnych.

Słowa kluczowe: równowaga, skład masy ciała, dzieci wczesnoszkolne

Abstract

Introduction: Balance has a very significant impact on the level of functioning in society. This is a trait that can be shaped throughout your life, however, it develops most dynamically during childhood. Balance measurements can be made using specialized devices, most often connected to a computer system. This is not the only way, because body balance can be measured by performing equivalent tests. Several of them have been used to conduct research in this work. The aim of the work was to present the influence of body composition on the balance. The studies were also to check the relationship between balance and gender, age, height and weight. **Material and method:** Group of 64 girls and 50 boys aged 7–10 were examined. The body mass composition was measured using the Tanita MC 980 MA analyzer. Balance was measured using the 2-weight test, standing on one lower limb with open and closed eyes (time measured with a stopwatch), jumping on one leg of the lower leg with open and closed eyes (time measured with a stopwatch). **Result:** The research showed significant correlations between growth, age, weight and balance parameters. Higher values of the given factors had a positive effect on the balance. Girls were influenced most by age, and boys by height. Statistical analysis did not present significant correlations between balance parameters and body mass composition. With reference to the symmetry of loading of the lower limbs, no significant correlations were detected with the aforementioned factors. **Conclusion:** The balance of children depends on sex and age; female and elderly people have a better balance. People with higher fat content in the body show a worse balance; people with a higher content of lean tissue and water have better equivalent properties. Better symmetry of the load was achieved by older people, with a larger body mass and taller people; gender has no effect on the symmetry of loading of the lower limbs. Higher content of adipose tissue has a positive effect on the symmetry of loading the lower limbs.

Keywords: body balance, body mass composition, early school children

Wprowadzenie

Zdolność organizmu do utrzymania pozycji ciała bez pomocy, wyłączając niekontrolowane upadki, określa się mianem równowagi. W trakcie wykonywania różnych czynności bądź po ich zakończeniu pozwala ona także powrócić do pierwotnego stanu [1]. Głównymi zadaniami układu równowagi są: dostarczanie danych o pozycji ciała w przestrzeni, kierunku i prędkości jego ruchu; reakcja zapobiegająca upadkom, która koryguje każde odchylenie środka ciężkości ciała od pozycji równowagi; kontrola ruchu gałek ocznych. Układ równowagi, by sprostać tym zadaniom, przyjmuje bodźce z otaczającego środowiska przez receptory w narządzie przedsionkowym, proprioceptory oraz narząd wzroku. Informacje, które uzyska, przetwarzane są w ośrodkowym układzie nerwowym, po czym są przekazywane na obwód do narządów efektorowych [2]. Wyróżnia się dwa rodzaje równowagi: statyczną i dynamiczną [1, 3].

Stabilność wyprostowanej postawy ciała człowieka warunkowana jest skoordynowanym współdziałaniem narządów biorących udział w zachowaniu równowagi – układu przedsionkowego, proprioreceptorów i wzroku. Utrzymanie równowagi odbywa się dzięki działaniu procesów dynamicznych, przebiegających poza ludzką świadomością. Mechanizm ten wymaga precyzyjnej kontroli nerwowej, a także współpracy mózdzku, narządu równowagi i wzroku oraz innych części ośrodkowego układu nerwowego [4–7].

Głowa, tułów i kończyny górne wykonują względem siebie takie ruchy, aby pionowy rzut środka masy ciała zawsze znajdował się wewnątrz pola podstawy podparcia stóp. Kontrola postawy ciała skupia się przede wszystkim na osiągnięciu tego celu. Jeśli warunek ten nie będzie spełniony, równowaga ciała zostanie utracona lub mocno zachwiana [8–10].

Zaburzenia równowagi lub zawroty głowy można odczuwać w różny sposób. Najczęściej objawiają się one w postaci odczucia wirowania otoczenia, zataczania się, kołysania, pacjent może również czuć niestabilność postawy, chodu czy bardziej złożone klinicznie objawy, jak dezorientacja czy oszołomienie [11]. Na upośledzenie kontroli stabilności postawy stojącej, w różnym stopniu, wpływa większość neuropatii, a także duża ilość chorób mięśniowo-kostnych [12, 13]. Przyczynami ogólnoustrojowymi wywołującymi zawroty głowy u dzieci są głównie stany gorączkowe, migrena, padaczka, choroby tarczycy, cukrzyca, zaburzenia wodno-elektrolitowe, niedokrwistość. Zaburzenia mogą wystąpić także wskutek przyjmowania leków [7, 14] czy w mózgowym porażeniu dziecięcym [15].

Badania układu równowagi określa się jako stabilografię lub posturoografię. Pierwsze określenie wiąże się ze stabilnością, natomiast drugie bardziej sugeruje wzajemny układ poszczególnych segmentów ciała w czasie utrzymywania pozycji wyprostnej [16].

Badanie zdolności zachowania równowagi ciała człowieka jest skomplikowane pod względem diagnostycznym. Jest to m.in. spowodowane tym, że w medycynie badanie równowagi ciała pacjenta w celu oceny jego stanu zdrowia jest przeważnie jedynie oceną jakościową, która nie daje mierzalnych konkretnych wyników naukowych. Dostępne są pewne precyzyjne testy aparaturowe, jednak ze względu na ich kosztowność nie są powszechnie używane w placówkach publicznych, a korzysta się z nich najczęściej w akademickich ośrodkach medycznych.

W medycynie najbardziej znanymi typami testów równowagi są takie, które mimo powszechnego zastosowania, dają jedynie jakościowy obraz badanej cechy. Większość omawianych testów klinicznych opiera się na tzw. próbie Romberga, która ocenia równowagę statyczną osoby badanej [1]. W badaniu odruchów przedsionkowo-rdzeniowych przydatnymi testami są próba Utenebergera oraz test Fakudy [17].

Spośród skal pierwotnie opracowanych dla ogólnej oceny równowagi podczas stania, chodu oraz oceny ryzyka upadków najpopularniejszymi są Skala Berga, Dynamic Gait Index (DGI) oraz test Timed Up and Go (TUG) [18–21].

Badania z użyciem platformy stabilometrycznej opierają się na teście Romberga, oceniającym równowagę podczas spokojnego stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi i zamkniętymi [22]. Badania te umożliwiają stabilometryczną ocenę ciała oraz badanie posturometryczne (środek oceny ciśnienia podczas spokojnego stania). Parametry, które można uzyskać w trakcie tego typu analizy, są liczne, ale podstawowe to: pozycja środka ciężkości ciała, powierzchnia i kształt krzywej gęstości kołysania, długość drogi przemieszczającego się punktu nacisku stóp, prędkość i długość odchylenia oraz współczynnik Romberga (stosunek wielkości pomiarów otrzymanych w próbach przeprowadzonych przy oczach otwartych do wielkości pomiarów uzyskanych w próbach przy oczach zamkniętych) [23–25].

