

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. BRONISŁAWA CZECHA
W KRAKOWIE



Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr Kamila Maj

studia doktoranckie

ZWIĄZKI POZIOMU STABILNOŚCI POSTURALNEJ
Z WYBRANYMI ZDOLNOŚCIAMI MOTORYCZNYMI
U DZIECI W WIEKU 7–10 LAT

Promotor pracy:
dr hab. Dariusz Tchórzewski, prof. AWF w Krakowie

Kraków 2023

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania mojemu promotorowi dr hab. Dariuszowi Tchórzewskiemu, prof. AWF za dużą wyrozumiałość, wsparcie merytoryczne i cenne wskazówki na każdym etapie pracy.

Dziękuję całemu Zakładowi Sportów Zimowych oraz dr Januszowi Brudeckiemu za ogromne wsparcie oraz za możliwość bycia członkiem zespołu badawczego w latach 2015-2020.

Chciałabym w tym miejscu szczególnie podziękować moim Rodzicom i Przyjaciółom, dzięki którym realizuje zamierzone cele i spełniam marzenia.

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	5
1.1. RÓWNOWAGA I STABILNOŚĆ POSTURALNA CZŁOWIEKA.....	5
1.2. ROZWÓJ KONTROLI POSTURALNEJ DZIECI.....	7
1.3. ROZWÓJ ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH DZIECI W WIEKU 7-10 LAT.....	9
2. PROBLEMATYKA BADAŃ	12
2.1. UZASADNIENIE WYBORU TEMATU.....	12
2.2. CEL BADAŃ.....	15
2.3. PYTANIA BADAWCZE.....	15
3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ	16
3.1. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH.....	16
3.2. APARATURA BADAWCZA.....	16
3.3. PRZEBIEG BADAŃ.....	19
3.4. METODY I NARZĘDZIA ANALIZY STATYSTYCZNEJ.....	21
4. WYNIKI	23
4.1. ZMIANY POZIOMU STABILNOŚCI POSTURALNEJ I ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH U DZIECI W WIEKU OD 7 DO 10 LAT.....	23
4.2. RELACJE MIAR STABILNOŚCI POSTURALNEJ Z WYNIKAMI PRÓB WYBRANYCH ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH.....	26
4.2.1. Równowaga w warunkach statycznych.....	27
4.2.2. Równowaga w warunkach dynamicznych.....	51
4.3. WPŁYW BUDOWY SOMATYCZNEJ NA RELACJE POMIĘDZY PRÓBAMI RÓWNOWAŻNYMI I MOTORYCZNYMI.....	64
4.3.1. Relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi w zależności od wartości wskaźnika bmi.....	64
4.3.2. Relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi w zależności od wartości wskaźnika manouvier'a.....	70
4.4. IŁOŚCIOWE UJĘCIE ZWIĄZKÓW POMIĘDZY WYNIKAMI PRÓB MOTORYCZNYCH A MIARAMI RÓWNOWAGI POSTURALNEJ W WARUNKACH STATYCZNYCH I DYNAMICZNYCH U DZIECI W WIEKU 7-10 LAT.....	73
5. DYSKUSJA	77
5.1. RELACJE MIAR STABILNOŚCI POSTURALNEJ Z WYNIKAMI PRÓB WYBRANYCH ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH.....	77
5.2. WPŁYW BUDOWY SOMATYCZNEJ NA RELACJE POMIĘDZY PRÓBAMI RÓWNOWAŻNYMI I MOTORYCZNYMI.....	78
5.3. IŁOŚCIOWE UJĘCIE ZWIĄZKÓW POMIĘDZY WYNIKAMI PRÓB MOTORYCZNYCH A MIARAMI RÓWNOWAGI POSTURALNEJ W WARUNKACH STATYCZNYCH I DYNAMICZNYCH U DZIECI W WIEKU 7-10 LAT.....	83
6. WNIOSKI	88
PIŚMIENNICTWO	89
STRESZCZENIE	97
SUMMARY	101
SPIS TABEL	105
SPIS RYCIN	105
ANEKS	108

WYKAZ SKRÓTÓW

ogólne:

- BMI — wskaźnik wagowo- wzrostowy;
COG — środek ciężkości;
COM — środek masy;
COP — środek nacisku;
FMS — podstawowe umiejętności motoryczne;
KZM — koordynacyjne zdolności motoryczne;
OUN — ośrodkowy układ nerwowy;
WHR — iloraz obwodu talii [cm] do obwodu bioder [cm];
WM — wskaźnik Manouvrier'a;
VO₂max — poziom maksymalnego poboru tlenu;
♂ — chłopcy;
♀ — dziewczęta

statystyczne:

- F/p — analiza wariancji / poziom istotności;
N — wielkość próby;
 \bar{x} — średnia;
SD — odchylenie standardowe;
p — poziom istotności;
r — współczynnik korelacji Pearsona;
r_{ICC} — współczynnik korelacji wewnątrzklasowej;
R² — współczynnik determinacji;
R — współczynnik korelacji kanonicznej.

platforma stabilograficzna dwupłytkowa:

- MA — średni zakres COP [mm];
MV — średnia prędkość przemieszczeń COP [mm/s];
SA — pole powierzchni przemieszczeń COP [mm²];
SP — długość statokinezyjogramu zakreślonego przez COP [mm].

platforma balansowa:

- CW — czas wyjścia [s];
IS — indeks stabilności;
MCW — maksymalny czas wyjścia [s];
PC — powierzchnia całkowita [°s];
PW — powierzchnia wyjścia [°s].

1. WPROWADZENIE

1.1. Równowaga i stabilność posturalna człowieka

Utrzymywanie stabilnej postawy dla zdrowego człowieka zdaje się być umiejętnością tak oczywistą, że w gruncie rzeczy niezauważalną, nie wymagającą zastanowienia ani wysiłku (Kasperczyk 2004; Król i wsp. 2012; Souchard 2014). Pionowa postawa oraz wielosegmentowa budowa ciała przy względnie małej powierzchni podparcia (wielkość stóp) oraz wysoko położonym środku jego masy (COM) powoduje, że ludzkie ciało jest niestabilne i wymaga ciągłej kontroli położenia oraz odpowiedniej korekty mięśniowej (Winter i wsp. 1990, Winter 1995; Golema 2003; Błaszczuk i wsp. 2005; Bober i Zawadzki 2006; Paszko-Patej i wsp. 2014; Kovacikova i wsp. 2015).

Każda aktywność ruchowa ze względu na zmiany położenia COM oraz napięcia mięśni posturalnych wiąże się z jej destabilizacją co sprawia, że ciało ulega nieustannym minimalnym kołysaniom we wszystkich płaszczyznach ruchu. Możemy kontrolować swoją pozycję pionową poprzez niewielkie przemieszczenia segmentów ciała. Jest to związane z aktywnością mięśni, głównie działających wokół stawu skokowego oraz biodrowego. Dlatego w stanie swobodnym ciało człowieka porównuje się do modelu wahadła odwróconego, którego punkt obrotu znajduje się w stawie skokowym (Winter 1995, Winter i wsp. 2001; Golema 2003; Zagrobelny i Woźniewski 2007; Asai i wsp. 2009; Winter 2009; Vlutters i wsp. 2015; Sakanaka i wsp. 2021).

Równowaga ma fundamentalne znaczenie dla skutecznego zachowania motorycznego człowieka przede wszystkim dlatego, że jest niezbędna do utrzymania spionizowanej pozycji oraz wykonywania ruchów dowolnych (Raczek i wsp. 2002; Waśkiewicz 2002; Palmieri i wsp. 2002; Juras 2003; Chiari i Cappello 2005; Riley i wsp. 2005; Gribble i wsp. 2012; Raczek 2010; Ljach i Witkowski 2011). Dokonuje się jej podziału na dwa rodzaje: statyczną i dynamiczną. Statyczna ogranicza się do utrzymania wyprostowanej postawy przy braku dynamicznych ruchów jego częściami czy destabilizujących czynników zewnętrznych oraz przy zachowaniu stabilnego podłoża. Równowaga dynamiczna to zdolność do kontroli pozycji, podczas wykonywania czynności, w której człowiek świadomie wychyla się ze stanu równowagi lub gdy na ciało działają destabilizujące czynniki zewnętrzne (Golema 2003; Błaszczuk 2004; Goliwias i wsp. 2017).

Utrzymanie równowagi zapewnia regulator — układ nerwowy. Ciało człowieka jest obiektem regulacji, które zachowuje chwilową równowagę w oparciu o informacje pochodzące z trzech wejść sensorycznych: układu przedsionkowego (błędnika); narządu wzroku oraz

układu proprioceptywnego (proprioceptorów i mechanoreceptorów) (Shumway-Cook i Woollacott 2007; Wojciechowska-Maszkowska 2007; Iwasaki i Yamasoba 2015; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018). Odbierane sygnały sensoryczne poprzez drogi aferentne docierają do ośrodkowego układu nerwowego (OUN), do ośrodków czuciowych mózgu, gdzie są przekazywane do mózdzku, który przetwarza otrzymane sygnały. Kontrola układu ruchu następuje poprzez wysłanie odpowiednich impulsów nerwowych, które docierają do narządów efektorowych, umożliwiając uaktywnienie odpowiednich mechanizmów korygujących niezbędnych do utrzymywania równowagi i umiejscowienia ciała w przestrzeni (Juras 2003; Held-Ziółkowska 2006; Paszko-Patej i wsp. 2011; Wareńczak-Wysocka 2016). Do zadań układu kontroli utrzymywania równowagi należy informowanie o pozycji w przestrzeni, zmianach kierunku czy prędkości ruchu, jak również zapobieganie upadkom (Held-Ziółkowska 2006; Paszko-Patej i wsp. 2011).

Stabilność to zdolność do odzyskiwania stanu równowagi. Jest najważniejszym wyznacznikiem przywracania prawidłowej pozycji ciała, która została utracona na skutek działania czynników destabilizujących (Błaszczuk 2004). Wykonywanie ruchów dowolnych wymusza uruchomienie mechanizmów kontrolujących postawę, które zapewniają utrzymywanie równowagi (Massion i wsp. 2004). Pierwszym mechanizmem pozwalającym utrzymać stabilną pozycję jest strategia stawu skokowego, która jest skuteczna dla niewielkich zakłóceń równowagi. Przy zmniejszonej powierzchni podparcia lub przy szybszym przesuwaniu się podłoża uruchamiana jest strategia stawu biodrowego (Błaszczuk i Czerwos 2005; Held-Ziółkowska 2006). Występuje również trzecia – strategia kroku (Nasher 1993), która aktywuje się przy znacznym wychyleniu COM poza obszar stabilności lub w wyniku działania silnego czynnika destabilizującego.

Stabilizacja postawy polega na zminimalizowaniu kołysania ciała. Dzieli się na czynną i bierną. Czynna odbywa się poprzez napięcie odpowiednich mięśni, które działają antagonistycznie do siły destabilizującej. Bierna złożona jest z trzech elementów. Pierwszym jest budowa szkieletu, zapewniająca ograniczenie ruchu poprzez ukształtowanie elementów kostno-stawowych. Drugim jest optymalne napięcie i obciążenie układu więzadłowo-torebkowego. Musi być ono na tyle duże, by nie zużyć zbyt dużo energii na napięcie mięśni posturalnych, a na tyle małe, by nie dochodziło do przeciążeń biernych struktur szkieletu. Trzeci to równowaga mechaniczna, która zapewnia równoważenie się środków ciężkości wszystkich segmentów ciała, w wyniku czego środek ciężkości (COG) powinien znajdować się w anatomicznych granicach obszaru podparcia tj. pole powierzchni przylegania stóp do podłoża

i obszaru pomiędzy nimi (Kejonen 2002; Błaszczyk 2004; Kasperczyk 2004; Błaszczyk i Czerwos 2005).

Ocena poziomu kontroli równowagi wykonywana jest z pomocą testów motorycznych lub aparaturowych. Testy równoważne to m.in.: skala Berga, test Tinnetiego, test Up&Go, Functional Reach Test, Pivot Test. Obiektywne metody diagnostyczne wykorzystują platformy stabilograficzne lub balansowe, które umożliwiają szczegółową analizę parametrów równowagi. Do najbardziej zaawansowanych metod zalicza się komputerową posturografię dynamiczną na urządzeniu Equitest (Schott 2011).

Analiza procesu utrzymywania równowagi ciała za pomocą testów motorycznych i platform, pozwala na określenie poziomu stabilności posturalnej badanych. Jest ona niezbędna do ustalenia norm dla danej grupy wiekowej, czyli określenia prawidłowości i nieprawidłowości w ontogenezie oraz do opracowania programów ćwiczeń i terapii dla dzieci z zaburzeniami równowagi (Prętkiewicz-Abacjew 2002).

1.2. Rozwój kontroli posturalnej dzieci

Kontrola posturalna jest ważnym wskaźnikiem prawidłowego rozwoju dziecka (Bourelle i wsp. 2017; Deschamps i wsp. 2017; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018). Zdolność do jej utrzymania podczas ruchu rozwija się od pierwszych miesięcy życia, ostatecznie prowadząc do uzyskania wyprostowanej postawy ciała (Barela i wsp. 2003; Assaiante i wsp. 2005; Cumberworth i wsp. 2007; Ferber-Viartl i wsp. 2007; Charpiot i wsp. 2009; Dusing i wsp. 2016; Verbecue i wsp. 2016; Bourelle i wsp. 2017; Deschamps i wsp. 2017; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018; Hadders-Algra 2018; Kakebeeke i wsp. 2019).

Osiągnięcie samodzielnej postawy dwunożnej przypada na pierwszy rok życia. Dzieci w wieku 2-6 lat charakteryzują się egzocentryczną strategią kontroli postawy, w której położenie i ruchy tułowia są układem odniesienia w stabilizacji całego ciała w trakcie chodu (Roncesvalles i wsp. 2005; Sobera 2010). Dla dzieci w tym wieku głowa, kończyny górne i tułów są postrzegane jako jedność. Przemieszczanie całego segmentu dostosowują do bieżącej potrzeby utrzymania równowagi. W wyniku zwiększonej aktywności i kształtowania umiejętności kontroli postawy, zakres wychwiał COP zwiększa się wraz ze stale rosnącą prędkością i częstotliwością. W wieku 7 lat parametry stabilności posturalnej stopniowo ulegają poprawie (Rival i wsp. 2005). W okresie wczesnoszkolnym (7-10 lat) następuje zmiana kontroli utrzymywania równowagi posturalnej, ze strategii tułowia na strategię stabilizacji głowy, co pozwala na niezależne poruszanie poszczególnymi częściami ciała. Proces ten zależy od stopnia rozwoju układu nerwowego i mięśniowego.

Integracja sygnałów struktur sensorycznych (błędnika, narządu wzroku, proprioceptorów i mechanoreceptorów) kształtuje się z wiekiem (Watanabe 1979; Roncesvalles i wsp. 2005; Peterson i wsp. 2006; Steindl i wsp. 2006; Cumberworth i wsp. 2007; Sobera 2010; Wilczyński i Ślężyński 2016; Dos Santos Cardoso de Sa i wsp. 2018). Dzieci do 4 roku życia w kontroli postawy ciała wykorzystują głównie bodźce proprioceptywne (Steindl i wsp. 2006). Cumberworth i wsp. (2007) oraz Dos Santos Cardoso i wsp. (2018) zauważyli, że do 5 roku życia dominuje układ wzrokowy, następnie czuciowy, a na końcu przedsionkowy, by w wieku 9 lat osiągnąć dojrzałość funkcjonalną w zakresie integracji wszystkich sygnałów sensorycznych. Inni autorzy stwierdzili, że 12-letnie dzieci mają w pełni wykształconą zdolność do kontrolowania pozycji stojącej za pomocą bodźców wzrokowych i przedsionkowych (Roncesvalles i wsp. 2005; Peterson i wsp. 2006; Sobera 2010). Jednak według Wilczyńskiego i Ślężyńskiego (2016) proces ten kształtuje się w pełni dopiero w wieku 15-16 lat.

Integracja struktur sensorycznych wraz z rozwojem biologicznym dzieci prowadzi do kształtowania stabilności. Watanabe (1979) prowadził badania w grupie 2000 osób — dzieci w wieku 4-12 lat oraz dorosłych, polegające na staniu na ruchomej platformie. Stwierdził, że zdolność do utrzymania równowagi poprawiała się z wiekiem, a pełną dojrzałość funkcjonalną osiągały dzieci w wieku 12 lat. Orendorz-Fraćzkowska i Kubacka (2020) analizowały rozwój kontroli posturalnej u zdrowych dzieci w wieku 6-17 lat. Badanych podzielono na 6 grup wiekowych, a każdą z nich poddano pomiarom testem posturograficznym mCTSIB na urządzeniu NeuroCom. Wykazano systematyczną poprawę równowagi wraz z wiekiem, a otrzymane wyniki potwierdziły badania innych autorów (Kirshenbaum i wsp. 2001; Assaiante i wsp. 2005; Nolan i wsp. 2005; Rival i wsp. 2005; Steindl i wsp. 2006; Charpiot i wsp. 2009; Cumberworth i wsp. 2007; Ferber-Viart i wsp. 2007; Mickle i wsp. 2011; Verbecue i wsp. 2016; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018; Hadders-Algra 2018). Należy zwrócić uwagę, że rozwój kontroli równowagi nie jest u dzieci liniowy. W grupie 6-7 latków poziom stabilności się obniża, by następnie wzrosnąć po 7 roku życia oraz w wieku 12-13 lat (Orendorz-Fraćzkowska i Kubacka 2020). Przedział wiekowy, w którym odnotowano znaczną poprawę kontroli postawy u dzieci jest różny w zależności od badanej grupy i przyjętej metodologii (Kirshenbaum i wsp. 2001; Rival i wsp. 2005; Schmid i wsp. 2005; Bourelle i wsp. 2017). Według Baumbergera i wsp. (2004) okres intensywnego wzrostu poziomu stabilności przypada na wiek 8-10 lat, a Schmid i wsp. (2005) podają przedział między 7 a 11 rokiem życia. Dos Santos Cardoso i wsp. (2018) stwierdzili poprawę stabilności posturalnej między 5 a 7 rokiem życia. W trakcie intensywnego rozwoju kontroli utrzymywania równowagi wraz z wiekiem

badanych zauważono, że dziewczęta w prezentowanych wynikach mają lepszą stabilność posturalną niż chłopcy (Nolan i wsp. 2005; Steindl i wsp. 2006; Mickle i wsp. 2011).

Okres dojrzewania (skok pokwitaniowy) rozpoczyna się u dziewcząt w momencie pierwszej miesiączki (menarche), a u chłopców występuje później, zazwyczaj między 12 a 15 rokiem życia. Charakteryzuje się wzmożoną dynamiką zmian w organizmie zarówno u dziewcząt, jak i u chłopców, co może mieć negatywny wpływ na zdolność zachowania równowagi (Sobera 2010). W tym okresie możliwe jest osłabienie stabilności posturalnej na tle neurohormonalnym, a późniejszy etap rozwoju dzieci cechuje się już prawidłową postawą i stabilną sylwetką (Błaszczuk i Czerwosz 2005).

1.3. Rozwój zdolności motorycznych dzieci w wieku 7-10 lat

Motoryczność jest uwarunkowana czynnikami genetycznymi, środowiskowymi i morfologicznymi, a badania pozwalają określić jej poziom oraz wpływ poszczególnych czynników na wyniki osiągane w testach. Zdolności motoryczne podzielono na kondycyjne (energetyczne) i koordynacyjne (KZM) (Osiński 2018). Według Raczka (2003) gibkość jest predyspozycją, która stanowi odrębną grupę tak zwanych zdolności hybrydowych. Zdolności kondycyjne uwarunkowane są procesami energetycznymi, które umownie dzieli się na siłowe, szybkościowe i wytrzymałościowe. KZM są uwarunkowane procesami sterowania i regulacji ruchu, w których znajdują się zdolności: kinestetycznego różnicowania; zachowania równowagi; szybkiej reakcji motorycznej; dostosowania motorycznego; orientacji czasowo-przestrzennej; sprzężenia, rytmizacji i wysokiej częstotliwości ruchów (Osiński 2018). Zdolności o podłożu energetycznym są podatne na trening w późniejszych okresach ontogenezy, natomiast optymalny etap kształtowania zdolności koordynacyjnych kończy się wraz z pojawieniem się pierwszych symptomów dojrzewania, które mogą czasowo zaburzyć lub zahamować ich rozwój (Osiński 2003, 2018; Sobera 2010).

Poziom rozwoju sprawności motorycznej określa się za pomocą testów i prób motorycznych. Na świecie jest ponad 15 baterii testów, a najpopularniejsze z nich to Test Międzynarodowy, Eurofit oraz Fitnessgram (Ortega i wsp. 2008; Cvejić i wsp. 2013; Popowczak i wsp. 2013).

Kształtowanie zdolności motorycznych u dzieci związane jest z ich naturalnym rozwojem fizycznym i emocjonalnym (Osiński 2018). Podczas wykonywania nowych zadań motorycznych istnieje większe zapotrzebowanie na funkcje poznawcze i skupienie uwagi. Powtarzanie ćwiczeń prowadzi do automatyzacji, co skutkuje świadomym wykonywaniem zadania, zmniejszając przy tym korzystanie z zasobów poznawczych (Floyer-Lea i Matthews

2004; Cameron i wsp 2012). Relacje między zdolnościami motorycznymi a funkcjami wykonawczymi są coraz częściej przedmiotem licznych analiz (Ahnert i wsp. 2009; Kim i wsp. 2018; McClelland i Cameron 2019).

Okres wczesnoszkolny (7-10 lat) charakteryzuje się dynamicznym rozwojem zdolności motorycznych (Malina i wsp. 2004; Migasiewicz 2006; Suchomel 2006; Rużbarská i Turek 2007; De Miguel-Etayo i wsp. 2014; Rocznik i wsp. 2015; Osiński 2018), których ocena za pomocą testów sprawnościowych, pośrednio świadczy także o stanie zdrowia dzieci i młodzieży (Pośpiech i wsp. 2008; Ruiz i wsp. 2009; Morano i wsp. 2014). Dzieci w tym wieku zdobywają wiele nowych umiejętności, takich jak biegi, rzuty, skoki oraz precyzyjne ruchy manipulacyjne. Chłopcy dominują w czynnościach ruchowych wykorzystujących: siłę eksplozywną kończyn górnych i dolnych, szybkość, wytrzymałość, a dziewczęta charakteryzują się wyższym poziomem równowagi oraz gibkością (Malina i wsp. 2004; Suchomel 2006; Rużbarská i Turek 2007; De Miguel-Etayo i wsp. 2014).

Zdolności siłowe uwarunkowane są wiekiem i płcią, jak również cechami osobniczymi np. typem budowy ciała, czy rodzajem aktywności ruchowej. Między 7,5–12,5 rokiem życia rozwój siły mięśniowej jest zbliżony u dziewcząt i chłopców (Migasiewicz 2006). Skok pokwitaniowy to moment, w którym uwidacznia się nieznaczna tendencja wzrostowa siły u chłopców (Osiński 2018). Według Rocznik i wsp. (2015) zdolności szybkościowe rozwijają się intensywnie u dzieci w wieku 8–12 lat. Osiński (2018) wskazuje na największy przyrost szybkości pomiędzy 7 a 10 rokiem życia. Wytrzymałościowe zdolności najmocniej kształtują się w wieku 6-10 lat. Poziom maksymalnego poboru tlenu (VO_2max) intensywnie wzrasta u dzieci w tym okresie, a dysproporcje w poziomie wytrzymałości między chłopcami i dziewczętami zauważa się już w wieku 7 lat. Po 13. roku życia przewaga poziomu VO_2max u chłopców stale rośnie (Osiński 2018). Najintensywniejszy rozwój zdolności koordynacyjnych przypada na okres 8-12 lat, a w pełni wykształtowane są one w wieku 15-16 lat (Rocznik i wsp. 2015; Osiński 2018). Równowaga jest składową koordynacyjnych zdolności motorycznych, a proces kształtowania tej zdolności u dzieci został opisany we wcześniejszym rozdziale.

W wieku 7-10 lat dynamicznie rozwijają się układy: nerwowy i mięśniowy, które są kluczowe w utrzymywaniu stabilnej postawy oraz kształtowaniu wszystkich zdolności motorycznych (Osiński 2018). Dzieci w tym okresie mają większą motywację do podejmowania wszelakich aktywności, w tym ćwiczeń równowagi. Są w stanie lepiej wykorzystywać nabyte umiejętności motoryczne, co umożliwia im skuteczne utrzymanie stabilności posturalnej. Stwierdzono, że poziom zdolności motorycznych jest silnie związany

z aktywnością fizyczną, co wpływa na ogólną sprawność i zdrowie (Janssen i LeBlanc 2010; D'Hondt E i wsp.2011; Chen i Housner 2013; Laguna i wsp. 2013; Ueno i wsp. 2013; Gontarev i Ruzdija 2014; Kumar i wsp. 2015). W ostatnich latach u dzieci obserwuje się obniżanie poziomu zdolności motorycznych, spowodowane m.in. niechęcią do podejmowania aktywności fizycznej. To zjawisko jest bardzo powszechne i występuje u dzieci na całym świecie (Moreira i wsp. 2019), dlatego wdrażanie odpowiednich programów zajęć sportowych czy podejmowanej aktywności fizycznej oraz monitorowanie poziomu sprawności dzieci może znacznie wpłynąć na prawidłowy rozwój zdolności motorycznych, w tym zdolność zachowania równowagi (Popović i wsp. 2020). Badanie relacji pomiędzy zdolnościami motorycznymi a stabilnością posturalną może być pomocne z punktu widzenia poznawczego, jak i aplikacyjnego.

2. PROBLEMATYKA BADAŃ

2.1. Uzasadnienie wyboru tematu

Rozwój stabilności posturalnej dzieci i młodzieży jest szeroko omawiany w literaturze (Mickle i wsp. 2011; Verbecue i wsp. 2016; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018; Hadders-Algra 2018; Libardoni i wsp. 2018; Grošelj i wsp. 2019; Kolic i wsp. 2019; Schedler i wsp. 2019; Bataweel i wsp. 2020; Orendorz-Fraćzkowska i Kubacka 2020; Sember i wsp. 2020; Voss i wsp. 2021; Paschaleri i wsp. 2022). Płeć i wiek mają znaczący wpływ na poziom utrzymywania równowagi u dzieci (Condon i Cremin 2014; De Miguel-Etayo i wsp. 2014; Latorre-Román i wsp. 2021; Voss i wsp. 2021; Mnejja i wsp. 2022). Mnejja i wsp. (2022) stwierdzili, że 4- i 5- letnie dziewczęta mają lepiej rozwinięty OUN oraz integrację sensoryczną, niż chłopcy w tym samym wieku. Przyczyniło się to do zwiększonej adaptacji na zmienne warunki otoczenia, podczas przeprowadzonych badań równowagi. Według Voss i wsp. (2021) dziewczęta szybciej osiągają dojrzałość kontroli utrzymywania równowagi (Nolan i wsp. 2005, Steindl i wsp. 2006; Mickle i wsp. 2011; Condon i Cremin 2014, Kolic i wsp. 2019; Paschaleri i wsp. 2022). W badaniach Paschaleri i wsp. (2022) różnice były widoczne szczególnie przy trudniejszych zadaniach równoważnych, a u Schedler i wsp. (2019) w staniu swobodnym, pomimo że chłopcy wyróżniali się lepszym przystosowaniem do zmiennych warunków, w trakcie wykonywanego zadania. Badania Libardoni i wsp. (2018) oraz Latorre-Román i wsp. (2021) nie wykazały różnic międzypłciowych, a poprawa stabilności posturalnej badanych związana była z wiekiem, co potwierdza wyniki uzyskane przez Condon i Cremin (2014). Z wiekiem uwidacznia się poprawa stabilności postawy u dzieci, jednak zmiany te różnią się w poszczególnych przedziałach wiekowych i ze względu na płeć.

Pomimo wielu publikacji na temat zdolności utrzymania równowagi nie określono co najbardziej determinuje jej rozwój (Allard i wsp. 2001; Chiari i wsp. 2002; Kejonen i wsp. 2003; Maciaszek i wsp. 2006; Greve i wsp. 2007; Lee i Lin 2007; Błaszczuk i wsp. 2009; Mignardot i wsp. 2010; Martino 2014; Osmani i Driton 2014; Kovacikova i wsp. 2015; Merder-Coşkun 2017; Guzmán-Muñoz i wsp. 2019; Bataweel i wsp. 2020; Turoń-Skrzypińska i wsp. 2020). Badano związek stabilności z budową somatyczną i somatotypem. Allard i wsp. (2001) stwierdzili, że zaburzona stabilność postawy stojącej w grupie ektomorficznej związana była z wysoką wartością wskaźnika wagowo-wzrostowego (BMI). Guzmán-Muñoz i wsp. (2019) przeprowadzili badania w grupie 158 zdrowych dzieci w wieku 6-9 lat, które obejmowały: pomiary antropometryczne, komponenty składu ciała oraz równowagę. Stwierdzono umiarkowane, dodatnie korelacje stabilności posturalnej z cechami somatycznymi. W innych

badaniach stwierdzono, że zmiany wartości BMI znacząco oddziałują na poziom stabilności posturalnej (Chiari i wsp. 2002; Kejonen i wsp. 2003; Lopes i wsp. 2012). Wyższe wartości BMI wpływają korzystnie na utrzymanie równowagi w warunkach statycznych (Maciaszek i wsp. 2006; Greve i wsp. 2007; Mignardot i wsp. 2010; Martino 2014; Osmani i Driton 2014; Merder-Coşkun 2017; Bataweel i wsp. 2020; Turoń-Skrzypińska i wsp. 2020). W warunkach dynamicznych zależność ta jest odwrotna (Błaszczuk 2004, Tchórzewski 2013).

Cechy somatyczne, takie jak wysokość i masa ciała, a także wielkość stóp są dobrym wyznacznikiem poziomu równowagi badanych (Farenc i wsp. 2003; Hue i wsp. 2007; Greve i wsp. 2007; Anker i wsp. 2008; Błaszczuk i wsp. 2009; Mignardot i wsp. 2010; Bryant i wsp. 2014; Ukachukwu i wsp. 2016; Fatma i wsp. 2018, Bataweel i wsp. 2020). Proporcje długościowe kończyn dolnych mogą być ważnym wyznacznikiem położenia COM (Winter i wsp. 1990, 1995; Błaszczuk i wsp. 2005; Kovacikova i wsp. 2015), w tym szczególnie wskaźnik Manouvier'a. Do tej pory niewiele jest publikacji uwzględniających ten wskaźnik w analizie procesu utrzymania równowagi posturalnej (Łukowicz i wsp. 2008; Hume i Stewart 2012). Określenie wpływu budowy somatycznej, a w szczególności proporcji wagowo-wzrostowych oraz względnej długości kończyn dolnych, w relacjach stabilności posturalnej ze zdolnościami motorycznymi może być nowym kierunkiem poszukiwań determinantów stabilności posturalnej.

Stabilność posturalna jest wypadkową czynników morfologicznych, neurofizjologicznych i środowiskowych (Caballero i wsp. 2020), dlatego też poszukuje się jej relacji z konkretną czynnością lub umiejętnością ruchową w określonym środowisku (Coubard i wsp. 2014; Spiteri i wsp. 2017; Jovanović i wsp. 2021; Wilczyński i wsp. 2022). U zdrowych młodych osób głównym czynnikiem, który może wpłynąć na stabilność jest doświadczenie motoryczne. Autorzy doszli do wniosku, że umiarkowana regularna aktywność fizyczna poprawia równowagę (Kiers i wsp., 2013; Lesinski i wsp. 2015; Behm i wsp. 2015), a jej zmniejszenie lub brak zwiększa ryzyko upadków w każdym wieku (Visser i wsp. 2008; Barozzi i wsp. 2014; Akkaya i wsp. 2015). Wyniki jednego z badań wskazują, że ryzyko upadku mierzone za pomocą platformy stabilności posturalnej Tetrax® u młodych badanych maleje wraz ze wzrostem aktywności fizycznej oraz wytrzymałością kończyn dolnych (próba siadów ze stania oraz stania jednonóż z oczami zamkniętymi) (Akkaya i wsp. 2015).

Badania nad stabilnością posturalną i jej związkiem ze zdolnościami motorycznymi u dzieci są coraz powszechniejsze. Często obejmują odmienny zasób testów sprawnościowych i równoważnych oraz przeprowadzane są w różnych grupach wiekowych (Overlock i Yun 2006; Muehlbauer i wsp. 2013; Grošelj i wsp. 2019; Sember i wsp. 2020; Mnejja i wsp. 2023).

W dokonanym przeglądzie literatury szukano zbliżonych do własnych, badań prowadzonych na platformach równoważnych i z wykorzystaniem prób zdolności motorycznych w oparciu o testy: Eurofit i Międzynarodowy. W młodszych grupach wiekowych mierzono podstawowe umiejętności motoryczne (FMS), które odnoszą się do utrwalonych czynności ruchowych, a nie ich zdolności. Celem badania przeprowadzonego przez Overlock i Jun (2006) było określenie związku między zdolnością do utrzymywania równowagi a FMS w zakresie kontroli lokomotorycznej u dzieci w wieku 5-9 lat. W badaniu wzięło udział 56 zdrowych dzieci. Umiejętności kopania i skakania mierzono zarówno metodami jakościowymi, jak i ilościowymi, a równowagę testowano za pomocą urządzenia NeuroCom. Uzyskano wysokie korelacje między umiejętnościami a stabilnością posturalną w warunkach statycznych i dynamicznych. Mnejja i wsp. (2023) przebadali 112 dzieci w wieku 5-6 lat, których zadaniem było wykonanie prób równoważnych na twardej i odkształcalnej powierzchni oraz testu biegłości motorycznej Bruininksa-Oseretsky'ego. Celem badania było zidentyfikowanie predyktorów równowagi posturalnej w postaci wyników prób tzw. małej i dużej motoryki. Badania wykazały, że równowaga posturalna wyjaśniała zaledwie 14% całkowitej zmienności w zakresie testowanych zdolności motorycznych. Zauważono, że wartości korelacji prób zdolności motorycznych z wynikami testów równoważnych okazały się wyższe niż w przypadku określenia poziomu równowagi za pomocą platformy stabilograficznej. Grošelj i wsp. (2019) oraz Sember i wsp. (2020) prowadzili badania w grupie 11-letnich dzieci uczęszczających do szkoły podstawowej w Słowenii, w których analizowali relacje pomiędzy testami równowagi w warunkach statycznych i dynamicznych a testami zdolności motorycznych. Stwierdzono istotne korelacje pomiędzy zmiennymi, jednak pomiar stabilności posturalnej był w formie prób motorycznych, a nie z wykorzystaniem platform do oceny stabilności, co jak w badaniach Mnejja i wsp. (2023) mogło mieć wpływ na uzyskane wyniki.

Pomimo wielu poszukiwań nadal trudno jest jednoznacznie wskazać co oprócz wieku, płci, stopnia integracji sensorycznej i budowy somatycznej determinuje rozwój stabilności posturalnej. Plastyczność postawy stojącej powiązana jest z adaptacją strukturalną i funkcjonalną wszystkich jej składników. Wyjaśnienia mechanistyczne związane z poprawą stabilności posturalnej, wywołanej wszelkiego rodzaju aktywnością fizyczną, zasługują na znacznie głębsze zbadanie. Istnieje wiele narzędzi do oceny stabilności posturalnej i zdolności motorycznych, a ich wykorzystanie może dostarczyć cennych informacji na temat dzieci. Zrozumienie czynników wpływających na stabilność posturalną i zdolności motoryczne jest kluczowe dla opracowania skutecznych strategii zapobiegania i leczenia zaburzeń równowagi oraz poprawy zdolności motorycznych u dzieci w różnym wieku. Określenie związków

pomiędzy równowagą statyczną czy dynamiczną a poziomem sprawności motorycznej, mogłoby pomóc nauczycielom w optymalizacji kształtowania sprawności fizycznej i zapobieganiu urazom wśród dzieci.

Dysertacja koncentruje się na określeniu współzależności pomiędzy stabilnością posturalną w warunkach statycznych i dynamicznych a poziomem sprawności motorycznej wyrażonej wynikami wybranych testów wszechstronnych przy uwzględnieniu budowy somatycznej badanych — 1230 dzieci w wieku 7-10 lat z terenu Zakopanego.

2.2. Cel badań

Celem pracy było określenie u dzieci w wieku 7-10 lat relacji pomiędzy poziomem stabilności posturalnej a wybranymi zdolnościami motorycznymi z uwzględnieniem ich budowy somatycznej.

2.3. Pytania badawcze

Dla realizacji przyjętego celu pracy sformułowano następujące pytania badawcze.

1. W jakim stopniu poziom stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych jest powiązany z wynikami prób motorycznych badanych dzieci oraz jak te relacje zmieniają się w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego?
2. Czy i w jakim stopniu budowa somatyczna badanych wpływa na relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych?
3. Czy relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych są zbliżone u obu płci?

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

3.1. Charakterystyka badanych

Badania przeprowadzono w oparciu o porozumienie zawarte pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego w Krakowie a Urzędem Miasta Zakopane, którego celem było m.in. ocena kształtowania zdolności motorycznych u dzieci i młodzieży. Objęto nimi 1230 uczniów zakopiańskich szkół podstawowych (579 dziewcząt i 651 chłopców) w wieku 7–10 lat. Badania prowadzono w latach 2018-2019. Podstawową charakterystykę statystyczną w poszczególnych kategoriach wieku kalendarzowego przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1 Podstawowa charakterystyka statystyczna badanej grupy.

CHŁOPCY	kat.	N	stat.	wiek	wysokość ciała	wysokość siedząc	masa ciała	BMI	WM
	7	167	\bar{x} SD	7,14 0,20	1243,08 52,33	669,26 36,23	25,32 5,23	16,30 2,61	86,06 8,90
	8	194	\bar{x} SD	8,03 0,27	1298,74 56,97	695,25 31,48	27,66 5,22	16,30 2,14	86,92 6,37
	9	150	\bar{x} SD	8,94 0,27	1348,15 56,56	712,01 31,69	31,30 6,58	17,11 2,75	89,47 6,21
	10	140	\bar{x} SD	9,94 0,21	1422,55 66,82	747,75 34,16	35,95 9,12	17,65 3,63	89,48 4,74

DZIEWCZĘTA	kat.	N	stat.	wiek	wysokość ciała	wysokość siedząc	masa ciała	BMI	WM
	7	156	\bar{x} SD	7,17 0,20	1235,82 60,77	667,72 36,73	23,32 5,46	15,91 2,40	85,26 6,84
	8	161	\bar{x} SD	8,05 0,29	1282,12 57,17	684,88 34,60	27,04 6,18	16,37 3,05	86,83 5,56
	9	114	\bar{x} SD	8,92 0,29	1328,64 62,60	698,54 36,24	29,50 6,18	16,86 2,59	90,79 5,82
	10	148	\bar{x} SD	9,95 0,23	1410,21 73,93	740,71 39,73	34,41 9,91	17,70 3,55	90,44 5,26

3.2. Aparatura badawcza

Badania dzieci i młodzieży z zakopiańskich szkół podstawowych w ramach porozumienia z AWF Kraków obejmowały szeroki zakres pomiarów cech somatycznych: długościowych i szerokościowych, analizy składu ciała, fałdów skórno-tłuszczowych za pomocą zestawu antropometrycznego firmy Sieber Hegner Machines S.A. oraz wagi TANITA BF300. Wykonywano testy motoryczne zdolności energetycznych oraz aparaturowe pomiary KZM.

Na potrzeby niniejszej dysertacji z przeprowadzonych badań wybrano pomiary antropometryczne: wysokość [mm] i masę ciała [kg], wysokość siedząc [mm], które posłużyły do wyznaczenia wskaźnika masy ciała (BMI) oraz wskaźnika długości kończyn dolnych (Manouvier'a). Pomiar stabilności posturalnej w warunkach statycznych wykonano na

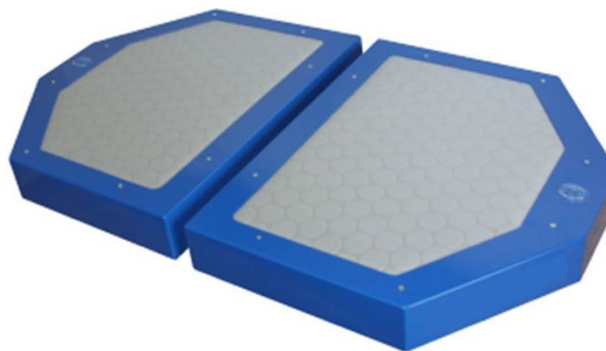
platformie dwupłytywowej firmy CQ Electronic, a w dynamicznych na platformie balansowej LIBRA. Do oceny wybranych zdolności motorycznych (szybkościowych i wytrzymałościowych oraz gibkości) wykorzystano próby z baterii testów Eurofit oraz Testu Międzynarodowego, a szczegółowe ich opisy znajdują się w aneksie.

Wybrano następujące próby:

- zdolności wytrzymałościowe:
 - wytrzymałościowy bieg wahadłowy,
 - skłony w przód z leżenia tyłem,
- zdolności szybkościowe:
 - skok w dal z miejsca,
 - bieg zwinnościowy (4x10m),
 - bieg po kopercie,
- zdolności hybrydowe:
 - skłon tułowia w przód.

Pomiar stabilności posturalnej w warunkach statycznych

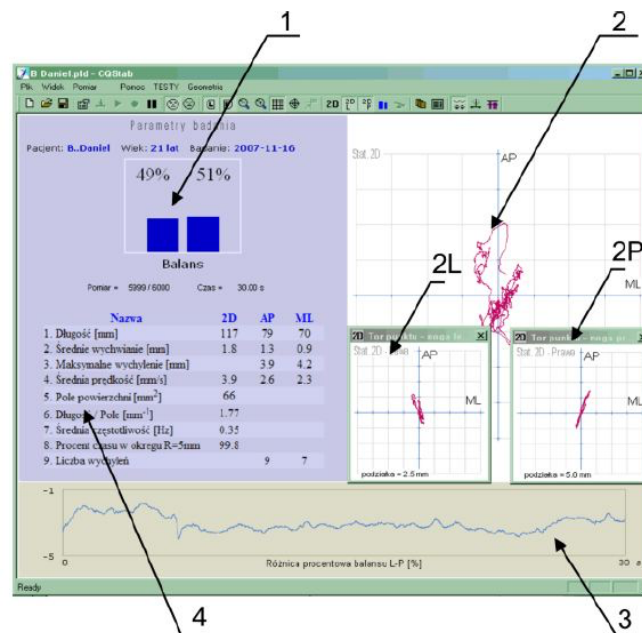
Pomiar stabilności posturalnej w warunkach statycznych wykonano na stabilograficznej platformie dwupłytywowej CQ Elektronik (wymiary urządzenia [mm]: długość pojedynczej płyty 280, długość całkowita 640, szerokość 350, wysokość 50; ciężar ok.10 kg), z wykorzystaniem programu komputerowym CQ-StabUSB (ryc.1). Urządzenie to wykorzystuje 8 tensonometrów o częstotliwości 200 Hz i rozdzielczości 100 g na każdy z nich. Błąd pomiarowy jest w granicach 0,1%.



Ryc. 1 Stabilograficzna platforma dwupłytywowa firmy CQ Elektronik.

Urządzenie (rys.1) poprzez przetworniki tensometryczne przekształca nacisk stóp na sygnał napięciowy, a jego oprogramowanie określa zmiany położenia COP. Przemieszczenia wypadkowego punktu nacisku stóp na podłoże są prezentowane w formie statokinezyogramów i stabilogramów (ryc.2). Na podstawie uzyskanych danych oprogramowanie oblicza wartości

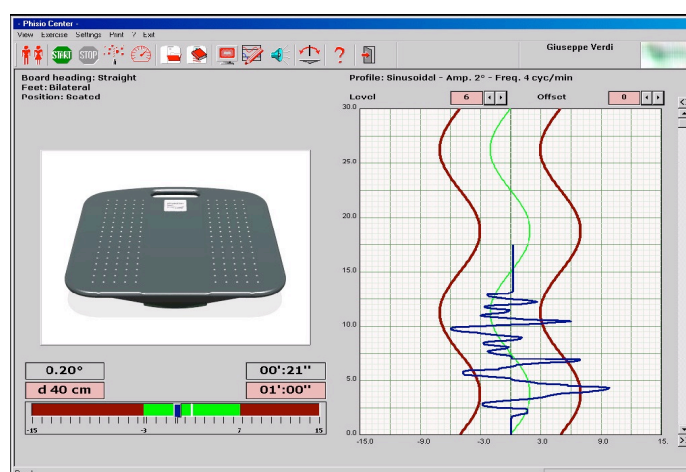
takich zmiennych jak: SP – długość drogi COP [mm]; MA – zakres COP [mm]; SA – pole powierzchni przemieszczeń COP [mm²]; MV – średnia prędkość przemieszczeń COP [mm/s].