Platformy stabilometryczne stosowane są w celu oceny deficytów równowagi u zdrowych osób oraz w kilku patologiach, w tym chorobach ortopedycznych, zmianach neuropatycznych, chorobie Parkinsona, stwardnieniu rozsianym, dystrofii mięśniowej, drżeniu mięśni, mózgowym porażeniu, ataksji mózdkowej i udarze mózgu [26].

Jednym z czynników, mogących wpływać na równowagę człowieka, jest skład masy ciała. W analizie składu masy ciała zazwyczaj wyróżniamy podstawowe składowe, takie jak tkanka tłuszczowa, tkanka beztłuszczowa, tkanka mięśniowa, tkanka kostna oraz zawartość wody w organizmie. Tkanka tłuszczowa znajduje się pod skórą i wokół ważnych narządów, gdzie chroni przed infekcją i urazem. Tworzy bufor, który rozprasza nacisk na wypukłości kostne, zapobiegając uszkodzeniu skóry [27–29]. Tkanka tłuszczowa trzewna to tkanka osadzająca się na narządach wewnętrznych. Ilość tkanki wisceralnej zależy od diety, a jej nadmiar może występować nawet u szczupłych osób. Tłuszcz trzewny ma silny związek z czynnikami ryzyka sercowo-naczyniowego, zwłaszcza dyslipidemią i hiperinsulinomią; zwiększa ryzyko zawału serca [30].

Masa ciała, z wyłączeniem tkanki tłuszczowej, stanowi tkankę beztłuszczową (masa mięśni, masa kości, proteiny, zawartość wody w organizmie – wewnątrzkomórkowej i zewnątrzkomórkowej) [31]. Woda jest głównym składnikiem organizmu człowieka. Po urodzeniu jej zawartość wynosi nawet około 80 proc, natomiast u otyłych osób w przybliżeniu stanowi 40 proc. Prawidłowe nawodnienie oddziałuje na odpowiedni poziom funkcjonowania organizmu, a także ma wpływ na utrzymanie zdrowia [32]. Jako patologie nawodnienia organizmu uważa się nadmierne zatrzymywanie wody oraz jego odwodnienie [33, 34].

Masa mięśniowa jest największym składnikiem tkankowym organizmu zarówno u dzieci, jak i u dorosłych; większy procent stanowi u mężczyzn niż kobiet. Masa mięśniowa stanowi około 25 proc. masy ciała u noworodków i wzrasta w przybliżeniu do 40 proc. u dorosłych mężczyzn [35, 36]. Ponadto w składzie masy ciała wyróżniamy również zmineralizowaną masę kości [37, 38].

Analiza składu ciała jest jednym z ważnych elementów oceny stanu zdrowia zarówno osób zdrowych, jak i cierpiących z powodu nadwagi, otyłości czy jadłowstrętu psychicznego [39, 40]. Bioelektryczna analiza impedancji (BIA) jest metodą określania składu ciała. Metoda opiera się na pomiarze całkowitego wypadkowego oporu elektrycznego ciała, przy zastosowaniu elektrod znajdujących się na wadze i uchwytach, które są połączone z systemem komputerowym. Jest to możliwe, ponieważ poszczególne tkanki mają indywidualne wartości w zakresie przewodzenia elektrycznego [41, 42]. Żeby wyniki badania były jak najdokładniejsze, najlepiej jest je robić na czczo [43].

Kolejnymi metodami stosowanymi do oceny składu masy ciała są: absorpcjometria promieniowania rentgenowskiego o podwójnej energii (DXA), ilościowa tomografia komputerowa oraz rezonans magnetyczny [41, 44].

Celem pracy było zbadanie, czy skład masy ciała wpływa na równowagę dzieci w wieku szkolnym.

Pytania badawcze:

1. Czy parametry równowagi zależą od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych?
2. Czy parametry równowagi zależą od składu masy ciała?
3. Czy symetria obciążenia kończyn dolnych zależy od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych?
4. Czy symetria obciążenia kończyn dolnych zależy od składu masy ciała?

Materiał i metoda

W badaniach brano pod uwagę 199 uczniów z klas I–IV ze Szkoły Podstawowej im. Bohaterów Września 1939 r. w Radymnie. Po uzyskaniu pisemnej zgody od rodziców przystąpiono do realizacji projektu. Ostatecznie w badanej grupie znalazło się 114 uczniów; 64 dziewczynki i 50 chłopców. Kryteria wyłączenia z badań stanowiły: padaczka, wszczepiony rozrusznik serca, metalowe implanty, miesiączka w dniu badania.

Opiekunowie dzieci biorących udział w badaniu oraz sami badani zostali poinformowani o celach i przebiegu badania, a także o kryteriach,

które wykluczają w nim udział. Po uzyskaniu zgody od opiekunów przystąpiono do realizacji badania. Każdy uczeń badany był na czczo, a pomiary wykonywano w godzinach porannych. U każdego uczestnika wykonano:

- pomiar wysokości ciała,
- analizę składu masy ciała,
- ocenę poziomu równowagi.

Ocena wysokości ciała

Pierwszym etapem badania był pomiar wysokości ciała jego uczestników. Podczas pomiaru badany stał wyprostowany, tyłem do ściany. Zaznaczany był punkt równoległy do czubka głowy badanego. Następnie wykonywany był pomiar od podłoża do zaznaczonego punktu.

Ocena masy ciała i składu masy ciała

Do badania został wykorzystany analizator składu masy ciała Tanita MC 980 MA. Pomiar masy ciała wykonywany był z dokładnością do 100 g, a pomiar zawartości tkanki tłuszczowej z dokładnością do 0,1 proc. Analizator ten ocenia m.in.:

- masę ciała w kg,
- indeks masy ciała BMI,
- masę tkanki tłuszczowej w kg i proc,
- wskaźnik trzewnej tkanki tłuszczowej,
- masę tkanki mięśniowej w kg,
- całkowitą zawartość wody w organizmie (TBW) w kg i proc,
- Masę Wody Wewnątrzkomórkowej (ICW),
- Masę Wody Zewnątrzkomórkowej (ECW),
- stosunek TBW/ECW,
- Masę Tkanki Beztłuszczowej w kg,
- wiek metaboliczny,
- podstawową przemianę materii (BMR),
- zmineralizowaną masę kości w kg.

Ponadto analizator ocenia osobno dla każdej z kończyn oraz tułowia:

- masę mięśni,
- masę tkanki beztłuszczowej,
- masę tkanki tłuszczowej,
- impedancję,
- zawartość tkanki tłuszczowej w proc,
- wskaźnik masy mięśni w poszczególnych segmentach,
- wskaźnik rozmieszczenia tkanki tłuszczowej.

Podczas badania uczestnik stawał bosymi stopami na analizatorze, kończyny górne ułożone były wzdłuż tułowia, lekko odsunięte od tułowia. Po uzupełnieniu w oprogramowaniu urządzenia danych, takich jak wiek, płeć, wysokość ciała badanego, po około 10 sekundach otrzymywano wynik w formie raportu z danymi.

Ocena równowagi

Do badania zostały wykorzystane proste, nieskomplikowane testy równoważne. Wybrano takie narzędzia z uwagi na wiek badanych, po to, aby zadania były dla nich łatwe w wykonaniu. Zastosowano:

- Test dwóch wag do oceny obciążania kończyn dolnych – dwie wagi lekarskie ułożone obok siebie na równym podłożu. W trakcie pomiaru badany, bez obuwia, stawał prawą kończyną dolną na jedną wagę, lewą kończyną dolną układał na drugiej wadze, kończyny górne ułożone luźno wzdłuż tułowia. Wynik w kilogramach zapisywany był na karcie badania.
- Test stania na jednej kończynie dolnej – wykonywany był dwustopniowo. Najpierw badany wykonywał próbę z oczami otwartymi kolejno na prawej i lewej kończynie dolnej, następnie z oczami zamkniętymi również osobno na prawej i lewej kończynie dolnej. W trakcie wykonywanych prób badany był asekurowany. Uczestnik badania stał w wyznaczonym miejscu, na jednej kończynie dolnej w pozycji wyprostowanej. Czas pomiaru trwał od momentu uniesienia jednej kończyny dolnej do momentu zachwiania wyprostowanej postawy. Wyniki w sekundach zapisywane były na karcie badania.
- Test podskoków na jednej kończynie dolnej – wykonywany był dwustopniowo. Najpierw badany wykonywał próbę z oczami otwartymi kolejno na prawej i lewej kończynie dolnej, następnie z oczami zamkniętymi również osobno na prawej i lewej kończynie dolnej. W trakcie wykonywanych prób uczestnik badania był asekurowany. Badany stał w wyznaczonym polu, na jednej kończynie dolnej w pozycji wyprostowanej. Czas pomiaru trwał od pierwszego podskoku do momentu wyjścia poza wyznaczone pole. Wyniki w sekundach zapisywane były na karcie badania.

Analiza statystyczna

W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu Statistica w wersji 12. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz szereg analiz korelacji z wykorzystaniem współczynnika r Pearsona, a także test t Studenta. Poziom istotności uznano klasyczny próg $=0,05$.

Wyniki

Charakterystyka grupy badanej

Wśród badanych było 64 dziewczynki i 50 chłopców. Średnia wieku grupy wynosiła 8,4 lat i mieściła się w przedziale 7–11 lat. Masa ciała wynosiła średnio 32,2 kg, natomiast średnia wysokość ciała wynosiła 134 cm. Sprawdzone również powyższe dane, uwzględniając płeć dzieci. Średnia masa ciała u dziewczynek wynosiła 32 kg, u chłopców natomiast 32,5 kg. Podobnie jak w przypadku masy ciała, średnia wysokość ciała dziewczynek była mniejsza (133,6 cm) w stosunku do chłopców (134,6 cm) (tab. 1).

Tabela 1. Średnia wieku, masy ciała, wysokości ciała z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Cała grupa				Dziewczynki				Chłopcy			
	N	X	Min.	Max.	N	X	Min.	Max.	N	X	Min.	Max.
Wiek [lata]	114	8,4	7	11	64	8,5	7	11	50	8,3	7	10
Masa ciała [kg]	114	32,2	19,3	54,8	64	32	22	54,8	50	32,5	19,3	53,3
Wysokość ciała [cm]	114	134	118	152	64	133,6	118	150	50	134,6	119	152

N – liczba badanych; Min. – wartość minimalna; Max. – wartość maksymalna; X – średnia

Wyliczono także średnie wartości składowych masy ciała FATP (tkanka tłuszczowa), PMP (tkanka mięśniowa ogółem), BONEP (masa minerałów kostnych ogółem), FFP (tkanka beztłuszczowa ogółem) i TBW (zawartość wody ogółem). W związku z tym, że budowa dziewcząt i chłopców może znacznie różnić się, szczególnie w okresie dojrzewania, uwzględniono podział składowych masy ciała względem płci badanych. Większe wartości wykazano u chłopców w przypadku większości składowych, PMP (73,3 vs. 70,8); BONEP (4,4 vs. 3,9); FFP (77,7 vs. 74,7) i TBW (56,8 vs. 54,7). U dziewczynek większe wartości wykazano jedynie w przypadku FATP (25,3 vs. 22,4). Wszystkie wyniki były istotne statystycznie ($p < 0,05$) (tab. 2).

Tabela 2. Średnie wartości składowych masy ciała z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Dziewczynki	Chłopcy	p
PMP [%]	70,8	73,3	0,020
BONEP [%]	3,9	4,4	<0,001
FFP [%]	74,7	77,7	0,011
TBW [%]	54,7	56,8	0,011

FATP – tkanka tłuszczowa [%]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; BONEP – masa minerałów kostnych ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; TBW – całkowita zawartość wody [%]

Następnie wykonano testy stania na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi i zamkniętymi oraz skakania na jednej kończynie dolnej, również z oczami otwartymi i zamkniętymi. We wszystkich próbach dziewczynki osiągnęły wyższe wyniki niż chłopcy. Wynik skakania na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami dla kończyny dolnej prawej był istotny statystycznie ($p=0,029$) (tab. 3).