Ryc. 2 Przykładowy zapis próby na stabilograficznej platformie dwupytowej firmy CQ Elektronik:
1. dystrybucja masy ciała. 2. statokinezyjogram. 3. stabilogram. 4. szczegółowe wyniki pomiaru.

Pomiar stabilności w warunkach dynamicznych

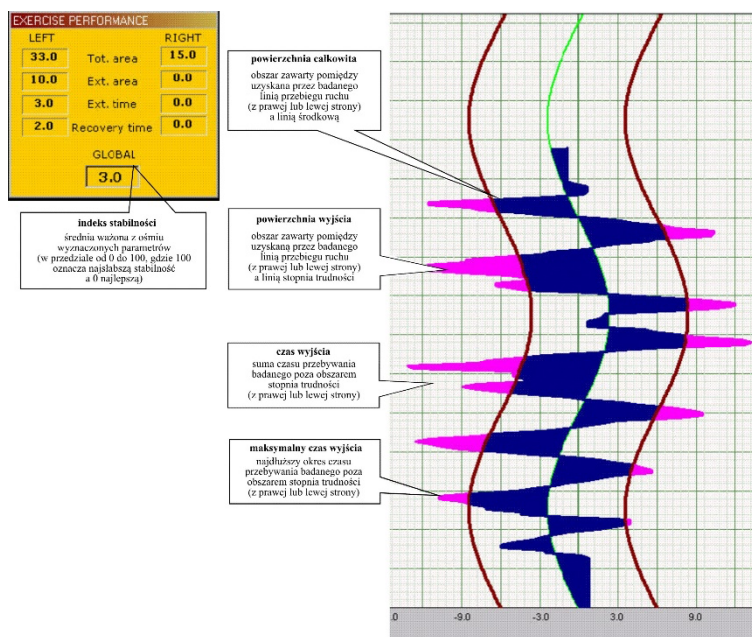
Do oceny stabilności w warunkach dynamicznych wykorzystano platformę balansową Libra firmy EasyTech o wymiarach: długość 430 mm; szerokość 420 mm; wysokość 65 mm; ciężar 2,5 kg; krzywizna balansu $r=40$ cm. Stanowisko pomiarowe składa się z platformy z interfejsem USB, monitora oraz komputera z oprogramowaniem Easytech 2.2-001-2.0 (ryc.3).



Ryc. 3 Przykładowy zapis badania stabilności posturalnej na platformie balansowej Libra.

Stabilometr pozwala na wykonanie pomiaru w jednej osi z wyborem toru przebiegu ruchu: linia prosta, sinusoida, fala kwadratowa i trójkątna. Układem pomiarowym jest potencjometr, którego zmiany napięcia są przetwarzane przez kartę analogowo-cyfrową. Maksymalny zakres

wychylenia platformy wynosi 15° w każdą ze stron, przy błędzie pomiarowym $0,1^\circ$. W badaniach zastosowano sinusoidę o amplitudzie 5° , częstotliwości 10 cykl/min oraz szósty stopień trudności (dopuszczalne odchylenie od linii wzorcowej o 5° w każdą stronę) (Tchórzewski i Szczygieł 2008; Tchórzewski 2013). Współczynnik korelacji wewnątrzklasowej jest na poziomie $r_{ICC}=0,7$.



Ryc. 4 Przykładowa graficzna interpretacja parametrów stabilności posturalnej uzyskanych na platformie balansowej Libra.

Wynikami badania są cztery miary stabilności: pole powierzchni całkowitej (PC); powierzchnia wyjścia (PW); czas wyjścia (CW); maksymalny czas wyjścia (MCW). Na ich podstawie oprogramowanie wyznacza sumaryczną ocenę poziomu stabilności tzw. indeks stabilności (IS), który przyjmuje wartości od 0 do 100 (0 — najwyższy poziom stabilności, 100 — najniższy). Przykładową graficzną interpretację wyników urządzenia Libra przedstawiono na ryc. 4.

3.3. Przebieg badań

Przed realizacją pomiarów właściwych przeprowadzono badania pilotażowe, których celem było opracowanie właściwej procedury, w tym głównie określenie czasu trwania poszczególnych prób oraz przerw pomiędzy nimi. Sprawdzone czy kolejność wykonywania poszczególnych zadań może mieć wpływ na ich wynik. Pozwoliło to na ustalenie optymalnej procedury pomiarowej i logistyki, związanej m.in. z płynnym dowozem dużej liczby badanych dzieci. Pomiary wykonywano w ciągu jednego dnia metodą stacijną, w której badany przechodził kolejno od miejsca jednej próby do następnej (motorycznej lub aparaturowej).

Uczeń otrzymywał kartę badań, w której wykonujący pomiar odnotowywał jego wartość. Kryterium włączenia do badań był brak zdrowotnych przeciwwskazań do udziału w testach sprawnościowych oraz wiek kalendarzowy w przedziale 7-10 lat.

Procedurę badawczą rozpoczynały badania antropometryczne (Gołąb i Chrzanowska 2007), które wykonano z użyciem zestawu antropometrycznego firmy Sieber Hegner Machines S.A. oraz wagi TANITA BF300. Wysokość ciała zmierzono w pozycji stojącej, bez obuwia, tak samo jak masę ciała. Wysokość siedząc na stole, bez oparcia stóp o podłoże. Na podstawie wyników pomiarów obliczono wskaźniki BMI i Manouvrier'a. Następnie wykonywano próby równoważne w warunkach statycznych i dynamicznych. Badania motoryczne były poprzedzone rozgrzewką na sali gimnastycznej. Zawsze ostatnią próbą był wytrzymałościowy bieg wahadłowy.

Pomiar stabilności posturalnej w warunkach statycznych wykonano na platformie dwupłytywowej firmy CQ Electronic, a w dynamicznych na platformie balansowej LIBRA. Procedura badania na platformie dwupłytywowej polegała na staniu swobodnym bez obuwia, przy ułożeniu kończyn górnych wzdłuż tułowia, stóp na szerokości bioder i ustawieniu każdej z nich na osobnej płycie stabilografu. Wzrok badanego był skierowany na umieszczony z przodu na wysokości oczu, punkt fiksacyjny. Zadaniem badanego było utrzymanie nieruchomej pozycji przez 30 sekund.

Pomiar stabilności w warunkach dynamicznych był poprzedzony zapoznaniem badanego z założeniami próby oraz wykonaniem 30 s rozgrzewki. Zadaniem badanego było takie sterowanie naciskiem stóp na platformę, aby kreślona przez niego na ekranie linia (sinusoida), pokrywała się z wzorcową. Próba trwała jedną minutę i była wykonana tylko w płaszczyźnie czołowej, co wynikało z trudności wyegzekwowania u tak małych dzieci właściwego i niezmiennego w czasie ustawienia osi stawu skokowego w stosunku do osi obrotu platformy.

Do określenia poziomu wybranych zdolności motorycznych wykorzystano próby z baterii testów Eurofit i Międzynarodowego oraz bieg po kopercie. Odpowiadały one pomiarom: wytrzymałości (bieg wahadłowy, siady z leżenia), szybkości (skok w dal, bieg zwinnościowy, bieg po kopercie) i gibkości. Przeprowadzono je zgodnie z instrukcją autorów (Stupnicki i wsp 2003, Pilicz i wsp. 2005; Dobosz 2012). Szczegółowy ich opis zamieszczono w aneksie.

Na realizację niniejszych badań UM Zakopane otrzymywał pisemną zgodę rodziców. Wszystkie wykonywane pomiary i testy były przeprowadzane przez zespół pracowników i studentów AWF Kraków. Na wykorzystanie badań otrzymano zgodę komisji bioetycznej 2012/05/B/NZ7/03134.

3.4. Metody i narzędzia analizy statystycznej

Wyniki pomiarów zostały wstępnie opracowane przy wykorzystaniu podstawowych metod statystyki opisowej. Zweryfikowano normalność rozkładu analizowanych zmiennych testem Shapiro-Wilka. Przyjęto poziom istotności wszystkich testów statystycznych $p \leq 0,05$.

Istotność różnic w poszczególnych grupach wiekowych sprawdzono w oparciu o analizę wariancji (ANOVA) oraz o szczegółową analizę z wykorzystaniem testu Duncana (Multiple Range Tests). W celu porównań międzyrocznikowych, weryfikacji różnic międzygrupowych, jak też stopnia zróżnicowania międzypłciowego, wykorzystano test istotności różnic t lub przy braku rozkładu normalnego analizowanej zmiennej U Manna-Whitney'a.

Analizę wszystkich relacji wykonano w oparciu o zastosowane metody statystyczne i przyjętą interpretację siły współczynnika korelacji (r) Pearsona (tab.2).

Tab. 2 Interpretacja siły związku pomiędzy zmiennymi na podstawie wartości współczynnika korelacji Pearsona.

wartość współczynnika korelacji (r)	siła związku
0 — 0,1	brak
0,1 — 0,2	mała
0,2 — 0,3	słaba
0,3 — 0,5	umiarkowana
0,5 — 0,7	silna
0,7 — 1	bardzo silna

Wpływ badanych zmiennych stabilności posturalnej na wybrane zdolności motoryczne przedstawione na skali przeprowadzono na podstawie jednoczynnikowego modelu regresji liniowej.

W celu określenia wpływu budowy somatycznej na relacje tych zmiennych, całość badanych chłopców, jak i dziewcząt podzielono na trzy podgrupy. Za kryterium podziału przyjęto średnią arytmetyczną wraz z odchyleniem standardowym wskaźnika wagowo-wzrostowego BMI lub Manouvrier'a dla danej kategorii wiekowej. Dla każdej z płci i kategorii wiekowej grupa 1 obejmowała osoby w zakresie poniżej $\bar{x} - 0,5 SD$, grupa 2 $\bar{x} \pm 0,5 SD$, a 3 powyżej $\bar{x} + 0,5 SD$. Do dalszych obliczeń połączono kategorie wiekowe w grupy wyznaczone wartościami granicznymi wskaźnika BMI i Manouvrier'a.

BMI (wskaźnik wagowo-wzrostowy) obliczono według wzoru.

$$BMI = \frac{\text{masa ciała [kg]}}{\text{wysokość ciała [m]}^2}$$

Wskaźnik Manouvier'a (skeliczny) obliczono według wzoru.

$$WM = \frac{[B - v] - \text{wysokość siedząc}}{\text{wysokość siedząc}} \times 100$$

Ilościowe ujęcie związków pomiędzy wynikami prób motorycznych a miarami równowagi posturalnej w warunkach statycznych i dynamicznych u dzieci w wieku 7-10 lat zostały określone z wykorzystaniem modeli regresji wielorakiej metodą krokową w tył.

Obliczenia zostały wykonane w programie STATGRAPHICS Centurion XVII (Statpoint Technologies Inc. USA, 2016) oraz MS Excel (Office 2019, Microsoft Corp. USA).

4. WYNIKI

4.1. Zmiany poziomu stabilności posturalnej i zdolności motorycznych u dzieci w wieku od 7 do 10 lat

Badaniom poddano dwie grupy zmiennych. Pierwsza z nich dotyczyła stabilności posturalnej w warunkach statycznych i dynamicznych, druga — poziomu wybranych zdolności motorycznych.

Spśród wyników uzyskanych na dwupłytowej platformie stabilograficznej do dalszej analizy wykorzystano takie parametry jak: długość ścieżki COP (SP [mm]), średni zakres COP (MA [mm]), średnią prędkość przemieszczania COP (MV [mm/s]) oraz pole powierzchni określane przez COP (SA [mm²]).

Droga przemieszczeń COP jest głównym parametrem tego badania. Stanowi ona sumę odległości pomiędzy położeniem punktu COP, czyli punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku stóp na podłoże, w kolejnych próbkach przebiegu. Zakres przemieszczeń jest to odległość pomiędzy skrajnymi, maksymalnymi przemieszczeniami COP w płaszczyznach: strzałkowej i czołowej. Pozwala on ocenić stopień wychyleń ciała, jak też informuje o granicach jego stabilności. Anatomiczną granicę stabilności wyznacza obrys zewnętrznych krawędzi stóp, ale w rzeczywistości jest on znacznie mniejszy. U małych dzieci zakres przemieszczeń COP może zbliżać się do granic stabilności ze względu na zmniejszone u nich odczucie zagrożenia upadkiem. Średnia prędkość przemieszczeń COP [mm/s] jest to stosunek długości ścieżki SP do czasu (30 s). Wskazuje ona na szybkość zmian jego położenia, co odpowiada szybkości uruchamiania reakcji posturalnych. Pole powierzchni określane przez COP umożliwia ocenę wielkości powierzchni przemieszczania się tego punktu na płaszczyźnie podparcia stóp. W pracy analizowano przebieg punktu COP bez rozróżniania wychyleń przednio-tylnych i bocznych.

Badanie równowagi w warunkach dynamicznych polegało na wykonaniu na platformie balansowej zadania równoważnego, wymuszającego u badanego zmian kierunku i zakresu wychylenia w płaszczyźnie czołowej. Do dalszych analiz wykorzystano: indeks stabilności (IS) i powierzchnię całkowitą (PC). Indeks stabilności stanowi globalną ocenę wykonania zadania. Jest on średnią ważoną z czterech wskaźników: powierzchni całkowitej, powierzchni wyjścia, czasu wyjścia i maksymalnego czasu wyjścia. Powierzchnia całkowita to najbardziej obiektywna miara urządzenia, niezależna od założonego stopnia trudności próby. Określa ona pole powierzchni zawarte pomiędzy zdefiniowaną linią wzorcową a tą kreśloną przez badanego na platformie balansowej.

Nie można jednoznacznie stwierdzić, że wartość danej miary na platformie stabilograficznej, czy balansowej, jest dobra lub zła. Jednak na podstawie licznych badań należy przyjąć, że korzystne dla stabilności posturalnej jest zmniejszanie się ich wartości.

Równowaga jest jedną z podstawowych zdolności koordynacyjnych. Badacze wyróżniają 7 do 9 KZM (Szopa i wsp. 1999; Raczek i wsp. 2002; Osiński 2018). Założeniem ich rozróżnienia są odmienne predyspozycje, stąd też poszukiwanie relacji pomiędzy nimi jest z definicji niezasadne. W niniejszej pracy starano się wykazać ewentualne powiązania pomiędzy stabilnością posturalną a grupą zdolności o podłożu energetycznym. Z analizy wyłączono jednak próby, które zdają się nie mieć związku z równowagą, jak: dynamometryczny pomiar siły dłoni, czy zwis o ramionach ugiętych. Zakwalifikowano do niej natomiast grupy zdolności szybkościowych: bieg zwinnościowy [s], bieg po kopercie [s], skok w dal z miejsca, [cm] i wytrzymałościowych: bieg wahadłowy [etapy], siady z leżenia [liczba]. Dodatkowo analizie poddano relacje stabilności z predyspozycją o charakterze hybrydowym tj. gibkością.

Podstawowe statystyki opisowe analizowanych w pracy zmiennych, tak w odniesieniu do zdolności zachowania równowagi, jak i wybranych zdolności motorycznych, przedstawiono w tab. 3 i 4. Obrazują one zmiany wyników poszczególnych prób w przedziałach wieku kalendarzowego, osobno dla każdej z płci. Ponadto zamieszczono w nich informacje na temat istotności tych zmian, tak w relacji 7-10 lat, jak też rok do roku.

Wiek znacząco wpływa na obniżanie się wartości zmiennych opisujących poziom stabilności w warunkach statycznych oraz dynamicznych (tab. 3). U chłopców w ciągu trzech lat relatywnie największemu zmniejszeniu, bo aż o 61%, uległo pole powierzchni przemieszczeń COP (SA). Pozostałe zmienne uległy poprawie w zakresie od 30 do 38%. W warunkach statycznych o 35% długość ścieżki i zakres COP, a o 38% jego prędkość. W dynamicznych IS zmalał o 35%, a PC o 30%. Charakterystyczne dla zmiany wraz z wiekiem jest zmniejszanie się miar rozproszenia. Tutaj również największą poprawę odnotowano przy polu powierzchni zakreślonej przez COP.

Co ciekawe zmiany wyników prób motorycznych w badanym przedziale wiekowym były u chłopców mniejsze niż w przypadku stabilności posturalnej. Największe różnice odnotowano w próbach wytrzymałościowych: biegu wahadłowym (43%) i siadach z leżenia (32%). W próbach szybkości relatywne różnice w całym trzyletnim okresie nie przekraczały 30% (skok w dal — 29%; bieg po kopercie — 21%; bieg zwinnościowy — 16%). Zmienną, której wartość u chłopców praktycznie nie uległa zmianie pomiędzy 7. a 10. rokiem życia była gibkość.

Tab. 3 Wyniki prób zdolności zachowania równowagi i motorycznych w kolejnych przedziałach wielu kalendarzowego badanych chłopców (7-10 lat) wraz z wykazaniem istotności ich różnic z przyrostem metrykalnym.

CHŁOPCY		7 lat	8 lat	9 lat	10 lat	istotność różnic F/p	7-10 lat %
Zmienna	stat.						
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	\bar{X} SD	646,36 197,83	588,79 169,99	531,34 172,47	418,50 91,99	46,97 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-35%
MA	\bar{X} SD	4,98 3,16	4,45 2,48	4,17 2,64	3,22 1,58	11,64 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-10, 9-10)	-35%
MV	\bar{X} SD	22,42 9,05	19,62 5,67	17,71 5,75	13,95 3,06	43,69 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-38%
SA	\bar{X} SD	1167,58 1124,54	985,97 1021,27	828,26 950,59	458,22 317,25	14,42 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-10, 9-10)	-61%
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	\bar{X} SD	26,91 8,32	21,13 7,13	18,07 5,89	17,54 4,94	63,26 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10)	-35%
PC	\bar{X} SD	383,62 103,85	312,86 86,77	276,13 70,20	269,58 59,05	62,61 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10)	-30%
PRÓBY ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH							
bieg wahadłowy	\bar{X} SD	3,55 1,13	4,31 1,51	4,99 1,74	5,09 1,95	37,78 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10)	43%
siady z leżenia	\bar{X} SD	13,87 4,13	16,09 3,75	18,42 4,43	18,33 3,95	44,29 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10)	32%
skok w dal	\bar{X} SD	109 17,15	119,87 19,00	130,03 19,73	140,06 18,07	80,21 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	29%
bieg zwinność.	\bar{X} SD	15,72 2,11	14,48 1,40	13,77 1,21	13,18 1,67	72,11 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	16%
bieg po kopercie	\bar{X} SD	38,37 6,01	34,20 4,00	31,95 3,19	30,16 3,32	105,87 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-21%
Gibkość	\bar{X} SD	46,44 4,84	46,80 5,65	47,02 5,41	46,73 6,05	2,25 0,0816	1%

U dziewcząt, podobnie jak u chłopców, poza gibkością odnotowano statystycznie istotną poprawę wartości wszystkich analizowanych zmiennych (tab.4). Największą w zakresie równowagi statycznej, szczególnie w zakreślonej przez COP powierzchni (57%) i jego zakresie (37%), a niewiele mniejszą w odniesieniu do pozostałych parametrów (SP i MV — 34%). Na podobnym poziomie stwierdzono obniżanie się wartości miar równowagi dynamicznej, której parametry uległy poprawie o 38% w przypadku IS i 33% w PC. Wraz z wiekiem dziewczęta cechowały się wyższym poziomem zdolności motorycznych. Podobnie jak u chłopców, relatywnie największą poprawę wyników odnotowano w próbach wytrzymałościowych. W biegu wahadłowym o 38%, a w siadach z leżenia o 31%. W próbach szybkości korzystne zmiany były mniejsze. Siła eksplozywna kończyn dolnych w całym trzyleciu wzrosła o 23%, a szybkość lokomocyjna odpowiednio: w biegu po kopercie o 18%, a wahadłowym o 14%.

Tab. 4 Wyniki prób zdolności zachowania równowagi i motorycznych w kolejnych przedziałach wielu kalendarzowego badanych dziewcząt (7-10 lat) wraz z wykazaniem istotności ich różnic z przyrostem metrykalnym.

DZIEWCZĘTA		7 lat	8 lat	9 lat	10 lat	istotność różnic F/p	7-10 lat %
zmienna	stat.						
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	\bar{X} SD	618,73 189,34	540,86 138,63	498,84 149,73	408,81 85,26	53,34 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-34%
MA	\bar{X} SD	4,38 2,67	3,64 2,09	3,32 2,07	2,74 1,24	15,75 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-37%
MV	\bar{X} SD	20,62 6,31	18,03 4,62	16,32 3,78	13,63 2,84	53,30 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-34%
SA	\bar{X} SD	879,85 698,45	721,72 724,89	572,48 545,99	374,35 190,32	17,71 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-57%
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	\bar{X} SD	27,47 8,24	21,51 7,50	17,57 5,94	16,95 5,32	71,52 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-38%
PC	\bar{X} SD	390,91 103,09	318,25 92,44	269,89 72,11	262,38 63,98	70,30 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-33%
PRÓBY ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH							
bieg wahadłowy	\bar{X} SD	3,38 0,99	3,88 1,23	4,14 1,38	4,68 1,63	33,40 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-10, 9-10)	38%
siady z leżenia	\bar{X} SD	13,66 4,22	15,35 4,37	17,15 4,00	17,94 4,03	35,07 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10)	31%
skok w dal	\bar{X} SD	105,28 14,86	110,11 17,02	118,45 18,50	129,64 18,87	74,85 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	23%
bieg zwinność.	\bar{X} SD	15,91 1,59	15,18 1,45	14,36 1,30	13,75 1,43	95,09 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-14%
bieg po kopercie	\bar{X} SD	38,40 4,79	35,65 4,27	33,29 3,75	31,61 3,67	121,08 0,000* (7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 8-10, 9-10)	-18%
gibkość	\bar{X} SD	47,70 4,68	48,26 5,23	48,54 5,56	48,68 6,23	1,61 0,1817	2%

Zestawiając wyniki dziewcząt i chłopców należy stwierdzić, że w zakresie równowagi statycznej, tak dane surowe, jak i wartości relatywne w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego są do siebie zbliżone, ze wskazaniem na nieznacznie wyższą stabilność w tych warunkach dziewcząt. W próbie dynamicznej jest bardzo podobnie, ale tym razem ze wskazaniem na chłopców. Większym dymorfizmem charakteryzują się wyniki prób motorycznych. O ile w wieku 7-8 lat nie występuje ich istotne zróżnicowanie, to w kolejnych przedziałach wiekowych, zwłaszcza u 10-latków, są one widoczne. Zmiany te są jednak proporcjonalne i w ujęciu relatywnym zbliżone u obu płci (tab. 3 i 4).

4.2. Relacje miar stabilności posturalnej z wynikami prób wybranych zdolności motorycznych

W rozdziale przedstawiono relacje jakie zachodzą pomiędzy poszczególnymi zmiennymi opisującymi poziom stabilności, tak w warunkach statycznych, jak i dynamicznych, z wynikami kolejnych prób motorycznych. Obliczono je w oparciu o jednoczynnikową regresję liniową. Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie w formie wykresów rozrzutu z zaznaczeniem linii regresji obrazującej jej dopasowanie do całości zbioru danych. W przedziale wieku badanych 7-10 lat wyznaczono współczynniki determinacji R^2 , który stanowi wskaźnik jakości dopasowania modelu do danych. Jego wartość informuje jaki odsetek pierwotnej zmienności miary stabilności został wytłumaczony przez regresję, a jaki pozostał w zmienności resztowej.

Obliczono też korelacje cząstkowe dla każdej z analizowanych par zmiennych w poszczególnych rocznikach. Ich macierze zamieszczono w aneksie (tab.1-12). Wyniki opracowano osobno dla każdej z płci.

4.2.1. Równowaga w warunkach statycznych

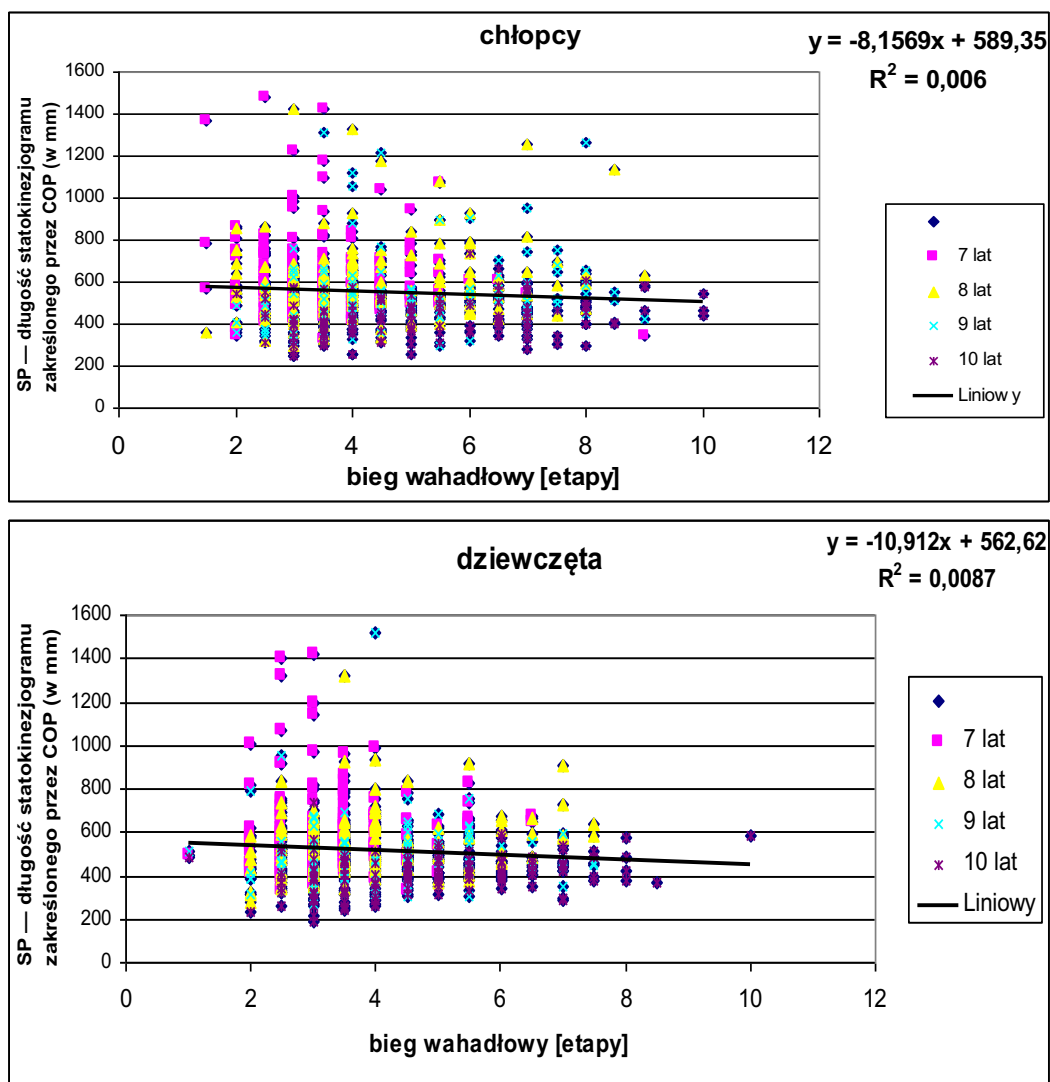
a). droga przemieszczeń COP (SP)

Analiza korelacji cząstkowych pomiędzy wynikami wytrzymałościowego biegu wahadłowego z długością ścieżki nie wykazała u badanych dzieci występowania istotnych między tymi zmiennymi relacji w przedziale wieku 7-9 lat. Zależności takie wystąpiły dopiero w ostatnim roczniku i wyniosły u chłopców $r=0,25$, a u dziewcząt $r=0,31$ (aneks tab.1 i 2). W ujęciu całościowym wartość współczynnika determinacji R^2 wskazuje (♂ 0,006; ♀ 0,009) na brak powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi (ryc. 5). Wykres rozrzutu sugeruje obniżanie się jego zakresu wraz z przyrostem wieku kalendarzowego badanych oraz zmniejszanie się długości ścieżki wraz z poprawą wyniku biegu wytrzymałościowego.

W relacji długości ścieżki (SP) do wyników biegu wahadłowego równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂}: SP = 589,35 - 8,1569 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀}: SP = 562,62 - 10,912 \times \text{bieg wahadłowy}$$



Ryc. 5. Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

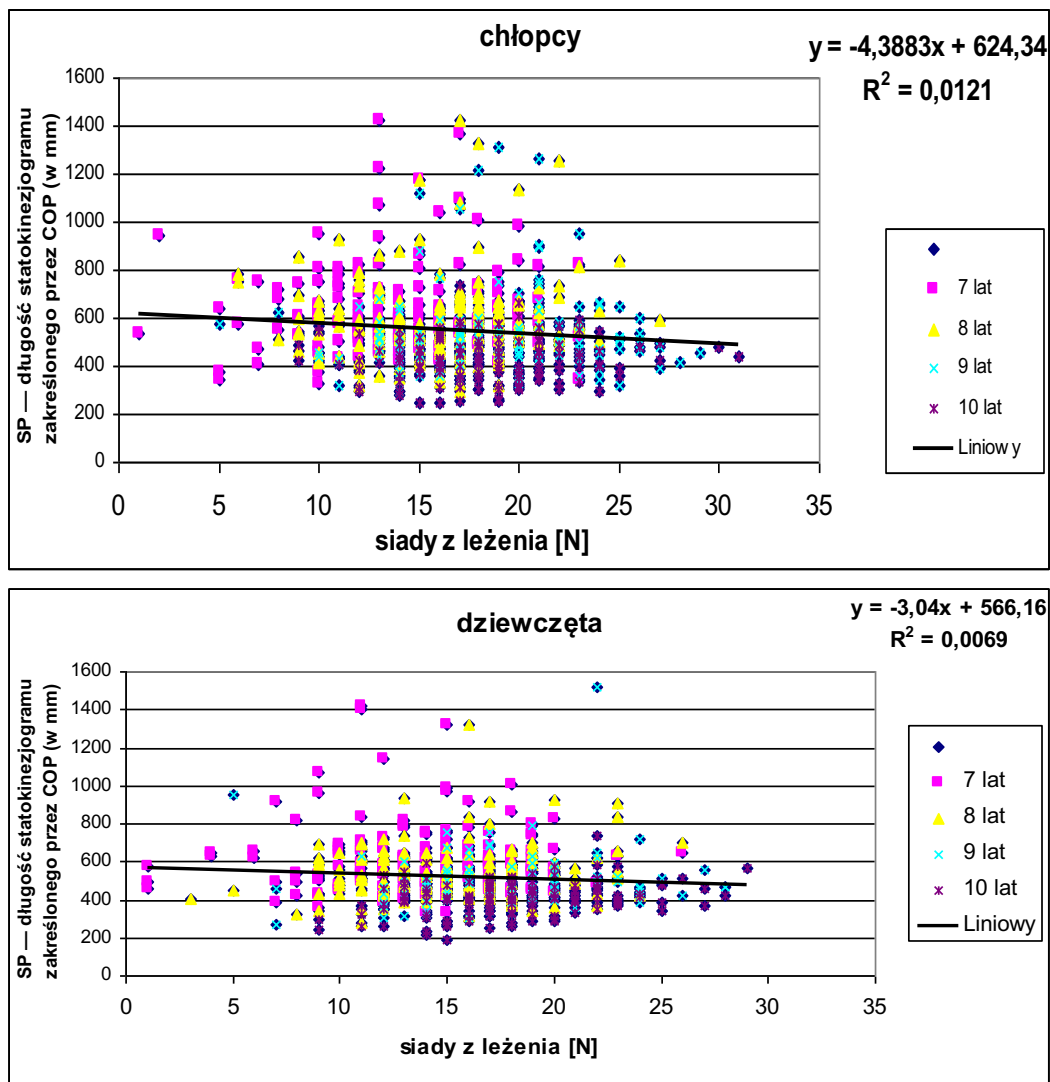
W drugiej z analizowanych prób zdolności wytrzymałościowych — siadach z leżenia, nie stwierdzono u chłopców żadnych statystycznie istotnych powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Wartości współczynnika korelacji Pearsona oscylowały w granicach od 0,01 do 0,07. Wskaźnik determinacji R^2 (♂ 0,01) potwierdza brak powiązań pomiędzy długością ścieżki a analizowaną próbą motoryczną (ryc. 6). Wykres rozrzutu wskazuje na wyższą stabilność osób o większej wytrzymałości mm. brzucha. U dziewcząt analogiczną zależność można stwierdzić do 9. roku życia. W ostatnim z analizowanych przedziałów wiekowych relacja pomiędzy zmiennymi jest u nich istotna i wyniosła $r=0,28$ (aneks tab.1 i 2). Nie wpłynęło to jednak na odsetek wyjaśnienia zmienności wspólnej, który był niższy niż u chłopców i wyniósł $R^2=0,007$. O ile w przypadku biegu wahadłowego wielkość rozrzutu danych malała wraz z osiągnięciem przez badanych coraz wyższego etapu, to w siadach z leżenia

największą zmienność w relacji do SP zaobserwowano przy średnich wartościach powtórzeń, a najmniejszą przy skrajnych.

Wzajemne relacje długości ścieżki (SP) i wyników siadów z leżenia opisują równania regresji:

$$\text{♂: SP} = 624,34 - 4,3883 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: SP} = 566,16 - 3,04 \times \text{siady z leżenia}$$



Ryc. 6 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

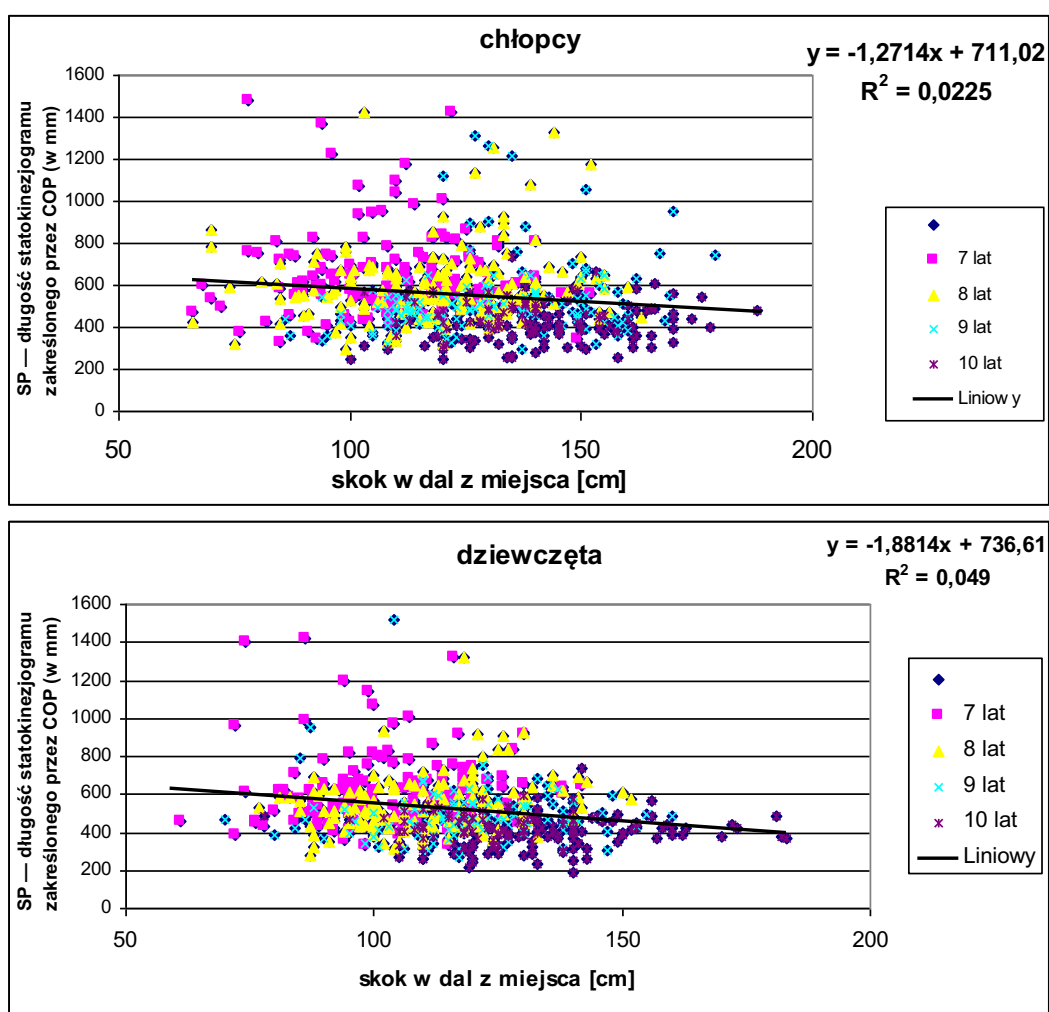
Wykres rozrzutu danych dotyczących relacji długości ścieżki ze skokiem w dal z miejsca jest odmienny u obu płci. U dziewcząt, poza dwoma najniższymi rocznikami, jest skupiony blisko prostej regresji, u chłopców tylko poniżej niej — przy mniejszych wartościach SP (ryc. 7). Znajduje to swoje odzwierciedlenie w odsetku wyjaśnienia wartości wspólnej, która w przypadku chłopców wyniosła $R^2=0,02$, a dziewcząt $R^2=0,05$. Nie zmienia to jednak faktu, że obie zmienne są ze sobą słabo powiązane. Bezpośrednie korelacje w obrębie roczników

wskazują na słabe powiązanie SP ze skokiem w dal w wieku 9 lat u chłopców i 8. u dziewcząt (♂ i ♀ $r=0,20$) (aneks tab.1 i 2). Nachylenie prostej regresji sugeruje zwiększanie się długości skoku wraz ze zmniejszaniem drogi COP.

Równania regresji relacji długości ścieżki (SP) do wyników skoku w dal przyjęły postać:

$$\text{♂: SP} = 711,02 - 1,2714 \times \text{skok w dal z miejsca}$$

$$\text{♀: SP} = 736,61 - 1,8814 \times \text{skok w dal z miejsca}$$



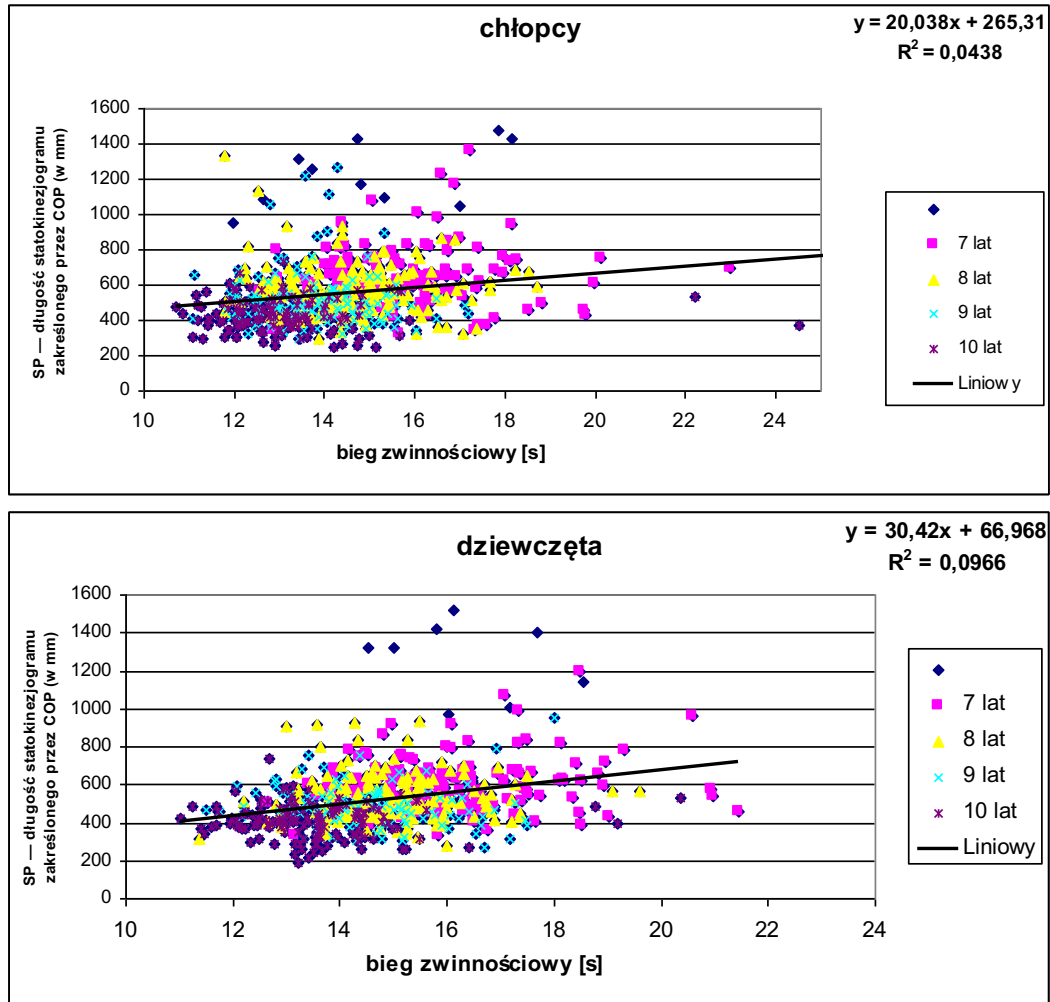
Ryc. 7 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Zarówno u chłopców jak i u dziewcząt nie stwierdzono występowania istotnych korelacji cząstkowych pomiędzy długością ścieżki a próbą szybkości lokomocyjnej w żadnym z analizowanych przedziałów rocznikowych (aneks tab. 1 i 2). Podobnie jak przy próbie mocy kończyn dolnych, większy obszar zmienności wspólnej pomiędzy tymi zmiennymi został wyjaśniony u dziewcząt ($R^2=0,10$) niż u chłopców ($R^2=0,04$). Wykresy rozrzutu danych są u obu płci zbliżone, wskazując na zmniejszanie się jego zakresu wraz z wiekiem kalendarzowym (ryc. 8). Nachylenie prostej regresji wskazuje na szybsze pokonywanie trasy biegu przez osoby charakteryzujące się krótszą drogą COP.