Tabela 3. Średni czas stania na jednej kończynie dolnej i skakania na jednej kończynie dolnej w sekundach, z podziałem na płeć badanych

Zmienna [s]	Dziewczynki	Chłopcy	P
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdP [s]	18,2	15,9	0,192
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdL [s]	17,7	15,1	0,257
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdP [s]	6,8	5,2	0,06
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdL [s]	5,8	4,7	0,178
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdP [s]	9,2	7,6	0,029
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdL [s]	7,9	7	0,155
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdP [s]	5	4,8	0,488
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdL [s]	4,4	4,2	0,527

kdP – kończyna dolna prawa; kdL – kończyna dolna lewa

Obliczono również wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych na podstawie danych uzyskanych z pomiaru testu dwóch wag. Prawidłowa wartość wskaźnika symetryczności mieści się w granicach od 1,00 do 1,15. Średnie wartości wskaźnika symetryczności wynosiły tyle samo u dziewczynek i chłopców (1,1) i mieściły się w przyjętej normie (tab. 4). Zdecydowana większość przebadanych osób (76) posiadała prawidłowy wskaźnik symetryczności (tab. 5).

Tabela 4. Średnie wartości wskaźnika symetryczności z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Dziewczynki	Chłopcy	P
Wskaźnik symetryczności	1,1	1,1	0,077

Tabela 5. Podział badanej grupy ze względu na prawidłowość wskaźnika symetryczności

Kategoria	Liczba	Procent
Prawidłowy	76	66,7
Nieprawidłowy	38	33,3

Analiza zależności parametrów równowagi od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych

Sprawdzono, czy występują zależności między parametrami równowagi a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała. W przypadku dziewczynek wiek miał wpływ na czas stania na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami w przypadku obydwu kończyn ($p < 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL) i na czas skakania na jednej kończynie dolnej zarówno z oczami zamkniętymi ($p = 0,030$ dla kdP; $p = 0,012$ dla kdL), jak i otwartymi ($p = 0,002$ dla kdP; $p = 0,001$ dla kdL) w przypadku obydwu kończyn. Im starsza była badana dziewczynka, tym dłuższy był czas wykonywanego testu. Masa ciała wpływała jedynie na czas stania na kończynie dolnej lewej z oczami otwartymi ($p = 0,021$). Większa masa wpływała na dłuższy czas trwania próby. Natomiast wysokość ciała miała wpływ na stanie na jednej kończynie dolnej w przypadku prawej ($p = 0,004$) i lewej ($p = 0,001$) kończyny dolnej oraz na skakanie na kończynie dolnej lewej zarówno z oczami otwartymi ($p = 0,008$), jak i zamkniętymi ($p = 0,006$). Wyższe dziewczynki dłużej były w stanie utrzymać równowagę w wykonanych próbach (tab. 6). W przypadku chłopców występowało znacznie więcej zależności. Wiek wpływał na stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami w przypadku obydwu kończyn ($p = 0,032$ dla kdP; $p = 0,025$ dla kdL) oraz przy oczach zamkniętych dla kończyny dolnej prawej ($p < 0,001$). Wiek miał także wpływ na wszystkie próby ze skakaniem na jednej kończynie dolnej; z oczami otwartymi ($p < 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL) i z oczami zamkniętymi ($p < 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL). Starsi chłopcy byli w stanie dłużej utrzymać równowagę w wykonywanych próbach. Masa ciała wpływała na czas skakania na jednej nodze z otwartymi oczami zarówno przypadku prawej ($p = 0,012$), jak i lewej ($p = 0,005$) kończyny, a także na czas skakania na kończynie dolnej lewej z zamkniętymi oczami ($p = 0,05$). Im wyższa była masa badanych chłopców, tym dłuższy czas wykonywanych prób. Wysokość ciała wykazywała zależność ze staniem na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi ($p = 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL) i zamkniętymi ($p = 0,001$ dla kdP; $p = 0,004$ dla kdL), a także na skakanie na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi ($p < 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL) i zamkniętymi ($p < 0,001$ dla kdP; $p < 0,001$ dla kdL). Wyżsi chłopcy dłużej utrzymywali równowagę w wykonywanych testach (tab. 6a i 6b).

Tabela 6a. Występowanie zależności między parametrami równowagi a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u dziewczynki.

Zmienna	Wiek [lat]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
Dziewczynki			
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdP [s]	0,5187	0,1693	0,3552
	p<0,001	p=0,181	p=0,004
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdL [s]	0,4754	0,2889	0,3998
	p<0,001	p=0,021	p=0,001
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami –kdP [s]	0,1968	-0,0692	-0,0226
	p=0,119	p=0,587	p=0,860
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami –kdL [s]	0,1968	0,1054	0,1776
	p=0,119	p=0,407	p=0,160
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami –kdP [s]	0,3751	0,1444	0,2105
	p=0,002	p=0,255	p=0,095
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami –kdL [s]	0,4223	0,1702	0,3312
	p=0,001	p=0,179	p=0,008

Tabela 6b. Występowanie zależności między parametrami równowagi a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u chłopców

Zmienna	Wiek [lat]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
Chłopcy			
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdP [s]	0,3031	0,1216	0,4592
	p=0,032	p=0,400	p=0,001
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdL [s]	0,3175	0,1661	0,4820
	p=0,025	p=0,249	p<0,001
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami –kdP [s]	0,4911	0,2766	0,4671
	p<0,001	p=0,052	p=0,001
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami –kdL [s]	0,2759	0,1171	0,4042
	p=0,052	p=0,418	p=0,004
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami –kdP [s]	0,687	0,3511	0,5482
	p<0,001	p=0,012	p<0,001
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami –kdL [s]	0,5653	0,3952	0,5847
	p<0,001	p=0,005	p<0,001
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdP [s]	0,4969	0,2533	0,4856
	p<0,001	p=0,076	p<0,001
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdL [s]	0,5703	0,3946	0,6155
	p<0,001	p=0,005	p<0,001

kdP – kończyna dolna prawa; kdL – kończyna dolna lewa

Analiza zależności parametrów równowagi od składu masy ciała

Kolejna analiza dotyczyła występowania zależności między czasem stania na jednej kończynie dolnej oraz czasem podskoków na jednej kończynie dolnej a parametrami składu masy ciała. W związku ze zróżnicowaniem składu masy ciała w zależności od płci analizę tę wykonano osobno dla dziewcząt i chłopców. Nie wykazała ona żadnych zależności pomiędzy parametrami równowagi i składem masy ciała zarówno u dziewcząt, jak i chłopców ($p > 0,05$) (tab. 7).