Liczbowe relacje długości ścieżki (SP) i wyników biegu zwinnościowego przedstawiają równania regresji:

$$\text{♂: } SP = 265,310 + 20,038 \times \text{bieg zwinnościowy}$$

$$\text{♀: } SP = 66,968 + 30,42 \times \text{bieg zwinnościowy}$$



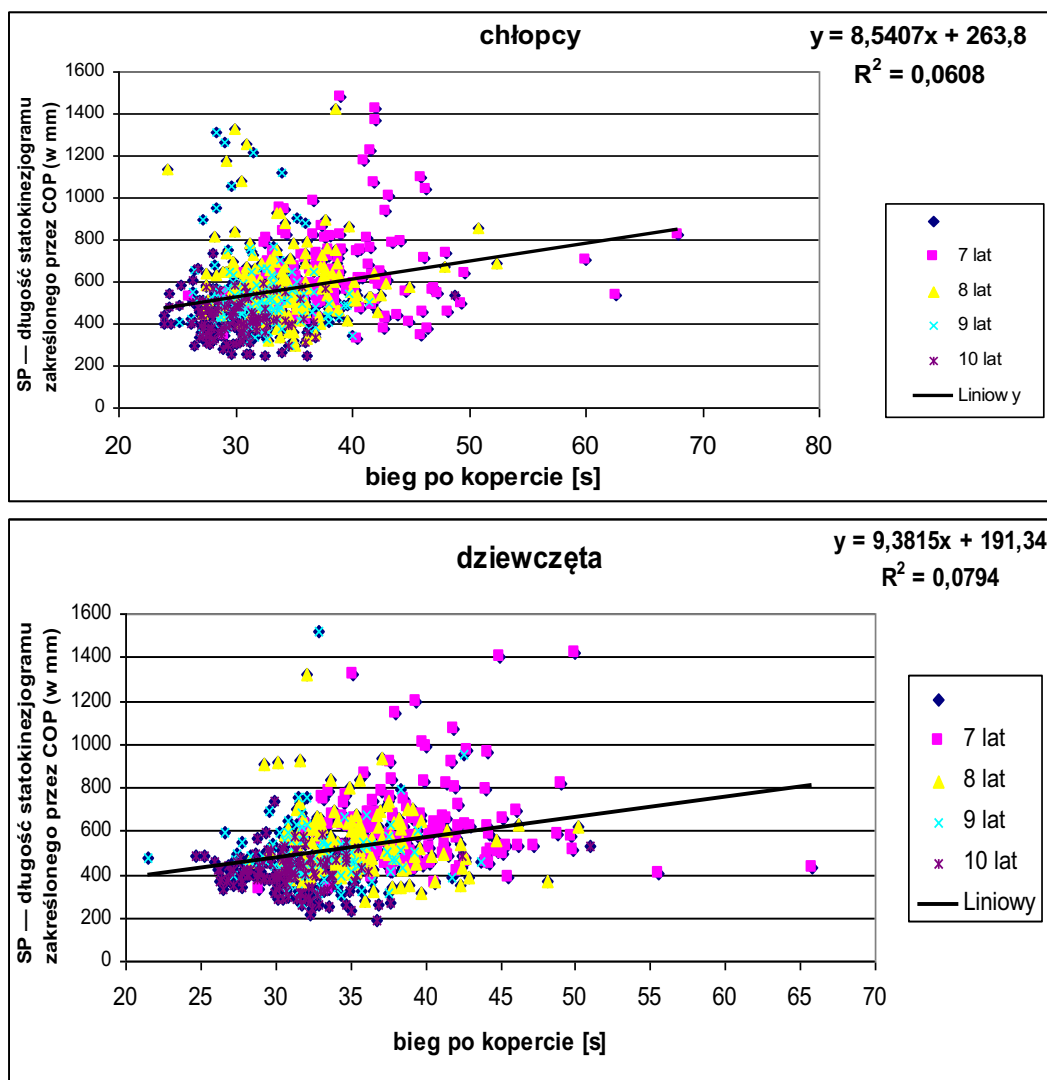
Ryc. 8 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Ostatnią z analizowanych prób motorycznych był bieg po kopercie. Plasująca się na styku zdolności szybkościowych i koordynacyjnych nie wchodziła w poszczególnych kategoriach wiekowych w istotne statystycznie interakcje z długością ścieżki (aneks tab.1 i 2). Wyjaśniany obszar zmienności wspólnej dla całej grupy badanych dziewcząt wyniósł $R^2=0,08$, a dla chłopców był jeszcze mniejszy — $R^2=0,06$. Rozrzut danych jest u obu płci zbliżony i sugeruje istotne zmniejszanie się jego zakresu w dwóch ostatnich rocznikach oraz poprawę wraz z wiekiem relacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi (ryc. 9). Nachylenie prostej regresji wskazuje na zmniejszanie się długości drogi COP wraz ze skracaniem czasu pokonania toru biegu.

Wyrażone równaniami regresji wzajemne relacje pomiędzy zmiennymi — długość ścieżki (SP) i wynikami biegu po kopercie przyjęły następującą postać:

$$\text{♂: } SP = 263,8 + 8,5407 \times \text{bieg po kopercie}$$

$$\text{♀: } SP = 191,34 + 9,3815 \times \text{bieg po kopercie}$$



Ryc. 9 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

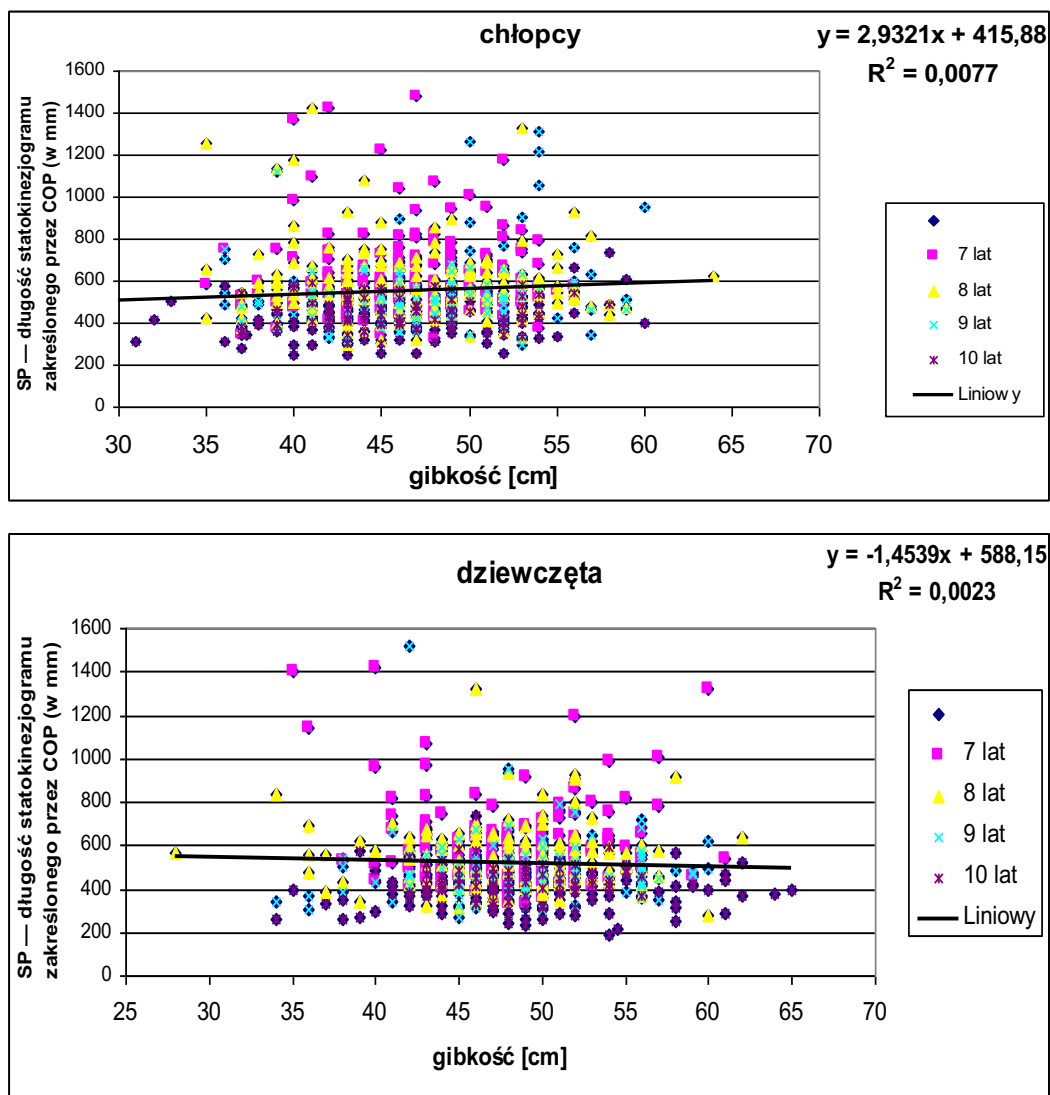
Gibkość była jedyną predyspozycją, której wartość u obu płci nie zmieniła się statystycznie istotnie w całym badanym okresie (tab. 3 i 4). W przypadku dziewcząt nie wykazała istotnych relacji z długością ścieżki, ale u chłopców takie zależności pojawiły się u 9. ($r=0,20$) i 10 latków ($r=0,23$) (aneks tab.1 i 2). Nie wpłynęło to na ogólny odsetek wyjaśnionej wartości wspólnej, który zarówno u dziewcząt ($R^2=0,002$) jak i u chłopców ($R^2=0,008$) był marginalny. Nachylenie prostej regresji było niewielkie i odwrotne u obu płci, nie sugerując jednoznacznego kierunku zmian obu analizowanych zmiennych (ryc. 10). Rozrzut wyników wskazuje jedynie na

zmniejszanie się długości ścieżki wraz z wiekiem badanych bez istotnego wpływu na poziom ich gibkości.

Relacje długości ścieżki (SP) do poziomu gibkości obrazują równania regresji:

$$\text{♂: SP} = 415,88 + 2,9321 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: SP} = 588,15 - 1,4539 \times \text{gibkość}$$



Ryc. 10 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

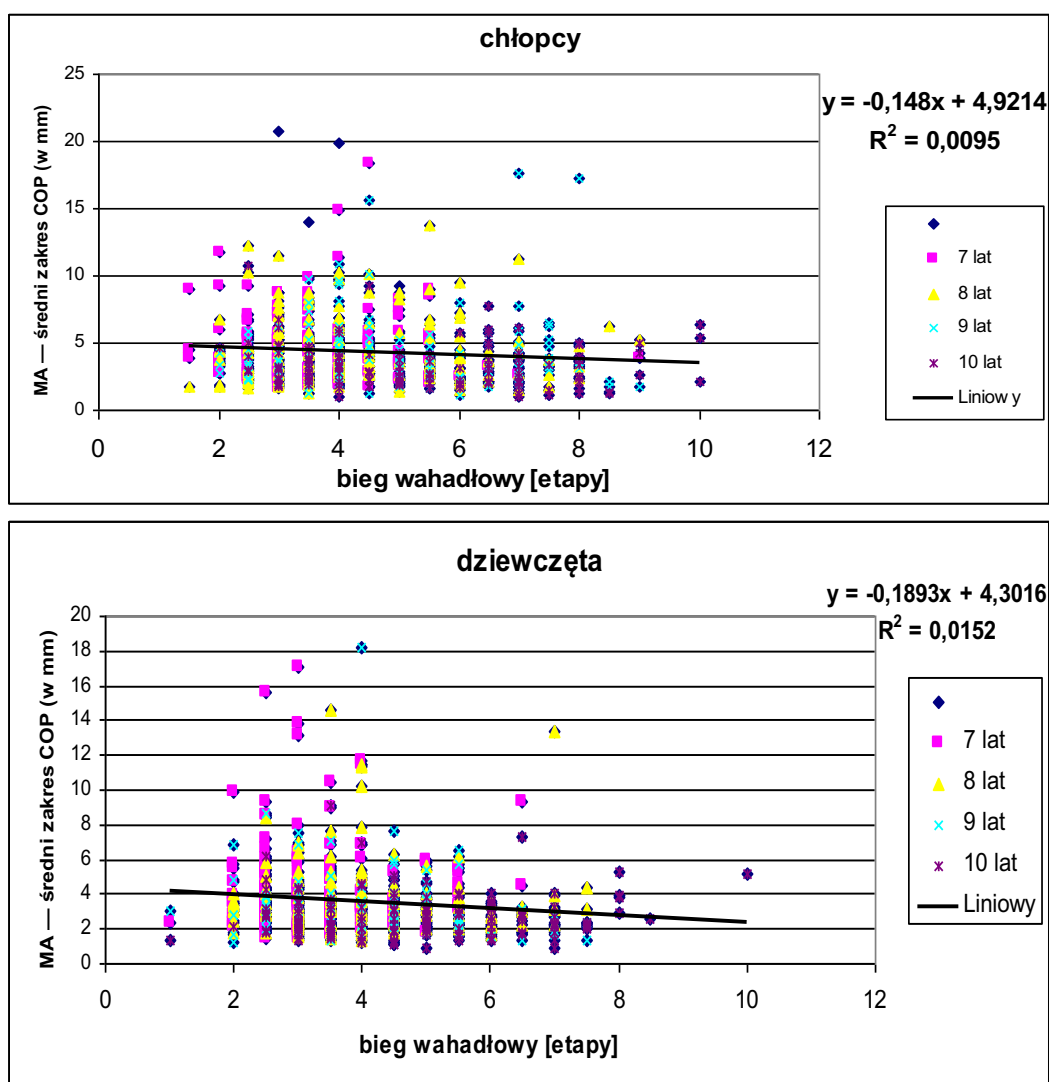
b). zakres przemieszczeń COP (MA)

W żadnej kategorii wieku kalendarzowego u obu płci nie stwierdzono statystycznie istotnych korelacji pomiędzy zakresem przemieszczeń COP a wytrzymałościowym biegiem wahadłowym (aneks tab. 3 i 4). Wskaźnik determinacji R^2 (♂ 0,01, ♀ 0,02) potwierdza brak powiązań pomiędzy parametrem stabilności statycznej a analizowaną próbą motoryczną. Wykres rozrzutu wskazuje na zmniejszanie się zakresu przemieszczeń COP wraz z przyrostem pokonanych etapów w biegu wytrzymałościowym (ryc. 11).

Równania regresji relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) do wyników biegu wytrzymałościowego przyjęły postać:

$$\text{♂: } MA = 4,9214 - 0,148 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀: } MA = 4,3016 - 0,1893 \times \text{bieg wahadłowy}$$



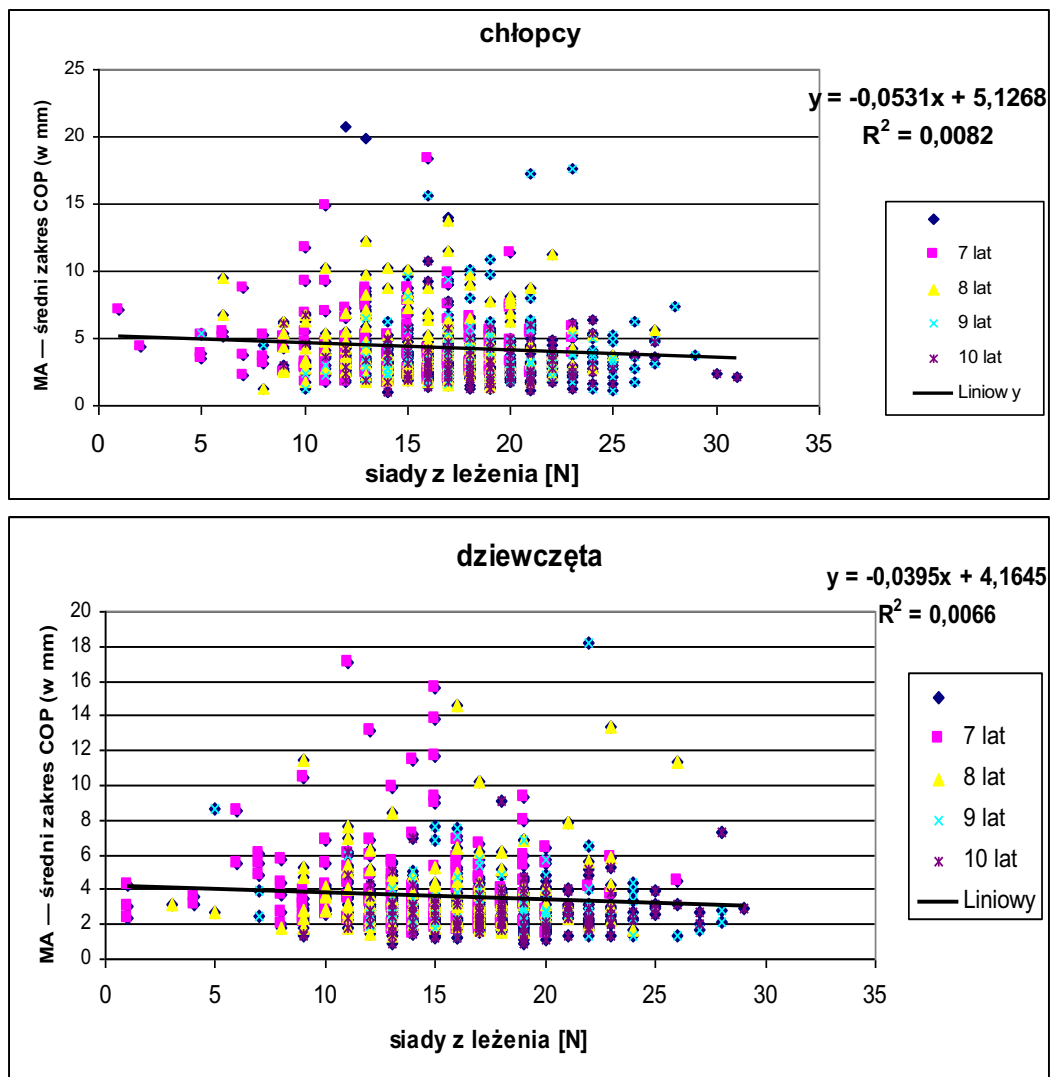
Ryc. 11 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Rozrzut danych relacji zakresu przemieszczeń COP i wyników siadów z leżenia nie wskazuje na występowanie istotnych powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Wyjaśniany obszar zmienności wspólnej dla całej grupy badanych chłopców wyniósł $R^2=0,008$, a dla dziewcząt — $R^2=0,07$ (ryc. 12). Największy rozrzut danych zaobserwowano przy średnich wartościach próby motorycznej. Miał na niego też wpływ wiek badanych. Wyniki najstarszych dzieci układały się najbliżej prostej regresji. Analiza korelacji cząstkowych potwierdziła brak lub małą siłę związku pomiędzy analizowanymi zmiennymi u obu płci i we wszystkich kategoriach wiekowych (aneks tab. 3 i 4).

Relacje zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników siadów z leżenia obrazują równania regresji:

$$\text{♂: SP} = \text{MA} = 5,1268 - 0,0531 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: SP} = \text{MA} = 4,1645 - 0,0395 \times \text{siady z leżenia}$$



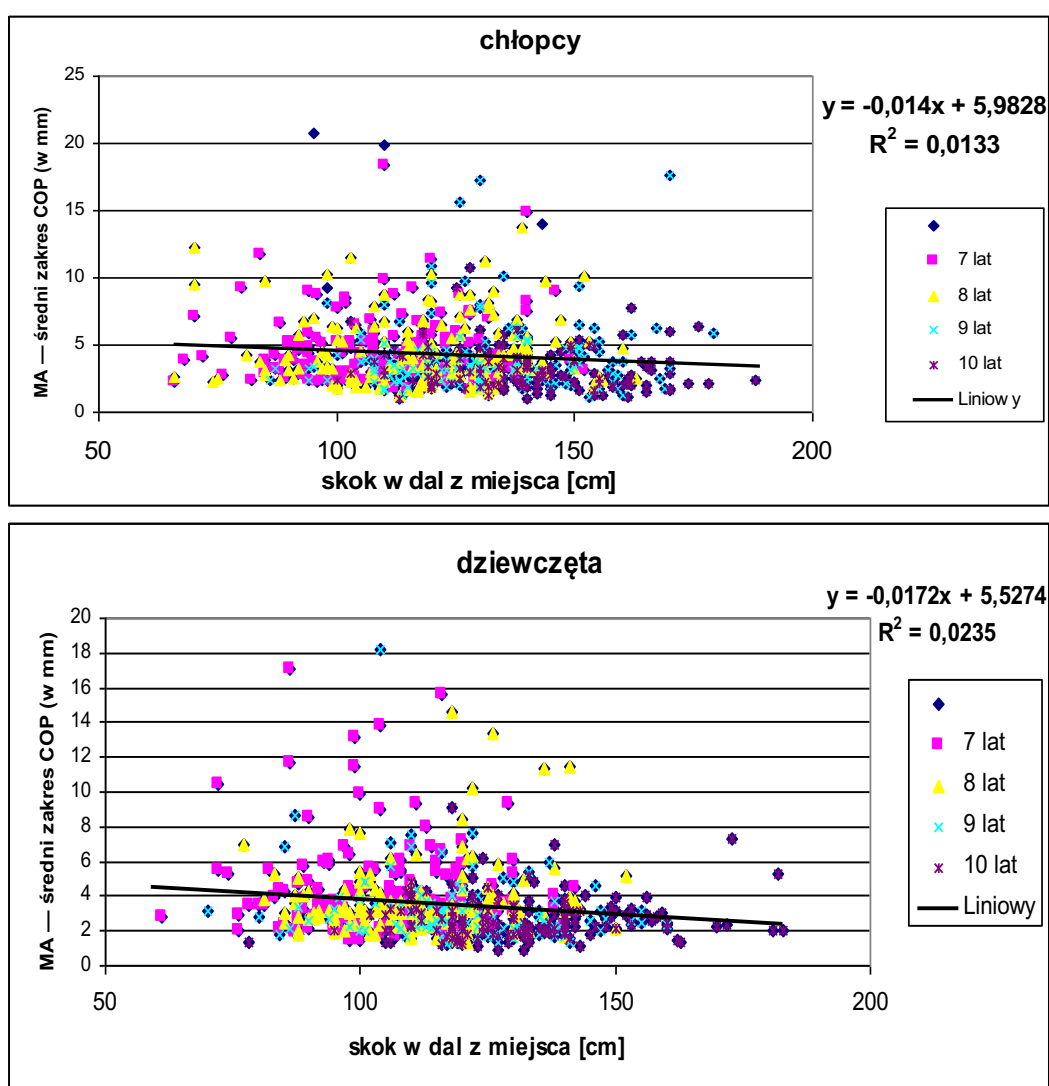
Ryc. 12 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Powiązania pomiędzy zakresem przemieszczeń COP (MA) a wynikami skoku w dal z miejsca są małe, na co wskazuje wartość współczynnika determinacji R^2 (♂ 0,01; ♀ 0,02). Stwierdzono wystąpienie tylko jednej istotnej korelacji cząstkowej w grupie 9. letnich dziewcząt ($r=-0,22$) (aneks tab.3 i 4). Rozrzut danych zmniejsza się wraz z wiekiem badanych, jak też z osiąganiem przez nich większych długości skoku (ryc. 13). Nachylenie prostej regresji sugeruje zmniejszanie się zakresu COP wraz z wydłużaniem odległości skoku.

Wzajemne relacje zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników skoku w dal z miejsca opisują równania regresji:

$$\text{♂: } MA = 5,9828 - 0,014 \times \text{skok w dal}$$

$$\text{♀: } MA = 5,5274 - 0,0172 \times \text{skok w dal}$$



Ryc. 13 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

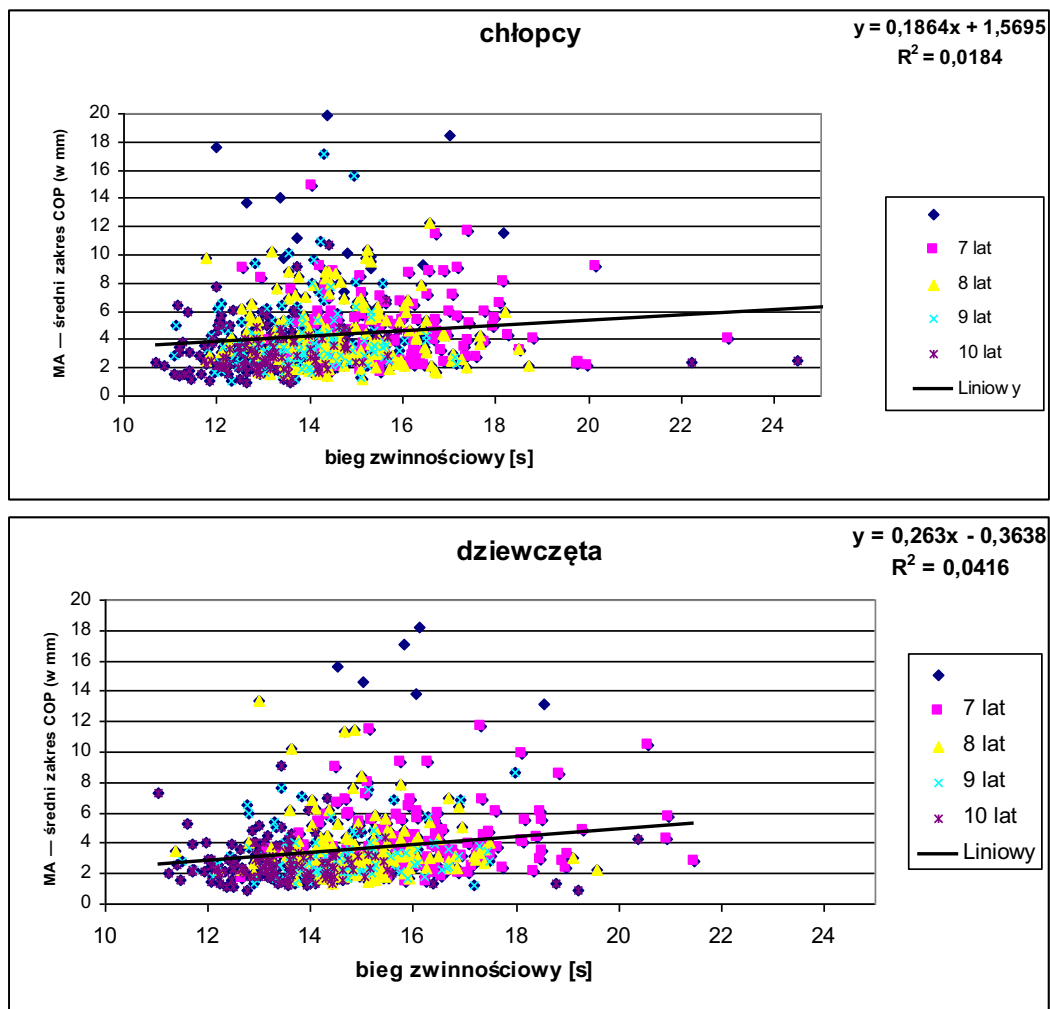
W kolejnej próbie zdolności szybkościowych — biegu zwinnościowym, u chłopców nie stwierdzono statystycznie istotnych powiązań cząstkowych pomiędzy analizowanymi

zmiennym (aneks tab.3 i 4). Jedynie u 9. letnich dziewcząt stwierdzono istotną statystycznie korelację o małej sile związku ($r=0,20$). Potwierdza to wartość wskaźnika determinacji R^2 ($\text{♂ } 0,02$; $\text{♀ } 0,04$). Wykresy rozrzutu danych są zbliżone u obu płci, wskazując na ich zbliżanie się do prostej regresji wraz z przyrostem wieku kalendarzowego. Z kolei jej nachylenie sugeruje zmniejszanie się wartości zakresu COP wraz ze skracaniem czasu biegu (ryc. 14).

W relacjach zakresu COP (MA) i wyników szybkości lokomocyjnej równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: } MA = 1,5695 + 0,1864 \times \text{bieg zwinnościowy}$$

$$\text{♀: } MA = -0,3638 + 0,2630 \times \text{bieg zwinnościowy}$$



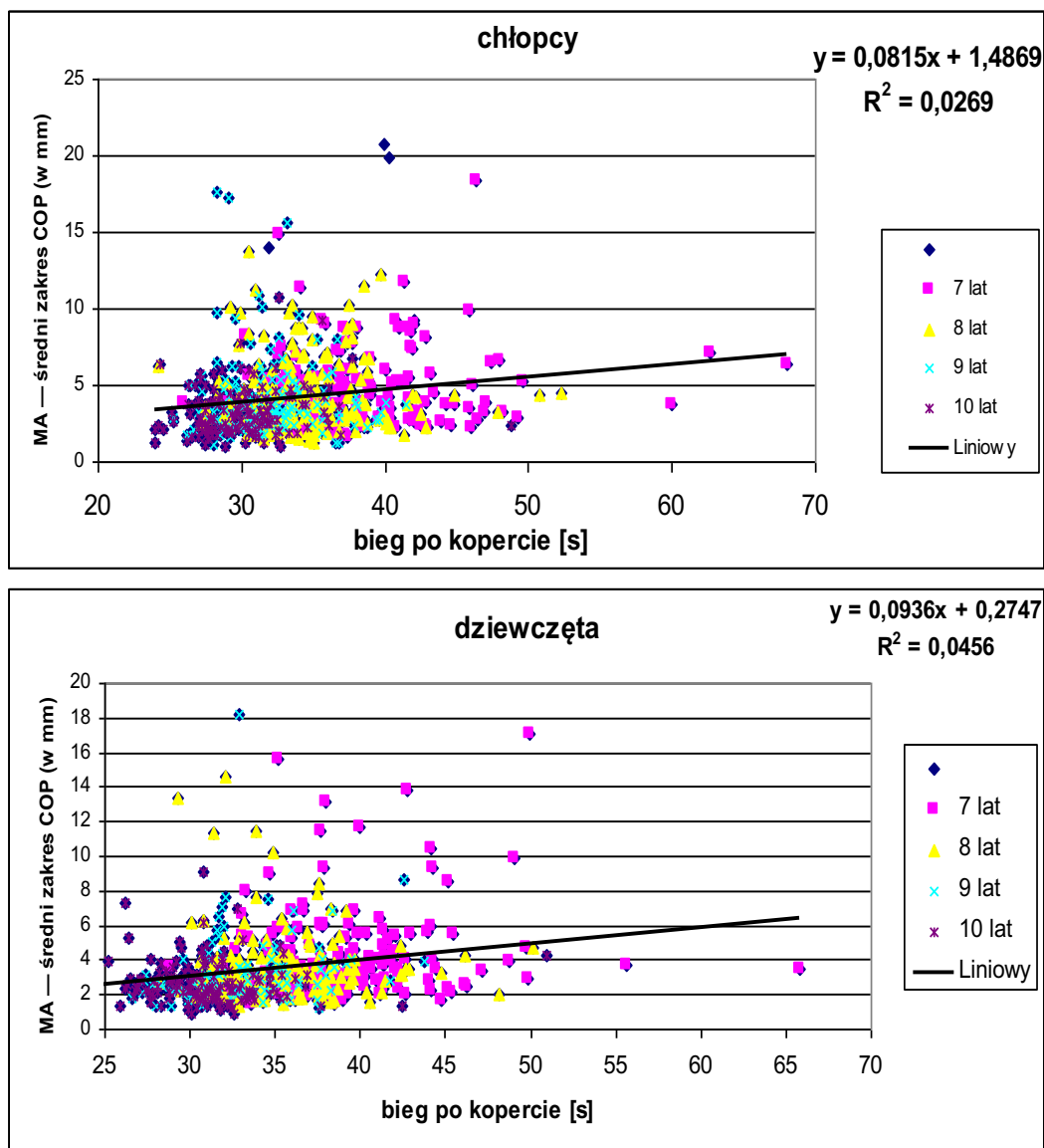
Ryc. 14 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Analiza korelacji cząstkowych pomiędzy wynikami biegu po kopercie i zakresem ścieżki nie wykazała u badanych dzieci występowania istotnych relacji poza grupą 9. letnich dziewcząt ($r=0,20$) (aneks tab.3 i 4). Wskaźnik determinacji R^2 informuje ($\text{♂ } 0,03$; $\text{♀ } 0,05$) o małym obszarze zmienności wspólnej pomiędzy zmiennymi. Kąt nachylenia prostej regresji oraz rozrzut danych wskazują na poprawę wartości obu zmiennych wraz z wiekiem (ryc. 15).

Liczbowe relacje pomiędzy zmiennymi: zakresem przemieszczeń COP (MA) i wynikami biegu po kopercie, przedstawiają równania regresji:

$$\text{♂: } MA = 1,4869 + 0,0815 \times \text{bieg po kopercie}$$

$$\text{♀: } MA = 0,2747 + 0,0936 \times \text{bieg po kopercie}$$



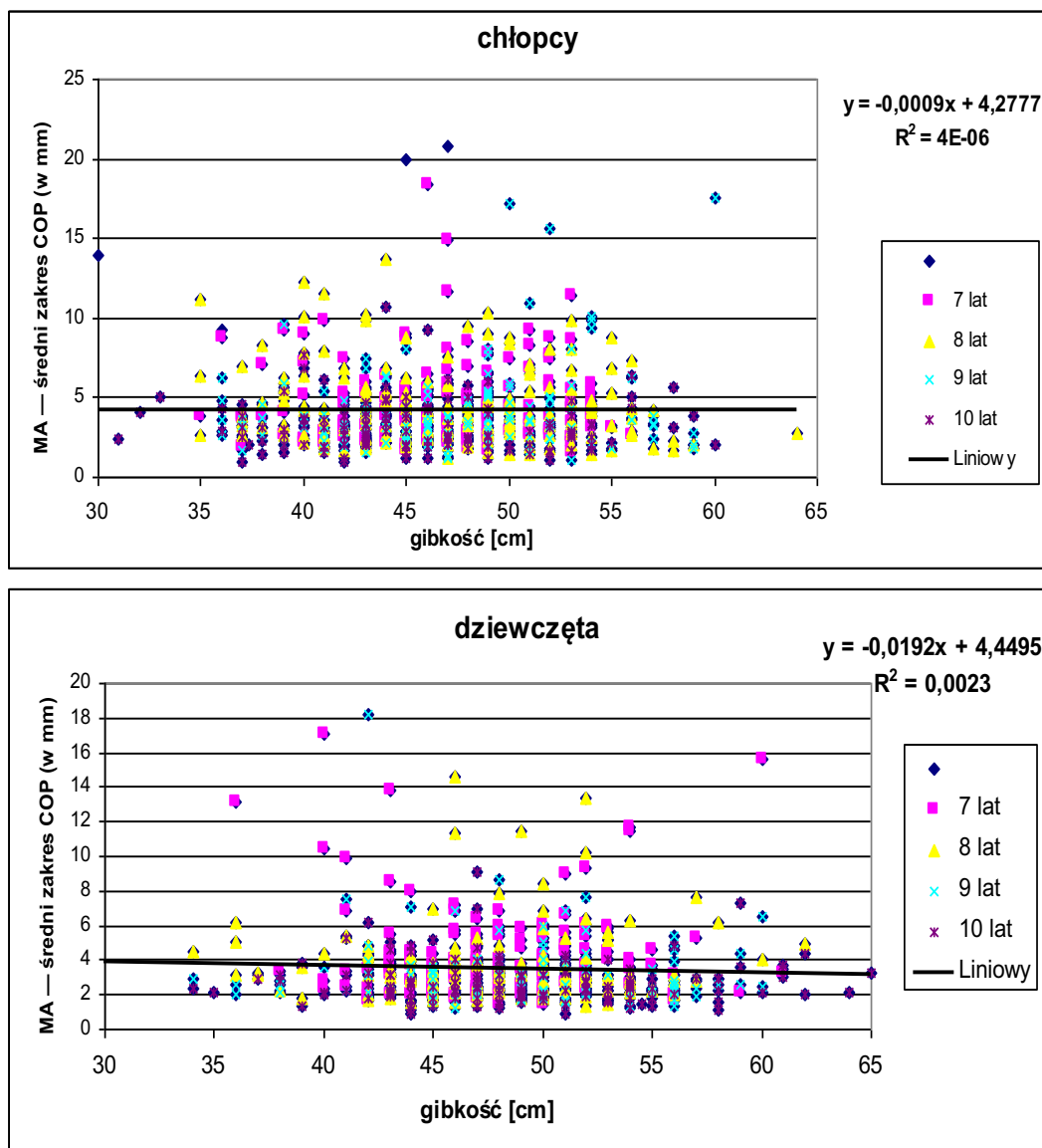
Ryc. 15 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

U chłopców stwierdzono istotne cząstkowe korelacje o małej sile związku pomiędzy zakresem COP (MA) a gibkością. Wystąpiły one u 8. i 9. latków ($r=0,19$). Brak ich natomiast u dziewcząt (aneks tab.3 i 4). U obu płci obszar wyjaśnionej zmienności wspólnej jest mały (♂ 0,000; ♀ 0,002), co wynika głównie z podobnych wyników próby gibkości w całym badanym okresie. Współczynniki kierunkowe prostej regresji są bliskie zeru, co potwierdza brak istotnej relacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Wykres rozrzutu nie wskazuje na istotne powiązania danych z analizowanymi przedziałami wiekowymi u obu płci (ryc. 16).

W relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) do poziomu gibkości równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: MA} = 4,2777 - 0,0009 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: MA} = 4,4495 - 0,0192 \times \text{gibkość}$$



Ryc. 16 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

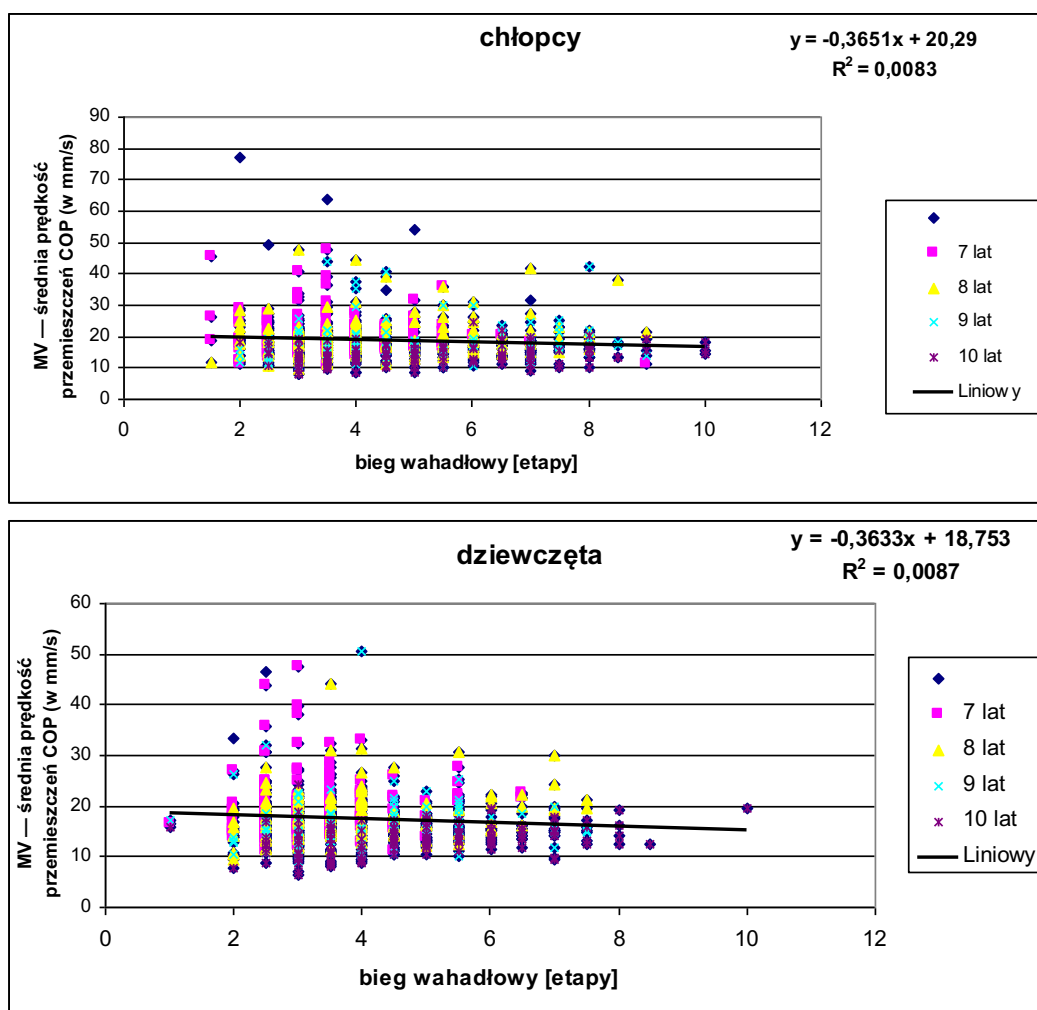
c). *prędkość przemieszczeń COP (MV)*

W ujęciu całościowym wartość współczynnika determinacji R^2 (♂ 0,008; ♀ 0,009) wskazuje na brak powiązań pomiędzy wynikami wytrzymałościowego biegu wahadłowego i średniej prędkości przemieszczeń COP. Korelacje cząstkowe pomiędzy analizowanymi zmiennymi wystąpiły u 8. (♂ 0,16; ♀ 0,19) i 10 letnich (♂ 0,25; ♀ 0,31) dzieci (aneks tab. 5 i 6). Kąt nachylenia prostej regresji sugeruje zmniejszanie się prędkości przemieszczeń COP wraz poprawą wyniku biegu wytrzymałościowego, a rozrzut danych zmniejsza się wraz z wiekiem badanych (ryc. 17).

Relacje szybkości przemieszczeń COP (MV) do wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego obrazują równania regresji:

$$\text{♂: } MV = 20,290 - 0,3651 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀: } MV = 18,753 - 0,3633 \times \text{bieg wahadłowy}$$



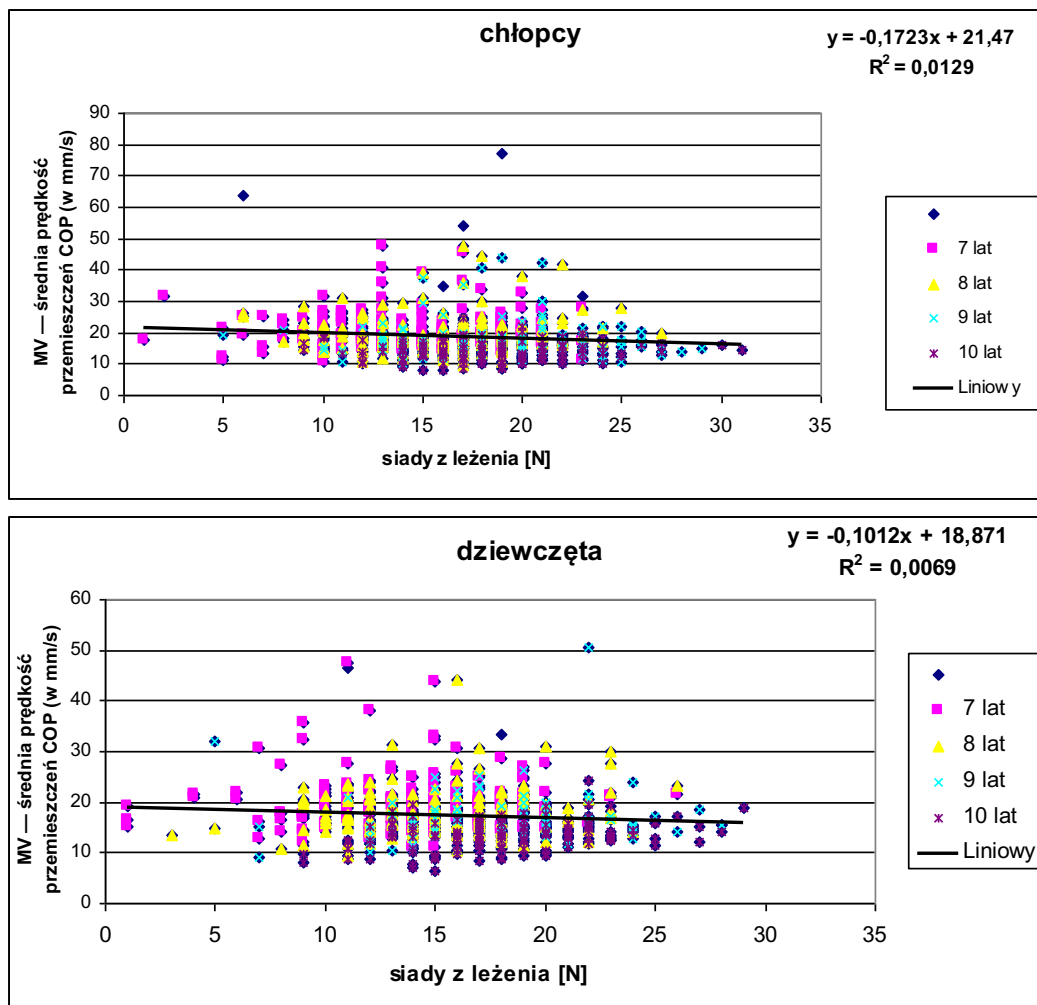
Ryc. 17 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

W siadach z leżenia, w korelacjach cząstkowych, nie stwierdzono u obu płci statystycznie istotnych powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi oprócz 10-letnich dziewcząt ($r=0,28$) (aneks tab. 5 i 6). U chłopców wartości współczynników korelacji były małe i nieistotne, oscylując w zakresie od 0,01 do 0,07. Współczynnik determinacji R^2 (♂ 0,01, ♀ 0,007) potwierdza brak powiązań pomiędzy szybkością przemieszczeń a analizowaną próbą motoryczną. Prosta regresji wskazuje na wyższą stabilność osób o większej wytrzymałości mm. brzucha. Największy rozrzut danych relacji siadów z leżenia do MV zaobserwowano przy średnich wartościach ich powtórzeń, a najmniejszą przy skrajnych (ryc. 18).

W relacji szybkości przemieszczeń COP (MV) do wyników siadów z leżenia równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: } MV = 21,47 - 0,1723 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: } MV = 18,871 - 0,1012 \times \text{siady z leżenia}$$



Ryc. 18 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

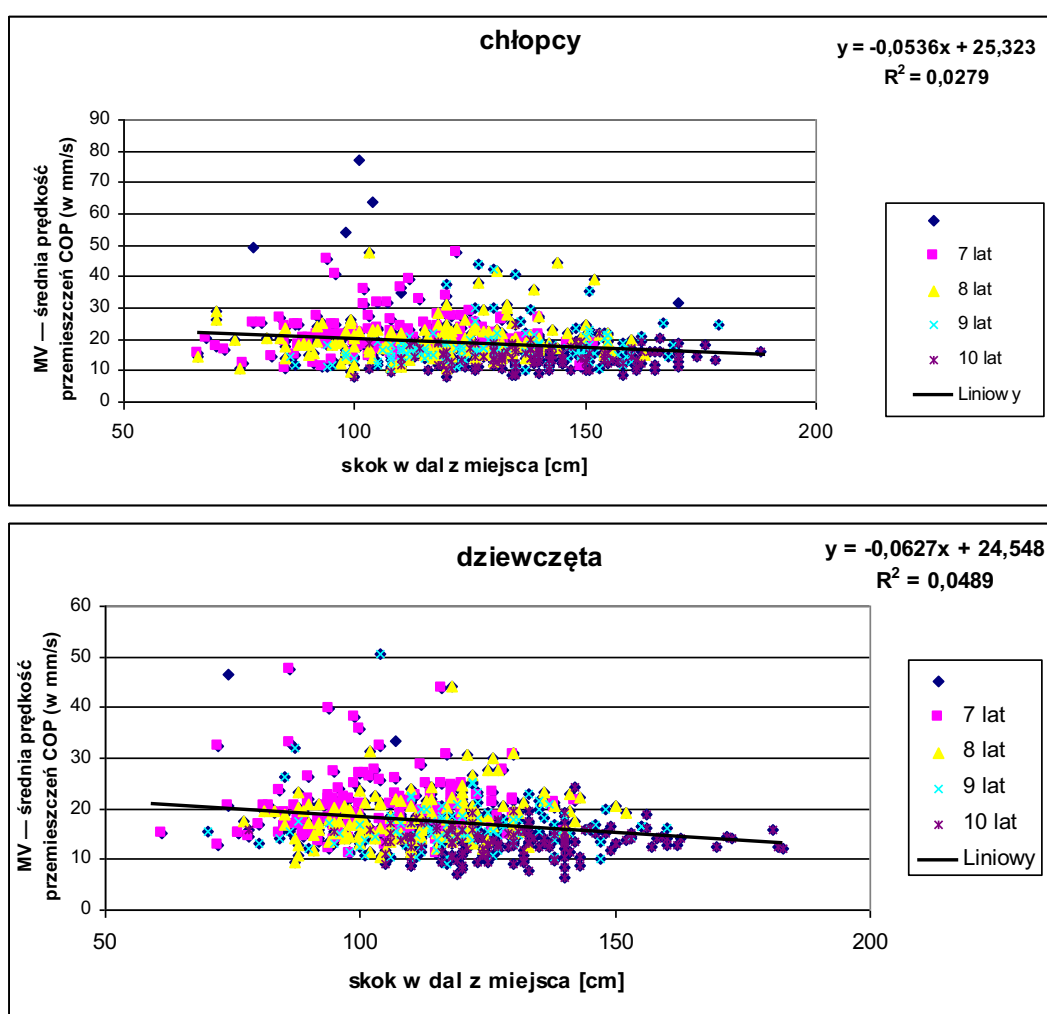
Wykres rozrzutu danych prędkości przemieszczeń COP w relacji ze skokiem w dal z miejsca jest zbliżony u obu płci. U najstarszych chłopców (10 lat) jest skupiony poniżej prostej regresji.

Odsetek wyjaśnienia wartości wspólnej u chłopców wyniósł $R^2=0,03$, a u dziewcząt $R^2=0,05$. Obie zmienne w poszczególnych grupach są ze sobą słabo powiązane. Częstkowe korelacje w obrębie poszczególnych roczników wskazują na słabe powiązanie MV ze skokiem w dal, a istotne były u 9. letnich u chłopców i 8. letnich dziewcząt ($\text{♂ } r=0,20$; $\text{♀ } r=0,20$) (aneks tab. 5 i 6). Nachylenie prostej regresji sugeruje zmniejszanie się prędkości COP wraz z wydłużaniem się długości skoku (ryc. 19).

Wzajemne relacje szybkości przemieszczeń COP (MV) i wyników próby mocy kończyn dolnych opisują równania regresji:

$$\text{♂: } MV = 25,323 - 0,0536 \times \text{skok w dal}$$

$$\text{♀: } MV = 24,548 - 0,0627 \times \text{skok w dal}$$



Ryc. 19 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

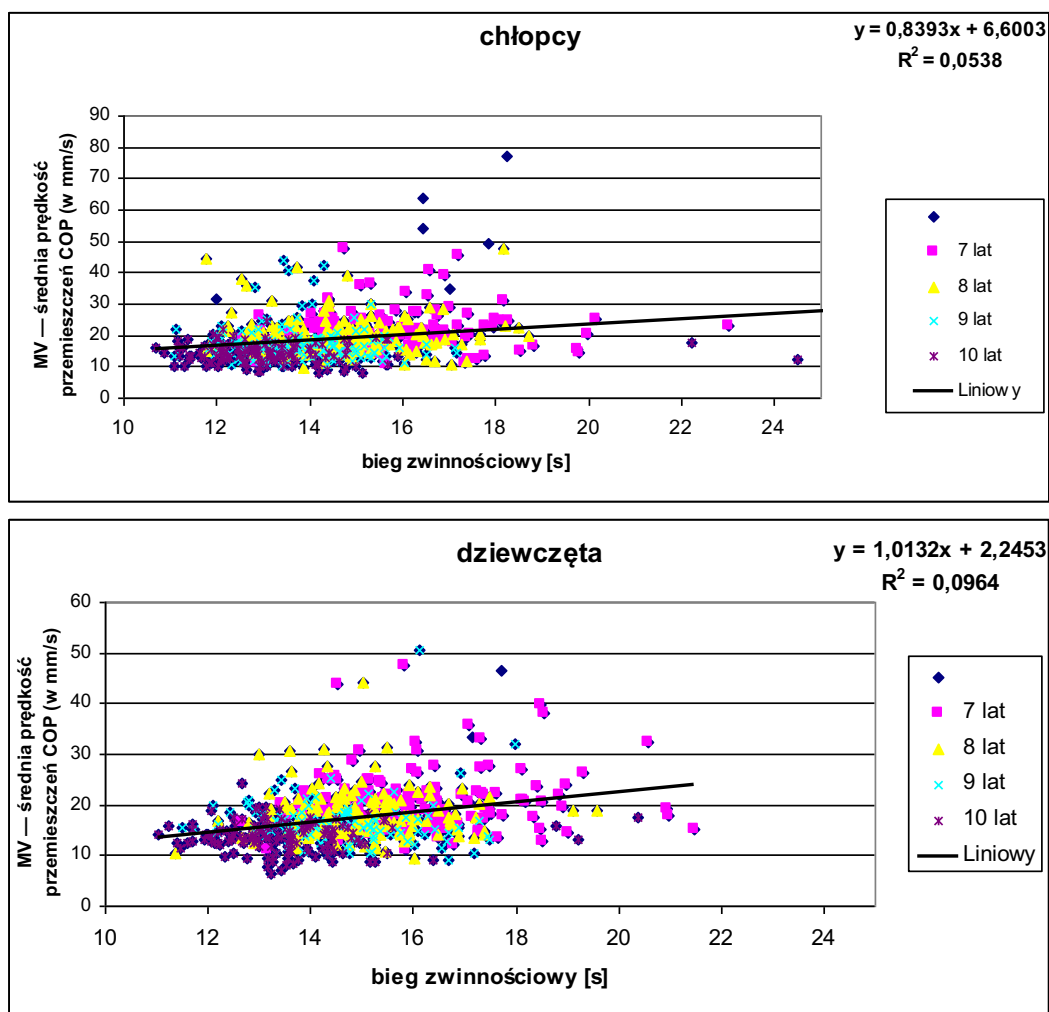
Wartość współczynnika determinacji pomiędzy szybkością przemieszczeń COP (MV) a biegiem zwinnościowym wskazuje na większy obszar zmienności wspólnej u dziewcząt ($\text{♂ } 0,05$; $\text{♀ } 0,1$). Brak istotnych korelacji cząstkowych w poszczególnych rocznikach (aneks tab. 5 i 6). U obu płci wykresy rozrzutu są podobne, wskazując na zmniejszanie się jego zakresu

wraz z wiekiem. Nachylenie prostej regresji sugeruje, że dzieci charakteryzujące się większą szybkością lokomocyjną, wolniej przemieszczają swój COP (ryc. 20).

Relacje prędkości przemieszczeń COP (MV) i szybkości lokomocyjnej opisują równania regresji:

$$\text{♂: } MV = 6,6003 + 0,8393 \times \text{bieg zwinnościowy}$$

$$\text{♀: } MV = 2,2453 + 1,0132 \times \text{bieg zwinnościowy}$$



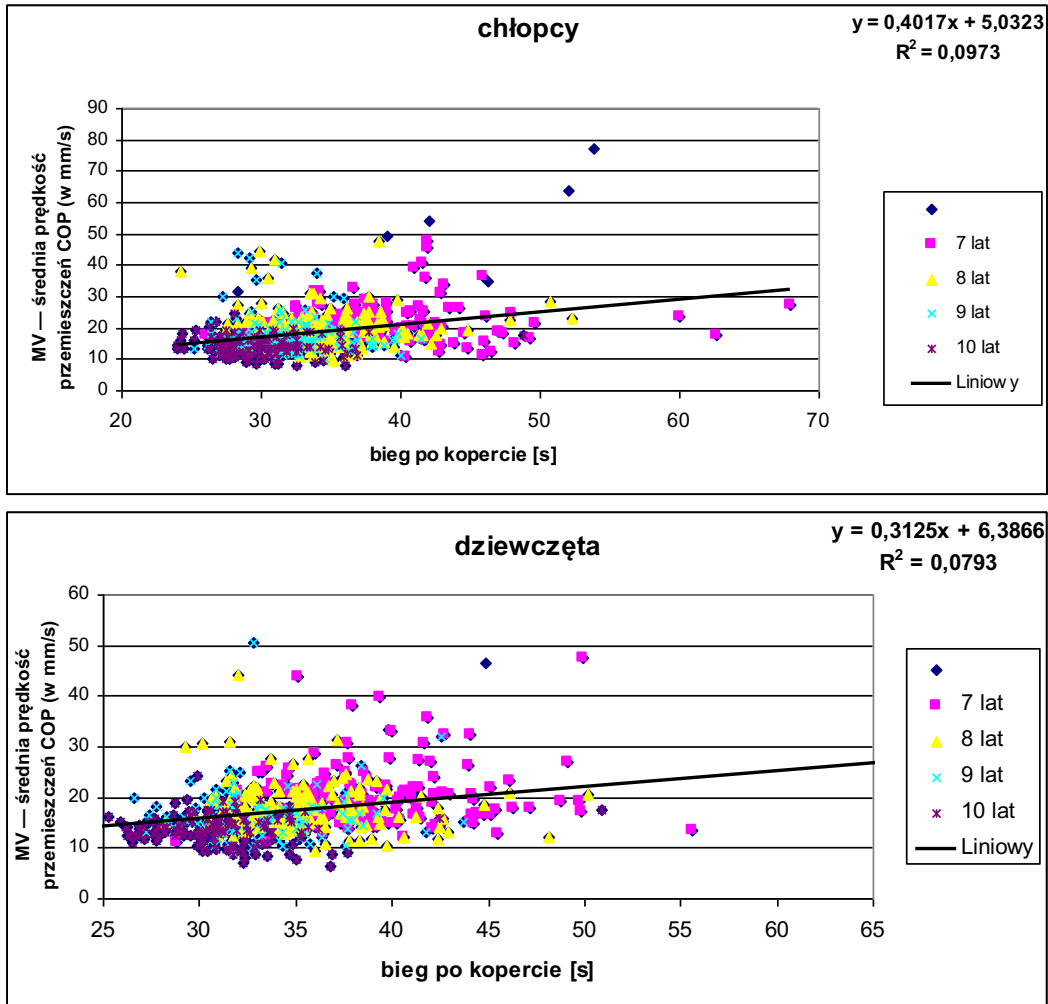
Ryc. 20 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Wyjaśniony obszar zmienności wspólnej dla zmiennych prędkości przemieszczeń COP i wyników biegu po kopercie u dziewcząt wyniósł $R^2=0,08$, a u chłopców był większy — $R^2=0,10$. Korelacje cząstkowe zmiennych w poszczególnych kategoriach wiekowych wskazują jedynie na małe, ale statystycznie istotne korelacje u 7. letnich chłopców ($r=0,26$) (aneks tab. 5 i 6). Wykres rozrzutu danych jest u obu płci zbliżony. Dla dwóch najstarszych przedziałów wiekowych jego zakres się zmniejsza. Nachylenie prostej regresji wskazuje na spowolnienie przemieszczeń COP wraz ze skracaniem czasu biegu po kopercie (ryc. 21).

Równania regresji relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i czasu pokonania koperty przyjęły postać:

$$\text{♂: } MV = 5,0323 + 0,4017 \times \text{bieg po kopercie}$$

$$\text{♀: } MV = 6,3866 + 0,3125 \times \text{bieg po kopercie}$$



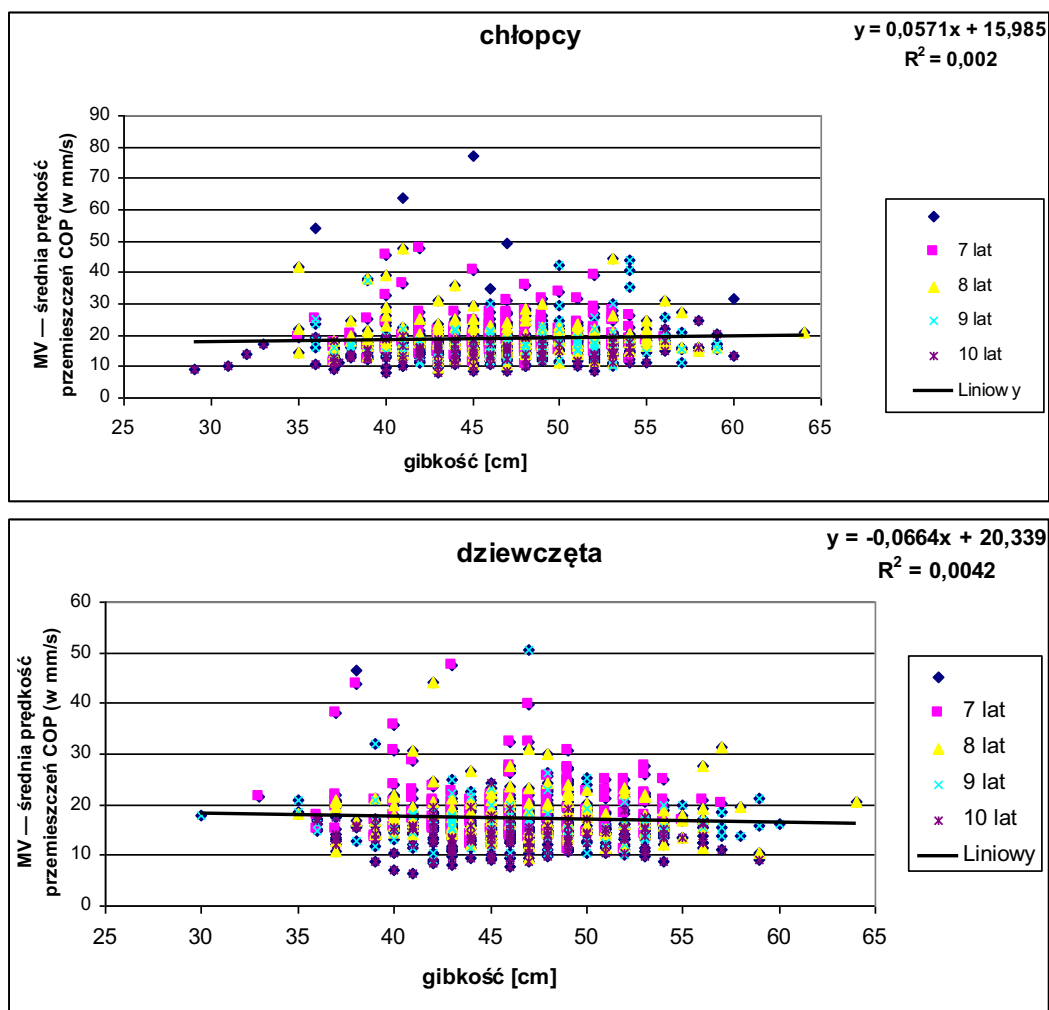
Ryc. 21 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

U chłopców relacje gibkości i prędkości COP okazały się statystycznie istotne u 9. ($r=0,20$) i 10 latków ($r=0,23$). U dziewcząt zależności takich nie potwierdzono (aneks tab.5 i 6). Odsetek wyjaśnionej wartości wspólnej był marginalny (♂ 0,002, ♀ 0,004). Nachylenie prostej regresji było znikome i przeciwne u obu płci (ryc. 22).

W relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) do poziomu gibkości równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: } MV = 15,985 - 0,0571 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: } MV = 20,339 - 0,0664 \times \text{gibkość}$$



Ryc. 22 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

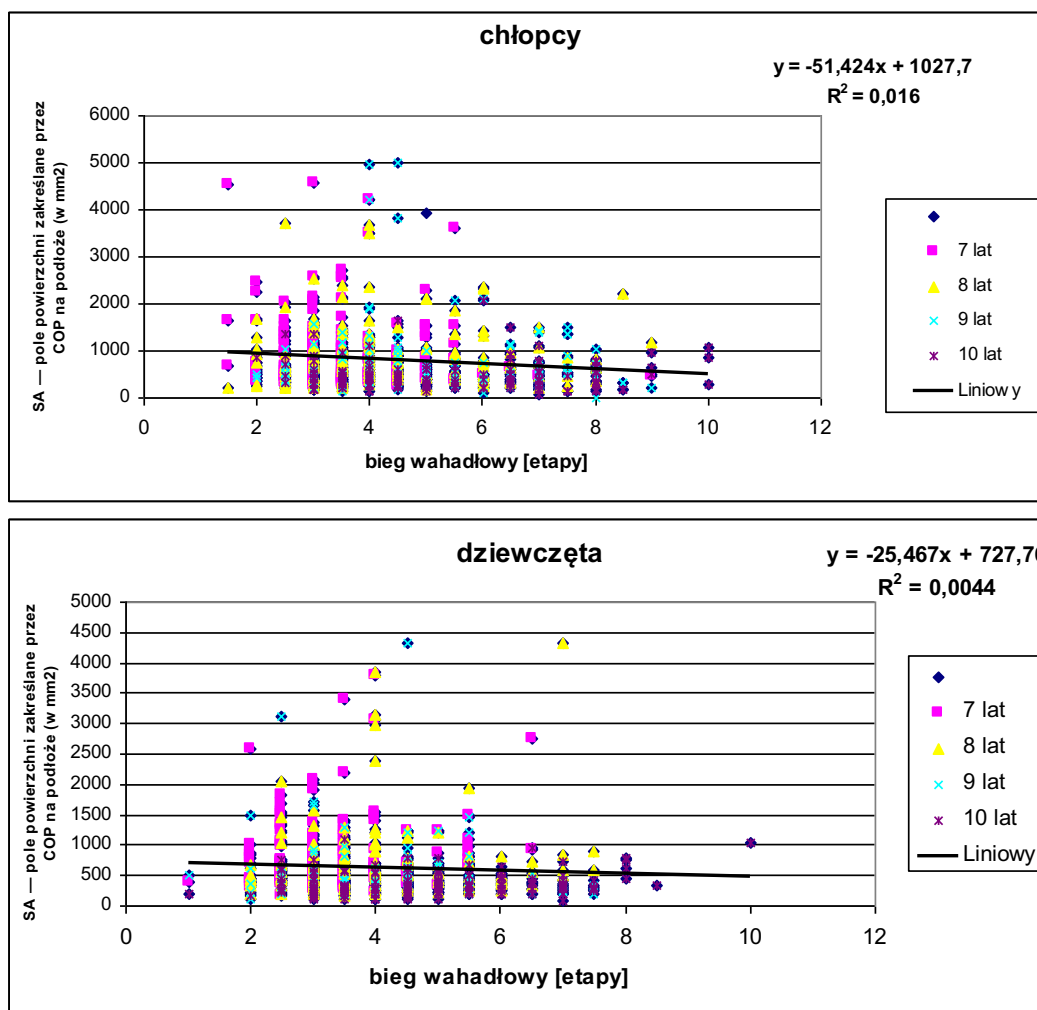
d). pole powierzchni zakreślane przez COP (SA)

Wykres rozrzutu danych, opisujących relację pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego, wskazuje na zmniejszanie się jego zakresu wraz z wiekiem badanych oraz osiągnięciem przez nich korzystniejszych wyników biegu. Istotne zależności pomiędzy zmiennymi stwierdzono tylko u 10 letnich dziewcząt ($r=0,19$) (aneks tab. 7 i 8). U obu płci pole powierzchni przemieszczeń COP zmniejsza się wraz z wiekiem. Pomimo zbliżonego do zera wskaźnika determinacji ($R^2 \text{ ♂ } 0,020, \text{ ♀ } 0,004$) prosta regresji wskazuje na zmniejszanie się pola powierzchni wraz z osiągnięciem przez badanych wyższego etapu biegu wahadłowego. (ryc. 23).

Liczbowe powiązania zmian pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) w zależności od wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego przedstawiają równania regresji:

$$\text{♂: } SA = 1027,7 - 51,424 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀: } SA = 727,76 - 25,467 \times \text{bieg wahadłowy}$$



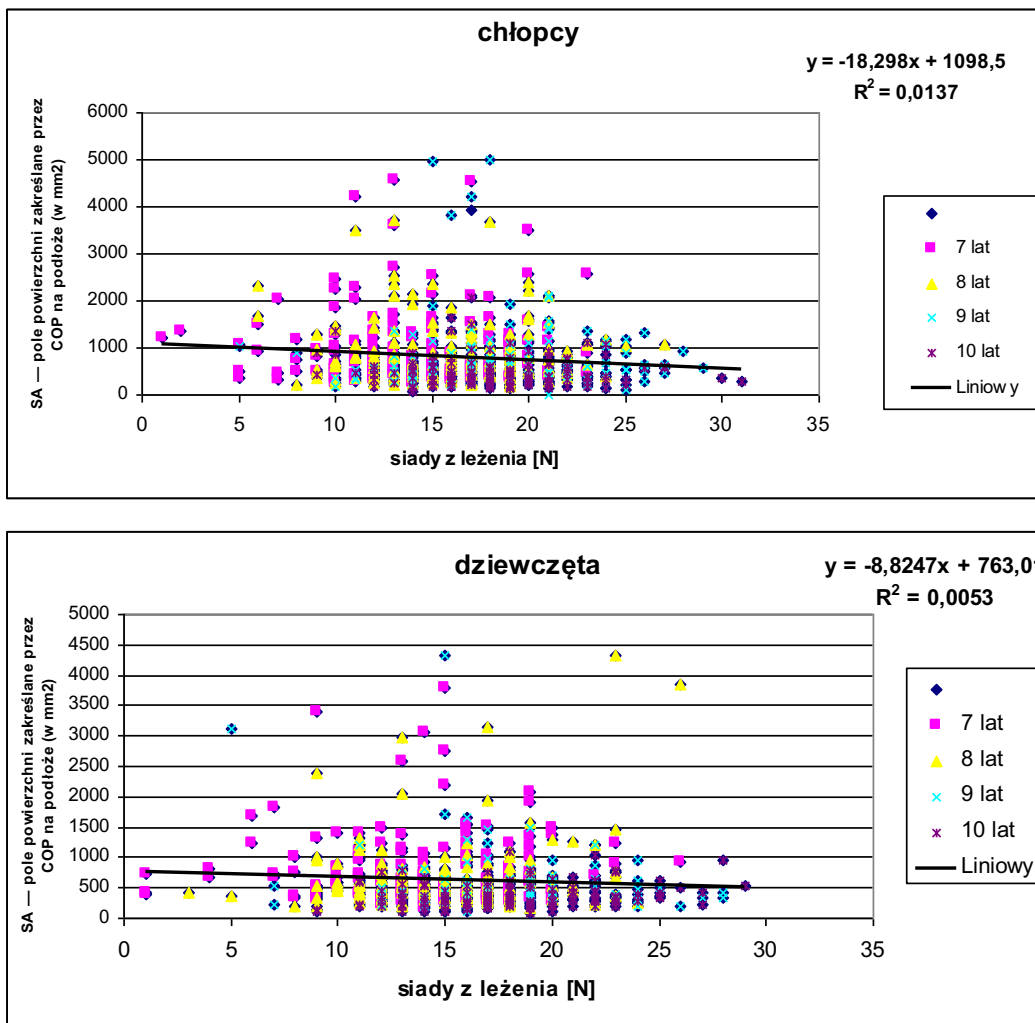
Ryc. 23 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Wyniki drugiej z analizowanych wytrzymałościowych prób motorycznych — siadów z leżenia, również nie wykazują istotnych relacji z polem powierzchni zakreślonej przez COP. Współczynnik determinacji R^2 (♂ 0,010, ♀ 0,005) dla obu płci jest znikomy. U chłopców nie odnotowano też statystycznie istotnych korelacji cząstkowych, ale stwierdzono je u 8. ($r=0,17$) i 10 letnich ($r=0,20$) dziewcząt (aneks tab. 7 i 8). Podobnie jak w poprzedniej próbie wytrzymałościowej ograniczanie pola powierzchni przemieszczeń COP jest powiązane z przyrostem wieku kalendarzowego. Kąt nachylenia linii regresji wskazuje na zmniejszanie się SA wraz ze zwiększaniem się liczby siadów (ryc. 24).

Wzajemne relacje pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) oraz wyników próby wytrzymałości mm. brzucha na zmęczenie obrazują równania regresji:

$$\text{♂: } SA = 1098,5 - 18,298 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: } SA = 763,01 - 8,8247 \times \text{siady z leżenia}$$



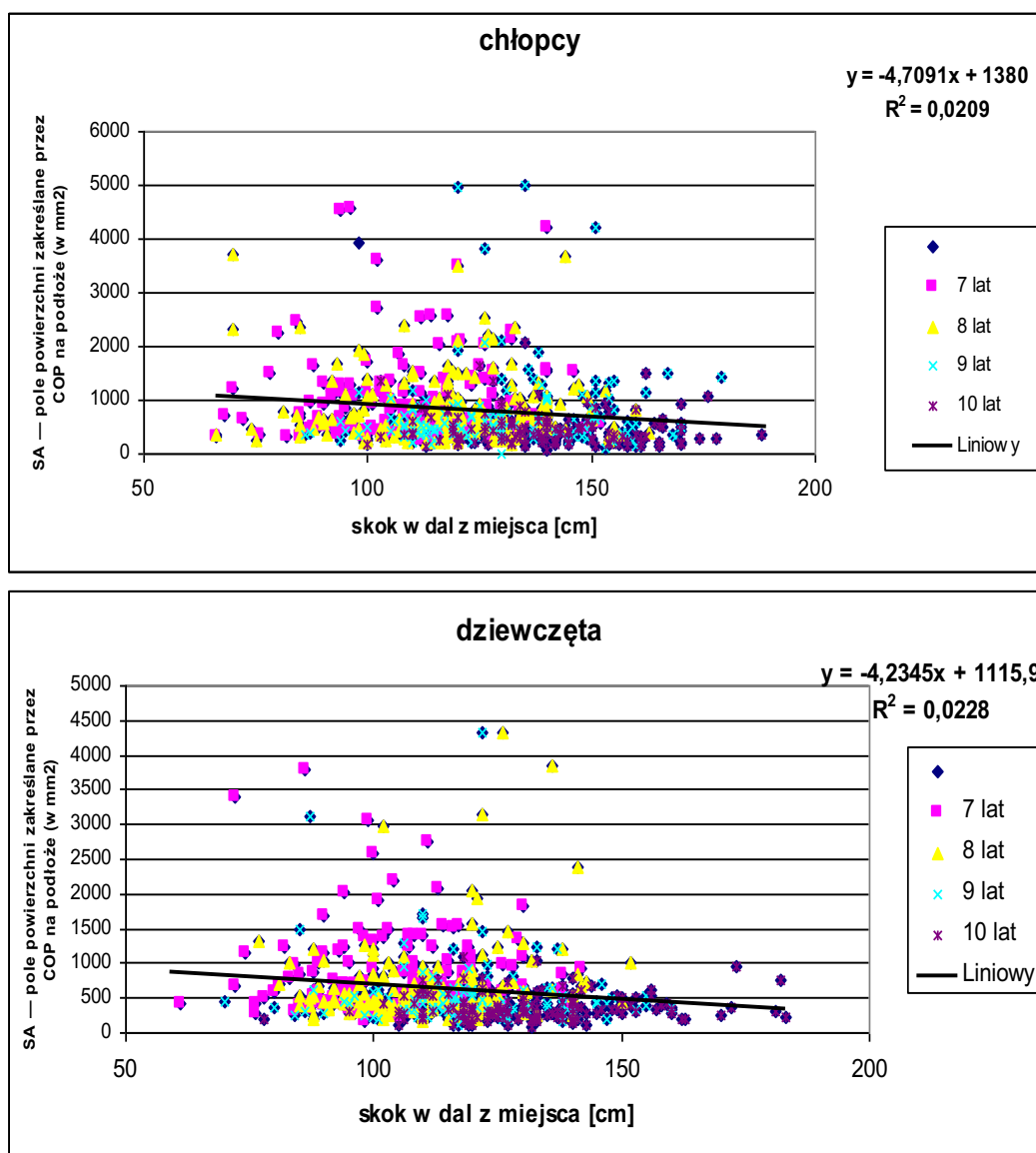
Ryc. 24 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Siła eksplozywna kończyn dolnych, szacowana na podstawie wyników skoku w dal z miejsca jest słabo powiązana z polem powierzchni przemieszczeń COP. Współczynnik determinacji był taki sam u obu płci i wyniósł $R^2=0,02$. W korelacjach cząstkowych tylko 8 letnie dziewczęta wykazują istotną statystycznie zależność zmiennych na poziomie $r=0,17$ (aneks tab. 7 i 8). Wykresy rozrzutu wskazują, że wiek znacząco wpływa na zmniejszanie się pola powierzchni (ryc. 25). Nachylenie linii regresji sugeruje zmniejszanie się SA wraz z wydłużaniem się skoku.

Równania regresji relacji pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) do wyniku skoku w dal z miejsca przyjęły postać:

$$\text{♂: } SA = 1380,0 - 4,7091 \times \text{skok w dal z miejsca}$$

$$\text{♀: } SA = 1115,9 - 4,2345 \times \text{skok w dal z miejsca}$$



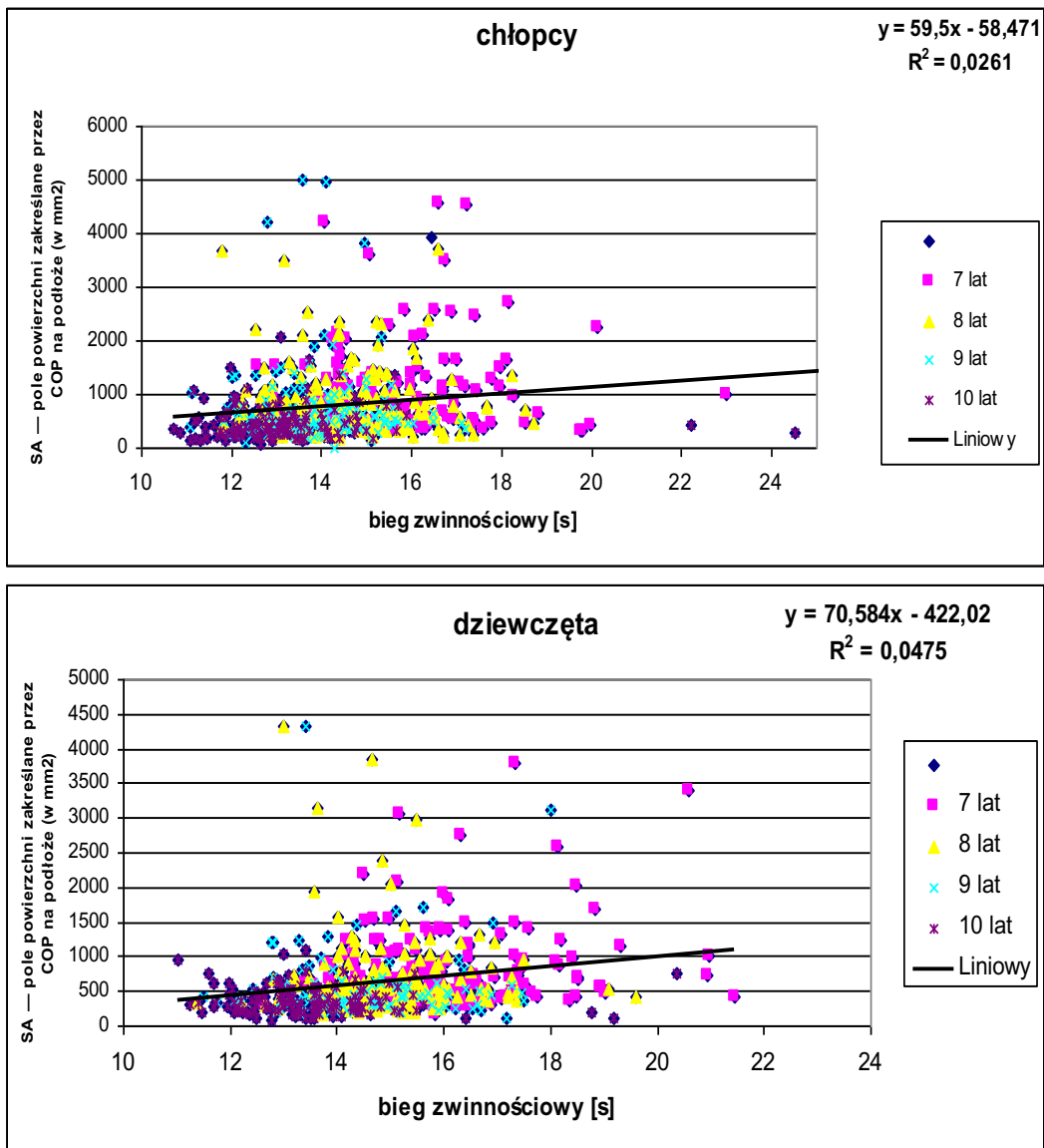
Ryc. 25 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

U obu płci, w żadnej z kategorii wieku kalendarzowego, nie stwierdzono statystycznie istotnych korelacji pomiędzy polem powierzchni zakreślonym przez COP a wynikiem biegu zwinnosciowego (aneks tab. 7 i 8). Wyjaśniany obszar zmienności wspólnej dla dziewcząt wyniósł $R^2=0,05$, a dla chłopców był jeszcze mniejszy — $R^2=0,03$. Istnieje jednak dodatnia liniowa zależność pomiędzy badanymi zmiennymi, która wskazuje na zmniejszanie się pola powierzchni COP wraz ze skracaniem czasu biegu w kolejnych przedziałach wiekowych, zarówno u chłopców, jak i u dziewcząt (ryc. 26).

Wyrażone równaniami regresji wzajemne relacje pomiędzy zmiennymi: polem powierzchni COP (SP) i wynikami biegu zwinnosciowego przyjęły następującą postać:

$$\text{♂: } SA = - 58,471 + 59,5 \times \text{bieg zwinnosciowy}$$

$$\text{♀: } SA = -422,02 + 70,584 \times \text{bieg zwinnosciowy}$$



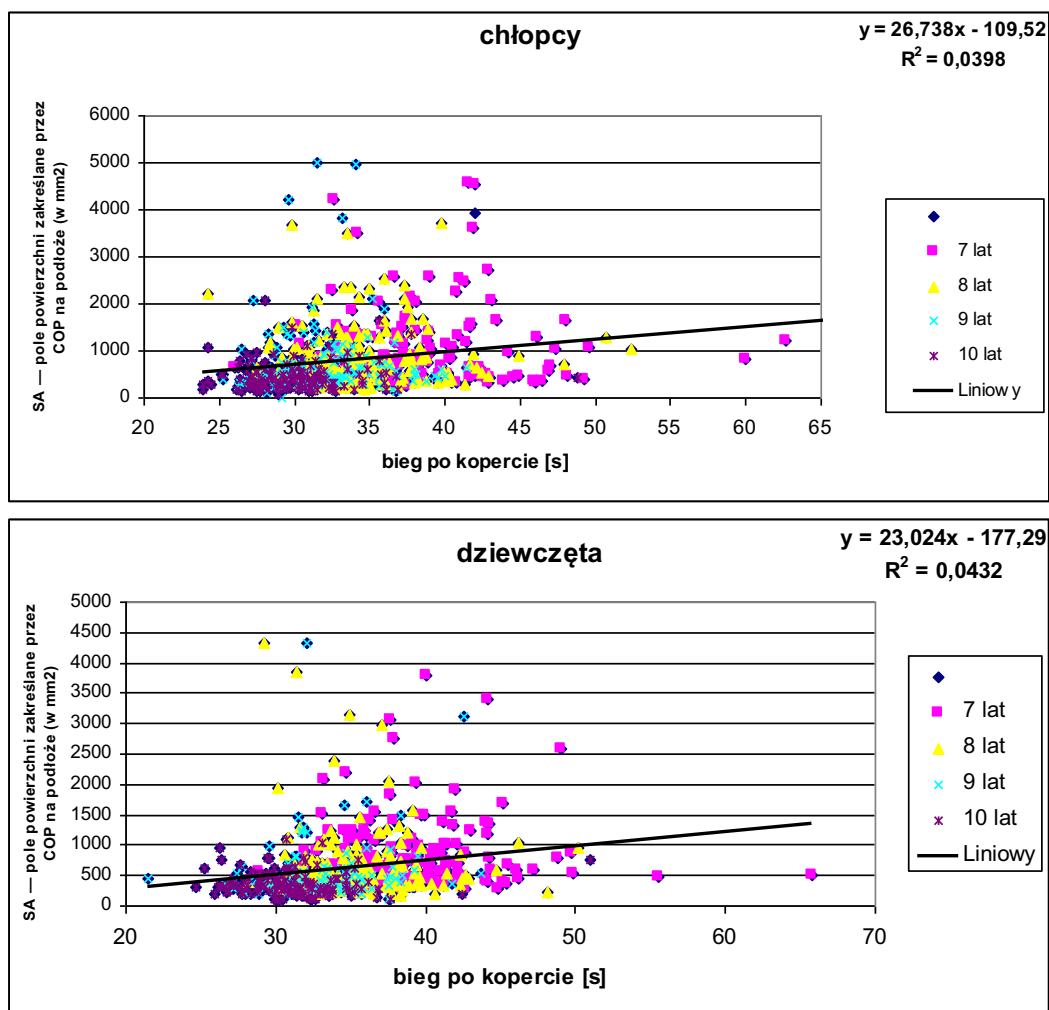
Ryc. 26 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i wyników biegu zwinnosciowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Bieg po kopcercie w niewielkim stopniu determinuje pole powierzchni zakreślone przez COP (♂ i ♀ $R^2=0,04$). Częstkowe korelacje nie wykazują jednak istotnych relacji u dziewcząt, a u 7 letnich chłopców są one małe ($r=0,17$) (aneks tab. 7 i 8). Wykresy rozrzutu danych jak i nachylenie prostej regresji sugerują, że istnieją zależności pomiędzy zmiennymi u obu płci. W kolejnych kategoriach wiekowych dzieci osiągają lepsze rezultaty w próbie szybkości oraz zmniejsza się pole powierzchni COP (ryc. 27).

Relacje pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) do wyników biegu po kopcercie obrazują równania regresji:

$$\text{♂: SA} = -109,52 + 26,738 \times \text{bieg po kopcercie}$$

$$\text{♀: SA} = -177,29 + 23,024 \times \text{bieg po kopcercie}$$



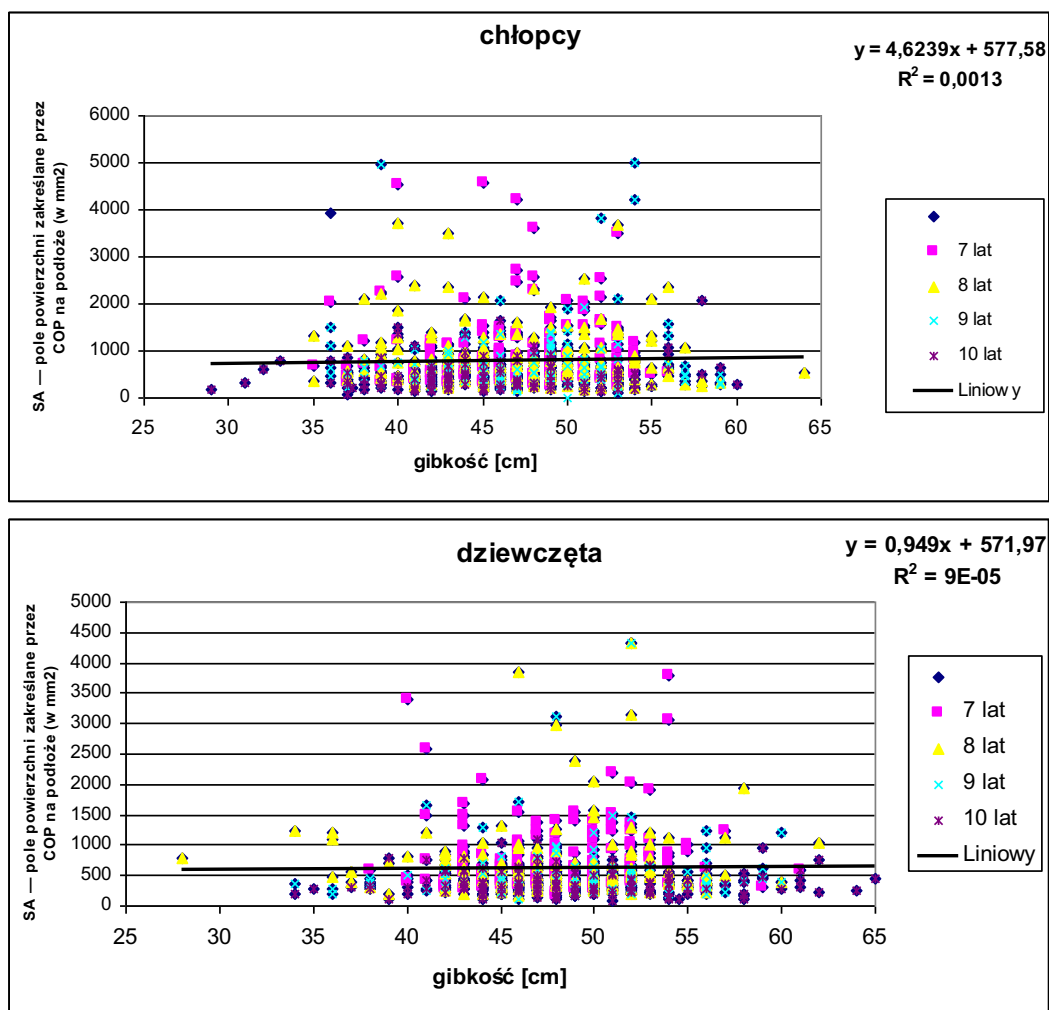
Ryc. 27 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i wyników biegu po koberce wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Nie wykazano znaczącej zależności pomiędzy próbą gibkości a polem powierzchni zakreślonym przez COP (R^2 ♂ 0,001, ♀ 0,000). Korelacje cząstkowe potwierdziły istotne relacje pomiędzy zmiennymi u 8. ($r=-0,15$) i 9 letnich ($r=0,21$) chłopców i ich brak w przypadku dziewcząt (aneks tab. 7 i 8). Podobnie jak przy analizie poprzednich miar poziomu stabilności w warunkach statycznych, prawie pozioma linia regresji sugeruje brak powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi. (ryc. 28).