Tabela 7. Występowanie zależności pomiędzy parametrami równowagi a składem masy ciała u dziewczynek i chłopców

Zmienna	FATP [%]	PMP [%]	BONEP [%]	FFP [%]	TBW [%]
1	2	3	4	5	6
Dziewczynki					
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdP [s]	-0,0739	0,0781	0,0140	0,0745	0,0775
	p=0,561	p=0,540	p=0,913	p=0,559	p=0,542
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdL [s]	-0,0566	0,0644	-0,0280	0,059	0,062
	p=0,657	p=0,613	p=0,826	p=0,643	p=0,626
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami - kdP [s]	-0,1544	0,1599	0,1015	0,1571	0,1578
	p=0,223	p=0,207	p=0,425	p=0,215	p=0,213
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami - kdL [s]	-0,0440	0,0475	0,0113	0,0455	0,0492
	p=0,730	p=0,709	p=0,929	p=0,721	p=0,699
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdP [s]	-0,0764	0,0813	-0,0105	0,0760	0,0754
	p=0,549	p=0,523	p=0,935	p=0,550	p=0,554
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdL [s]	-0,0683	0,0737	-0,0029	0,0693	0,0697
	p=0,592	p=0,563	p=0,260	p=0,586	p=0,584
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami - kdP [s]	-0,1442	0,1439	0,1430	0,1446	0,1423
	p=0,255	p=0,257	p=0,260	p=0,254	p=0,262
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami - kdL [s]	-0,1008	0,1010	0,0896	0,1008	0,0989
	p=0,428	p=0,427	p=0,481	p=0,428	p=0,437
Chłopcy					
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdP [s]	-0,2346	0,2444	0,0875	0,2342	0,2297
	p=0,101	p=0,087	p=0,546	p=0,102	p=0,109
Stanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami - kdL [s]	-0,2316	0,2450	0,0388	0,2313	0,2298
	p=0,106	p=0,86	p=0,789	p=0,106	p=0,108

1	2	3	4	5	6
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdP [s]	-0,0018	0,0134	-0,1206	0,0038	0,0022
	p=0,990	p=0,926	p=0,404	p=0,979	p=0,988
Stanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdL [s]	-0,1737	0,1827	0,0451	0,1736	0,1747
	p=0,228	p=0,204	p=0,756	p=0,228	p=0,225
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdP [s]	-0,009	0,0182	-0,1084	0,0092	0,0083
	p=0,951	p=0,900	p=0,454	p=0,950	p=0,954
Skakanie na jednej kończynie dolnej z otwartymi oczami – kdL [s]	0,0251	-0,0143	-0,1464	-0,0239	-0,0245
	p=0,862	p=0,921	p=0,310	p=0,869	p=0,866
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdP [s]	-0,112	0,1269	-0,0599	0,114	0,1129
	p=0,439	p=0,380	p=0,679	p=0,430	p=0,435
Skakanie na jednej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami – kdL [s]	-0,014	0,0280	-0,1380	0,0162	0,0152
	p=0,923	p=0,847	p=0,339	p=0,911	p=0,917

kdP – kończyna dolna prawa; kdL – kończyna dolna lewa; FATP – tkanka tłuszczowa [%]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; BONEP – masa minerałów kostnych ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; TBW – całkowita zawartość wody [%]

Analiza zależności symetrii obciążania kończyn dolnych od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych

Zarówno w przypadku dziewcząt, jak i chłopców nie wykazano zależności między wskaźnikiem symetryczności a wiekiem, masą czy wysokością ciała (tab. 8).

Tabela 8. Występowanie zależności między wskaźnikiem symetryczności a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u dziewczynek i chłopców

Zmienna	Wiek [lat]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
Wskaźnik symetryczności u dziewcząt	0,1608	0,1755	0,1005
	p=0,204	p=0,165	p=0,429
Wskaźnik symetryczności u chłopców	0,0317	0,1414	0,1930
	p=0,827	p=0,327	p=0,179

Analiza zależności symetrii obciążania kończyn dolnych od składu masy ciała

Ostatnim etapem było zbadanie, czy występuje zależność między symetrią obciążenia kończyn dolnych a składem masy ciała. Podobnie jak

w przypadku poprzednich zależności analizujących wpływ składu masy ciała, grupę badaną podzielono ze względu na płeć. Analiza wykazała, że ani u chłopców, ani u dziewcząt nie występują korelacje między tymi analizowanymi parametrami ($p > 0,05$) (tab. 9).

Tabela 9. Występowanie zależności między wskaźnikiem równowagi a składem masy ciała u dziewczynek i chłopców

Zmienna	FATP [%]	PMP [%]	BONEP [%]	FFP [%]	TBW [%]
Wskaźnik symetryczności u dziewcząt	0,1079	-0,1109	-0,0878	-0,1101	-0,1092
	p=0,396	p=0,383	p=0,490	p=0,387	p=0,390
Wskaźnik symetryczności u chłopców	0,0239	-0,019	-0,0550	-0,0217	-0,0361
	p=0,869	p=0,869	p=0,704	p=0,881	p=0,857

FATP – tkanka tłuszczowa [%]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; BONEP – masa minerałów kostnych ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; TBW – całkowita zawartość wody [%]

Dyskusja

Równowaga jest czynnikiem istotnie wpływającym na poziom funkcjonowania w życiu codziennym oraz na stan samodzielności. Jest to zdolność, którą człowiek może rozwijać i udoskonalać w ciągu całego swojego życia. W przypadku wielu zdolności to właśnie okres dziecięcy jest najlepszym czasem na ich kształtowanie. Jednak występują czynniki, które stale oddziałują na stan równowagi w pozytywny lub negatywny sposób. Celem pracy było zbadanie, czy płeć, wiek, wysokość i masa ciała lub jej skład mają wpływ na równowagę dzieci w wieku 7–10 lat. Badania przeprowadzone były na 114 uczniach za pomocą testów równoważnych, opisanych dokładnie w rozdziale „Materiał i metoda”.

Przeprowadzone badania dostarczyły odpowiedzi na postawione pytania badawcze. W analizie statystycznej otrzymano zarówno korelacje dodatnie, jak i ujemne, co świadczy o różnorodnym wpływie wyżej wymienionych czynników na parametry równowagi.

W pierwszym pytaniu analizowano, czy parametry równowagi zależą od wysokości ciała, masy ciała, wieku i płci badanych. W celu uzyskania jak najlepszej oraz najdokładniejszej odpowiedzi na to pytanie trzeba przyjrzeć się występowaniu zależności każdego czynnika z osobna.

Występowanie korelacji między wysokością ciała badanych dzieci a parametrami równowagi różni się pod względem płci. U dziewczynek wysokość ciała miała istotny statystycznie wpływ jedynie w połowie wykonywanych

testów, natomiast u chłopców wszystkie wyniki okazały się istotne. Zarówno wśród dziewcząt, jak i chłopców wyższe osoby osiągały lepsze wyniki, z wyjątkiem stania na kończynie dolnej prawej z zamkniętymi oczami, kiedy to właśnie niższe dziewczynki dłużej były w stanie utrzymać równowagę. Niestety, nie zostały opublikowane badania, które pozwoliłyby na potwierdzenie występowania zależności między wysokością ciała a równowagą u dzieci w wieku wczesnoszkolnym. Można się jedynie odnieść do badań, w których udział brała grupa młodych dorosłych, przeprowadzone przez Kejonen i wsp., gdzie sprawdzano korelacje między tymi czynnikami. Stwierdzono, że wysokość ciała nie ma dużego wpływu na równowagę [45].

Istotną zależność między masą ciała a parametrami równowagi wśród dziewczynek potwierdzono jedynie w próbie stania na lewej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami, natomiast u chłopców w próbach skakania na jednej kończynie dolnej, z wyjątkiem testu na prawej kończynie dolnej z zamkniętymi oczami. Szczuplejsze dziewczynki dłużej stały na prawej dolnej kończynie z zamkniętymi oczami, w pozostałych próbach osiągały gorsze wyniki. We wszystkich przypadkach chłopcy z większą masą ciała wytrzymywali dłużej od rozpoczęcia testu do momentu utraty równowagi.

W 2013 r. Vameghi i wsp. przeprowadzili badania na grupie 400 dzieci w wieku 4–6 lat. Wyniki tych badań pokazują, że dzieci, które posiadają mniejszą masę ciała są w stanie lepiej utrzymać równowagę, w porównaniu do rówieśników z większą masą ciała [46].

Inne badania przeprowadzał w 2007 r. Olivier Hue wraz z zespołem. Sprawdzano wówczas, czy masa ciała wpływa na stan równowagi. Testy wykonywano przy włączonym i wyłączonym zmyśle wzroku. Analiza wykonanych testów, tak jak w przypadku badań Vameghi, wykazała, że większa masa ma negatywny wpływ na czas trwania wykonywanych prób oraz na pojawiające się wychylenia od stabilnej postawy [47]. Niezgodność tych wyników może być spowodowana różnicą wieku badanych grup. Istnieje też możliwość, że badania były wykonywane w innych warunkach lub innych porach, co mogło wpłynąć na różnice między pracami.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że wiek ma wpływ na równowagę dzieci w wieku szkolnym. Badania w tym zakresie w Polsce nie były wykonywane wcześniej na tej samej grupie wiekowej, jednak w 2016 r. Wytrębowicz przeprowadziła testy równoważne stania i skakania na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi i zamkniętymi wśród dzieci w wieku 3–5 lat. W obydwu pracach potwierdza się, że starsze dzieci lepiej utrzymują równowagę. Może się to wiązać z faktem, iż starsze dzieci potrafią w lepszym stopniu skupić się na poleconym im zadaniu, dokładniej je wykonać oraz są bardziej zainteresowane wykonywaniem różnych testów [3].

Badania pokazują, że uczestnicy badania płci żeńskiej uzyskali lepsze wyniki w testach równoważnych, niż uczestnicy płci męskiej. Figura

z zespołem w 1991 r. przeprowadził badania na grupie 90 dzieci w wieku 6–10 lat w celu oceny ich równowagi. Pierwszą rzeczą, jaką zaobserwowano, było to, iż starsze dzieci w lepszym stopniu utrzymują równowagę. Ponadto wyniki potwierdzają, że to dziewczynki, zwłaszcza w wieku 6 i 8 lat, osiągają lepszą równowagę niż chłopcy [48]. To samo stanowisko odnośnie do wpływu wieku i płci badanych można zobaczyć w pracy Morris. W związku z faktem, że obie prace tworzone były kilkadziesiąt lat temu, można stwierdzić, że wiek i płeć są czynnikami, które stale wpływają na równowagę w ten sam sposób [49].

Kolejne pytanie dotyczyło zależności parametrów równowagi oraz składu masy ciała. Badania 114 uczniów szkoły podstawowej w Radymnie nie wykazały istotnych korelacji między parametrami równowagi a składem masy ciała. Pomimo to z wyników badań można wywnioskować, że lepszą równowagę osiągają zarówno chłopcy, jak i dziewczęta z mniejszą zawartością tkanki tłuszczowej oraz większą zawartością tkanki mięśniowej, tkanki beztłuszczowej i większą zawartością wody w organizmie. Jedynie masa minerałów kostnych nie wpływała jednoznacznie ani pozytywnie, ani negatywnie na stan równowagi uczniów biorących udział w badaniach. Co ciekawe, wśród chłopców próba skakania na lewej dolnej kończynie przy oczach otwartych wykazywała odwrotną zależność z wymienionymi wyżej składowymi masy ciała w stosunku do pozostałych, a mianowicie lepsze wyniki osiągnęli chłopcy z większą zawartością tkanki tłuszczowej, ale mniejszą zawartością tkanki mięśniowej, tkanki beztłuszczowej i wody w organizmie.

Wśród opublikowanych badań nie udało się znaleźć takich, które mogłyby potwierdzić lub zaprzeczyć występowaniu zależności pomiędzy wyszczególnionymi składowymi masy ciała a parametrami równowagi u dzieci w wieku szkolnym. Natomiast można odnieść się do artykułu, który w 2000 r. został utworzony przez zespół badawczy McGraw'a. Przedstawiono w nim wyniki badań na temat wpływu zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie na stabilność postawy wśród chłopców w wieku 8–10 lat. Chłopcy, którzy posiadali więcej tkanki tłuszczowej, wykazywali dłuższy czas trwania fazy podwójnego podporu w trakcie chodu w porównaniu do rówieśników z prawidłową masą ciała. Może to sugerować występowanie zaburzeń równowagi [50].

Można także przyjrzeć się badaniom Barańskiej i wsp. Opisany jest tam wpływ otyłości na problemy związane z narządem ruchu wśród grupy chłopców i dziewcząt w wieku 12–18 lat. Badania te wykazały, że osoby, które posiadają większą zawartość tkanki tłuszczowej w przypadku obydwu płci, mają większe problemy z wykonaniem testów fizycznych [51].