W relacji pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) do poziomu gibkości równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: } SA = 577,58 + 4,6239 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: } SA = 571,97 - 0,949 \times \text{gibkość}$$



Ryc. 28 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślonego przez COP (SA) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

*

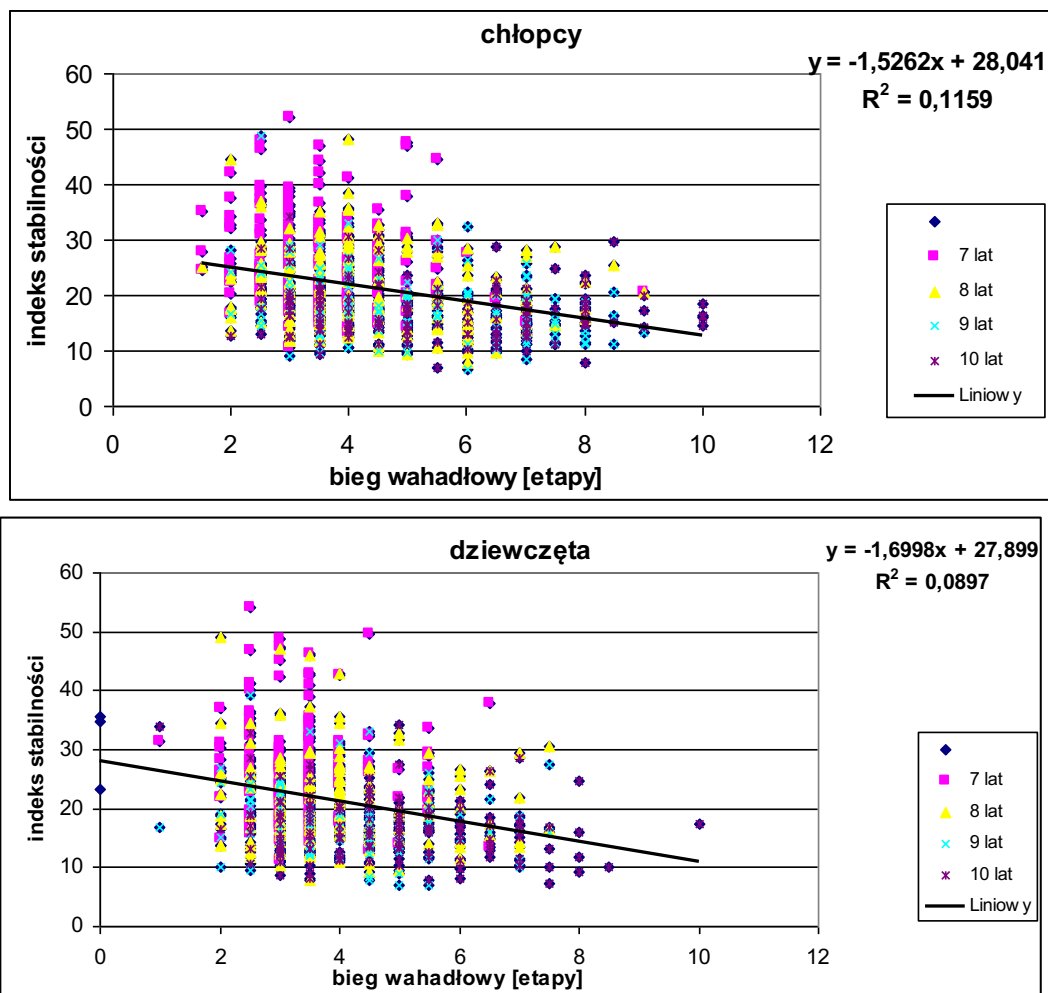
Równowaga w warunkach statycznych jest w małym stopniu wyjaśniana przez próby wybranych zdolności motorycznych. Wpływ na długość (SP), zakres (MA), prędkość (MV) i pole powierzchni (SA) przemieszczeń COP, zarówno u chłopców, jak u dziewcząt, mają głównie próby zdolności szybkościowych (skok w dal z miejsca, bieg zwinnościowy, bieg po kopercie). Gibkość nie wykazała powiązań z żadną analizowaną miarą poziomu stabilności posturalnej. Opisywany współczynnik determinacji (R^2) to wartość korelacji (r) podniesiona do kwadratu. Wymienione wybrane zdolności motoryczne korelują ze zmiennymi stabilności posturalnej na poziomie wartości współczynnika korelacji r w zakresie od 0,22 do 0,32, co świadczy o słabej do umiarkowanej sile tych relacji. Największą wartość współczynnika determinacji R^2 odnotowano w relacji długości ścieżki (SP) i skoku w dal z miejsca (♀ 0,05) i biegu po kopercie (♂ 0,06; ♀ 0,08). Wynik biegu po kopercie wpływał również na zakres przemieszczeń COP (MA) (♀ 0,05). Prędkość przemieszczeń COP w największym stopniu wchodziła w relacje ze skokiem w dal z miejsca (♀ 0,05), biegiem zwinnościowym (♂ 0,05;

♀ 0,1) oraz po kopercie (♂ 0,1; ♀ 0,8). Pole powierzchni COP korelowało z wynikiem biegu zwinnościowego (R^2 ♀ 0,05). Stwierdzono większą liczbę istotnych korelacji cząstkowych pomiędzy zmiennymi obu grup danych u dziewcząt.

4.2.2. Równowaga w warunkach dynamicznych

a). indeks stabilności

Indeks stabilności stanowi ogólną ocenę poziomu równowagi badanego w warunkach dynamicznych, podczas realizacji zadania równoważnego na platformie balansowej. Jego wartość zawiera się w zakresie od 0 do 100. Im jest niższa, tym stabilność znajduje się na wyższym poziomie. Odwrotnie niż wynik wytrzymałościowego biegu wahadłowego, gdzie wyższy numer uzyskanego w nim etapu świadczy o większej wytrzymałości lokomocyjnej badanego.



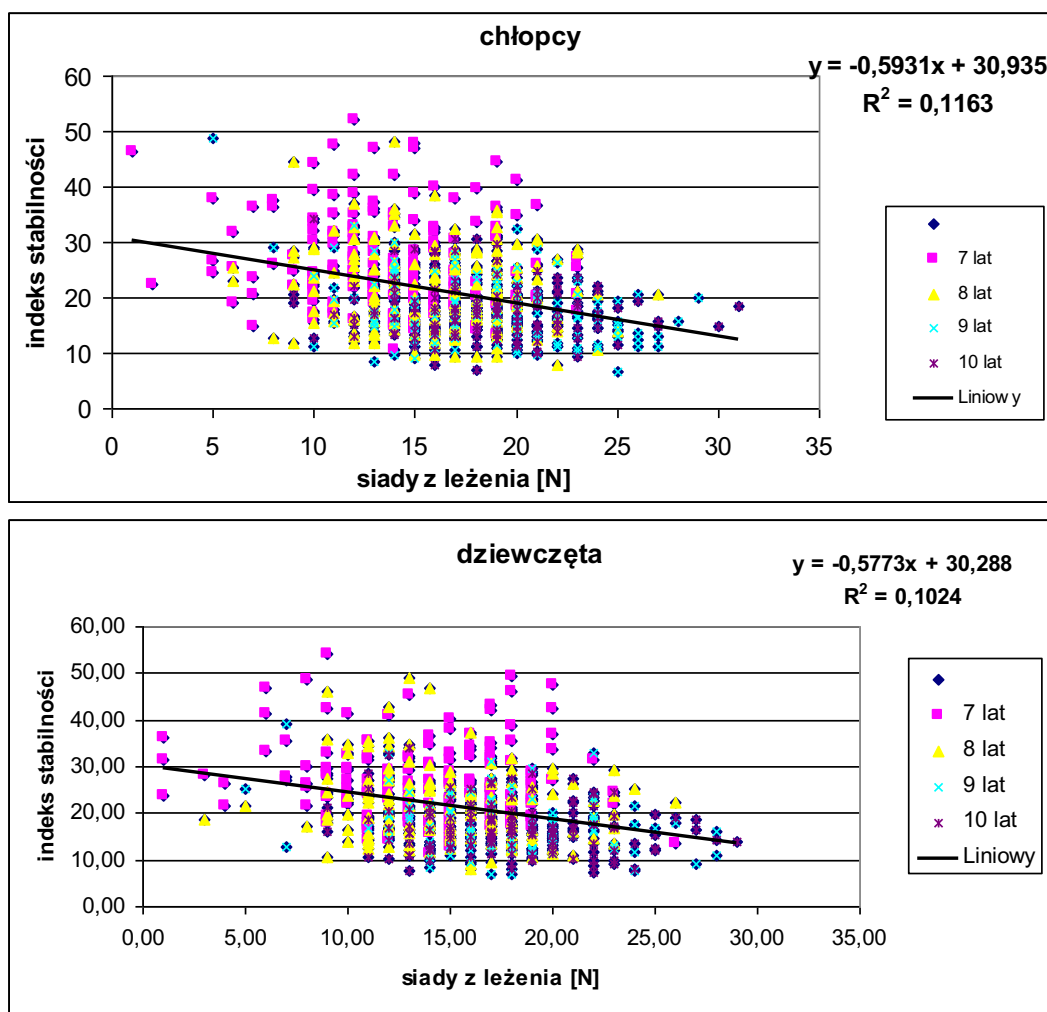
Ryc. 29 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Wzajemne relacje obu zmiennych z uwzględnieniem wieku badanych dzieci przedstawiono na wykresach rozrzutu z zaznaczeniem linii regresji (ryc. 29). Jej kąt nachylenia świadczy o poprawie stabilności wraz z uzyskiwaniem przez badanych wyższego etapu w biegu. Wraz z kolejnym przedziałem wiekowym rozrzut danych się zmniejsza, zbliżając do prostej regresji, jednak wartość współczynnika determinacji R^2 sugeruje małe powiązanie analizowanych zmiennych (♂ 0,12; ♀ 0,09). Stwierdzono natomiast występowanie istotnych wyników korelacji cząstkowych u 7. ($r=-0,16$), 8. ($r=-0,20$) i 9 letnich chłopców ($r=-0,35$) oraz u 10 letnich dziewcząt ($r=-0,21$) (aneks tab. 9 i 10).

Liczbowe relacje indeksu stabilności (IS) i wyników biegu wytrzymałościowego opisują równania regresji:

$$\text{♂: IS} = 28,041 - 1,5262 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀: IS} = 27,899 - 1,6998 \times \text{bieg wahadłowy}$$



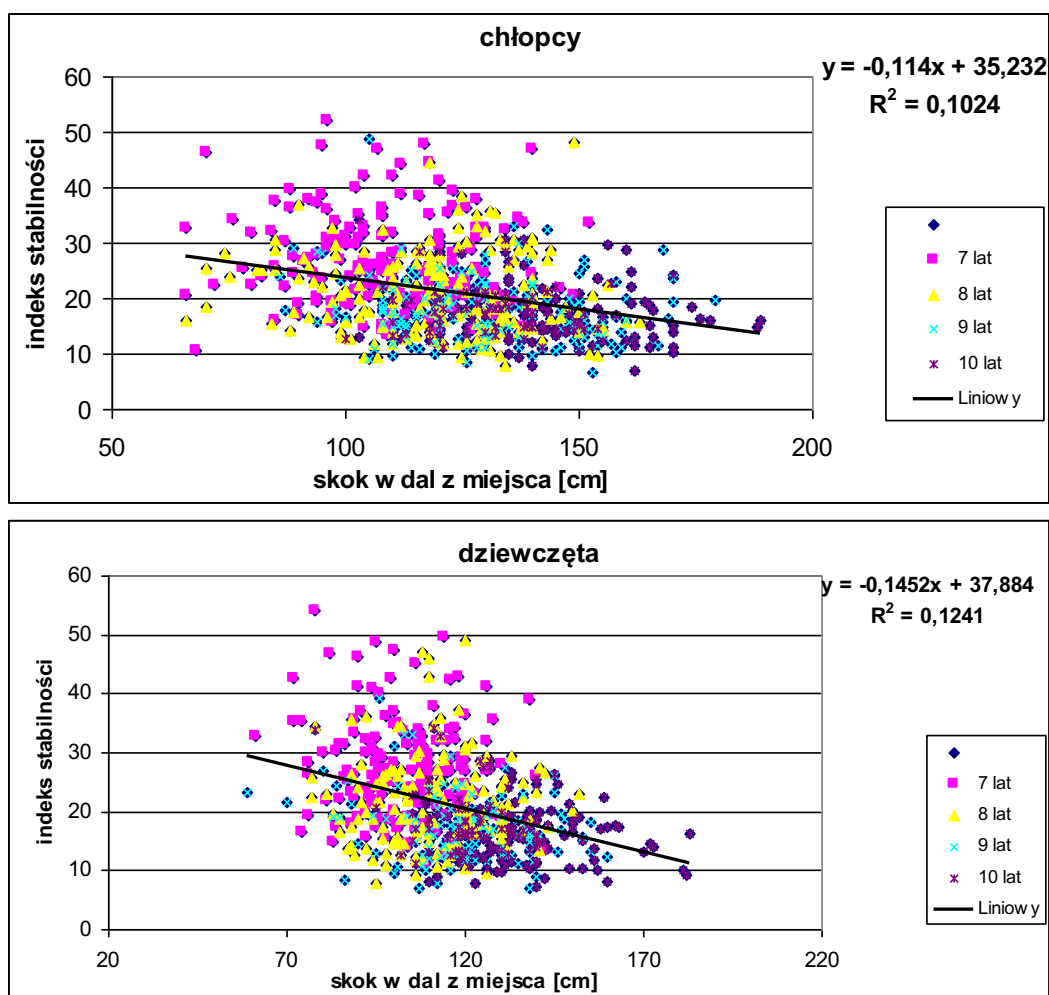
Ryc. 30 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Nachylenie prostej regresji, obrazującej relacje wartości IS i próby wytrzymałości mm. brzucha, wskazuje na poprawę miary stabilności wraz ze wzrostem liczby wykonanych w ciągu 30 s siadów. W odróżnieniu od poprzedniej próby wytrzymałościowej rozrzut danych jest większy, a jego aglomeracja w pobliżu prostej regresji widoczna jest tylko przy najlepszych wynikach próby motorycznej (ryc. 30). Analiza korelacji cząstkowych potwierdziła małą do umiarkowanej siłę związku obu zmiennych u obojga płci w wieku 8. ($\text{♂ } r=-0,15$; $\text{♀ } r=-0,18$) i 9 lat ($\text{♂ } r=-0,36$; $\text{♀ } r=-0,23$). (aneks tab. 9 i 10). Współczynnik determinacji wyniósł odpowiednio $\text{♂ } R^2=0,12$ i $\text{♀ } R^2=0,10$.

Równania regresji dla zmiennych IS i wyników próby wytrzymałości mm. brzucha przyjęły postać:

$$\text{♂: IS} = 30,935 - 0,5931 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: IS} = 30,288 - 0,5773 \times \text{siady z leżenia}$$



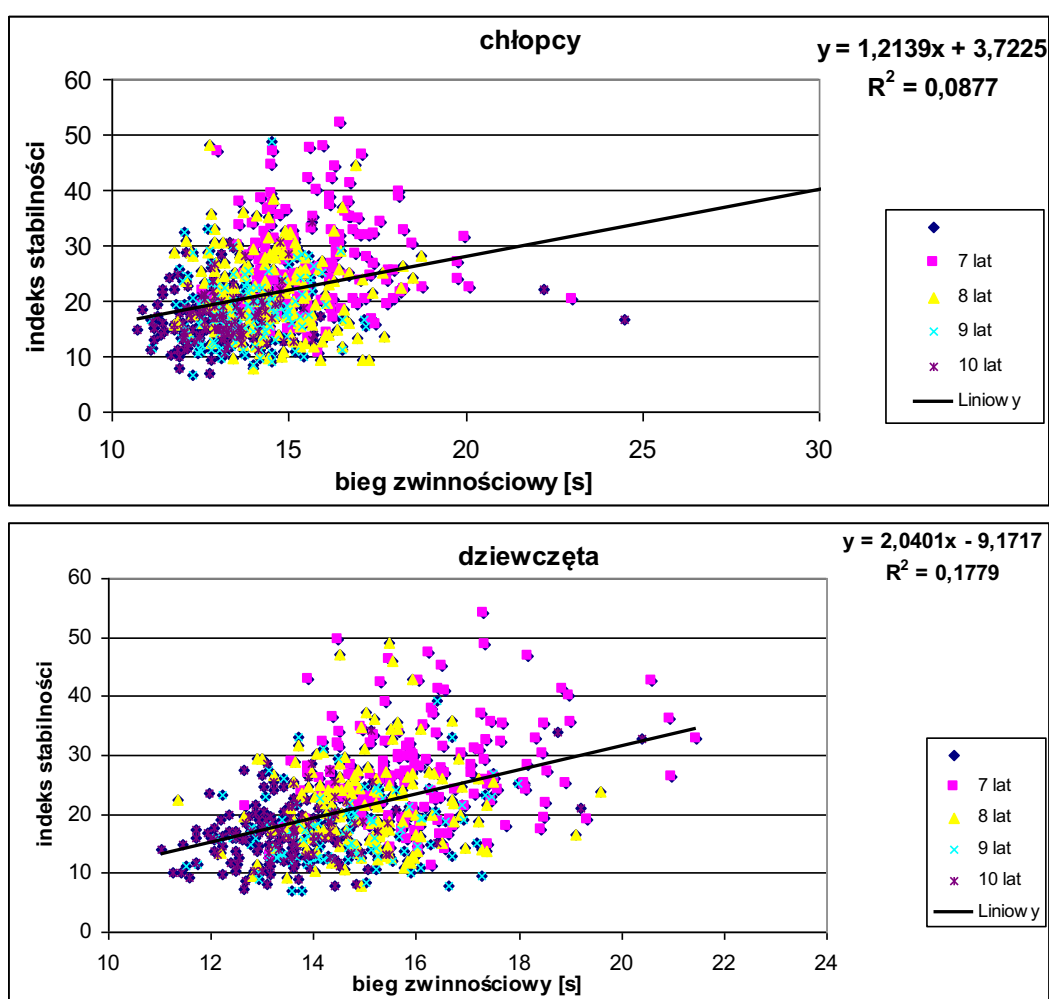
Ryc. 31 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników skoku w dla z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Korelacje cząstkowe pomiędzy wartościami IS a wynikami próby siły eksplozywnej kończyn dolnych okazały się istotne, szczególnie u 9 latków obojga płci (σ -0,16; ♀ -0,24) oraz 10 letnich dziewcząt (-0,26) (aneks tab. 9 i 10). Rozrzut danych zmniejsza się wraz z wiekiem badanych. Kąt nachylenia linii regresji wskazuje na poprawę stabilności dzieci uzyskujących dłuższą odległość skoku (ryc. 31). Współczynnik determinacji był zbliżony do poprzednich prób i wyniósł odpowiednio $R^2=0,10$ u chłopców i $R^2=0,12$ u dziewcząt.

Wzajemne relacje indeksu stabilności (IS) i wyników skoku w dal z miejsca opisują równania regresji:

$$\sigma: IS = 35,232 - 0,114 \times \text{skok w dal}$$

$$\text{♀}: IS = 37,884 - 0,1452 \times \text{skok w dal}$$



Ryc. 32 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników zwinnosciowego biegu wahadlowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

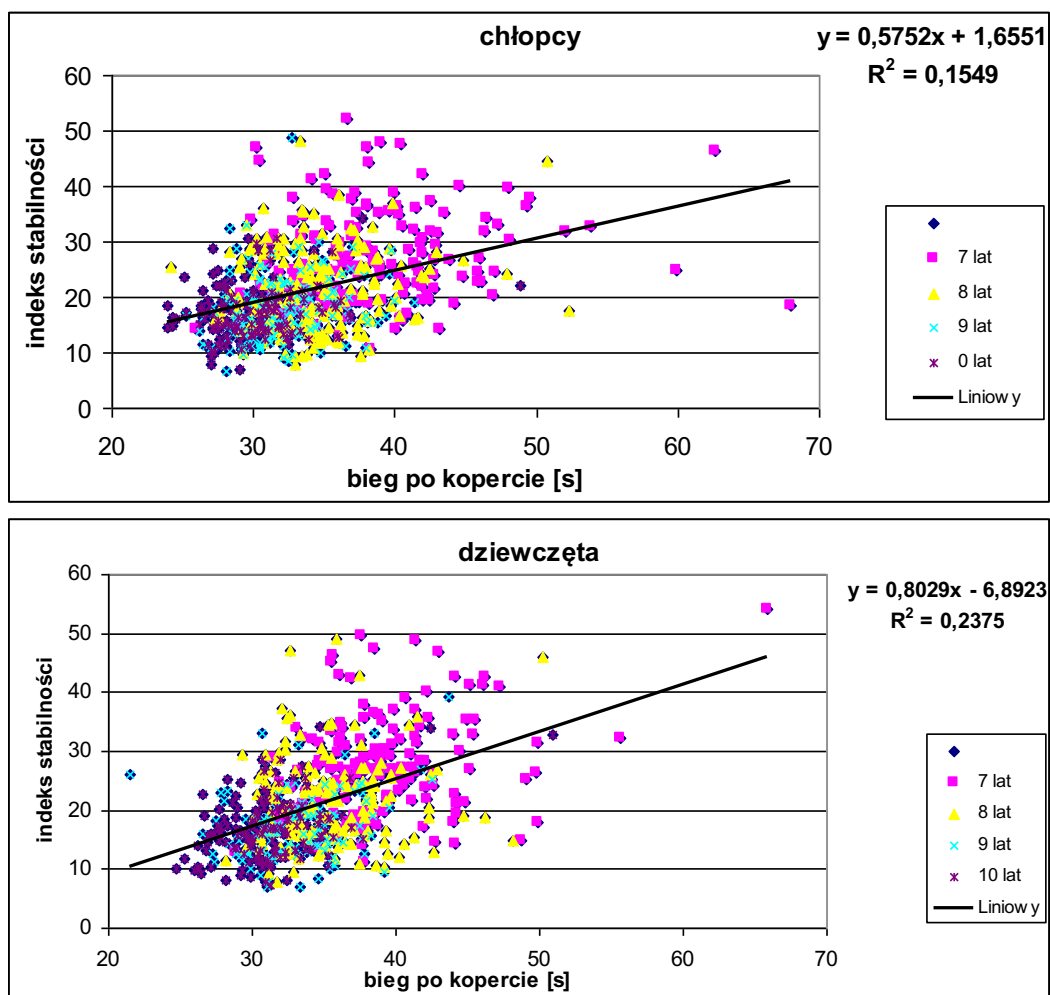
Wyjaśniany obszar zmienności pomiędzy biegiem zwinnosciowym a indeksem stabilności dla całej grupy badanych dziewcząt wyniósł $R^2=0,18$, a dla chłopców był mniejszy — $R^2=0,09$. Rozrzut danych jest u obu płci zbliżony i sugeruje zmniejszanie się jego zakresu w wraz

z wiekiem a usytuowanie prostej regresji na obniżanie się wartości IS u dzieci szybciej pokonujących dystans próby motorycznej (ryc. 32). W korelacjach cząstkowych wartości istotne statystycznie odnotowano jedynie u dziewcząt w wieku 7. ($r=0,18$), 9. ($r=0,24$) oraz 10 lat ($r=0,35$), co wskazuje na zwiększanie się u nich siły związku wraz z wiekiem (aneks tab. 9 i 10).

W relacji indeksu stabilności do wyniku biegu zwinnościowego równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: IS} = 3,7225 + 1,2139 \times \text{bieg zwinnościowy}$$

$$\text{♀: IS} = - 9,1717 + 2,0401 \times \text{bieg zwinnościowy}$$



Ryc. 33 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

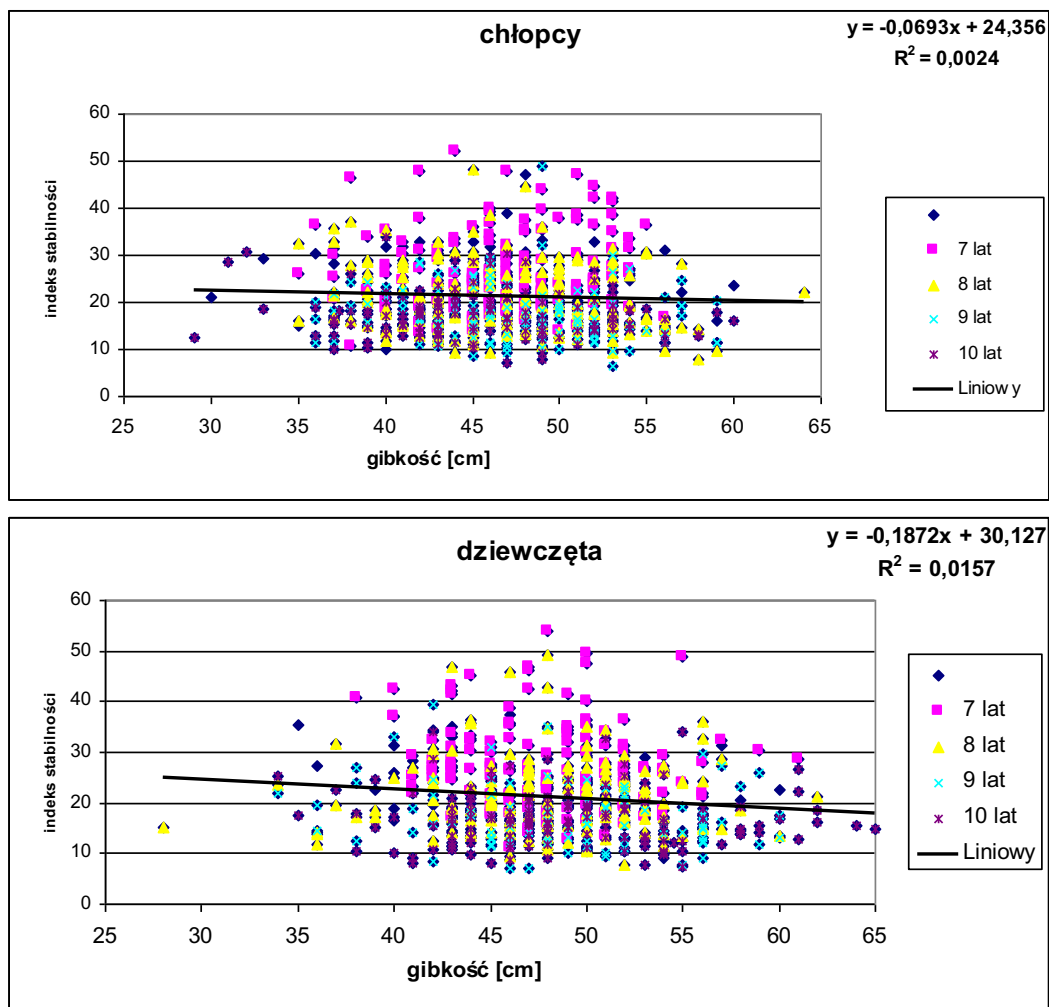
Wartość współczynnika determinacji pomiędzy biegiem po kopercie a indeksem stabilności wyniosła $R^2=0,16$ u chłopców i $R^2=0,24$ u dziewcząt. Ten istotny zakres wyjaśnianej zmienności wspólnej potwierdzają u chłopców wyniki korelacji cząstkowych. Ich siła związku

jest co prawda mała i oscyluje w zakresie od $r=0,15$ do $r=0,22$, ale stwierdzone relacje są istotne statystycznie we wszystkich przedziałach wieku kalendarzowego. U dziewcząt podobnych relacji nie potwierdzono jedynie u 8 latek. U 7 i 9 latek w oparciu o przyjętą w metodologii skalę, stwierdzono małą siłę związku ($r=0,29$), a u 10-latek umiarkowaną ($r=0,38$) (aneks tab. 9 i 10). Rozrzut danych był u obu płci zbliżony, sugerując zmniejszanie się jego zakresu w dwóch najstarszych rocznikach (ryc. 33). Nachylenie linii regresji wskazuje na obniżanie się wartości IS wraz z poprawą wyniku biegu po kopercie.

Wzajemne relacje wartości indeksu stabilności (IS) i czasu biegu po kopercie opisują równania regresji:

$$\text{♂: IS} = 1,6551 + 0,5752 \times \text{bieg po kopercie}$$

$$\text{♀: IS} = - 6,8923 + 0,8029 \times \text{bieg po kopercie}$$



Ryc. 34 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

W ujęciu całościowym wartości IS i poziom gibkość nie wchodziły ze sobą w istotne interakcje. Wyjaśniony obszar zmienności wspólnej obu zmiennych był niewielki ($\text{♂ } R^2=0,002$;

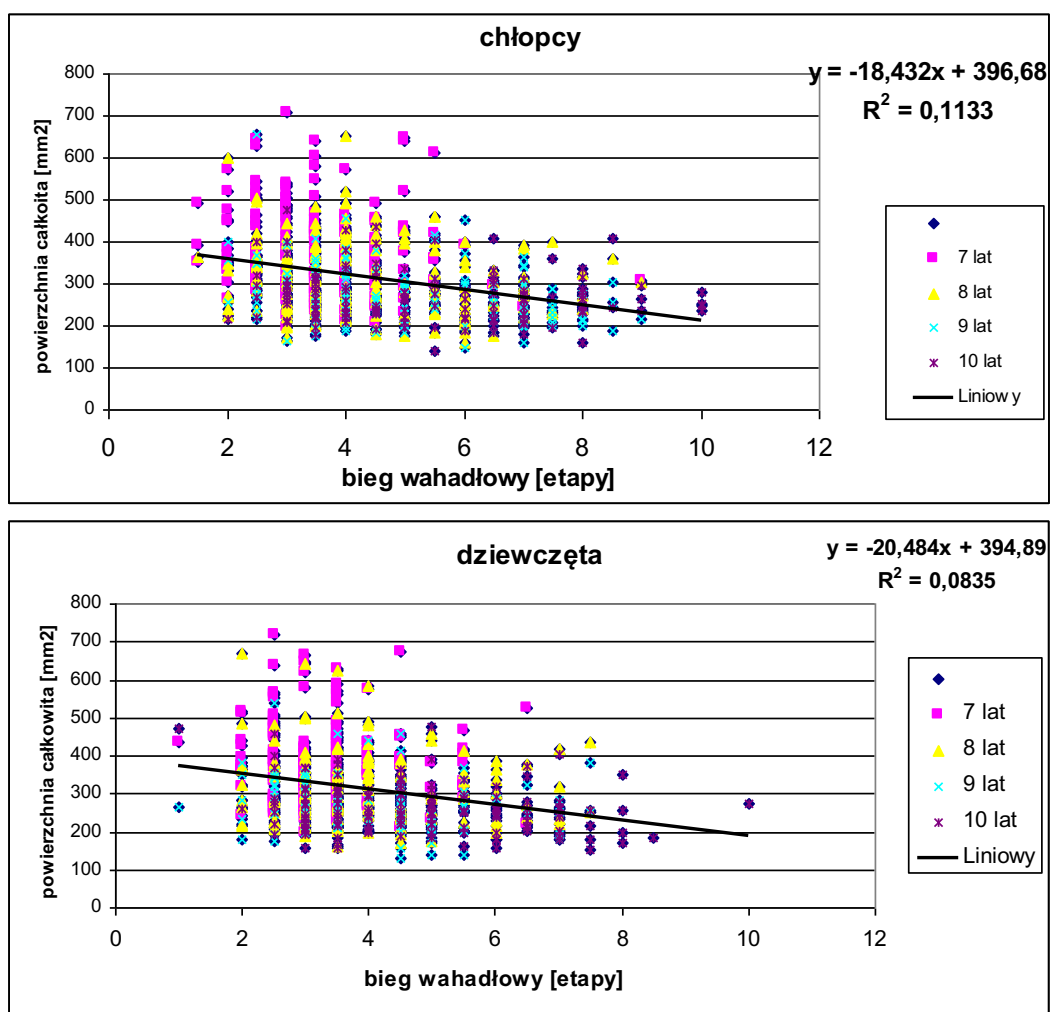
♀ $R^2=0,020$). Istotne korelacje cząstkowe wystąpiły jedynie u 9 letnich dziewcząt ($r=-0,21$) (aneks tab. 9 i 10.) Nachylenie prostej regresji u obu płci było niewielkie a jej współczynnik kierunkowy ujemny, co wskazuje na poprawę stabilności wraz ze wzrostem poziomu gibkości (ryc. 34).

W relacji indeksu stabilności do poziomu gibkości równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: IS} = 24,356 - 0,0693 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: IS} = 30,127 - 0,1872 \times \text{gibkość}$$

b). powierzchnia całkowita



Ryc. 35 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

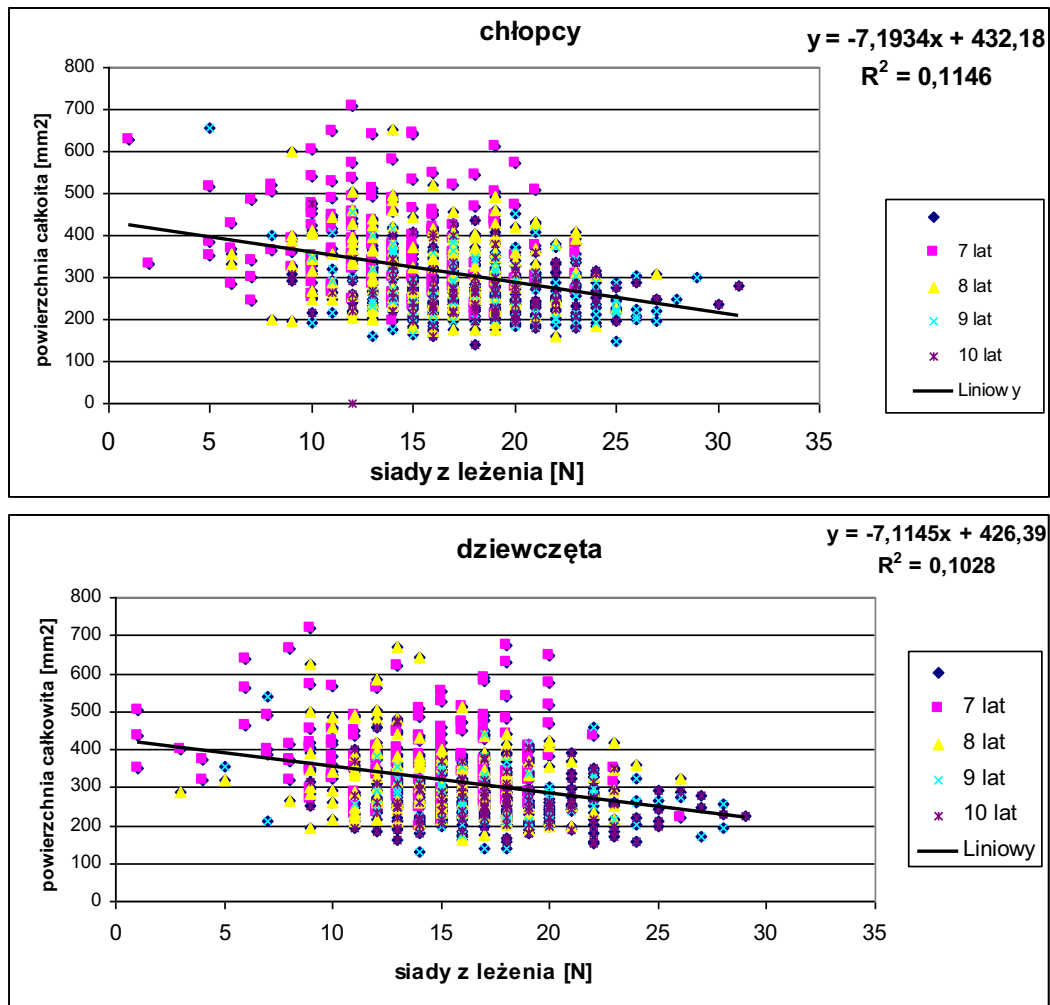
Analiza korelacji cząstkowych pomiędzy wynikami powierzchni całkowitej (PC) i wytrzymałościowego biegu wahadłowego ujawniła występowanie istotnych relacji w poszczególnych kategoriach wieku kalendarzowego. U chłopców odnotowano je u 7. ($r=-0,16$), 8. ($r=-0,20$) i 9 latków ($r=-0,34$), a u dziewcząt u 9. ($r=-0,19$) i 10 latek ($r=-0,21$)

(aneks tab. 11 i 12). Wykres rozrzutu wskazuje na zmniejszenie się jego zakresu wraz z wiekiem badanych, a nachylenie linii regresji na zmniejszanie się PC wraz z poprawą wyniku biegu. W ujęciu całościowym wartość współczynnika determinacji R^2 wskazuje (♂ 0,11; ♀ 0,08) na małe powiązania analizowanych zmiennych (ryc. 35).

Liczbowe relacje pomiędzy nimi przedstawiono na równaniach regresji:

$$\text{♂: } PC = 396,68 - 18,432 \times \text{bieg wahadłowy}$$

$$\text{♀: } PC = 394,89 - 20,484 \times \text{bieg wahadłowy}$$



Ryc. 36 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

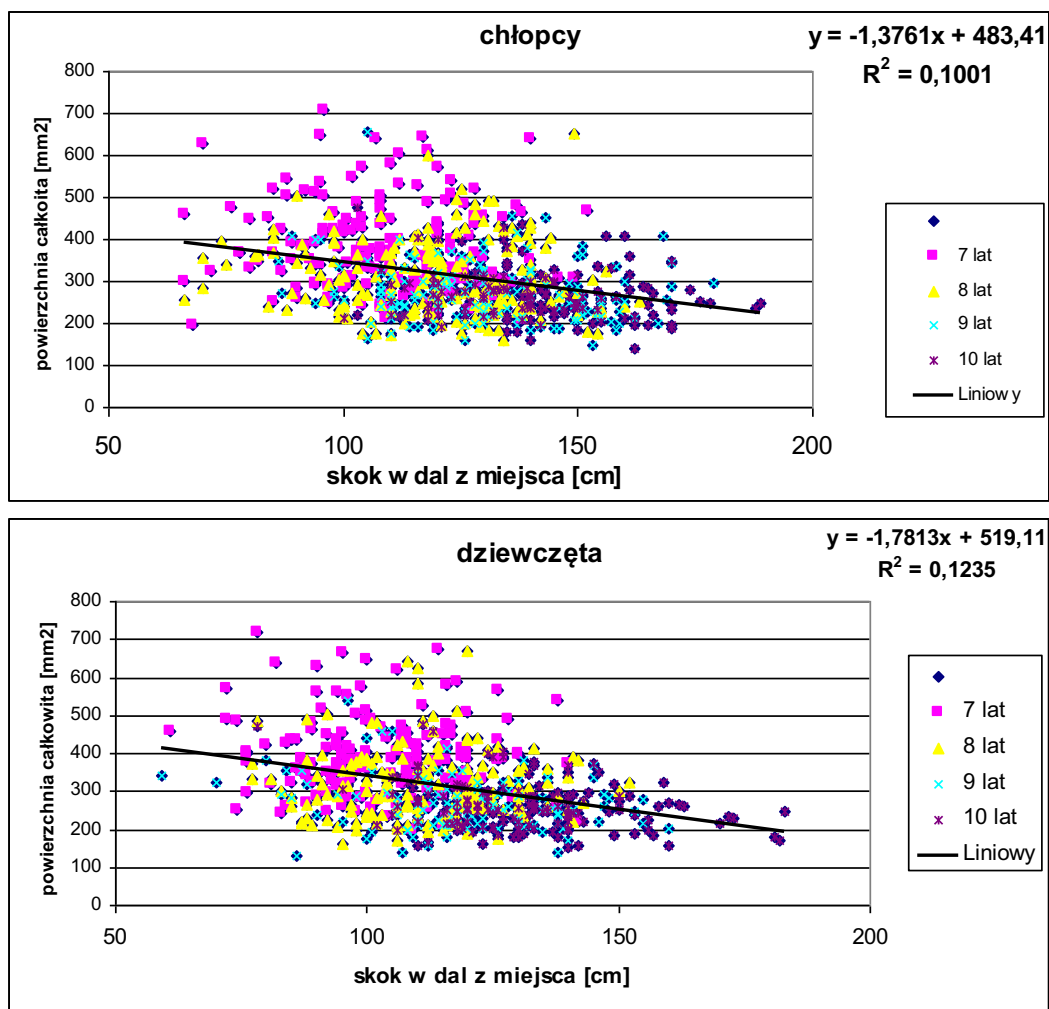
Wyjaśniony obszar zmienności wspólnej pomiędzy PC a wynikami próby wytrzymałości mm. brzucha na zmęczenie wyniósł u chłopców $R^2=0,12$, a u dziewcząt $R^2=0,10$ (ryc. 36). Dla obu płci rozrzut danych był większy niż w poprzedniej próbie wytrzymałościowej, a większość z nich plasowała się powyżej prostej regresji. Najdalej od niej znalazły się wyniki 7. latków, a najbliższej przedstawicielei najstarszej grupy wiekowej. Stwierdzono występowanie pomiędzy analizowanymi zmiennymi istotnych korelacji w poszczególnych przedziałach wiekowych.

U chłopców w wieku 8. ($r=-0,15$) i 9 lat ($r=-0,34$), a u dziewcząt 8. ($r=-0,18$), 9. ($r=-0,23$), 10 lat ($r=-0,17$) (aneks tab. 11 i 12). Kąt nachylenia prostej regresji wskazuje na poprawę miary stabilności wraz uzyskiwaniem większej liczby siadów w wyznaczonym okresie (ryc. 36).

Równania regresji obrazujące relacje powierzchni całkowitej (PC) i wyników siadów z leżenia mają postać:

$$\text{♂: } PC = 432,18 - 7,1934 \times \text{siady z leżenia}$$

$$\text{♀: } PC = 426,39 - 7,1145 \times \text{siady z leżenia}$$



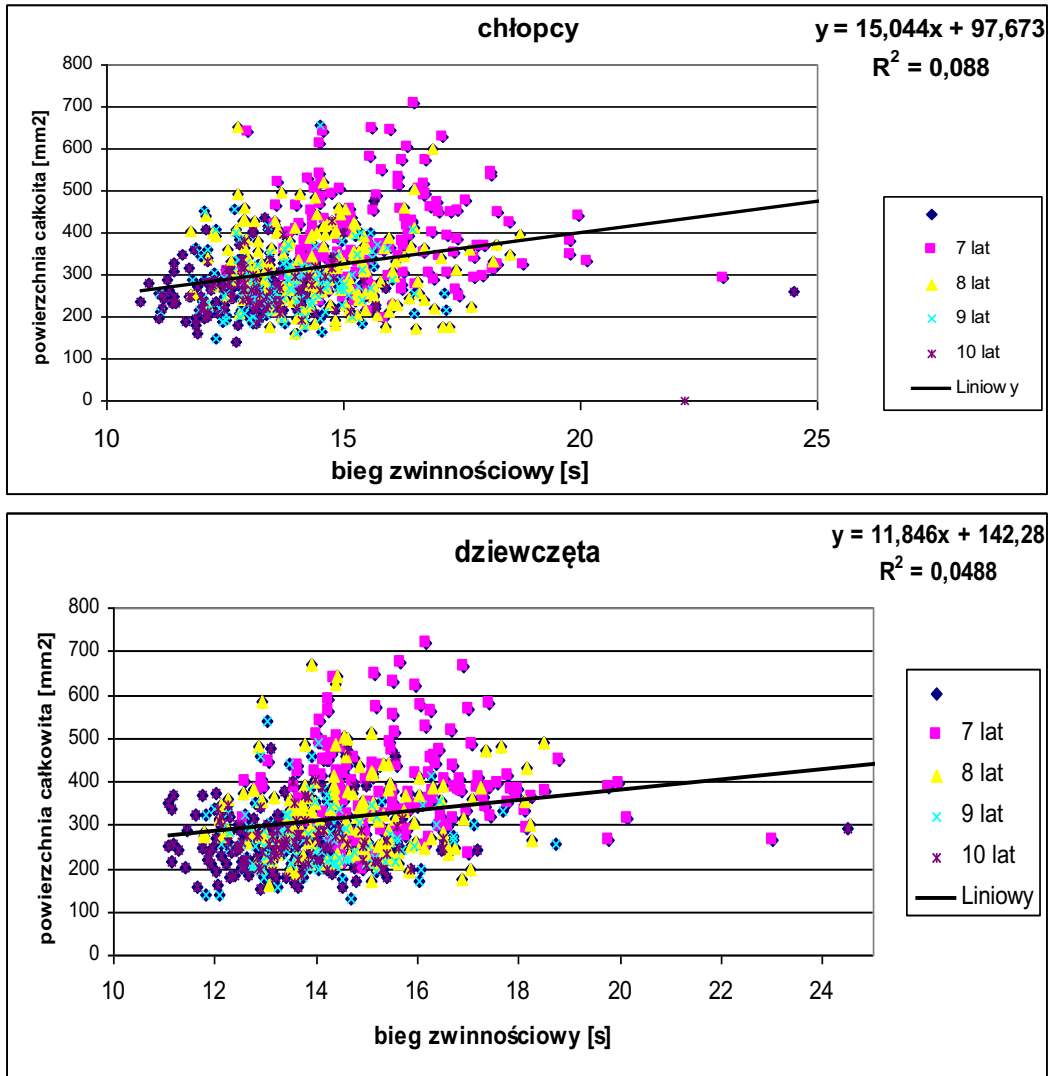
Ryc. 37 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Relacje pomiędzy odległością skoku w dal z miejsca a PC okazały się istotne u 9 latków ($\text{♂ } r=-0,16$; $\text{♀ } r=-0,24$) obojga płci oraz 10 letnich dziewcząt ($\text{♀ } r=-0,27$) (aneks tab. 11 i 12). Wyjaśniany obszar zmienności wspólnej dla dziewcząt wyniósł $R^2=0,12$, a dla chłopców $R^2=0,10$. Rozrzut danych jest u obu płci zbliżony i sugeruje istotne zmniejszanie się jego zakresu w kolejnych rocznikach oraz poprawę wraz z wiekiem siły relacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Nachylenie prostej regresji wskazuje na poprawę stabilności wraz z uzyskiwaniem przez badanych większych odległości skoku (ryc. 37).