Analiza tych artykułów sugeruje zgodność z wcześniej opisanymi wynikami i potwierdza, że większa zawartość tkanki tłuszczowej wpływa negatywnie na zachowanie równowagi.

Następne pytanie brzmiało, czy symetria obciążenia kończyn dolnych zależy od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych. W wynikach badań nie uzyskano istotnych korelacji między równomiernym obciążaniem kończyn dolnych a wymienionymi powyżej współczynnikami. Dzięki analizie statystycznej możemy jednak stwierdzić, że starsze dzieci wypadały w tym teście lepiej. Także osoby, które posiadały większą masę ciała obciążały kończyny dolne bardziej równomiernie. Wyższy wzrost również wpływał na lepszą symetrię obciążania kończyn dolnych zarówno u dziewcząt, jak i chłopców. Uśrednione wyniki obciążania kończyn dolnych wykazały, że w badanej grupie nie występują różnice pod względem płci.

W ostatnim pytaniu zastanawiano się, czy symetria obciążenia kończyn dolnych zależy od składu masy ciała. Analiza wyników badań pokazuje, że zarówno chłopcy, jak i dziewczęta z większą zawartością tkanki tłuszczowej obciążają kończyny dolne bardziej równomiernie. Natomiast uczniowie zarówno płci męskiej, jak i żeńskiej z większą zawartością tkanki mięśniowej, tkanki beztłuszczowej oraz wody i minerałów kostnych wykazywali gorszą symetrię obciążania kończyn dolnych.

Niestety, w dostępnej literaturze nie udało się znaleźć badań w zakresie występowania zależności między wskazanymi wcześniej czynnikami a symetrią obciążania kończyn dolnych u dzieci. Brak również dostępnych powszechnie artykułów, które pozwoliłyby na potwierdzenie lub zanegowanie wyników przeprowadzanych badań.

Fakt ten świadczy o tym, że tematyka symetrii obciążania kończyn dolnych uczniów wczesnoszkolnych nie jest jeszcze popularna wśród naukowców lub badania w tym zakresie są dopiero przeprowadzane. Może być to sygnał dla osób zajmujących się badaniami, aby pójść w tym kierunku i zacząć poszerzać informacje na ten temat. Wiek wczesnoszkolny jest okresem kształtowania się organizmu. Dlatego też wiedza na temat zależności wieku, płci, wysokości, a zwłaszcza masy ciała i jej składu mogą być bardzo istotne w zakresie profilaktyki zdrowotnej lub programowania zajęć w szkołach i poza nimi.

Wnioski

1. Równowaga dzieci zależy od płci i wieku. Osoby płci żeńskiej oraz osoby starsze posiadają lepszą równowagę.
2. Osoby posiadające większą zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie wykazują gorszą równowagę, natomiast te posiadające większą zawartość tkanki beztłuszczowej i wody charakteryzują się lepszymi zdolnościami równoważnymi.

3. Lepszą symetrię obciążenia osiągały osoby starsze, z większą masą ciała, oraz osoby wyższe. Płeć nie ma wpływu na symetrię obciążania kończyn dolnych.
4. Większa zawartość tkanki tłuszczowej wpływa pozytywnie na symetrię obciążania kończyn dolnych.

Piśmiennictwo

1. Kostiukow A, Rostkowska E, Samborski W. Badanie zdolności zachowania równowagi ciała. *Roczniki Pomorskiej Akademii w Szczecinie*. 2009; 55(3): 102–109.
2. Paszko-Patej G, Terlikowski R, Kułak W i wsp. Czynniki wpływające na proces kształtowania równowagi dziecka oraz możliwości jej obiektywnej oceny. *Neurologia Dziecięca*. 20/2011; 41: 121–127.
3. Wytrębowski A. Ocena utrzymania równowagi ciała przez dzieci w wieku 3–5 lat. *Zeszyty Naukowe WSKFiT*. 2016; 11: 35–42.
4. Pisula A. Wpływ zabiegów krioterapii ogólnej i sauny na stabilność postawy ciała. *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych III*. StatSoft Polska 2008: 321–325.
5. Sawicki W. *Histologia*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, wyd. V, 2008: 387.
6. Olejarz P, Olchowik G. Rola dynamicznej posturografii komputerowej w diagnostyce zaburzeń równowagi. *Otorynolaryngologia*. 2011; 10(3): 103–110.
7. Pyda-Dulewicz A, Pepaś R, Śmiechura M, Konopka W. Wybrane zagadnienia zaburzeń układu równowagi wieku dziecięcego – diagnostyka i rehabilitacja. *Otorynolaryngologia*. 2016; 15(1): 16–20.
8. Sobera M. Charakterystyka procesu utrzymania równowagi ciała u dzieci w wieku 2–7 lat. *Studia i Monografie*. AWF, Wrocław 2010.
9. Kantor I, Szlufik S, Kubiczek-Jagielska M, Woźniak M. Kontrowersje diagnostyczne otolaryngologa i neurologa u chorych z zaburzeniami równowagi diagnozowanych w szpitalnych oddziałach ratunkowych. *Otorynolaryngologia*. 2014; 13(1): 17–25.
10. Luxon LM. Evaluation and management of the dizzy patient. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2004; 75(suppl 4): 45–52.
11. Narożny W, Siebert J, Wojtczak R. Epidemiologia zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. *Forum Medycyny Rodzinnej*. 2010; 4(50): 356–365.
12. Błaszczak JW. *Biomechanika kliniczna*. Podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004: 192–194.
13. Kazibutowska Z. Diagnostyka, rokowanie i leczenie w stwardnieniu rozsianym w kontekście zagadnień rehabilitacji. *Polski Przegląd Neurologiczny*. 2008; 4: 46–47.
14. Narożny W. Leczenie zawrotów głowy i zaburzeń równowagi u dzieci. *Otorynolaryngologia*. 2015; 14(4): 208–214.
15. Nowotny J, Czupryna K, Domagalska M. Aktualne podejście do rehabilitacji dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Neurologia Dziecięca*. 18/2009: 53–60.
16. Kuczyński M, Podbielska LM, Bieć D i wsp. Podstawy oceny równowagi ciała: czyli co, w jaki sposób i dlaczego powinniśmy mierzyć? *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*. 2012; 18(4): 243–249.
17. Zmysłowska-Szmytko E, Śliwińska-Kowalska M. Badania układu równowagi dla potrzeb medycyny pracy. *Otorynolaryngologia*. 2012; 11(4): 139–145.
18. Rogula S, Zmysłowska-Szmytko E. Przegląd skal i testów dla oceny czynnościowej pacjenta z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi. *Otorynolaryngologia*. 2015; 14(3): 141–149.