Wzajemne relacje powierzchni całkowitej (PC) i wyników skoku w dal z miejsca przedstawiono w formie równań regresji:

$$\text{♂: } \text{PC} = 483,41 - 1,3761 \times \text{skok w dal}$$

$$\text{♀: } \text{PC} = 519,11 - 1,7813 \times \text{skok w dal}$$



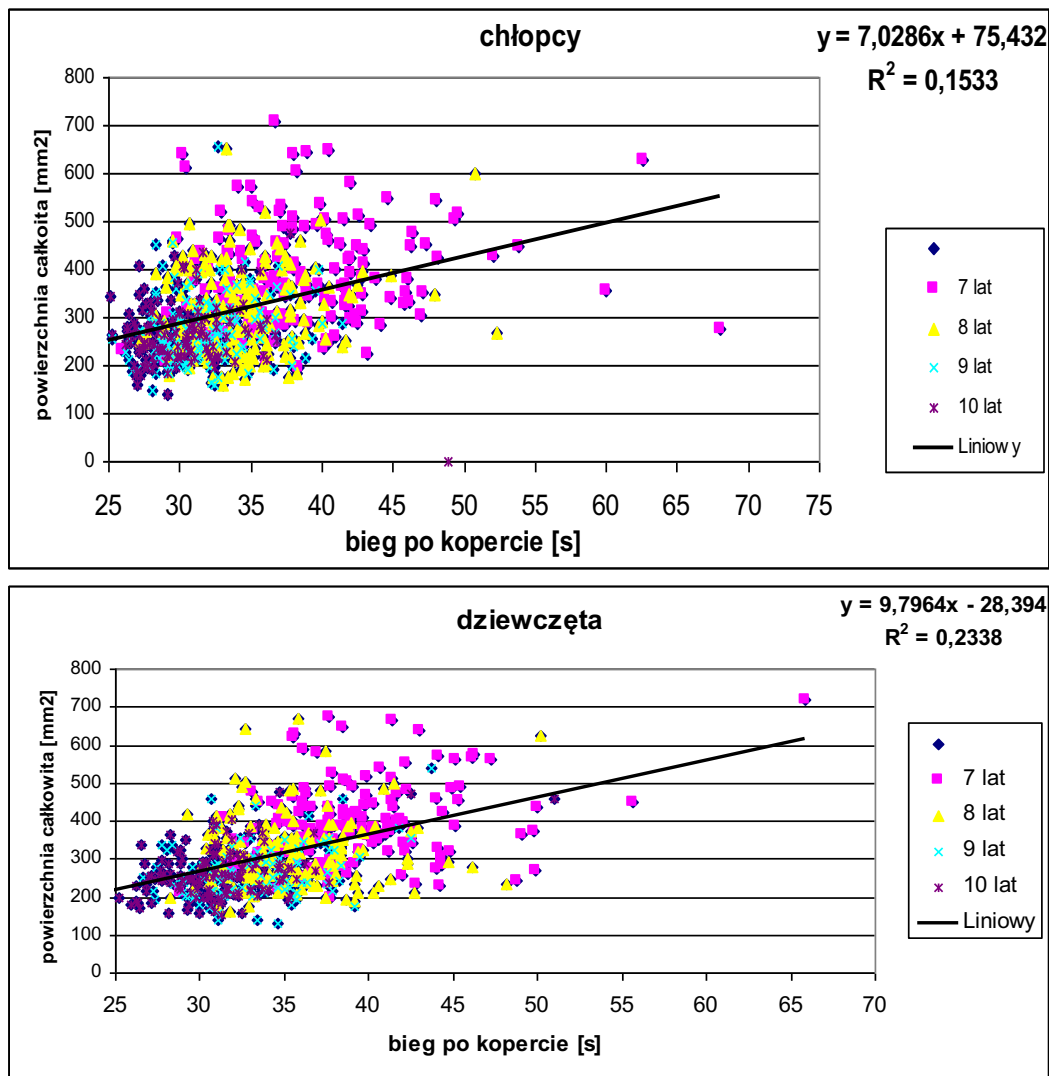
Ryc. 38 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników zwinnosciowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Wykres rozrzutu danych obrazujący relacje wartości PC i czasu biegu zwinnosciowego jest u obu płci zbliżony (ryc. 38). Odsetek wyjaśnienia wartości wspólnej chłopców wynosił $R^2=0,07$, a dziewcząt $R^2=0,05$. Korelacje cząstkowe potwierdziły występowanie między analizowanymi zmiennymi istotnych relacji u dziewcząt, poza 8. latkami. Uzyskane wyniki wskazują na małą i umiarkowaną siłę ich związku: 7. ($r=-0,17$), 9. ($r=-0,24$) i 10 lat ($r=-0,35$) (aneks tab. 11 i 12). U chłopców podobnych zależności nie stwierdzono. Nachylenie prostej regresji sugeruje, że wraz z poprawą wyników biegu zmniejsza się obszar PC.

Relacje powierzchni całkowitej (PC) do czasu biegu zwinnościowego obrazują równania regresji:

$$\text{♂: } PC = 97,673 + 15,044 \times \text{bieg zwinnościowy}$$

$$\text{♀: } PC = 142,28 + 11,846 \times \text{bieg zwinnościowy}$$



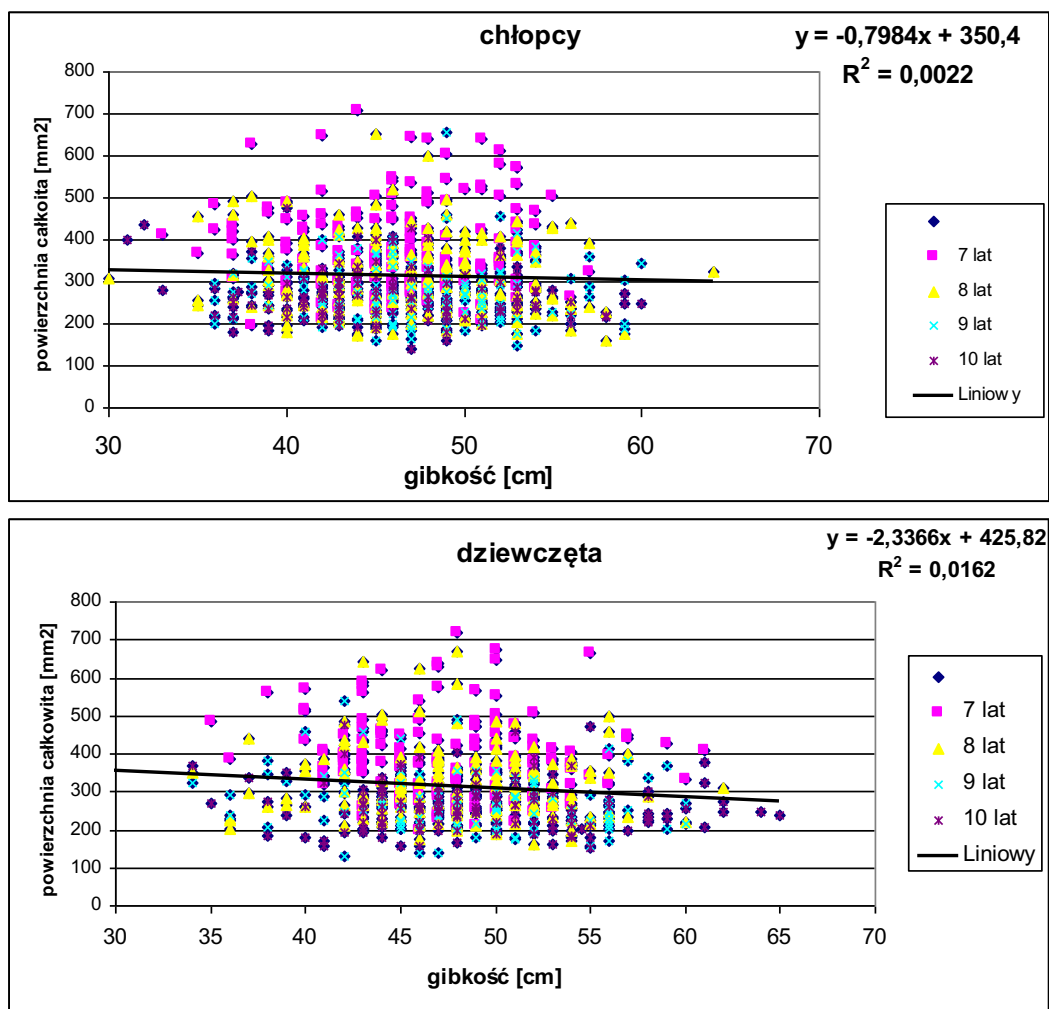
Ryc. 39 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

Analiza korelacji cząstkowych pomiędzy czasem biegu po kopercie z obszarem PC wykazała występowanie istotnych między nimi relacji we wszystkich kategoriach wiekowych: 7 lat (♂ 0,16; ♀ 0,28), 8 lat (♂ 0,15), 9 lat (♂ 0,21, ♀ 0,28), 10 lat (♂ 0,18, ♀ 0,39) (aneks tab. 11 i 12). Wartość współczynnika determinacji R^2 wskazuje na umiarkowane powiązania pomiędzy analizowanymi zmiennymi (♂ 0,15; ♀ 0,23) (ryc. 39). Wykres rozrzutu danych sugeruje znaczące obniżanie się jego zakresu wraz z przyrostem wieku kalendarzowego badanych, a położenie prostej regresji na zmniejszanie się obszaru PC wraz ze skracaniem czasu biegu.

Wzajemne relacje powierzchni całkowitej (PC) do czasu biegu po kopercie opisują równania regresji:

$$\text{♂ PC} = 75,432 + 7,0286 \times \text{bieg po kopercie}$$

$$\text{♀: PC} = -28,394 + 9,7964 \times \text{bieg po kopercie}$$



Ryc. 40 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i poziomej gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.

W tylko jednym przedziale wieku kalendarzowego stwierdzono u badanych istotną korelację (♀ 9 lat $r=-0,21$) pomiędzy obszarem PC a poziomem gibkości (aneks tab. 11 i 12). Współczynnik determinacji R^2 (♂ 0,002, ♀ 0,020) potwierdza brak powiązań pomiędzy analizowanymi zmiennymi (ryc. 40).

W relacji powierzchni całkowitej (PC) do poziomu gibkości równania regresji przyjęły postać:

$$\text{♂: PC} = 350,4 - 0,7984 \times \text{gibkość}$$

$$\text{♀: PC} = 425,82 - 2,3366 \times \text{gibkość}$$

*

Równowaga w warunkach dynamicznych jest w małym lub umiarkowanym stopniu wyjaśniana przez próby wybranych zdolności motorycznych. U obu płci w najsilniejsze relacje cząstkowe IS i PC wchodzi z próbami zdolności wytrzymałościowych (bieg wahadłowy, siady z leżenia) oraz szybkościowych (skok w dal z miejsca, bieg zwinnościowy i po kopercie), szczególnie z biegiem po kopercie. Nie stwierdzono podobnych relacji z gibkością, co mogło być wynikiem braku zmian u dzieci wartości tej cechy w badanym okresie (tab. 3 i 4). Największą wartość współczynnika determinacji R^2 w relacji IS z wytrzymałością odnotowano w biegu wahadłowym (♂ 0,12) oraz z siadami z leżenia (♂ 0,12; ♀ 0,10). W przypadku zdolności szybkościowych: ze skokiem w dal z miejsca (♂ 0,10; ♀ 0,12), biegiem zwinnościowym (♀ 0,18) i po kopercie (♂ 0,16; ♀ 0,24). Najwyższy odsetek zmienności wspólnej pomiędzy PC a wynikami prób wytrzymałościowych stwierdzono w relacji do biegu wahadłowego (♂ 0,11) i siadów z leżenia (♂ 0,12; ♀ 0,10), a szybkościowych: skoku w dal z miejsca (♂ 0,10; ♀ 0,12) oraz biegu po kopercie (♂ 0,15; ♀ 0,23).

4.3. Wpływ budowy somatycznej na relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi

Zachowanie przez człowieka pozycji stojącej zależy od jego budowy somatycznej oraz procesu sterowania wykorzystującego właściwości neurofizjologiczne. Wymiary ciała, masywność szkieletu, umięśnienie czy otłuszczenie wpływają na umiejscowienie środka ciężkości (COM) (Winter 2009). Ważne jest jak wysoko nad powierzchnią podparcia jest on położony oraz jaką masą badany na nią oddziałuje. Dla wyznaczenia długości kończyny dolnej najdokładniejszy jest pomiar wysokości symphision (*sy*), jednak z powodów praktycznych najczęściej oblicza się ją jako różnicę między wysokością ciała i wysokością siedzeniową (*bh-sh*). Stosunek wysokości siedzeniowej do wysokości ciała — nazwany wskaźnikiem Manouvrier'a — określa względną długość kończyny dolnej (Bogin i Varela-Silva 2010; Stupnicki i Głogowska 2019).

Początkowo oceniając wpływ cech somatycznych na stabilność posturalną brano pod uwagę tylko wysokość i masę ciała, traktując je jako zmienne niezależne. Stwierdzono, że zmniejszanie się ich wartości poprawia stabilność, a cechy te mogą być ważnym jej wyznacznikiem (Berger i wsp. 1992; Hue i wsp. 2007; Teasdale i wsp. 2007; Anker i wsp. 2008; Błaszczuk i wsp. 2009). Zauważono jednak, że są one ze sobą silnie skorelowane, dlatego też opublikowano wiele prac dotyczących wzajemnych relacji równowagi posturalnej i proporcji wysokości i masy ciała w postaci BMI (Maciaszek i wsp. 2006).

W pracy jako predyktory budowy somatycznej, potencjalnie mogące mieć największe znaczenie dla relacji z poziomem stabilności, wybrano wskaźniki Manouvrier'a (WM) oraz BMI. Wartości podstawowych cech somatycznych badanych dzieci oraz obliczone na ich podstawie wskaźniki zamieszczono w tab. 1.

4.3.1. Relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi w zależności od wartości wskaźnika BMI

Celem rozdziału było porównanie zależności pomiędzy wartościami miar równowagi w warunkach statycznych i dynamicznych z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych w zależności od wartości wskaźnika BMI badanych dzieci. Całość badanych chłopców, jak i dziewcząt podzielono na trzy podgrupy. Za kryterium podziału przyjęto średnią arytmetyczną wraz z odchyleniem standardowym współczynnika wagowo-wzrostowego BMI dla danej kategorii wiekowej. Dla każdej z płci i kategorii wiekowej grupa 1 obejmowała osoby w zakresie poniżej $\bar{x} - 0,5 SD$, grupa 2 $\bar{x} \pm 0,5 SD$, a 3 powyżej $\bar{x} + 0,5 SD$ (tab. 5).

Tab. 5 Kryteria podziału badanych dzieci na grupy w zależności od wartości ich wskaźnika BMI.

wskaźnik wagowo-wzrostowy	chłopcy	dziewczęta
BMI 1 (szczupły)	(N=215)	(N=186)
7 lat	<14,99	<14,71
8 lat	<15,23	<14,84
9 lat	<15,74	<15,56
10 lat	<15,83	< 15,93
BMI 2 (przeciętny)	(N=223)	(N=202)
7 lat	14,99 – 17,60	14,71 – 17,11
8 lat	15,22 – 17,36	14,84 – 17,89
9 lat	15,74 – 18,49	15,56 – 18,15
10 lat	15,83 – 19,46	15,93 – 19,48
BMI 3 (nadwaga)	(N=213)	(N=191)
7 lat	>17,60	>17,11
8 lat	>17,37	>17,89
9 lat	>18,49	>15,56
10 lat	>19,46	>19,48

Macierze korelacji stabilności posturalnej i zdolności motorycznych chłopców i dziewcząt według grup BMI (tab. 5) zamieszczono w tabelach 6 i 7. Na czerwono zaznaczono korelacje istotne statystycznie ($p < 0,05$), wytłuszczono też wartości współczynnika r , którego siła była umiarkowana i wyższa ($r \geq 0,3$).

Wszystkie relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych chłopców w grupach wskaźnika BMI są istotne statystycznie w warunkach dynamicznych, a w większości przypadków w warunkach statycznych (tab. 6). Gibkość nie korelowała w sposób istotny z miarami stabilności.

W warunkach statycznych najsłabiej badani (BMI 1) charakteryzowali się korelacjami o umiarkowanej sile związku pomiędzy zmiennymi, zwłaszcza z próbami szybkości lokomocyjnej (bieg zwinnościowy, bieg po kopercie). Nie odnotowano istotnych relacji pomiędzy miarami stabilności: SP, MA, SA a biegiem wahadłowym, SA a siadami z leżenia oraz MA i SA a skokiem w dal. Pozostałe korelacje charakteryzowały się słabą siłą związku, silniejsze wystąpiły tylko między MV a biegiem zwinnościowym ($r=0,33$) i po kopercie ($r=0,41$). W grupie BMI 2 najsilniejsze relacje odnotowano pomiędzy SP i MV a biegiem zwinnościowym ($r=0,31$) i po kopercie (SP $r=0,30$; MV $r=0,32$). Nie stwierdzono istotnych relacji pomiędzy siadami z leżenia a MA, MV i SA. U chłopców o relatywnie największej masie ciała (BMI 3) wykazano słabe, nie przekraczające $r<0,25$ korelacje pomiędzy analizowanymi zmiennymi.

W warunkach dynamicznych wszystkie relacje pomiędzy miarami stabilności i próbami motorycznymi były statystycznie istotne o umiarkowanej i silnej sile związku. Nie stwierdzono zróżnicowania pomiędzy poszczególnymi grupami BMI w relacji miar stabilności z próbą wytrzymałości lokomocyjnej (r w zakresie od $-0,32$ do $-0,38$), jak też grup 1 ($r=-0,37$) i 3 ($r=-0,41$) z wytrzymałością mm. brzucha (tab. 6). Z grupy zdolności szybkościowych najsilniejsze relacje z IS i PC wystąpiły z wynikami biegu po kopercie. Najwyższe ich wartości odnotowano u osób z nadwagą (IS $r=0,56$, PC $r=0,57$). Relacje z pozostałymi próbami motorycznymi oscylowały w zakresie umiarkowanej siły związku.

W grupach BMI u chłopców szczegółowa analiza zmian wartości istotnych współczynników korelacji dla relacji zmiennych stabilności w warunkach statycznych i wyników prób motorycznych wykazała, że dla relacji MV z biegiem zwinnościowym oraz MV i SA z biegiem po kopercie obserwujemy ujemny gradient zmian tego współczynnika. Wyższe wartości korelacji stwierdzono w grupie BMI 1, a najniższe w grupie BMI 3. Z kolei analiza zmian wielkości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach dynamicznych wskazuje na ujemny gradient zmian między IS i PC a skokiem w dal z miejsca i jednocześnie dodatni gradient między IS i PC a biegiem po kopercie. Zmiany tej wielkości współczynnika korelacji między grupami skrajnymi (BMI 1 i BMI 3) wynoszą (w wartościach bezwzględnych) od 0,08 do 0,22, co wskazuje na znaczenie względnej masy ciała w badanych relacjach.

U dziewcząt, podobnie jak u chłopców, w kategoriach BMI odnotowano statystycznie istotne korelacje pomiędzy zmiennymi stabilności posturalnej i zdolności motorycznych (tab. 7). Ponownie gibkość nie wpływała na stabilność posturalną.

Tab. 6 Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach BMI badanych chłopców.

miara stabilności	grupa wskaźnika	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinn.	bieg po kopercie	gibkość
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	BMI 1	-0,13	-0,19	-0,22	0,29	0,29	0,03
	BMI 2	-0,20	-0,15	-0,23	0,31	0,30	0,07
	BMI 3	-0,20	-0,07	-0,25	0,20	0,24	0,12
MA	BMI 1	-0,04	-0,13	-0,12	0,14	0,15	0,01
	BMI 2	-0,21	-0,09	-0,19	0,22	0,19	-0,08
	BMI 3	-0,23	-0,06	-0,12	0,10	0,19	0,10
MV	BMI 1	-0,18	-0,19	-0,24	0,33	0,41	-0,02
	BMI 2	-0,18	-0,14	-0,24	0,32	0,32	0,02
	BMI 3	-0,20	-0,07	-0,25	0,20	0,24	0,12
SA	BMI 1	-0,07	-0,12	-0,10	0,14	0,20	-0,03
	BMI 2	-0,15	-0,07	-0,14	0,22	0,20	-0,04
	BMI 3	-0,19	-0,03	-0,12	0,11	0,16	0,10
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	BMI 1	-0,38	-0,37	-0,29	0,30	0,35	-0,09
	BMI 2	-0,32	-0,29	-0,33	0,27	0,35	-0,03
	BMI 3	-0,36	-0,41	-0,37	0,35	0,57	-0,03
PC	BMI 1	-0,38	-0,37	-0,28	0,30	0,35	-0,08
	BMI 2	-0,32	-0,28	-0,33	0,27	0,34	-0,02
	BMI 3	-0,35	-0,41	-0,36	0,35	0,56	-0,03

Kolorem czerwonym zaznaczono korelacje istotne statystycznie dla $p < 0,05$. Wytłuszczonym drukiem zaznaczono wartości $r > 0,3$.

W grupie BMI 1 stwierdzono umiarkowaną wartość współczynnika korelacji ($r \geq 0,3$) pomiędzy próbami zdolności szybkościowych (skok w dal, bieg zwinnosciowy, bieg po kopercie) a wszystkimi miarami równowagi w warunkach statycznych. Z grupy zdolności wytrzymałościowych najmocniej z SP ($r = -0,31$) i MV ($r = -0,31$) korelował bieg wahadłowy, a tylko niewiele słabiej siady z leżenia ($r < 0,3$). U dziewcząt o przeciętnym wskaźniku BMI (BMI 2) nie stwierdzono występowania w warunkach statycznych istotnych korelacji pomiędzy wynikami prób motorycznych a SA, MA a próbami zdolności wytrzymałościowych oraz skokiem w dal i MV a siadami z leżenia. Pozostałe relacje zmiennych były słabe. Droga i prędkość przemieszczeń COP (SP i MV) była najsilniej powiązana z próbami zdolności szybkościowych (skok w dal $r = -0,28$; bieg zwinnosciowy $r = 0,32$; bieg po kopercie $r = 0,31$). W grupie o najwyższej wartości BMI (BMI 3) w warunkach statycznych stwierdzono mniej istotnych relacji pomiędzy zmiennymi stabilności posturalnej i zdolności motorycznych. Jedyne umiarkowane zależności odnotowano pomiędzy SP i MV a wynikami prób zdolności szybkościowych. Były one nieznacznie wyższe niż w grupie BMI 2.

W warunkach dynamicznych wszystkie miary równowagi były umiarkowanie lub silnie powiązane z wynikami prób motorycznych. Większe wartości współczynnika korelacji odnotowano w relacjach równowagi z szybkością, zwłaszcza lokomocyjną (tab. 7). Grupami BMI wchodzącymi w najsilniejsze interakcje analizowanych zmiennych były 1 i 3. W porównaniu z chłopcami stwierdzone relacje były słabsze jedynie w odniesieniu do wytrzymałości lokomocyjnej. W grupie BMI 1 najsilniejsze korelacje ($r > 0,5$) odnotowano w biegu po kopercie, następnie w zwinnościowym ($r = 0,49$), siadach z leżenia ($r = -0,42$), skoku w dal ($r = -0,38$) i biegu wahadłowym ($r = 0,33$). W BMI 2 z parametrami równowagi dynamicznej mocniej powiązana jest szybkość lokomocyjna (bieg zwinnościowy ($r = 0,35$), bieg po kopercie ($r = 0,39$)) niż próby wytrzymałościowe. W grupie BMI 3 wystąpiły umiarkowane i silne relacje IS i PC z próbami wytrzymałości (bieg wahadłowy $r = -0,32$; siady z leżenia $r = -0,36$) oraz szybkości (skok w dal $r = -0,46$; bieg zwinnościowy $r = 0,45$; bieg po kopercie $r = 0,56$). Próba gibkości jest w małym stopniu skorelowana z IS oraz PC ($r = -0,28$).

Tab. 7 Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach BMI badanych dziewcząt.

miara stabilności	grupa wskaźnika	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinn.	bieg po kopercie	gibkość
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	BMI 1	-0,31	-0,26	-0,40	0,47	0,48	-0,07
	BMI 2	-0,25	-0,14	-0,28	0,32	0,31	-0,10
	BMI 3	-0,13	-0,03	-0,33	0,37	0,31	0,12
MA	BMI 1	-0,21	-0,22	-0,33	0,31	0,36	-0,15
	BMI 2	-0,13	0,00	-0,08	0,15	0,14	-0,02
	BMI 3	-0,07	-0,03	-0,05	0,17	0,18	0,06
MV	BMI 1	-0,31	-0,26	-0,40	0,47	0,48	-0,07
	BMI 2	-0,25	-0,14	-0,28	0,32	0,31	-0,10
	BMI 3	-0,13	-0,03	-0,33	0,37	0,31	0,11
SA	BMI 1	-0,22	-0,28	-0,34	0,34	0,45	-0,14
	BMI 2	-0,11	0,00	-0,07	0,10	0,10	0,03
	BMI 3	-0,10	0,03	-0,09	0,18	0,18	0,11
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	BMI 1	-0,33	-0,42	-0,38	0,49	0,57	-0,04
	BMI 2	-0,29	-0,21	-0,29	0,35	0,39	-0,10
	BMI 3	-0,32	-0,37	-0,46	0,45	0,57	-0,28
PC	BMI 1	-0,33	-0,42	-0,38	0,49	0,56	-0,04
	BMI 2	-0,29	-0,21	-0,29	0,35	0,39	-0,10
	BMI 3	-0,32	-0,36	-0,46	0,45	0,56	-0,28

Kolorem czerwonym zaznaczono korelacje istotne statystycznie dla $p < 0,05$. Wytluszczoneym drukiem zaznaczono wartości $r > 0,3$.

Szczegółowa analiza zmian wielkości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach statycznych i wyników prób zdolnościami motorycznymi między grupami BMI u dziewcząt wykazała, że dla relacji SP i MV z biegiem po kopercie obserwujemy ujemny gradient zmian tego współczynnika (osłabianie się wielkości korelacji wraz ze wzrostem względnej masy ciała). Z kolei analiza zmian wielkości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach dynamicznych nie wskazuje występowania gradientów w żadnych relacjach (zmiany są rosnąco-malejące lub malejąco-rosnące). Interesujące jest, że obserwowane wielkości współczynników korelacji w grupach skrajnych (BMI 1 i BMI 3) są podobne.

*

Uzyskane wyniki zdają się uzasadniać przyjęty model podziału badanych dzieci na trzy grupy w zależności od wartości u nich wskaźnika BMI. Również przeprowadzenie oddzielnych pomiarów równowagi w warunkach statycznych i dynamicznych ma swoje odzwierciedlenie we wzajemnych relacjach analizowanych zmiennych.

Siła relacji pomiędzy miarami platformy stabilograficznej a wynikami prób motorycznych okazała się istotnie słabsza od tych z balansowej. W warunkach statycznych u chłopców najsilniejsze relacje pomiędzy wynikami biegu wytrzymałościowego a równowagą wystąpiły w grupie BMI 3, słabsze w BMI 2 a najmniej istotne w BMI 1. Wyższe wartości współczynnika korelacji odnotowano w relacji równowagi z szybkością, zwłaszcza lokomocyjną. W tym obszarze relacje o umiarkowanej sile związku odnotowano w grupach BMI 2 i BMI 1.

Analogiczne wyniki u dziewcząt charakteryzowały się wyższymi wartościami współczynników korelacji oraz bardziej klarownym ich rozkładem. Grupą o najwyższym stopniu powiązania wyników równowagi statycznej i prób motorycznych okazały się najszczuplejsze z uczennic (BMI 1). W relacji z próbami wytrzymałościowymi tylko u nich obliczone korelacje były istotne. Podobnie jak u chłopców, wszystkie grupy BMI dziewcząt wykazywały istotne powiązania pomiędzy szybkością lokomocyjną a zmiennymi równowagi, zwłaszcza z SP i MV.

U obu płci, w żadnych z wyodrębnionych grup BMI, nie stwierdzono występowania istotnych relacji pomiędzy miarami platformy stabilograficznej a pomiarem gibkości.

Wyniki próby równoważnej na platformie balansowej wykazały znacznie silniejsze powiązania z miarami stabilności niż w przypadku warunków statycznych. U chłopców stwierdzono umiarkowane, ale dotyczące wszystkich zmiennych platformy, relacje z wynikami prób wytrzymałościowych. Podobne wartości korelacji wystąpiły w odniesieniu do prób szybkości, oprócz biegu po kopercie, gdzie okazały się one zdecydowanie najwyższe.

W zestawieniu grup BMI pod względem siły ich relacji pomiędzy analizowanymi grupami zmiennych przoduje wśród nich BMI 3, następnie BMI 1 a ranking zamyka BMI 2.

Uzyskane przez dziewczęta wyniki w warunkach dynamicznych są bardzo zbliżone do stwierdzonych u chłopców, ale wartości współczynników korelacji były w ich przypadku wyższe, zwłaszcza w odniesieniu do prób zdolności szybkościowych. Również u tej płci występowanie najwyższych wartości korelacji w obrębie analizowanych zmiennych odnotowano w kolejności dla: BMI 3, BMI 1 i BMI 2. Relacje zmiennych równowagi z gibkością były nieznacznie wyższe niż w warunkach statycznych, ale w przeważającej liczbie statystycznie nieistotne.

4.3.2. Relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi w zależności od wartości wskaźnika Manouvier'a

W rozdziale określono wzajemne relacje pomiędzy głównymi miarami wyznaczającymi poziom stabilności w warunkach w statyki i dynamiki z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych w zależności od wartości wskaźnika Manouvier'a (WM) badanych dzieci. Analizę przeprowadzono osobno dla każdej z płci. Wszystkich badanych podzielono na trzy podgrupy. Kryterium podziału stanowiła wartość średniej arytmetycznej i odchylenie standardowe wskaźnika Manouvier'a, obrazującego względną długość kończyn dolnych w stosunku do wysokości ciała. Do grupy 1 zakwalifikowano osoby w zakresie poniżej $\bar{x} - 0,5 SD$, do grupy 2 $\bar{x} \pm 0,5 SD$, a do 3 powyżej $\bar{x} + 0,5 SD$ (tab. 8).

Tab. 8 Kryteria podziału badanych dzieci na grupy w zależności od wartości ich wskaźnika Manouvier'a.

wskaźnik Manouvier'a	chłopcy	dziewczęta
WM1 (krótkie kończyny)	(N=210)	(N=189)
7 lat	<81,61	<81,84
8 lat	<83,73	<84,05
9 lat	<86,36	<87,88
10 lat	<87,11	<87,81
WM2 (przeciętne kończyny)	(N=226)	(N=206)
7 lat	81,61 – 90,50	81,84 – 88,67
8 lat	83,73 – 90,11	84,05 – 89,61
9 lat	86,36 – 92,57	87,88 – 93,70
10 lat	87,11 – 91,85	87,81 – 93,06
WM3 (długie kończyny)	(N=215)	(N=184)
7 lat	>90,50	>88,67
8 lat	>90,11	>89,61
9 lat	>92,57	>93,70
10 lat	>91,85	>93,06

Analizując korelacje zmiennych stabilności posturalnej i zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych grupach Manouvier'a (WM) wartość współczynnika r rośnie we wszystkich próbach równowagi w warunkach statycznych i dynamicznych z próbami szybkościowymi,

natomiast w warunkach dynamicznych maleje z próbami o charakterze wytrzymałościowym (tab. 9). Chłopcy o relatywnie długich kończynach dolnych (WM 3) mają najsilniejsze powiązania pomiędzy zmiennymi prób szybkościowych i stabilności posturalnej w warunkach statycznych, niż w pozostałych kategoriach WM.

Na platformie stabilograficznej w grupie WM 3 najwięcej istotnych korelacji wystąpiło pomiędzy biegiem zwinnościowym a SP ($r=0,34$), MV ($r=0,35$) i po kopercie a SP ($r=0,34$) i MV ($r=0,44$). W grupie WM 2, pomiędzy próbami zdolności szybkościowych a SP i MV oraz MA i SA, poza próbą skoku w dal. W grupie WM 1 nie odnotowano istotnych korelacji, jedynie pomiędzy biegiem po kopercie a SP i MV ($r=0,16$). Gibkość nie wykazała istotnych statystycznie powiązań z parametrami równowagi statycznej i dynamicznej.

W warunkach dynamicznych wszystkie korelacje były istotne — o umiarkowanej sile związku, poza relacją wyników biegu zwinnościowego z IS ($r=0,23$) oraz PC ($r=0,22$). Najsilniejsze powiązania zmiennych równowagi z próbami zdolności szybkościowych stwierdzono w WM 3, a łącznie w trzech grupach WM — z biegiem po kopercie.

Tab. 9 Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach wskaźnika Manowier'a badanych chłopców.

miara stabilności	grupa wskaźnika	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinn.	bieg po kopercie	gibkość
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	WM 1	-0,05	-0,05	-0,11	0,13	0,16	0,14
	WM 2	-0,08	-0,11	-0,16	0,22	0,27	0,11
	WM 3	-0,12	-0,20	-0,18	0,34	0,34	-0,04
MA	WM 1	-0,04	-0,01	-0,09	0,10	0,09	0,02
	WM 2	-0,15	-0,11	-0,10	0,13	0,15	0,02
	WM 3	-0,09	-0,20	-0,19	0,22	0,33	-0,09
MV	WM 1	-0,05	-0,05	-0,11	0,13	0,16	0,14
	WM 2	-0,10	-0,07	-0,18	0,25	0,33	0,05
	WM 3	-0,13	-0,30	-0,20	0,35	0,44	-0,07
SA	WM 1	-0,07	0,02	-0,03	0,05	0,08	0,07
	WM 2	-0,10	-0,11	-0,11	0,16	0,21	0,03
	WM 3	-0,08	-0,16	-0,13	0,23	0,28	-0,11
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	WM 1	-0,36	-0,34	-0,30	0,23	0,43	-0,03
	WM 2	-0,34	-0,34	-0,31	0,31	0,38	-0,09
	WM 3	-0,33	-0,31	-0,37	0,41	0,43	-0,08
PC	WM 1	-0,36	-0,33	-0,30	0,22	0,43	-0,03
	WM 2	-0,33	-0,34	-0,31	0,31	0,37	-0,09
	WM 3	-0,32	-0,31	-0,37	0,41	0,43	-0,07

Kolorem czerwonym zaznaczono korelacje istotne statystycznie dla $p < 0,05$. Wytłuszczonym drukiem zaznaczono wartości $r > 0,3$.

Analiza zmian wielkości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach statycznych a zdolnościami motorycznymi między grupami wskaźnika Manouvrier'a u chłopców wykazała, że jedynie dla relacji MV a biegiem po kopercie obserwujemy dodatni gradient zmian tego współczynnika. Wyższe wartości korelacji stwierdzono w grupie WM 3, a najniższe w grupie WM 1. Z kolei analiza zmian wielkości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach dynamicznych wskazuje na ujemny gradient zmian między IS i PC a biegiem wahadłowym i jednocześnie dodatni gradient między IS i PC a skokiem w dal z miejsca, biegiem zwinnościowym i biegiem po kopercie. Zmiany tej wielkości współczynnika korelacji między grupami skrajnymi (WM 1 i WM 3) wynoszą (w wartościach bezwzględnych) od 0,02 do 0,18, co wskazuje na znaczenie długokończynowości (pośrednio na położenie środka ciężkości) w badanych relacjach.

U dziewcząt (tab. 10) istotne korelacje zmiennych stabilności posturalnej i zdolności motorycznych w warunkach statycznych najczęściej wystąpiły w grupie WM 1, gdzie ich umiarkowane wartości stwierdzono pomiędzy biegiem zwinnościowym a SP i MV ($r=0,35$) oraz biegiem po kopercie a SP i MV ($r=0,30$). W grupie WM 2 wystąpiły istotne relacje pomiędzy MA, SA oraz biegiem wahadłowym, skokiem w dal, biegiem zwinnościowym i po kopercie. Najsilniej w tej grupie korelowały SP i MV z biegiem zwinnościowym ($r=0,31$). Posiadanie relatywnie długich kończyn (WM 3) okazało się nieistotne w relacji stabilności posturalnej z próbami motorycznymi. W tej grupie z SP i MV w słabym stopniu koreluje jedynie bieg po kopercie oraz zwinnościowy. Gibkość nie wchodziła w istotne relacje ze zmiennymi równowagi w warunkach statycznych.

W warunkach dynamicznych stwierdzono istotne korelacje zmiennych we wszystkich grupach wskaźników Manouvrier'a. W grupie osób o przeciętnych długościach kończyn dolnych w relacji do długości tułowia (WM 2) stwierdzono silniejsze relacje pomiędzy wynikami prób zdolności szybkościowych i platformy balansowej (bieg zwinnościowy z IS i PC $r=0,35$; bieg po kopercie z IS i PC $r=0,42$). Najwięcej istotnych i silnych korelacji pomiędzy wynikami prób motorycznych i platformy balansowej odnotowano w grupach WM 1 i WM 3, szczególnie w odniesieniu do prób szybkości ($r>0,40$).

U dziewcząt analiza zmian wartości istotnych statystycznie współczynników korelacji dla zmiennych stabilności posturalnej w warunkach statycznych a zdolnościami motorycznymi w grupach wskaźnika Manouvrier'a wykazała, że dla relacji SP, MV z biegiem zwinnościowym i po kopercie obserwujemy ujemny gradient zmian tego współczynnika. Wyższe wartości

korelacji stwierdzono w grupie WM 1, a najniższe w grupie WM 3. Z kolei analiza zmian wartości korelacji w warunkach dynamicznych nie wskazuje występowania gradientów w żadnych relacjach, choć różnice między wielkościami współczynników korelacji grup skrajnych dochodzą do wartości 0,11.

Tab. 10 Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach wskaźnika Manouvier'a badanych dziewcząt.

miara stabilności	grupa wskaźnika	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinn.	bieg po kopercie	gibkość
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH							
SP	WM1	-0,15	-0,15	-0,26	0,35	0,30	-0,06
	WM2	-0,10	-0,04	-0,22	0,31	0,29	-0,03
	WM3	0,00	-0,05	-0,18	0,25	0,24	-0,07
MA	WM1	-0,12	-0,09	-0,08	0,20	0,20	0,05
	WM2	-0,18	-0,10	-0,22	0,25	0,25	-0,06
	WM3	-0,05	-0,07	-0,15	0,15	0,18	-0,11
MV	WM1	-0,15	-0,15	-0,26	0,35	0,30	-0,06
	WM2	-0,10	-0,04	-0,22	0,31	0,29	-0,03
	WM3	0,00	-0,05	-0,18	0,25	0,24	-0,07
SA	WM1	-0,16	-0,04	-0,11	0,20	0,18	0,14
	WM2	-0,13	-0,12	-0,17	0,22	0,26	-0,03
	WM3	-0,03	-0,05	-0,15	0,15	0,20	-0,11
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH							
IS	WM1	-0,35	-0,42	-0,40	0,47	0,49	-0,18
	WM2	-0,22	-0,25	-0,28	0,35	0,42	-0,05
	WM3	-0,31	-0,31	-0,41	0,48	0,59	-0,23
PC	WM1	-0,36	-0,42	-0,40	0,47	0,49	-0,18
	WM2	-0,22	-0,25	-0,27	0,35	0,42	-0,05
	WM3	-0,31	-0,32	-0,41	0,48	0,59	-0,23

Kolorem czerwonym zaznaczono korelacje istotne statystycznie dla $p < 0,05$. Wytłuszczonym drukiem zaznaczono wartości $r > 0,3$.

*

Podobnie przy wskaźniku BMI, tak i w przypadku Manouvier'a, przeprowadzony podział na trzy grupy ujawnił zróżnicowanie relacji wyników stabilności posturalnej i prób równoważnych w zależności od wysokości umiejscowienia COM w oparciu o wzajemne proporcje długości kończyn dolnych i tułowia. Zdecydowanie największe powiązanie analizowanych zmiennych stwierdzono w warunkach równowagi dynamicznej, mniejsze, ale istotne — w statycznej.

Wśród chłopców relacje wyników platformy stabilograficznej i biegu wytrzymałościowego wskazują na brak istotnych zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi we wszystkich wyodrębnionych grupach wskaźnika Manouvier'a. Stwierdzono je natomiast w próbie

wytrzymałości mm. brzucha w grupie WM 3. Podobne relacje wystąpiły również pomiędzy próbami siły eksplozywnej kończyn dolnych a SP i MV w dwóch pierwszych grupach WM. Zdecydowanie najsilniejsze relacje pomiędzy analizowanymi zmiennymi wystąpiły w odniesieniu do prób szybkości lokomocyjnej, zwłaszcza w grupach WM 3 i WM 2. W ujęciu całościowym u chłopców najwięcej istotnych relacji pomiędzy wynikami równowagi i motoryki stwierdzono w kolejności w grupach: MV 3 MV 2 i MV 1.

U dziewcząt rozkład wyników w warunkach statycznych był odwrotny, a uzyskane przez nie wartości współczynników korelacji wyższe. W tej płci najbardziej powiązana z analizowanymi zmiennymi była grupa MV 1, dalej MV 2 a najslabiej MV 3. Korelacje SP, MA, MV i SA z wynikami obu prób wytrzymałościowych były słabe. Istotne relacje we wszystkich grupach wskaźnika uzyskano w relacji SP i MV z próbą siły mm. brzucha. Również te zmienne platformy stabilograficznej okazały się być najbardziej powiązane z szybkością lokomocyjną. W istotne, o słabej sile związku, relacje weszły wyniki równowagi i biegu po kopercie we wszystkich grupach WM. U obu płci nie stwierdzono istotnych powiązań pomiędzy miarami stabilności a poziomem gibkości.