19. Borowicz AM. Problem upadków u osób starszych. *Kinezyterapia*. 2/2014: 21–26.
20. Herman T, Inbar-Borovsky N, Brozgol M i wsp. The Dynamic Gait Index in healthy older adults: The role of stairclimbing, fear of falling and gender. *Gait & Posture* 2009; 29: 237–241.
21. Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Properties of the 'Timed Up and Go' Test: More than Meets the Eye. *Gerontology*. 2011; 57: 203–210.
22. Hantke A, Michnik R, Jurkojc J i wsp. Badania stabilograficzne gimnastyczek sportowych. *Aktualne Problemy Biomechaniki*. 2012; 6: 37–42.
23. Siekański K. Rozwiązanie konstrukcyjne platformy stabilometrycznej do oceny i re-educacji propriocepcji oraz kontroli nerwowo-mięśniowej układu ruchu człowieka. *Aktualne Problemy Biomechaniki*. 2008; 2: 147–150.
24. Cultrera P, Pratelli E, Petrai V, et al. Evaluation with stabilometric platform of balance disorders in osteoporosis patients. A proposal for a diagnostics protocol. *Clin Cases Miner Bone Metab*. 2010; 7(2): 123–125.
25. Strzecha M, Knapik H, Barnaowski P, Pasiak J. Stabilność i symetria obciążania kończyn dolnych w badaniu dwuplatformową wagą stabilograficzną; http://www.cq.com.pl/publika_cja_stabilnosc_i_symetria_obciazania_konczyn_dolnych.html.
26. Tamburella F, Scivoletto G, Iosa M, Molinari M. Reliability, validity, and effectiveness of center of pressure parameters in assessing stabilometric platform in subjects with incomplete spinal cord injury: a serial cross-sectional study. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*. 2014. <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-86>.
27. Zabel M. *Histologia*. Podręcznik dla studentów medycyny i stomatologii. Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, 2013: 63.
28. Fraser JK, Wulur I, Alfonso Z, Hedrick MH. Fat tissue: an underappreciated source of stem cells for biotechnology; <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2006.01.010>.
29. Tchkonja T, Morbeck DE, et al. Fatt issue: aging, and cellular senescence. *Ageing Cell*. 2010; 9: 667–684.
30. Wajchenberg BL. Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue: Their Relation to the Metabolic Syndrome. *Endocrine Reviews* 2000; 21(6): 697–738; <https://doi.org/10.1210/edrv.21.6.0415>.
31. Noori N, Kovesdy CP, Bross R, Lee M, et al. Novel Equations to Estimate Lean Body Mass in Maintenance Hemodialysis Patients; <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2010.10.003>.
32. Wells JCK, Williams JE, Chomtho S, et al. Pediatric reference data for Lean tissue properties: density and hydration from age 5 to 20. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2010; 91(3): 610–618.
33. Kurpiewska E, Sadzińska E, Wedman A. Skuteczność masażu w redukcji cellulitu. *Studentkie Zeszyty Naukowe. Kosmetologia*. 2016; 1(1): 119–136.
34. Jarosz M, Szponar L, Rychlik E, Wierzejska R. Woda i elektrolity. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. POL-HEALTH. Instytut Żywności i Żywienia 2012.
35. Wang Z, Heshka S, Pietrobelli A, et al. A new total body potassium method to estimate total body skeletal muscle mass in children. *The Journal of Nutrition*. 2007; 37(8): 1988–1991.
36. Shafiee G, Ostovar A, Heshmat A, et al. Appendicular Skeletal Muscle Mass Reference Values and the Peak Muscle Mass to Identify Sarcopenia among Iranian Healthy Population. *International Journal of Preventive Medicine*. 2018: 1–6.
37. Kopiczko A, Cieplińska J. Zaniżona gęstość kości oraz niedobory witaminy D i wapnia. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2013; 9(1): 8–13.
38. Kopiczko A, Cieplińska J. Gęstość mineralna kości oraz sposób żywienia i stan odżywienia studentek i studentów fizjoterapii. *Folia Pomer Univ Technol Stetin Agric Aliment Pisc Zootech*. 2014; 310(30): 55–66.

39. Jakubowska-Pietkiewicz E, Prochowska A, Fendler W, Szadkowska A. Porównanie metod pomiaru odsetka tkanki tłuszczowej u dzieci. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism*. 2009; 15(4): 246–250.
40. Dzygadło B, Łepecka-Klusek B, Pilewski B. Wykorzystanie analizy impedancji bioelektrycznej w profilaktyce i leczeniu nadwagi otyłości. *Probl Hig Epidemiol*. 2012; 93(2): 274–280.
41. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2008; 11(5): 566–572.
42. Lewitt A, Madro E, Krupienicz A. Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2007; 2(4): 79–84.
43. Major-Gołuch A, Miazgowski T, Krzyżanowska-Świniarska B i wsp. Porównanie pomiarów masy tłuszczu u młodych zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała za pomocą impedancji bioelektrycznej i densytometrii. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2010; 6(4): 189–195.
44. Wąsowski M, Walicka M, Marcinowska-Suchowierska E. Otyłość – definicja, epidemiologia, patogeneza. *Borgis – Postępy Nauk Medycznych*. 2013; 4: 301–306.
45. Pirjo K, Kauranen K, Vanharanta H. The Relationship Between Anthropometric Factors and Body-Balancing Movements in Postural Balance. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84.
46. Vameghi R, Shams A, Shamsipour Dehkordi P. The effect of age, sex and obesity on fundamental motor skills among 4 to 6 years-old children. *Pak J Med Sci*. 2013; 29(2): 586–589.
47. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, Berrigan F, et al. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture*. 2007; 26(1): 32–38.
48. Figura F, Cama G, Capranica L, et al. Assessment of static balance in children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1991; 31(2).
49. Morris A, Williams J, Atwater A, Wilmore J. Age and sex differences in motor performance of 3 through 6 years old children. *Res Quart Exer Sport*. 1982; 53: 214–221.
50. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, et al. Gait and postural stability in obese and non-obese prepubertal boys. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000; 81(4): 484–489.
51. Barańska E, Gajewska E, Sobieska M. Otyłość i wynikające z niej problemy narządu ruchu a sprawność motoryczną dziewcząt i chłopców z nadwagą i otyłością prostą. *Nowiny Lekarskie*. 2012; 81(4): 337–341.