Wartości korelacji analizowanych zmiennych w warunkach dynamicznych okazały się zdecydowanie wyższe i wszystkie statystycznie istotne (poza gibkością). Niewielkie też było zróżnicowanie pomiędzy grupami WM. Najwięcej u chłopców najsilniejszych korelacji wystąpiło w WM 3 dalej w WM 2 i WM 1, a u dziewcząt WM 1 dalej w WM 3 i WM 2. Najbardziej powiązaną z poziomem balansowania okazała się szybkość lokomocyjna, choć w tych warunkach wytrzymałość niewiele od niej odbiegała.

4.4. Ilościowe ujęcie związków pomiędzy wynikami prób motorycznych a miarami równowagi posturalnej w warunkach statycznych i dynamicznych u dzieci w wieku 7-10 lat

Wykonano modele regresji wielorakiej metodą krokową w tył dla wszystkich analizowanych zmiennych bez podziału na kategorie wiekowe, osobno dla chłopców i dziewcząt. Do modelu zostały włączone miary równowagi w warunkach statycznych (SP, MA, MV, SA) i dynamicznych (IS, PC) oraz wybrane próby zdolności motorycznych (bieg wahadłowy, siady z leżenia, skok w dal z miejsca, bieg zwinnościowy, bieg po kopercie) i gibkość (tab. 11 i 12).

Dla chłopców dopasowanie modelu dla wszystkich parametrów stabilności posturalnej kształtowało się na poziomie od 2,79 do 20,01% (tab. 11). W warunkach statycznych było niższe w zakresie od 2,79% dla MA do 9,98% dla MV. Lepsze dopasowanie modelu zmiennych stwierdzono w warunkach dynamicznych (19,98 — 20,01%).

W warunkach statycznych, wyniki prób sprawnościowych tylko w niewielkim stopniu wyjaśniają zmienność stabilności posturalnej bez podziału badanych na kategorie wiekowe. U chłopców z grupy zdolności wytrzymałościowych do modelu wszedł jedynie bieg wytrzymałościowy, a z szybkościowych: bieg zwinnosciowy i po kopercie. W największym stopniu wyjaśniają one długość ścieżki (SP 9,18%) i prędkość przemieszczeń COP (MV 9,98%).

Dla dziewcząt dopasowanie modelu było nieznacznie wyższe (5,05 — 14,13%) (tab. 12). Również tutaj najbardziej wyjaśnianymi zmiennymi stabilności okazały się SP (13,51%) i MV (12,84%). Zakwalifikowanymi do modelu próbami były siady z leżenia, skok w dal oraz bieg po kopercie. Do modelu weszła także próba gibkości.

W warunkach dynamicznych model regresji był w istotnym stopniu wyżej wyjaśniany u chłopców niż u dziewcząt (IS ♂20,01%; ♀11,74%) (PC ♂19,89%; ♀11,73%). W modelu chłopców decydującymi o nim próbami motorycznymi były wytrzymałościowe (bieg wytrzymałościowy i siady z leżenia) oraz szybkościowe (bieg po kopercie) (tab. 11 i 12). U dziewcząt do modelu weszły: bieg po kopercie, skok w dal z miejsca oraz gibkość.

Tab. 11. Zestawienie modeli regresji wielorakiej metodą krokową w tył związków pomiędzy miarami stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych w a wynikami wybranych prób motorycznych dla chłopców w wieku 7-10 lat.

miara stabilności	STAŁA	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinnosciowy	bieg po kopercie	gibkość	R ²
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH								
SP	-184,30	17,05			16,92	12,86		9,18%
MA	1,429					0,08		2,79%
MV	-7,09	0,50			0,59	0,28	0,11	9,98%
SA	-251,00					33,43		3,34%
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH								
IS	15,44	-0,53	-0,29			0,38		20,01%
PC	225,17	-5,85	-3,02			4,82		19,89%

Współczynniki kierunkowe dla poszczególnych zmiennych dla $p < 0,05$.

Tab. 12 Zestawienie modeli regresji wielorakiej metodą krokową w tył związków pomiędzy miarami stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych w a wynikami wybranych prób motorycznych dla dziewcząt w wieku 7-10 lat.

miara stabilności	STAŁA	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinnosciowy	bieg po kopercie	gibkość	R ²
RÓWNOWAGA W WARUNKACH STATYCZNYCH								
SP	369,85		-3,70	-1,31		6,55	2,74	13,51%
MA	1,687		-0,05			0,07		5,05%
MV	11,60			-0,06		0,21	0,11	12,84%
SA	204,63		-22,05			22,82		8,19%
RÓWNOWAGA W WARUNKACH DYNAMICZNYCH								
IS	15,44			-0,06		0,42	0,13	11,74%
PC	145,31			-0,72		5,10	1,57	11,73%

Współczynniki kierunkowe dla poszczególnych zmiennych dla $p < 0,05$.

*

Zestawienia modeli dla miar stabilności posturalnej cechują się niskim poziomem dopasowania dla obu płci. Wyniki prób zdolności motorycznych, zwłaszcza w warunkach statycznych, w niewielkim stopniu wyjaśniają poziom równowagi badanych dzieci. Chłopcy wyróżniali się wyższym poziomem dopasowania modeli w warunkach dynamicznych (19,89 — 20,01%), w porównaniu do dziewcząt (11,73 — 11,74%). Te z kolei charakteryzowały się wyższym stopniem dopasowania modeli w warunkach statycznych (♀5,05 — 13,51%; ♂2,79 — 9,98%).

Zmiennymi o największym wpływie na stopień wyjaśnienia modelu stabilność posturalnej chłopców w warunkach statycznych były: bieg po kopercie, zwinnościowy i wytrzymałościowy, dziewcząt — bieg po kopercie, siady z leżenia, skok w dal i gibkość. W warunkach dynamicznych, do modelu chłopców weszły obie próby wytrzymałościowe oraz bieg po kopercie, zaś do modelu dziewcząt: bieg po kopercie, oraz skok w dal.

5. DYSKUSJA

Zdolność zachowania równowagi jest niezbędna w każdej podejmowanej aktywności fizycznej (Knapczyk 2001). Historia rozwoju metod badania procesu utrzymywania spionizowanej pozycji ciała sięga XVII w., ale pierwsze istotne prace na ten temat opublikowano dopiero w drugiej połowie XX w (Gurfinkel i wsp. 1974; Watanabe 1979; Riach i Hayes 1987; Horak i Moore 1993; Winter i wsp. 1990; 1995; Usui i wsp. 1995; Allum 1998). Autorzy zajmujący się tym tematem starali się analizować zachowania posturalne, wprowadzając zróżnicowane warunki pomiarów i badań. Określili rolę w utrzymaniu równowagi wrażeń wizualnych, wertykalnych i proprioceptywnych. Wprowadzili terminy określające wyniki badań procesu utrzymywania równowagi, jak: posturometria, posturografia, stabilometria i stabilografia (Golema 2002).

Badania przeprowadzane przy wykorzystaniu platform dotyczą przede wszystkim zmian położenia punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku stóp na podłoże (COP). W celu kompleksowego wyjaśnienia procesu utrzymywania równowagi, biomechanicy, cybernetycy, neurofizjolodzy i inni naukowcy badali wiele różnorodnych, wewnętrznych i zewnętrznych zakłóceń stabilności posturalnej (Kuczyński i Wieloch 2008; Orlov i wsp. 2008; Patel i wsp. 2008; Bizid i wsp. 2009; Cawsey i wsp. 2009; Mezaour i wsp. 2009; Earhart i wsp. 2010; Nejc i wsp. 2010). Obok pomiarów wykonywanych podczas stania swobodnego zajmowano się wpływem zakłóceń wewnętrznych, np. związanych z oddychaniem, krążeniem, a także zewnętrznych, takich jak: pchnięcia, pociągnięcia lub ruchy platformy w różnych płaszczyznach oraz utrzymywania równowagi na niestabilnym podłożu.

Definicja stabilności posturalnej bazuje na parametrach czysto mechanicznych i anatomicznych. Powszechnie uważa się, że stabilność w polu grawitacyjnym jest zachowana, gdy rzut pionowy COM człowieka znajdzie się wewnątrz obszaru podparcia (Winter i wsp. 2008). W konsekwencji zaakceptowano twierdzenie, że zwiększona zmienność przemieszczeń COP jest miarą pogorszenia się stabilności. Błaszczyk i wsp. (1994) zaproponowali podział powierzchni podparcia na część statyczną i dynamiczną, uważając, że utrzymywanie równowagi w tych obszarach jest jakościowo zupełnie różne. Autorzy ci stwierdzili, że sposób przejścia przez granicę tych obszarów jest odmienny dla ludzi o różnej sprawności motorycznej.

Wiedza na temat procesu utrzymywania równowagi w pozycji stojącej przez dzieci jest uboga (Barela i wsp. 2003; Assaiante i wsp. 2005; Cumberworth i wsp. 2007; Ying-Shuo i wsp. 2009; Charpiot i wsp. 2009; Verbecue i wsp. 2016; Deschamps i wsp. 2017; Dos Santos

Cardoso i wsp. 2018). Badanie mechanizmów, dzięki którym człowiek utrzymuje równowagę w różnych naturalnych i zaaranżowanych sytuacjach, może pomóc w ich zrozumieniu. Przyjmuje się, że wiek 7 lat jest u człowieka krytycznym w rozwoju posturalnym (Assaiante i wsp. 2005; Condon i Cremin 2014). W tym okresie życia organizacja synergistyczna postawy i procesy przedsionkowe osiągają u dzieci poziom dorosłości. Decyduje o tym rozwój odruchów antygravitacyjnych i sprawność układu nerwowo-mięśniowego, wyznaczona koordynacją ruchów i odpowiednim stopniem napięcia mięśniowego. Szybkość przewodzenia bodźców staje się podobna, jak u osób dorosłych. Do wieku 7-8 lat następuje szybki rozwój poczucia równowagi, co wiąże się z rozwojem w tym okresie czuciowego sprzężenia zwrotnego. Ruchy stają się dokładniejsze i wolniejsze (Kasperczyk 2004; Rival i wsp. 2005; Roncesvalles i wsp. 2005; Orendorz-Fraćzkowska i Kubacka 2020).

Wielu autorów zwraca uwagę na proporcje wzrostowe dzieci. Zakres wykorzystania powierzchni podparcia zdaje się być u nich czynnikiem znaczącym. Dużą rolę odgrywa wysokość i masa ciała (Teasdale i wsp. 2007; Anker i wsp. 2008; Błaszczuk i wsp. 2009). W staniu swobodnym zakres przemieszczeń COP u dzieci obejmuje większe pole niż u dorosłych, u których znajduje się prawie w jednym punkcie. Natomiast granica wychwiał świadomych u dzieci zajmuje obszar wewnątrz powierzchni podstawy, u dorosłych zaś dochodzi do palców, pięt i zewnętrznych krawędzi stopy (Sundip Hemant 2020).

Celem pracy było określenie u dzieci w wieku 7-10 lat relacji pomiędzy poziomem stabilności posturalnej a wybranymi zdolnościami motorycznymi z uwzględnieniem ich budowy somatycznej. W niniejszym rozdziale podjęto próbę podsumowania otrzymanych rezultatów i skonfrontowania ich z wynikami prac innych autorów. W celu lepszej percepcji poruszanych zagadnień przedstawiono je w porządku chronologicznym w stosunku do postawionych wcześniej pytań badawczych oraz prezentowanych wyników.

5.1. Relacje miar stabilności posturalnej z wynikami prób wybranych zdolności motorycznych

W większości przypadków naukowcy są zgodni, że poprawa stabilności posturalnej u dzieci następuje wraz z ich wiekiem. U młodszych dzieci (2-7 lat) Sobera (2010) wykazała systematyczną poprawę wartości miar stabilności posturalnej (zmniejszanie się ich wraz z wiekiem), wyraźną szczególnie do 6 roku życia. W przedziale 6-7 lat różnice te nie były już tak widoczne, a 7 latki osiągały zbliżone wartości do dorosłych. Obserwacje te potwierdzają również wyniki innych autorów (Mickle i wsp. 2011; Verbecue i wsp. 2016; Bourelle i wsp. 2017; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018; Hadders-Algra 2018; Orendorz-Fraćzkowska

i Kubacka 2020). Condon i Cremin (2014) zwracają uwagę na wiek 7-8 lat, kiedy to ich zdaniem poprawa równowagi jest szczególnie widoczna, ze wskazaniem na dziewczęta. Na dymorfizm w zakresie utrzymywania równowagi wśród dzieci zwracali uwagę też inni badacze (Nolan i wsp. 2005; 52. Geldhof i wsp. 2006; Steindl i wsp. 2006; Mickle i wsp. 2011). Voss i wsp. (2021) stwierdzili, że w kontroli utrzymania równowagi wcześniej dojrzałość osiągają dziewczęta. Może mieć to związek z szybciej rozwijającą się u nich integracją sensoryczną (Mnejja i wsp. 2022).

W badaniach własnych pomiar równowagi statycznej przeprowadzono za pomocą platformy stabilograficznej, a jego wyniki potwierdzają doniesienia innych autorów o poprawie stabilności posturalnej wraz z wiekiem (Geldhof i wsp. 2006; Mickle i wsp. 2011; Condon i Cremin 2014; Orendorz-Frażczkowska i Kubacka 2020). Podstawową miarą tego badania jest droga przemieszczeń COP (SP), której skracanie świadczy o wyższym poziomie kontroli równowagi (Błaszczuk 2004, Mazur-Rylska 2017). W badanej grupie, na przestrzeni trzech lat, wartości długości drogi przemieszczeń COP uległy poprawie o 35% u chłopców i 34% u dziewcząt. Systematyczność tego procesu oraz istotność zmian w relacji rok do roku świadczą o ich powiązaniu z wiekiem i stopniem dojrzewania odpowiedzialnych za równowagę mechanizmów jej kontroli. Potwierdza to analiza pozostałych miar równowagi statycznej. Zakres przemieszczeń COP (MA), który obrazuje wychylenia ciała od pionu, zmniejszył się w badanym okresie o 35% u chłopców i 37% u dziewcząt. Parametr ten określa granice stabilności ciała i jest uznawany za wskaźnik sprawności układu kontroli równowagi (Rogers i wsp. 2001). Z kolei prędkość przemieszczeń COP (MV), która zdaniem Raymarkers i wsp. (2005) jest obiektywną oceną równowagi badanego, zmniejszyła się o 38% u chłopców i o 34% u dziewcząt. Największą jednak poprawę stabilności badanych dzieci stwierdzono w odniesieniu do zakreślonej przez COP powierzchni (σ 61%, σ 57%). Wraz z wiekiem badanych, oprócz poprawy średnich wartości poszczególnych miar stabilności, znaczącemu zmniejszeniu ulegały miary ich rozproszenia (*SD*). Wyniki badanych dzieci, uzyskane w warunkach statycznych, nie potwierdziły spostrzeżeń innych autorów, dotyczących przewagi dziewcząt nad chłopcami w procesie kontroli utrzymywania równowagi.

Równowagę dynamiczną badano na platformie balansowej. Podobnie jak w warunkach statycznych, tak i w dynamicznych wykazano istotną poprawę poziomu stabilności wraz z wiekiem. Uzyskane wyniki były zbliżone u obu płci. W trzyletnim okresie wartości indeksu stabilności (IS) zmniejszyły się o 35% u chłopców i o 38% u dziewcząt, a powierzchni całkowitej (PC), odpowiednio o 30% i 33%. Istotnemu zawężeniu uległ też zakres rozproszenia (*SD*) uzyskanych wyników. O poprawie równowagi dynamicznej wraz z wiekiem donoszą też

Conner i wsp. 2019, którzy testowali reakcję badanych na ruch bieżni. Ci sami autorzy nie stwierdzili jednak w warunkach statycznych skracania się wraz z wiekiem długości ścieżki (SP) w pomiarach na typowej platformie stabilograficznej. Ich zdaniem, u dzieci (5-12 lat) za utrzymywanie równowagi w warunkach statycznych i dynamicznych odpowiadają odmienne procesy i tylko poziom dynamicznej może się poprawić wraz z ich rozwojem.

Kontrola równowagi staje się coraz doskonalsza wraz z rozwojem układu nerwowego, w szczególności procesów przepływu informacji z: błędniaka, proprioceptorów i narządu wzroku. Przyjmuje się, że procesy te osiągają pełną dojrzałość między 9-12 rokiem życia. W badanym okresie 7-10 lat ma miejsce intensywny ich rozwój. (Baumbergera i wsp. 2004; Schmid i wsp. 2005; Peterson i wsp. 2006; Cumberworth i wsp. 2007; Sobera 2010; Wilczyński i Ślężyński 2016; Dos Santos Cardoso i wsp. 2018). Analizowany przedział wieku jest również istotny w zakresie kształtowania zdolności motorycznych (Roczniak i wsp. 2015; Osiński 2018). W badaniach własnych wzmocnienie relacji miar stabilności posturalnej z wynikami prób zdolności motorycznych było szczególnie widoczne w wieku 9-10 lat.

Równowaga posturalna u dzieci w wieku przedszkolnym jest silnie powiązana z rozwojem umiejętności motorycznych (Perreault i wsp. 2020). Tę istotną korelację między stabilnością a umiejętnościami motorycznymi stwierdzono również u starszych dzieci (Fujinaga 2008, Grošelj i wsp. 2019). Pomimo znaczenia, jaką równowaga posturalna odgrywa w rozwoju umiejętności motorycznych, niewiele badań udokumentowało związek między nimi. W literaturze występuje pojęcie podstawowych umiejętności motorycznych u dzieci (FMS), na które składają się umiejętności lokomotoryczne (utrzymywania równowagi) i kontroli obiektów (sprawności manualnej) (Haywood i Getchell, 2009; Davis i wsp. 2011). Wyniki badań Overlock i Jun (2006) potwierdziły związek między umiejętnościami motorycznymi (kopnięcie) a równowagą statyczną ($R=0,48$, $p<0,01$) i dynamiczną ($R=0,45$, $p<0,05$), oraz wykonywaniem skoków a równowagą statyczną ($R=0,45$, $p<0,05$) i dynamiczną ($R=0,32$, $p>0,05$) u dzieci w wieku przedszkolnym. Równowagę testowano za pomocą urządzenia NeuroCom. Wyniki te potwierdzają Liu i wsp. (2023), zdaniem których u dzieci i młodzieży wyniki motorycznych prób równoważnych są umiarkowanie skorelowane z wynikami prób sprawności motorycznej (Comeau i wsp. 2017; Jaakkola i wsp. 2019).

Relacje pomiędzy stabilnością posturalną a poziomem zdolności motorycznych w dużej grupie 11 latków (217 osób) próbowali określić Grošelj i wsp. (2019). Równowagę testowano za pomocą próby flaminga i chodu na niskiej belce a zdolności motoryczne wyrażono wynikami testów SLOfit. Grošelj i wsp. (2019) stwierdzili istotne powiązania między równowagą i motoryką u chłopców. Umiarkowaną siłę związku uzyskali w relacji próby flaminga ze

skokiem w dal z miejsca ($r=0,482$), siadami z leżenia ($r=0,435$), biegiem na 60 m ($r=0,469$) i 600 m ($r=0,556$) oraz zwisem o ramionach ugiętych ($r=0,519$). Podobne relacje z próbami motorycznymi wspomniani autorzy uzyskali z wynikami chodu na niskiej belce ze skokiem dal z miejsca ($r=0,429$) oraz biegiem na 600 m ($r=0,427$). Co ciekawe stwierdzono je tylko u chłopców. Z kolei Sember i wsp. (2020) w badaniach 262 zdrowych 11-letnich dzieci, stwierdzili silniejsze relacje pomiędzy próbą równowagi statycznej (flaming) a motorycznymi u dziewcząt. Najwyższe wartości współczynników korelacji uzyskali ze skokiem w dal z miejsca ($r=0,581$), testem polygon ($r=0,586$), biegiem na 60 m ($r=0,531$) i na 600 m ($r=0,662$).

Odmienne od prezentowanych wyniki podobnych badań otrzymali Mnejja i wsp. (2023). Ich zdaniem relacje pomiędzy stabilnością posturalną a wynikami prób sprawności motorycznej były niewielkie lub nie wystąpiły. Wyjaśniły one zaledwie 14% zmienności wspólnej. Do badania równowagi autorzy wykorzystali standardową platformę stabilograficzną a wyniki testów motorycznych połączyli w grupy tzw. małej i dużej motoryki. W oparciu o pomiary na podobnej platformie (Gravicorder GS-7), relacji pomiędzy próbami zdolności motorycznej (Test MKS: bieg zwinnosciowy na 25 m, rzut piłeczka palantową, wieloskoki obunóż, skok w dal z miejsca) a długością ścieżki (SP) i polem powierzchni (SA) COP, poszukiwali Tsujishita i wsp. (2023). Ich wyniki były zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych. Wartości współczynników korelacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi nie przekroczyły $r < 0,1$. Najwyższą jego wartość autorzy odnotowali pomiędzy SA a odległością rzutu piłką ($r=0,204$). Przytoczone przykłady sugerują, że określenie siły relacji pomiędzy wynikami stabilności posturalnej a sprawności motorycznej jest w dużym stopniu zależne od przyjętej metodologii badania równowagi.

W badaniach własnych siła związku pomiędzy miarami laboratoryjnie przeprowadzonej próby równowagi, tak w warunkach statycznych, jak i dynamicznych, a wynikami testów sprawności motorycznej była zdecydowanie niższa niż w badaniach Grošelj i wsp. (2019) czy Sember i wsp. (2020), ale podobna do Mnejja i wsp. (2023). W warunkach statycznych wartości współczynników korelacji zbliżone były tylko w zakresie prób zdolności szybkościowych u chłopców i dziewcząt oraz próbą skoku w dal u dziewcząt. W dysertacji wykorzystano współczynnik determinacji (R^2), który jest kwadratem współczynnika korelacji (r). Największą wartość R^2 odnotowano w relacjach długości ścieżki (SP) i skoku w dal z miejsca (♀ 0,05), biegu po kopercie (♂ 0,06; ♀ 0,08) oraz prędkości przemieszczeń COP (MV) ze skokiem w dal z miejsca (♀ 0,05), biegiem zwinnosciowym (♂ 0,05; ♀ 0,1) oraz po kopercie (♂ 0,1; ♀ 0,8). Pojedyncze próby zdolności szybkościowych miały wpływ na zakres i pole powierzchni COP (♀ 0,05).

Jak wspomniano, na siłę relacji prób zdolności motorycznych z miarami stabilności posturalnej mogą wpływać zastosowane metody pomiarowe, warunki ich przeprowadzenia, ale też wiek badanej grupy (Conner i wsp. 2019, Grošelj i wsp. 2019, Sember i wsp. 2020, Mnejja i wsp. 2023; Tsujishita i wsp. 2023). W badaniach własnych, w trzyletnim okresie siła relacji równowagi dynamicznej z motoryką była wyższa niż statycznej. U obu płci największą wartość współczynnika determinacji R^2 odnotowano pomiędzy indeksem stabilności a siadami z leżenia (♂ 0,12; ♀ 0,10), skokiem w dal z miejsca (♂ 0,10; ♀ 0,12), biegiem po kopercie (♂ 0,16; ♀ 0,24) oraz pomiędzy powierzchnią całkowitą a siadami z leżenia (♂ 0,12; ♀ 0,10), skokiem w dal z miejsca (♂ 0,10; ♀ 0,12) i biegiem po kopercie (♂ 0,15; ♀ 0,23). Pomimo odmienności metodologii pomiaru równowagi, uzyskane na platformie balansowej wyniki można porównać do badań Grošelj i wsp. (2019), w których wystąpiły istotne korelacje pomiędzy próbą chodu na niskiej belce a skokiem w dal z miejsca, a także Dos Santos Cardoso i wsp. (2018), którzy potwierdzili intensywny rozwój poszczególnych układów i integracji sensorycznej dzieci w wieku 7-9 lat. Okres wczesnoszkolny (7-10 lat) to moment przyspieszenia rozwoju motorycznego (Osiński 2018), a także zmian w budowie somatycznej, dlatego relacje zmiennych mogą się różnić w poszczególnych grupach i zadaniach równoważnych.

W badaniach własnych określono relatywne zróżnicowanie wyników uzyskanych w teście sprawnościowym w całym trzyletnim okresie. Stwierdzono istotne różnice w poziomie wybranych zdolności motorycznych: wytrzymałościowych (bieg wahadłowy, siady z leżenia), szybkościowych (skok w dal, bieg zwinnościowy, bieg po kopercie) oraz gibkości. W próbach wytrzymałościowych odnotowano zmianę na poziomie 31-43%, a w szybkościowych 14-30%. Jediną predyspozycją, której wartość w badanym okresie u obu płci praktycznie nie uległa zmianie — była gibkość.

Celem tego podrozdziału była odpowiedź na pytanie dotyczące siły powiązań stabilności posturalnej z motoryką u całości badanych dzieci w poszczególnych przedziałach ich wieku kalendarzowego oraz stopnia zróżnicowania tych relacji wraz z jego przyrostem. Pomimo istotnej, proporcjonalnej, poprawy wartości wszystkich analizowanych zmiennych, relacje miar stabilności posturalnej z wynikami prób wybranych zdolności motorycznych nie wskazują na istnienie wyraźnego związku pomiędzy nimi. W warunkach statycznych u obu płci najistotniejszy na nie wpływ mają próby zdolności szybkościowych. W dynamicznych siła relacji pomiędzy zmiennymi jest większa, od małej do umiarkowanej. U chłopców i dziewcząt indeks stabilności i powierzchnia całkowita są powiązane z próbami zdolności wytrzymałościowych oraz szybkościowych, szczególnie z biegiem po kopercie. W ujęciu całościowym nie można też wykazać jakiegokolwiek tendencji lub trendu zmian siły korelacji

cząstkowych wraz z wiekiem badanych. Istotne wydaje się jednak zmniejszanie zakresu rozrzutu wyników wokół prostej regresji wraz z przyrostem metrykalnym dzieci. W różnym stopniu dotyczyło ono ogółu zmiennych, tak w warunkach statycznych, jak i dynamicznych oprócz gibkości. We wszystkich tych przypadkach nachylenie prostej regresji wskazywało na poprawę wartości miar stabilności wraz z poprawą wyników poszczególnych prób motorycznych.

Zagadnienie dymorfizmu w zakresie stabilności posturalnej wciąż jest przedmiotem licznych badań a ich wyniki są często sprzeczne (Sobera 2010, Libardoni i wsp. 2018, Latorre-Román i wsp. 2021). Nie ma za to wątpliwości, że dymorfizm jest silnie zaznaczony w obrębie zdolności motorycznych o podłożu energetycznym. W badaniach własnych korzystniejszymi wynikami stabilności we wszystkich grupach wiekowych charakteryzowały się dziewczęta, natomiast w poziomie zdolności energetycznych — zgodnie z oczekiwaniami — chłopcy. Obie płci różniły się też co do siły i zakresu interakcji pomiędzy dwoma grupami analizowanych zmiennych. W warunkach statycznych większą liczbę istotnych korelacji cząstkowych pomiędzy zmiennymi stwierdzono u dziewcząt, natomiast w dynamicznych u chłopców. Również wartości wskaźników determinacji R^2 były wyższe u dziewcząt i to w obu warunkach wykonywanych prób równoważnych.

5.2. Wpływ budowy somatycznej na relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi

Budowa somatyczna ma bez wątpienia wpływ na poziom stabilności posturalnej. Badania na ten temat były szeroko prowadzone (Horak 1997; Chiari i wsp. 2002; Kejonen i wsp. 2003; Farenc i wsp. 2003). Spośród wielu cech za najbardziej z nią powiązane uznano wysokość i masę ciała (Hue i wsp. 2007; Ukachukwu i wsp. 2016; Fatma i wsp. 2018). Obie, w dużym stopniu skorelowane ze sobą zmienne, decydują o sile i rozkładzie nacisku na podłoże, jak i o odległości od niego centralnego punktu masy (COM) badanego. Badając w stanie swobodnym relacje somatotypu ze zmianami położenia COP naukowcy najczęściej wskazywali, że osoby ektomorficzne wykazują większą niestabilność niż endomorficy. Tłumacząc to u tych pierwszych stosunkowo niskim komponentom mięśniowym oraz podwyższoną pozycją COM (Allard i wsp. 2001; Merder-Coşkun 2017; Turoń-Skrzypińska i wsp. 2020; Rusek i wsp. 2021). W warunkach dynamicznych zależności te kształtują się odwrotnie (Guzmán-Muñoz i wsp. 2019; Maślanko i wsp. 2020). Osoby charakteryzujące się wysokimi wartościami BMI mają niższą stabilność od tych z prawidłową masą ciała. Wyniki wielu prac jednoznacznie wskazywały na obniżanie się poziomu stabilności posturalnej wraz

ze wzrostem wartości BMI podczas balansowania na ruchomej platformie (Błaszczuk 2004; Tchórzewski 2013; Merder-Coşkun 2017; Bataweel i wsp. 2020).

Wskaźnik BMI jest prostą do wyznaczenia, powszechnie stosowaną miarą proporcji masy do wysokości ciała. O wiele trudniej jest wyznaczyć położenie COM. Najczęściej do określenia jego wysokości ponad powierzchnią podparcia używa się wzorów empirycznych, opracowanych oddzielnie dla każdej z płci (Bober i Zawadzki 2006). Informację o jego relatywnym położeniu można jednak uzyskać drogą pośrednią, określając relację pomiędzy wysokością ciała a długością kończyn dolnych w postaci wyliczenia wskaźnika Manouvier'a.

W badaniach własnych, przedmiotem analizy było określenie, czy na relacje pomiędzy miarami stabilności i wynikami prób motorycznych ma wpływ budowa somatyczna badanych, a dokładniej, stosunek masy do wysokości ciała (BMI) i relatywna długość kończyn dolnych (WM). Macierze korelacji, pomiędzy miarami stabilności i wynikami testów motorycznych, w całościowym ujęciu wszystkich badanych, wskazywały na ich słabe powiązania. Podział ich na grupy według wartości wskaźników BMI i WM pozwolił na ukazanie pewnych prawidłowości.

W warunkach statycznych, w poszczególnych grupach BMI, relacje miar stabilności z wynikami prób wytrzymałościowych były pod względem ich siły słabsze niż z szybkościowymi. Wartości korelacji były wyższe u dziewcząt, a najsilniejsze związki z wytrzymałością wykazano u najszczuplejszych z nich. U chłopców przynależność do grupy wskaźnika nie miała wyraźnego odzwierciedlenia w poziomie ich zróżnicowania. Co jednak ciekawe, to odwrotnie niż u dziewcząt, najsłabsze relacje analizowanych zmiennych stwierdzono u najszczuplejszych. Najwyższe wartości współczynników korelacji wystąpiły z próbami szybkości lokomocyjnej. U obu płci miały tendencję malejącą wraz ze wzrostem wartości BMI, szczególnie dla długości ścieżki (SP) i szybkości przemieszczeń COP (MV). Oznacza to, że poprawa miar stabilności jest najsilniej powiązana ze skracaniem się czasu biegu u osób szczupłych (BMI1).

W warunkach dynamicznych, we wszystkich grupach wskaźnika BMI, siła relacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi była u obu płci istotnie wyższa niż podczas stania swobodnego. U chłopców nie stwierdzono wyraźnych różnic międzygrupowych, jak też pomiędzy wartościami korelacji dla prób wytrzymałościowych i szybkościowych. U dziewcząt wyższe wartości współczynników wystąpiły w relacji do prób szybkości lokomocyjnej. Należy zaznaczyć, że w obu warunkach równowagi, wszystkie wartości korelacji były większe u dziewcząt.

W warunkach statycznych, u obu płci w grupach wskaźnika WM, relacje miar stabilności z wynikami prób wytrzymałościowych były małe, często statystycznie nieistotne. Znacznie silniejsze relacje odnotowano z wynikami prób szybkości. U chłopców ich siła rosła wraz z relatywnym wydłużaniem się kończyn dolnych, u dziewcząt odwrotnie — wraz z ich skracaniem.

W warunkach dynamicznych siła i poziom istotności związków pomiędzy analizowanymi zmiennymi były zdecydowanie wyższe. W zakresie prób wytrzymałościowych, u chłopców zróżnicowanie pomiędzy grupami WM było niewielkie, u dziewcząt słabsze relacje wystąpiły u posiadaczek przeciętnej długości kończyn dolnych. W odniesieniu do prób szybkościowych, u chłopców zarysowała się tendencja wzrostu siły korelacji wraz z relatywnym wydłużaniem się kończyn, u dziewcząt umiarkowane i silne ich wartości stwierdzono w grupach skrajnych (WM 1 i 3). Podobnie jak w grupach BMI, tak i w WM, siła stwierdzonych związków była wyższa u dziewcząt.

Duże różnice pomiędzy siłą relacji w warunkach statycznych i dynamicznych mogą mieć swoje źródło w metodologii przeprowadzonych prób. Jak zwracali uwagę inni autorzy, siła związku pomiędzy pomiarami równowagi a wynikami prób sprawnościowych głównie zależała od sposobu przeprowadzenia tych pierwszych (Grošelj i wsp. 2019; Sember i wsp. 2020; Tsujishita i wsp. 2023). W próbie flaminga, zadaniem badanego jest utrzymanie równowagi jednonóż na wąskiej powierzchni podparcia. Wymusza to na nim stosowanie strategii stawu biodrowego, a długi czas stania przybliża ją do próby motorycznej. Stąd zapewne silne jej powiązania ze sprawnością. Stanie przez 30 s na platformie stabilograficznej jest bardzo prostym zadaniem, nie wymagającym większego przygotowania motorycznego. Dlatego też dobre rezultaty uzyskują tu osoby o obniżonym COM i większej masie ciała (Maślanko i wsp. 2020; McGraw i wsp. 2020; Rusek i wsp. 2021). Nie można wykluczyć, że w warunkach statycznych, stwierdzone w pracy zróżnicowanie wyników ze względu na przyporządkowanie badanych do poszczególnych grup wskaźników, może być spowodowane relacją masy ciała (długości kończyn) i poziomem sprawności, a nie jak zakładano — równowagi i sprawności. Zależności pomiędzy wartością BMI a poziomem sprawności motorycznej zostały wielokrotnie potwierdzone, gdzie szczuplejsze dzieci osiągają korzystniejsze wyniki w testach motorycznych (Lopes i wsp. 2012; Morrison i wsp. 2018; Chen i wsp. 2022).

Zadaniem badanego na platformie balansowej było wykonanie określonego (wymuszonego) zadania równoważnego przez stosunkowo długi czas (1 minuta). Niewątpliwie próba ta preferuje nie tylko osobników o dobrej stabilności, ale i o wysokim poziomie sprawności motorycznej. Podczas balansowania, badany zmuszony jest do stosowania strategii stawu

biodrowego i szybkiego przemieszczania poszczególnych segmentów swojego ciała (Ivanenko i wsp. 1999; Golema 2003), co bliskie jest próbom sprawnościowym, stąd zapewne wyższy stopień jego z nimi relacji.

W pracy postawiono pytanie, czy i w jakim stopniu budowa somatyczna badanych wpływa na relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych? Otrzymane wyniki potwierdzają słuszność wyboru wskaźników BMI i WM jako wyznaczników budowy ciała, mogących wpływać na poziom stabilności posturalnej badanych dzieci. Utworzone w oparciu o nie grupy w różnym stopniu kształtowały wzajemne interakcje obu analizowanych w pracy grup zmiennych. W stanie swobodnym miały niewielki wpływ na relacje stabilności z wytrzymałością, ale istotny z szybkością. W przypadku BMI, ich siła zmniejszała się wraz z przyrostem wartości wskaźnika, a WM, u chłopców rosła wraz z relatywnym wydłużaniem się u ich kończyn dolnych, u dziewcząt odwrotnie. W warunkach dynamicznych relacje pomiędzy zmiennymi były znacznie silniejsze. Wyższe wartości współczynników korelacji odnotowano z szybkością, ale i z wytrzymałością kształtowały się na poziomie małym, do umiarkowanego. Zróznicowanie pod względem grup BMI i WM było mniejsze niż w warunkach statycznych, jedynie w grupach WM u chłopców odnotowano tendencję do wzmacniania się relacji zmiennych wraz z relatywnym wydłużaniem się kończyn. W przeważającej większości siła stwierdzonych relacji była większa u dziewcząt.

5.3. Ilościowe ujęcie związków pomiędzy wynikami prób motorycznych a miarami równowagi posturalnej w warunkach statycznych i dynamicznych u dzieci w wieku 7-10 lat

W celu kompleksowego przedstawienia relacji pomiędzy wynikami prób motorycznych a miarami stabilności posturalnej wykonano modele regresji wielorakiej metodą krokową w tył dla wszystkich analizowanych zmiennych, bez podziału na kategorie wiekowe, osobno dla chłopców i dziewcząt. Zmienną zależną w tym modelu była miara stabilności a objaśniającymi wyniki prób motorycznych.

Przeprowadzona analiza uwidoczniała różnice pomiędzy wpływem zmiennych objaśniających na wartości miar poziomu stabilności w zależności od warunków przeprowadzenia próby równowagi. W warunkach statycznych na zakres wyjaśnienia zmienności wspólnej nie miała istotnego wpływu płeć badanych, podczas gdy w dynamicznych wydaje się ona kluczowa.

Pomimo, że podczas analizy korelacji cząstkowych (tak w przypadku całości badanych z uwzględnieniem ich wieku kalendarzowego, jak i bez jego uwzględniania — w grupach

wskaźników BMI i WM), znacząco więcej i o większej sile korelacji stwierdzono u dziewcząt, to nie znalazło to swojego odzwierciedlenia w modelach regresji.

W warunkach statycznych wyniki prób motorycznych istotnie wpływają tylko na dwie zmienne równowagi: drogę (SP) i szybkość (MV) COP. Zakres wyjaśnianej zmienności jest u obu płci zbliżony, ale do modelu weszły różne stymulanty. U chłopców najbardziej istotne okazały się próby lokomocyjne: wytrzymałościowe i szybkościowe, u dziewcząt istotna była siła i szybkość wybranych grup mięśniowych oraz bieg po kopercie.

W warunkach dynamicznych, dla obu objaśnianych zmiennych (IS i PC) obszar zmienności wspólnej u chłopców był dwa razy większy niż u dziewcząt. Podobnie jak w warunkach statycznych różniły się też wchodzące do modeli dla obu płci niektóre stymulanty. Wspólnym, o zbliżonym ładunku, okazał się być bieg po kopercie. U chłopców, podobnie jak w modelu dla warunków statycznych, istotne były próby wytrzymałościowe, a u dziewcząt siła eksplozywna kończyn dolnych i gibkość.

Trudno odnieść wyniki własne do danych innych autorów. Najczęściej modele regresji tworzono dla relacji miar stabilności z budową somatyczną (Hue i wsp. 2007; Guzmán-Muñoz i wsp. 2019; Rusek i wsp. 2021) lub szeroko pojętymi umiejętnościami ruchowymi (Haywood i Getchell, 2009; Comeau i wsp. 2017; Jaakkola i wsp. 2019), gdzie jedną z prób była równoważna. Najbardziej zbliżone do prezentowanych modeli przedstawili Mnejja i wsp. (2023), którzy w oparciu o wyniki 112 dzieci w wieku 5-6 lat określali relacje prób w zakresie dużej motoryki z wynikami stabilności posturalnej na stałym i odkształcalnym podłożu. Za główną miarę stabilności przyjęli szybkość przemieszczeń COP. Otrzymany przez nich model wyjaśniał 11% zmienności wspólnej. Wyrazili przypuszczenie, że zdolności dzieci do nabywania bardziej złożonych umiejętności motorycznych są powiązane z dojrzewaniem równowagi posturalnej, a klinicyści powinni wykorzystywać wyniki testów umiejętności motorycznych i stabilności w celu określenia stopnia ich integracji zmysłowej.

W świetle tych doniesień można mieć nadzieję, że i niniejsza praca, stanowiąc punkt wyjścia do dalszych, bardziej szczegółowych analiz, może przysłużyć się do opracowania przez nauczycieli wf, trenerów czy klinicystów programów określających stopień integracji sensorycznej u ich podopiecznych, co przyczyni się do ukierunkowanego kształtowania zdolności motorycznych i ułatwi ewentualne leczenie jej zaburzeń.

6. WNIOSKI

1. Pomimo istotnej, proporcjonalnej poprawy wartości wszystkich analizowanych zmiennych, relacje miar stabilności posturalnej z wynikami prób wybranych zdolności motorycznych nie wskazują na istnienie wyraźnego związku pomiędzy nimi. Nie można też wykazać tendencji lub trendu zmian siły korelacji cząstkowych wraz z wiekiem badanych. W warunkach statycznych istotny wpływ na poziom stabilności mają wyniki prób zdolności szybkościowych, w dynamicznych — dla których siła relacji pomiędzy zmiennymi była większa — zdolności wytrzymałościowych oraz szybkościowych.
2. Budowa ciała istotnie wpływa na relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych. Grupy utworzone w oparciu o wartości wskaźników BMI i Manouvier'a w różnym stopniu kształtowały wzajemne interakcje analizowanych zmiennych. W stanie swobodnym miały niewielki wpływ na relacje stabilności z wytrzymałością, ale istotny z szybkością. W grupach BMI, ich siła zmniejszała się wraz z przyrostem wartości wskaźnika, a Manouvier'a — u chłopców rosła wraz z relatywnym wydłużaniem się ich kończyn dolnych, u dziewcząt odwrotnie. W warunkach dynamicznych relacje pomiędzy zmiennymi były silniejsze a zróżnicowanie w obrębie grup wskaźników mniejsze. Wyższe wartości współczynników korelacji odnotowano z szybkością, ale i z wytrzymałością kształtowały się na poziomie małym, do umiarkowanego.
3. Korzystniejszymi wartościami miar stabilności we wszystkich grupach wiekowych charakteryzowały się dziewczęta. Obie płcie różniły się też co do siły i zakresu interakcji pomiędzy grupami analizowanych zmiennych, tak w ujęciu całego rocznika, jak i w podziale według wartości wskaźników budowy ciała. W warunkach statycznych większą liczbę istotnych korelacji cząstkowych stwierdzono u dziewcząt, natomiast w dynamicznych u chłopców. W stanie swobodnym zakres wyjaśnianej zmienności wspólnej jest u obu płci zbliżony, podczas balansowania u chłopców jest dwa razy większy niż u dziewcząt.
4. Wyniki miar stabilności posturalnej i prób motorycznych 1230 dzieci w wieku 7-10 lat stanowią cenną bazę danych referencyjnych, możliwą do wykorzystania w wielu przyszłych opracowaniach. Przeprowadzone w pracy analizy korelacyjne, uwzględniające budowę somatyczną badanych, mogą być wykorzystane do opracowania przez nauczycieli wf, trenerów czy klinicystów programów określających stopień integracji sensorycznej u ich podopiecznych, co przyczyni się do ukierunkowanego kształtowania zdolności motorycznych i ułatwi ewentualne leczenie jej zaburzeń.

PIŚMIENNICTWO

1. Ahnert J, Schneider W, Bös K. Developmental changes and individual stability of motor abilities from the preschool period to young adulthood. In: W. Schneider, and M. Bullock (Eds.), *Human development from early childhood to early adulthood*. Psychology Press, 2009: 45–72.
2. Akkaya N, Doğanlar N, Çelik E, Aysşe SE, Akkaya S, Güngör HR, Şahin F. Test-retest reliability of Tetrax® Static Posturography System in young adults with low physical activity level. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2015; 10(6): 893-900.
3. Allard P, Nault ML, Hinse S, LeBlanc R, Labelle H. Relationship between morphologic somatypes and standing posture equilibrium. *Annals of Human Biology*, 2001; 28(6): 624–633.
4. Allum JHJ, Bloem BR, Carpenter MG, Hulliger M, Hadders-Algra M. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait & Posture*, 1998; 8:214–242.
5. Anker LC, Weerdesteyn V, van Nes IJW, Nienhuis B, Straatman H, Geurts ACH. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait & Posture*, 2008; 27: 471–477.
6. Assaiante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. Development of postural control in healthy children: | a functional approach. *Neural Plasticity*, 2005; 12: 109-118.
7. Barela JA, Jeka JJ, Clark JE. Postural control in children: coupling to the dynamic somatosensory information. *Experimental Brain Research Journal*, 2003; 150: 434–442.
8. Barozzi S, Socci M, Soi D, Di Berardino F, Fabio G, Forti S, Gasbarre AM, Brambilla D, Cesarani A. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2014; 271(7): 2069-77.
9. Bataweel EA, Ibrahim AI. Balance and musculoskeletal flexibility in children with obesity: a cross-sectional study. *Annals of Saudi Medicine*, 2020; 40(2):120-125.
10. Baumberger B, Isableu B, Fluckiger M. The visual control of stability in children and adults: postural readjustments in a ground optical flow. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2004; 159: 33–46.
11. Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, Granacher U. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2015, 45: 1645–1669.
12. Berger W, Discher M, Trippel M, Ibrahim IK, Dietz V. Developmental aspects of stance regulation, compensation and adaptation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 1992; 90(3): 610-9.
13. Bizid R, Jully JL, Gonzalez G, Francois Y, Dupui Ph, Paillard T. Effects of fatigue induced by neuromuscular electrical stimulation on postural control. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2009; 12: 60–66.
14. Błaszczyk JW. *Biomechanika kliniczna*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2004.
15. Błaszczyk JW, Czerwos L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. *Gerontologia Polska*, 2005; (13) 1: 25–36.
16. Błaszczyk JW, Cieślinska-Świder J, Plewa M, Zahorska-Markiewicz B, Markiewicz A. Effects of excessive body weight on postural control. *Journal of Biomechanics*, 2009; 42: 1295–1300.
17. Bober T, Zawadzki J. *Biomechanika układu ruchu człowieka*. Wydawnictwo BK, Wrocław, 2006.
18. Bogin B, Varela -Silva ML. Leg length, body proportion and health: a review with a note on beauty. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2010; 7(3):1047-1075.
19. Bourelle S, Dey N, Sifaki-Pistolla D, Berge B, Gautheron V, Cottalorda J, Taiar R. Computerized static posturography and laterality in children. Influence of age. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2017; 19(2): 129–139.
20. Bryant ES, Duncan MJ, Birch SL. Fundamental movement skills and weight status in British primary school children. *European Journal of Sport Science*, 2014; 14 (7): 730-736.
21. Caballero C, Barbado D, Urbán T, García-Herrero JA, Moreno FJ. Functional variability in team-handball players during balance is revealed by non-linear measures and is related to age and expertise level. *Entropy (Basel)*, 2020, 22(8): 822.
22. Cameron CE, Brock LL, Murrah WM, Bell LH, Worzalla SL, Grissmer D, Morrison FJ. Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. *Child Development*, 2012; 83(4): 1229–1244.

23. Cawsey R.P., Chua R., Carpenter M.G., Sanderson D.J.: To what extent can increasing the magnification of visual feedback of the centre of pressure position change the control of quiet standing balance? *Gait & Posture*, 2009; 29: 280–284.
24. Charpiot A, Tringali S, Ionescu E, Vital-Durand F, Ferber-Viart C. Vestibulo-ocular reflex and Balance Maturation in healthy children aged from six to twelve years. *Audiology and Neurotology*, 2009; 15(40): 203–210.
25. Chen H, Housner L. The relationship among health-related fitness, motor skills performance, and physical activity in middle school students. *Asian Journal of Exercise & Sports Science*, 2013; 10(2): 11-23.
26. Chen G, Chen J, Liu J, Hu Y, Liu Y. Relationship between body mass index and physical fitness of children and adolescents in Xinjiang, China: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 2022;22(1):1680.
27. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 2002; 17: 666–677.
28. Chiari L, Cappello A. Musculoskeletal modeling in the control of posture. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2005; 6.3-4: 271-276.
29. Comeau ME, Bouchard DR, Levesque C, Jonhson MJ, Rioux BV, Mayo A, et al. Association between Functional Movements Skills and Health Indicators in Children Aged between 9 and 12 Years Old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017; 14: 1010.
30. Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiotherapy Research International*. 2014; 19(1): 1-7.
31. Conner BC, Petersen DA, Pigman J, Tracy JB, Johnson CL, Manal K, Miller F, Modlesky CM, Crenshaw JR. The cross-sectional relationships between age, standing static balance, and standing dynamic balance reactions in typically developing children. *Gait&Posture*. 2019; 3: 20-25.
32. Coubard OA, Ferrufino L, Nonaka T, Zelada O, Bril B, Dietrich G. One month of contemporary dance modulates fractal posture in aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2014; 6(17): 1-12.
33. Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, Kenyon GS. The maturation of balance in children. *Journal of Laryngology & Otology*, 2007; 121(5): 449–454.
34. Cvejić D, Pejović T, Ostojić S. Assessment of physical fitness in children and adolescents. *Physical Education and Sport*, 2013; 11(2): 135-145.
35. D'Hondt E, Deforche B, Vaeyens R, Vandorpe B, Vandendriessche J, Pion J, Philippaerts R, De Bourdeaudhuij I, Lenoir M. Gross motor coordination in relation to weight status and age in 5- to 12-year-old boys and girls: A cross-sectional study. *International Journal of Pediatric Obesity*, 2011; 6: 556-564.
36. Davis EE, Pitchford NJ, Limback E. The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4–11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. *British Journal of Psychology*, 2011; 102(3): 569–584.
37. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, Intemann T, Foraita R, Lissner L, Oja L, Barba G, Michels N. Physical fitness reference standards in European children: The IDEFICS study. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2014; 38: 57–66.
38. Deschamps K, Staes F, Peerlinck K, Van Geet K, Hermans C, Lobet S. Postural control of typical developing boys during the transition from double-leg stance to single-leg stance. *European Journal of Pediatrics*., 2017; 176(2): 273–278.
39. Dobosz J. *Kondycja fizyczna dzieci i młodzieży w wieku szkolnym. Siatki centylowe*. AWF Warszawa, 2012.
40. Dos Santos Cardoso de Sa C, Boffino CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 2018; 22(1): 70-76.
41. Duarte M, Freitas SMSF. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2010; 14(3): 183-192.
42. Dusing SC. Postural variability and sensorimotor development in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2016; 58(4): 17–21.
43. Earhart G.M, Henckens J.M, Carlson-Kuhta P, Horak FB. Influence of vision on adaptive postural responses following standing on an incline. *Experimental Brain Research*, 2010; 203: 221–226.
44. Farenc I, Rougier P, Berger L. The influence of gender and body characteristics on upright stance. *Annals of Human Biology*, 2003; 30: 279–294.
45. Fatma A. Examination of some physical fitness and motor skill parameter of pre-adolescents and adolescents. *Journal of Education and Training Studies*. 2018; 6(9):113.

46. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2007; 71(70): 1041–1046.
47. Floyer-Lea A, Matthews PM. Changing brain networks for visuomotor control with increased movement automaticity. *Journal of Neurophysiology*, 2004; 92(4): 2405–2412.
48. Fujinaga H. Static standing balance as a component of motor fitness among the 5-year-old children. *International Journal of Fitness* 2008; 4: 67-74.
49. Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, Danneels L, Coorevits P, Vanderstraeten G, De Clercq D. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10-year-old children. *European Journal of Pediatrics*, 2006; 165(11): 779–786.
- Golema M. Charakterystyka procesu utrzymywania równowagi ciała człowieka w obrazie stabilograficznym. Tom 64 z *Studia i Monografie*. AWF Wrocław, 2002.
50. Golema M. Wielkość przemieszczeń części ciała człowieka utrzymującego równowagę. *Studia i Monografie* z. 148. Politechnika Opolska. Opole, 2003.
51. Goliwaś M, Kamińska E, Flis-Masłowska M, Wernicka M, Lewandowski J. Balance versus postural stability and its disorders in patients after ischemic stroke - theoretical study. *PR* 2017; 17(1): 38-44.
52. Gołąb S, Chrzanowska M. Przewodnik do ćwiczeń z antropologii. AWF Kraków, 2007.
53. Gontarev S, Ruzdija K. The relationship between overweight, obesity and physical fitness among eleven and twelve-year-old Macedonian adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*, 2014; 14(2):178-185.
54. Greve J, Alonso A, Bordini ACPG, Camanho, GL. Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics*, 2007; 62(6): 717-720.
55. Gribble P, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *The Journal of Athletic Training*, 2012; 47(3): 339-357.
56. Grošelj J, Osredkar Damjan, Sember Vedrana, Pajek Maja. Associations between balance and other fundamental motor skills in pre-adolescents. *Medicina Dello Sport; Rivista di Fisiopatologia Dello Sport*. 2019; 72: 200-215.
57. Gurfinkel VS, Lipshits MI, Popov KE. Is the stretch reflex a basic mechanism in the system of regulation of human vertical posture? *Biofizika*, 1974; 19: 744-748.
58. Guzmán-Muñoz E, Valdes Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas YF, Castillo Retamal M. Relationship between anthropometry and balance of postural control in children 6-9 years old. *Nutricion Hospitalaria*, 2019; 36(1): 32-38.
59. Hadders-Algra M.: Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2018; 90: 411–427.
60. Haywood KM., Getchell N. Lifespan motor development (5th ed.). *Human Kinetics*, 2009.
61. Held-Ziółkowska M. Równowaga statyczna i dynamiczna ciała. Część 3. Metody oceny równowagi posturalnej - próby kliniczne na sprawność postawy i chodu. *Magazyn Otorinolaryngologiczny*, 2006; 5(2): 53-57.
62. Horak FB. Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture*. 1997; 6(1): 76-84.
63. Horak FB, Moore SP. The effect of prior leaning on human postural responses. *Gait & Posture*, 1993; 1: 203-210.
64. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, Berrigan F, Doréa J, Marceau P, Marceau S, Tremblay A, Teasdale N. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture*, 2007; 26: 32–38.
65. Hume PA, Stewart AD. Body composition change. In: *Body composition in sport, exercise and health*. Edited by Artur D. Stewart and Laura Sutton. Routledge, 2012; 8: 156.
66. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *Aging And Disease*, 2015; 6.1: 38-47.
67. Ivanenko YP, Grasso R, Lacquaniti F. Effect of gaze on postural responses to neck proprioceptive and vestibular stimulation in humans. *Journal of Physiology*, 1999; 519(1): 301–314.
68. Jaakkola T, Yli-Piipari S, Huhtiniemi M, Salin K, Seppälä S, Hakonen H, et al. Longitudinal associations among cardiorespiratory and muscular fitness, motor competence and objectively measured physical activity. *Journal of Science and Medicine in Sport*; 2019; 22: 1243–8.

69. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2010; 40 (7): 1-16.
70. Jovanović S, Bijelić S, Ljubojević A, Fulurija D, Belić A. Relations of motor ability of balance and success of performance of gymnastic elements on the floor exercise. *Sportlogia*, 2021, 17 (1): 34-43.
71. Juras G. Koordynacyjne uwarunkowania procesu uczenia się utrzymywania równowagi ciała. AWF Katowice, 2003.
72. Kakebeeke TH, Chaouch A, Knaier E, Caflisch J, Rousson V, Largo R.H, Jenni O.G. A quick and qualitative assessment of gross motor development in preschool children. *European Journal of Pediatric*, 2019; 178(4): 565-573.
73. Kasperczyk T. Wady postawy ciała. Diagnostyka i leczenie. AWF Kraków, 2004.
74. Kejonen P. Body movements during postural stabilization. Measurements with a motion analysis system. Academic Dissertation Pieejams. 2002.
75. Kejonen P, Kauranen K, Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body balancing movements in postural balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2003; 84: 17–22.
76. Kiers H, Dieën J, Dekkers H, Wittink H, Vanhees L. A systematic review of the relationship between physical activities in sports or daily life and postural sway in upright stance. *Sports Medicine*, 2013, 43: 1171–1189.
77. Kim H, Duran CA., Cameron CE, Grissmer D. Developmental relations among motor and cognitive processes and mathematics skills. *Child Development*, 2018; 89(2), 476–494.
78. Kirshenbaum N, Riach C.L, Starkes J.L. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental Brain Research*, 2001; 140: 420–431.
79. Knapczyk M. The motor development of the human being. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2001; 3(4): 456-461.
80. Kolic J, O'Brien K, Bowles KA, Williams CM. Understanding the impact of age, gender, height and body mass index on children's balance. *Acta Paediatrica*, 2019; 109(1): 175-182.
81. Kovacikova Z, Zemkova E, Neumannova K, Jelen M, Jelen K, Janura M. The role of lateral preference of lower limbs in a postural stabilization task. *Neuro Endocrinology. Letters*, 2015, 36: 91–95.
82. Król P, Rzepko M, Matłosz P. Równowaga statyczna u młodych ludzi. *Zdrowie i Społeczeństwo*, 2012, 2: 95-103.
83. Kuczyński M, Wieloch M.: Effects of accelerated breathing on postural stability. *Human Movement*, 2008; 9(2): 107–110.
84. Kumar B, Robinson R, Till S. Physical activity and health in adolescence. *Clinical Medicine*, 2015; 15(3): 267-272.
85. Laguna M, Ruiz JR, Gallardo C, García-Pastor T, Lara MT, Aznar S. Obesity and physical activity patterns in children and adolescents. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 2013; 49: 942-949.
86. Latorre-Román PA, Martínez-Redondo M, Párraga-Montilla JA, Lucena-Zurita M, Manjón-Pozas D, González PJC, Robles-Fuentes A, Cardona-Linares AJ, Keating CJ, Salas-Sánchez J. Analysis of dynamic balance in preschool children through the balance beam test: A cross-sectional study providing reference values. *Gait & Posture*. 2021; 83: 294-299.
87. Lee AJY, Lin WH. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*, 2007; 23:173-179.
88. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2015, 45: 557–576.
89. Libardoni TDC, Da Silveira CB, Sinhorim LMB, De Oliveira AS, Dos Santos MJ, Santos G. Reference values and equations reference of balance for children of 8 to 12 years. *Gait&Posture*. 2018; 60: 122–127.
90. Liu C, Cao Y, Zhang Z, Gao R and Qu G. Correlation of fundamental movement skills with health-related fitness elements in children and adolescents: A systematic review. *Frontiers in Public Health*, 2023; 11: 1129258.
91. Ljach W, Witkowski Z. Metrologiczne podstawy kompleksowej kontroli w sporcie. Monografie i opracowania nr 12. WWFiS Biała Podlaska, 2011.
92. Lopes VP, Stodden DF; Bianchi MM, Maia JAR, Rodrigues, LP. Correlation between BMI and motor coordination in children *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2012, 15: 38–43.

93. Łukowicz M, Krakowiak H, Talar A, Ciecchanowska K, Zalewski P, Bożyłow W. Zmienność wskaźników proporcji ciała u dzieci z regionu kujawsko-pomorskiego. *Medical and Biological Sciences*, 2008; 22/1: 55-60.
94. Maciaszek J, Osiński W, Szeklicki R. Age, BMI, psychomotor and functional fitness as determinants of static and dynamic balance in elderly men with osteopenia or osteoporosis. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 2006; 13(1): 25-32.
95. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Wzrost, dojrzewanie i aktywność fizyczna. Champaign, IL: Kinetyka człowieka, 2004.
96. Martino SA, Lamberg EM, McKenna R, Sniffen J. Postural balance, sensation, flexibility and strenght in overweight and healthy weight children: Pilot cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2014; 95(10): e102-e103.
97. Massion J, Alexandrov A, Frolov A. Why and how are posture and movement coordinated? *Progress in Brain Research*, 2004, 143: 13-27.
98. Mazur-Rylska A. balans i symetria obciążeń kończyn dolnych jako cecha rozwojowa dziewczynek i chłopców w młodszym wieku szkolnym, [w:] k. Pujer (red.), *Zdrowie psychofizyczne człowieka. Pielęgnacja. Choroby. Profilaktyka*. Exante, Wrocław, 2017: 13-26.
99. McClelland MM, Cameron CE. Developing together: The role of executive function and motor skills in children's early academic lives. *Early Childhood Research Quarterly*, 2019; 46: 142–151.
100. Merder-Coşkun D, Uzuner A, Keniş-Coşkun Ö, Çelenlioğlu AE, Akman M, Karadağ-Saygı E. Relationship between obesity and musculoskeletal system findings among children and adolescents. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2017;63(3):207-214
101. Mezaour M, Yiou E, Le Bozec S.: Does symmetrical upper limb task involve symmetrical postural adjustments? *Gait & Posture*, 2009; 30: 239–244.
102. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2011; 14(3): 243–248.
103. Migasiewicz J. Wybrane przejawy sprawności motorycznej dziewcząt i chłopców w wieku 7-18 lat na tle ich rozwoju morfologicznego. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, 2006.
104. Mnejja K, Fendri T, Chaari F, Harrabi MA, Sahli S. Reference values of postural balance in preschoolers: Age and gender differences for 4–5 years old Tunisian children. *Gait & Posture*. 2022; 92: 401-406.
105. Mnejja K, Soidán JL, Romo-Perez V, Sahli S. Postural balance under sensory manipulation predicted fine and gross motor skills in children from five to six years of age. *Acta paediatrica*, 2023; 112(7):1524-1529.
106. Moreira J, Lopes MC, Miranda-Júnior MV, Valentini NC, Lage GM, Albuquerque MR. Körperkoordinationstest Für Kinder (KTK) for Brazilian Children and Adolescents: Factor Analysis, Invariance and Factor Score. *Frontiers in Psychology*, 2019, 10: 1-11.
107. Morrison KM, Cairney J, Eisenmann J, Pfeiffer K, Gould D. Associations of Body Mass Index, Motor Performance, and Perceived Athletic Competence with Physical Activity in Normal Weight and Overweight Children. *Journal of Obesity*, 2018; 1: 1-10.
108. Muehlbauer T, Besemer C, Wehrle A, Gollhofer A, Granacher U. Relationship between strength, balance and mobility in children aged 7–10 years. *Gait&Posture* 2013; 37: 108–112.
109. Nasher LM. Practical biomechanics and physiology of balance. W: Jacobson GP, Newman CW, Kartush JM. *Handbook of balance function testing*. Mosby Year Book, St. Louis 1993; 261-279.
110. Nejc S., Jernej R., Loeffler S., Kern H.: Sensitivity of body sway parameters during quiet standing to manipulation of support surface size. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010; 9: 431–438.
111. Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A. Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2005; 47: 449–454.
112. Orendorz-Frażczkowska K, Kubacka M. Rozwój kontroli posturalnej u dzieci zdrowych od 6. Do 17. Roku życia. Część ii ocena kontroli posturalnej w teście badania granic stabilności (los) u dzieci w wieku 6–17 lat. *Otolaryngologia Polska* 2020; 74(4): 18-24.
113. Orlov I.V., Stolbkov Y.K., Shuplyakov V.C.: Effects of artificial feedback to the vestibular input on postural instability induced by asymmetric proprioceptive stimulation. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2008; 38(2), 195–201.
114. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Bergman P, Hagstromer M, Ottevaere C, Nagy E, Konsta O, Rey-Lopez JP, Polito A, Dietrich S, Plada M, Beghin L, Manios Y, Sjostrom M, Castillo MJ. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International Journal of Obesity*, 2008; 32: 49-57.

115. Osiński W. Antropomotoryka. AWF Poznań, 2018.
116. Osmani A, Driton M. Differences in the motoric abilities of students due to the Body Mass Index (BMI). *Sport Mont Journal*, 2014; 12 (40-41-42):89-92.
117. Overlock JA, Yun J. The relationship between balance and fundamental motor skills in children. *Journal of Human Movement Studies*, 2006; 50: 29-46.
118. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal Of Sport Rehabilitation*, 2002; 11.1: 51-66.
119. Paschaleri Z, Arabatzi F, Christou EA. Postural control in adolescent boys and girls before the age of peak height velocity: Effects of task difficulty. *Gait & Posture*, 2022; 92: 461-466.
120. Paszko-Patej G, Terlikowski R, Kułak W, Sienkiewicz D, Okurowska-Zawada B. Czynniki wpływające na proces kształtowania równowagi dziecka oraz możliwości jej obiektywnej oceny. *Neurologia Dziecięca*, 2011; 20(41): 121-127.
121. Paszko-Patej G, Kułak W, Okurowska-Zawada B, Sienkiewicz D, Kawnik K. Efekty biomechaniczne układu równowagi ciała. [w]: Współczesne metody rehabilitacji dzieci i młodzieży. Uniwersytet Medyczny w Białymstoku. Wydział Nauk o Zdrowiu. 2014: 57- 67.
122. Patel M., Fransson P.A., Lush D., Gomez S.: The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. *Gait & Posture*, 2008; 28: 649–656.
123. Peterson ML, Christou E, Rosengren KS Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12 years old. *Gait & Posture*, 2006; 23, 455-463.
124. Pilicz S, Przewęda R, Dobosz J, Nowacka-Dobosz S. Punktacja sprawności fizycznej młodzieży polskiej wg Międzynarodowego Testu Sprawności Fizycznej. Kryteria pomiaru wydolności organizmu testem Coopera, AWF Warszawa, 2005.
125. Popović B, Gušić M, Radanović D, Andrašić S, Madić DM, Maćak D, Trajković N, et al. Evaluation of Gross Motor Coordination and Physical Fitness in Children: Comparison between Soccer and Multisport Activities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(16): 5902.
126. Popowczak M, Rokita A, Cichy I, Chmura P. Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych a wyniki międzynarodowego testu sprawności fizycznej dzieci w wieku 10 lat. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2013; 40: 86-93.
127. Pośpiech D, Juras B, Raczek J. Sprawność motoryczna uczniów w wieku 10-17 lat z wybranych regionów Japonii i Polski. *Antropomotoryka*, 2008, 18(41): 17–27.
128. Prętkiewicz-Abacjew E. Kinematyka chodu a postawa ciała dzieci sześciolletnich. AWF Gdańsk, 2002.
129. Raczek J, Mynarski W, Ljach W. Kształtowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych. AWF Katowice, 2002.
130. Raczek J. Antropomotoryka. AWF Warszawa, 2010.
131. Riach CL, Hayes CL. Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 1987; 29(5): 650-8.
132. Riley M, Baker A, Schmit J, Weaver E. Effects of Visual and Auditory Short-Term Memory Tasks on the Spatiotemporal Dynamics and Variability of Postural Sway. *Journal of motor behavior*, 2005; 37: 311-24.
133. Rival CH, Ceyte H, Olivier I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, 2005; 376: 133–136.
134. Roczniak W, Babuška-Roczniak M, Roczniak A, Roczniak RG. Kryteria oceny rozwoju motorycznego uczniów szkół podstawowych. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2015; 21(2): 138-141.
135. Rogers MW, Hedman LD, Johnson ME, Cain TD, Hanke TA. Lateral stability during forward-induced stepping for dynamic balance recovery in young and older adults. *Journal of Gerontology: Series A*. 2001; 56(9): 589-594.
136. Roncesvalles MN, Schmitz C, Zedka M, Assaiane C, Woollacott M. From egocentric to exocentric spatial orientation: development of posture control in bimanual and trunk inclination task. *Journal of Motor Behavior*, 2005; 37, 404-416.
137. Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Sjörström M, Suni J, Castillo MJ. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 2009; 43(12): 909-923.
138. Rusek W, Adamczyk M, Baran J, Leszczak J, Inglot, G.; Baran, R.; Pop, T. Is There a Link between Balance and Body Mass Composition in Children and Adolescents? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021; 18: 10449.

139. Ružbarská I, Turek M. Kondičné a koordinačné schopnosti v motorike detí predškolského a mladšieho školského veku. Prešov: Fakulta športu Presov; 2007: 142.
140. Schmid M, Conforto S, Lopez L, Renzi P, D'Alessio T. the development of postural strategies in children: a factorial design study. *Journal Of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2005; 2(29): 1–11.
141. Schott N. Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit bei selbstständig lebenden erwachsenen. *Z gerontol geriat*, 2011; 44:417–428
142. Sember V, Grošelj J, Pajek M. Balance Tests in Pre-Adolescent Children: Retest Reliability, Construct Validity, and Relative Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020; 17(15): 5474.
143. Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice*. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
144. Sobera M. Charakterystyka procesu utrzymania równowagi ciała u dzieci w wieku 2–7 lat. *Studia i monografie nr 97. AWF, Wrocław* 2010.
145. Souchard PE. *Auto gym: guía práctica de reeducación postural global*. Instituto de Terapias Globales, 2014.
146. Spiteri T, Franssen J, Scanlan AT, Dalbo VJ, Hart NH. Quantification of agility and postural stability in male basketball athletes. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 2017, 25(6): 65.
147. Steindl R, Kunz K, Schrott–Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2006; 48: 477–482.
148. Stupnicki R, Przewęda R, Milde K. Centylowe siatki sprawności fizycznej polskiej młodzieży EUROFIT. *AWF Warszawa*, 2003.
149. Stupnicki R, Głogowska J. Porównanie trzech sposobów pomiaru długości kończyn dolnych. *Aktywność Fizyczna i Zdrowie*, 2019; 14:1-6.
150. Suchomel A. *Tělesně nezdatné děti školního věku*. Liberec: Technická Univerzita; 2006.
151. Szopa J, Chwała W, Ruchlewicz T. Identification structure and validity of technic of motor abilities. *Antropomotoryka*, 1999; 1(19-20): 5–23.
152. Tchórzewski D. Charakterystyka procesu utrzymywania równowagi ciała u kobiet i mężczyzn w staniu na podłożu niestabilnym w pozycjach jedno- i obunóż w aspekcie asymetrii funkcjonalnej kończyn dolnych oraz budowy somatycznej. *Monografie nr 14. AWF Kraków*, 2013.
153. Tchórzewski D, Szczygieł A. Wzajemne relacje pomiędzy równowagą dynamiczną a wynikami slalomu giganta wśród adeptów narciarstwa zjazdowego. *Antropomotoryka*, 2008; 43: 67-75.
154. Teasdale N, Hue O, Marcotte J. Zmniejszenie masy ciała zwiększa stabilność postawy u mężczyzn otyłych i chorobliwie otyłych. *International Journal of Obesity*, 2007;31:153–160.
155. Tsujishita S, Jono Y, Tsujishita M. The relationship between body sway patterns and motor and attentional functions in early childhood. *Journal of Physical Therapy Science*. 2023;35(2):121-127.
156. Turoń-Skrzypińska A, Uździcki A, Przybylski T, Szylińska A, Marchelek-Myśliwiec M, Rył A, Rotter I. Assessment of selected anthropometric parameters influence on balance parameters in children. *Medicina*, 2020; 56: 176.
157. Ueno DT, Sebastiao E, Corazza DI, Gobbi S. Methods for assessing physical activity: a systematic review focused on older adults. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Human*. 2013; 15(2): 256-265.
158. Ukachukwu OA, Wisdom OU. Selected anthropometrics, spinal posture, and trunk muscle endurance correlated factors of static balance among adolescent and young adult males. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2016; 1(62): 9-15.
159. Usui N, Maekawa K, Hirasawa Y. Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 1995; 37(11): 985-96.
160. Verbecue E, da Costa PH, Meyns P, Desloovere K, Vereeck L, Halleman A. Age-related changes in postural sway in preschoolers. *Gait&Posture*, 2016; 44: 116–122.
161. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clinical Neurophysiology*. 2008; 119 (11): 2424-36.
162. Vlutters M, Boonstra T.A, Schouten A.C, van der Kooij H. Direct measurement of the intrinsic ankle stiffness during standing. *Journal of Biomechanics*, 2015; 48(7): 1258–1263.
163. Voss S, Zampieri C, Biskis A, Armijo N, Purcell N, Ouyang B, Liu T, Berry-Kravis E, O'Keefe JA. Normative database of postural sway measures using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait & Posture*. 2021; 90: 112-119.

164. Wareńczak-Wysocka A. Ocena równowagi w świetle badań klinicznych i posturograficznych u pacjentów po endoprotezoplastyce stawu biodrowego. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Medyczny Im. Karola Marcinkowskiego. Poznań, 2016.
165. Waśkiewicz Z. Wpływ wysiłków anaerobowych na wybrane aspekty koordynacji motorycznej. Wydaw. AWF Katowice, 2002.
166. Watanabe K. The postural disturbance and it's control: the development of postural controllability with age from 4 to 12 years and adults. Tokyo University, 1979.
167. Wilczyński J, Ślężyński J. Postural reactions of girls and boys aged 12-15 years evaluated using the Romberg test. *Medical Studies* 2016; 32 (2): 109-115
168. Wilczyński J, Cieślik M, Maszczyk A, Zwierzchowska A. The importance of posture and body composition for the stability and selected motor abilities of professional handball players. *Journal of Human Kinetics*, 2022, 82: 264-273.
169. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 1995; 3: 193–214.
170. Winter DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken. New Jersey, 2009.
171. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Medical Progress Through Technology*, 1990; 16: 31–51.
172. Winter DA, Patla AE, Rietdyk Sh, Ishac MG. Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 2001; 85: 2630–2633.
173. Wojciechowska-Maszkowska B. Stabilność postawy ciała osób w różnym wieku. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Praca doktorska, Wrocław 2007.
174. Ying-Shuo H, Chen-Chieh K, Yi-Ho Y. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2009; 73(5): 737-740,
175. Zagrobelny Z, Woźniewski M. *Biomechanika Kliniczna. Część ogólna*. AWF Wrocław, 2007.

Netografia

1. Asai Y, Tasaka Y, Nomura K, Nomura T, Casadio M, Morasso P. Correction: A Model of Postural Control in Quiet Standing: Robust Compensation of Delay- -Induced Instability Using Intermittent Activation of Feedback Control, *PLOS ONE*, 2009; 4(7): e6169. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006169>
2. den Uil AR, Janssen M, Busch V, Kat IT, Scholte RHJ. The relationships between children's motor competence, physical activity, perceived motor competence, physical fitness and weight status in relation to age. *PLoS ONE*, 2023;18(4): e0278438. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278438>.
3. Mignardot JB, Olivier I, Promayon E, Nougier V. Obesity impact on the attentional cost for controlling posture. *PLOS ONE*, 2010; 5(12): e14387. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014387>
4. Sakanaka T.E, Lakie M, Reynolds R.F. Individual differences in intrinsic ankle stiffness and their relationship to body sway and ankle torque. *PLOS ONE*, 2021; 16(1): e0244993.
5. Schedler S, Kiss R, Muehlbauer T. Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age: A systematic review and meta-analysis. *PLOS One* 2019; 14(4): e0214434. doi: 10.1371/journal.pone.0214434.
6. Sundip Hemant C. Effect of foot morphology and anthropometry on bipedal postural balance. *Intech open*, 2020. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92149>.

STRESZCZENIE

Wprowadzenie

Stabilność posturalna jest wypadkową czynników morfologicznych, neurofizjologicznych i środowiskowych, dlatego też poszukuje się jej relacji z konkretną czynnością lub umiejętnością ruchową w określonym środowisku. Pomimo wielu publikacji na temat zdolności utrzymania równowagi nie określono co najbardziej determinuje jej rozwój. Nadal trudno jest jednoznacznie wskazać co oprócz wieku, płci, stopnia integracji sensorycznej i budowy somatycznej determinuje rozwój stabilności posturalnej.

Badania nad stabilnością posturalną i jej związkiem ze zdolnościami motorycznymi u dzieci są coraz powszechniejsze. Często obejmują odmienny zasób testów sprawnościowych i równoważnych oraz przeprowadzane są w różnych grupach wiekowych. Związek stabilności posturalnej z próbami zdolności motorycznych u dzieci nie został jasno określony, a wyniki badań znacząco różnią się w zależności od wykorzystanych metod oceny równowagi. Określenie przy tym wpływu budowy somatycznej, a w szczególności proporcji wagowo-wzrostowych oraz względnej długości kończyn dolnych, w relacjach stabilności posturalnej ze zdolnościami motorycznymi może być nowym kierunkiem poszukiwań determinantów stabilności posturalnej.

Zrozumienie czynników wpływających na stabilność posturalną i zdolności motoryczne może być istotne dla opracowania skutecznych strategii zapobiegania i leczenia zaburzeń równowagi oraz poprawy zdolności motorycznych u dzieci w różnym wieku.

Cel pracy

Celem pracy jest określenie u dzieci w wieku 7-10 lat relacji pomiędzy poziomem stabilności posturalnej a wybranymi zdolnościami motorycznymi z uwzględnieniem ich budowy somatycznej. Dla jego doprecyzowania postawiono następujące pytania badawcze: (1) w jakim stopniu poziom stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych jest powiązany z wynikami prób motorycznych badanych dzieci oraz jak te relacje zmieniają się w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego? (2) czy i w jakim stopniu budowa somatyczna badanych wpływa na relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych? (3) czy relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych są zbliżone u obu płci?

Material i metody

Badaniami objęto 1230 uczniów zakopiańskich szkół podstawowych (579 dziewcząt i 651 chłopców) w wieku 7–10 lat.

Pomiar równowagi statycznej wykonano na platformie stabilograficznej CQ Electronic. Badany w stanie swobodnym utrzymywał nieruchomą pozycję przez 30 sekund, kierując wzrok na punkt fiksacyjny. Rejestrowano: długość ścieżki COP (SP [mm]), średni zakres COP (MA [mm]), średnią prędkość przemieszczania COP (MV [mm/s]) oraz pole powierzchni określane przez COP (SA [mm²]). Równowagę dynamiczną określono przy wykorzystaniu platformy balansowej Libra. Zadaniem badanego było wykonanie próby równoważnej polegającej na takim sterowaniu naciskiem stóp na platformę, aby kreślona przez niego na ekranie linia (sinusoidea), pokrywała się z wzorcową. Próba trwała jedną minutę i była wykonana tylko w płaszczyźnie czołowej. Rejestrowano: indeks stabilności (IS) i powierzchnię całkowitą (PC).

Do określenia poziomu wybranych zdolności motorycznych wykorzystano próby z baterii testów Eurofit i Międzynarodowego oraz bieg po kopercie. Odpowiadały one pomiarom: wytrzymałości (wytrzymałościowy bieg wahadłowy, skłony w przód z leżenia tyłem), szybkości (skok w dal z miejsca, bieg zwinnosciowy (4x10m), bieg po kopercie) oraz gibkości (skłon tułowia w przód). Przeprowadzono je zgodnie z instrukcją autorów.

W celu określenia wpływu budowy somatycznej na relacje poziomu stabilności i sprawności motorycznej wyznaczono wskaźnik masy ciała (BMI) oraz długości kończyn dolnych (Manouvier'a), a następnie w oparciu o ich wartości całość badanych chłopców, jak i dziewcząt podzielono na trzy podgrupy (grupa 1 $\bar{x} - 0,5 SD$, 2 $\bar{x} \pm 0,5 SD$, a 3 powyżej $\bar{x} + 0,5 SD$).

Wyniki

Relacje pomiędzy stabilnością posturalną w warunkach statycznych a zdolnościami motorycznymi w małym stopniu wyjaśniają próby szybkościowe. Najsilniejsze korelacje odnotowano z MV a skokiem w dal z miejsca (♀ 0,05), biegiem zwinnosciowym (♂ 0,05; ♀ 0,1) i po kopercie (♂ 0,1; ♀ 0,8). W warunkach dynamicznych próby równoważne w umiarkowanym stopniu są powiązane z próbami zdolności szybkościowych, jak i wytrzymałościowych (bieg wahadłowy, siady z leżenia) u obu płci. Najwyższe korelacje odnotowano pomiędzy IS, PC a skokiem w dal z miejsca (♂ 0,10; ♀ 0,12), biegiem po kopercie (♂ 0,16; ♀ 0,24) oraz z siadami z leżenia (♂ 0,12; ♀ 0,10). Nie wykazano tendencji lub trendu zmian siły korelacji cząstkowych wraz z wiekiem badanych. Stwierdzono zmniejszanie się zakresu rozrzutu wyników wokół prostej regresji wraz z przyrostem metrykalnym dzieci.

Budowa somatyczna badanych wyrażona wskaźnikiem BMI i Manouvrier'a wpływa na relacje pomiędzy próbami równoważnymi i motorycznymi. W warunkach statycznych w grupach BMI najsilniejsze relacje odnotowano z wynikami biegu wytrzymałościowego (♂BMI 3, ♀ BMI 1) oraz próbami szybkości lokomocyjnej (♂BMI 2; ♀ BMI 1). W warunkach dynamicznych silniejsze powiązania grup BMI 3 i BMI 1 wykazano z wynikami prób wytrzymałościowych u chłopców i szybkościowych u dziewcząt.

W grupach wskaźnika Manouvrier'a silniejsze relacje wyników stabilności posturalnej w warunkach statycznych stwierdzono ze zdolnościami szybkościowymi, głównie z szybkością lokomocyjną (♂WM 3, ♀ WM 1). W warunkach dynamicznych silniejsze relacje równowagi z próbami wytrzymałościowymi wystąpiły u chłopców (WM 1), a z szybkościowymi u dziewcząt (WM 3). Nie stwierdzono występowania istotnych relacji pomiędzy równowagą a pomiarem gibkości.

Wyniki prób zdolności motorycznych w niewielkim stopniu wyjaśniają poziom równowagi w warunkach statycznych (♀5,05 — 13,51%; ♂2,79 — 9,98%). Chłopcy wyróżniali się wyższym poziomem dopasowania modeli w warunkach dynamicznych (19,89 — 20,01%), w porównaniu do dziewcząt (11,73 — 11,74%). Zmiennymi o największym wpływie na stopień wyjaśnienia modeli stabilności posturalnej chłopców były bieg po kopercie, zwinnościowy i wytrzymałościowy oraz siady z leżenia, a u dziewcząt — bieg po kopercie, siady z leżenia, skok w dal i gibkość.

Wnioski

1. Pomimo istotnej, proporcjonalnej poprawy wartości wszystkich analizowanych zmiennych, relacje miar stabilności posturalnej z wynikami prób wybranych zdolności motorycznych nie wskazują na istnienie wyraźnego związku pomiędzy nimi. Nie można też wykazać tendencji lub trendu zmian siły korelacji cząstkowych wraz z wiekiem badanych. W warunkach statycznych istotny wpływ na poziom stabilności mają wyniki prób zdolności szybkościowych, w dynamicznych — dla których siła relacji pomiędzy zmiennymi była większa — zdolności wytrzymałościowych oraz szybkościowych.
2. Budowa ciała istotnie wpływa na relacje pomiędzy wynikami prób równoważnych i motorycznych. Grupy utworzone w oparciu o wartości wskaźników BMI i Manouvrier'a w różnym stopniu kształtowały wzajemne interakcje analizowanych zmiennych. W stanie swobodnym miały niewielki wpływ na relacje stabilności z wytrzymałością, ale istotny z szybkością. W grupach BMI, ich siła zmniejszała się wraz z przyrostem wartości

wskaźnika, a Manouvier'a — u chłopców rosła wraz z relatywnym wydłużaniem się ich kończyn dolnych, u dziewcząt odwrotnie. W warunkach dynamicznych relacje pomiędzy zmiennymi były silniejsze a zróżnicowanie w obrębie grup wskaźników mniejsze. Wyższe wartości współczynników korelacji odnotowano z szybkością, ale i z wytrzymałością kształtowały się na poziomie małym, do umiarkowanego.

3. Korzystniejszymi wartościami miar stabilności we wszystkich grupach wiekowych charakteryzowały się dziewczęta. Obie płcie różniły się też co do siły i zakresu interakcji pomiędzy grupami analizowanych zmiennych, tak w ujęciu całego rocznika, jak i w podziale według wartości wskaźników budowy ciała. W warunkach statycznych większą liczbę istotnych korelacji cząstkowych stwierdzono u dziewcząt, natomiast w dynamicznych u chłopców. W stanie swobodnym zakres wyjaśnianej zmienności wspólnej jest u obu płci zbliżony, podczas balansowania u chłopców jest dwa razy większy niż u dziewcząt.
4. Wyniki miar stabilności posturalnej i prób motorycznych 1230 dzieci w wieku 7-10 lat stanowią cenną bazę danych referencyjnych, możliwą do wykorzystania w wielu przyszłych opracowaniach. Przeprowadzone w pracy analizy korelacyjne, uwzględniające budowę somatyczną badanych, mogą być wykorzystane do opracowania przez nauczycieli wf, trenerów czy klinicystów programów określających stopień integracji sensorycznej u ich podopiecznych, co przyczyni się do ukierunkowanego kształtowania zdolności motorycznych i ułatwi ewentualne leczenie jej zaburzeń.

SUMMARY

Introduction

Postural stability is the result of morphological, neurophysiological and environmental factors, therefore its relationship with a specific activity or motor skill in a specific environment is sought. Despite many publications on the ability to maintain balance, it has not been determined what determines mostly its development. It is still difficult to clearly indicate what, apart from age, gender, the degree of sensory integration and somatic structure, determines the development of postural stability.

Research on postural stability and its relationship with motor skills among children is becoming more and more common. They often include a different set of fitness and equivalent tests and are carried out in different age groups. The relationship between postural stability and motor skills tests among children has not been clearly established, and research results vary significantly depending on the balance assessment methods used. Determining the influence of somatic structure, in particular weight-height proportions and the relative length of lower limbs, in relation with postural stability and motor skills may be a new direction in the search for determinants of postural stability.

Understanding the factors that influence postural stability and motor skills may be important for developing effective strategies to prevent and treat balance disorders and improve motor skills for children of all ages.

Aim of study

The aim of the study is to determine the relationship between the level of postural stability and selected motor skills among children between the age of 7 and 10, considering their somatic structure. The following research questions were formulated to clarify the above: (1) To what extent the level of stability in static and dynamic conditions is related to the results of motor tests of the examined children, and how this relationship changes for different age groups? (2) Does the somatic structure of the subjects affect the relationship between the results of balance and motor tests, and to what extent? (3) Is the correlation between the results of balance and motor tests similar for both genders?

Material and methods

The research covered 1,230 students in primary schools in Zakopane (579 girls and 651 boys) aged 7–10. Static balance was measured on the CQ Electronic stabilograph platform. The subject stood freely and held a still position for 30 seconds, directing his gaze to the fixation point. The following were recorded: the length of the COP path (SP [mm]), the average COP range (MA [mm]), the average speed of COP movement (MV [mm/s]) and the surface area covered by the COP (SA [mm²]). Dynamic balance was determined using the Libra balance platform. The subject's task was to perform an equivalent test, which involved controlling the feet pressure on the platform in such a way that the line drawn by him on the screen (sine wave) correlated with the reference line. The test lasted one minute and was performed only in the frontal plane. Stability index (IS) and total surface area (PC) were recorded.

To determine the level of selected motor skills, tests from the Eurofit and International test batteries as well as running around the envelope were used. They corresponded to the following measurements: endurance (endurance shuttle run, forward bends from lying on your back), speed (standing long jump, agility run (4x10m), envelope-shaped run) and flexibility (front bend of the torso). They were performed according to the authors' instructions.

In order to determine the impact of the somatic structure on the relationship between the level of stability and motor performance, the body mass index (BMI) and the length of the lower limbs (Manouvier) were determined, and then, based on their values, all the studied boys and girls were divided into three subgroups (group 1 $\bar{x} - 0.5$ SD, 2 $\bar{x} \pm 0.5$ SD, and 3 above $\bar{x} + 0.5$ SD).

Results

Based on the speed tests' results, there is small correlation between postural stability in static conditions and motor skills. The strongest correlations were noted with MV and standing long jump (♀ 0.05), agility running (♂ 0.05; ♀ 0.1) and envelope-shaped run (♂ 0.1; ♀ 0.8). In moderately dynamic conditions, with both speed and endurance tests (shuttle running, lying down sit-ups) in both sexes. In dynamic conditions, when testing speed and endurance (shuttle running, sit-ups), the correlation was moderate. The highest correlations were noted between IS, PC and standing long jump (♂ 0.10; ♀ 0.12), running around envelope (♂ 0.15; ♀ 0.23) and lying down sit-ups (♂ 0.12; ♀ 0.10). There was no tendency or trend indicating changes in the strength of partial correlations with age of the respondents. The age of respondents had no effect

on changes in the strength of partial correlations. It was found that the range of dispersion of results, around the regression line, decreased with the children's chronological growth.

The somatic structure of the subjects, expressed by the BMI and Manouvrier index, influences the relationship between balance and motor tests. In static conditions, in the BMI groups, the strongest relationships were noted in the results of endurance running (♂BMI3, ♀ BMI 1) and locomotion speed tests (♂BMI 2; ♀ BMI 1). In dynamic conditions, stronger associations between the BMI 3 and BMI 1 groups were demonstrated in the results of endurance tests for boys and speed tests for girls.

Postural stability results are stronger in the Manouvrier index groups in static conditions it was found with speed abilities, mainly locomotion speed (♂WM 3, ♀WM 1). In the Manouvrier index groups it was found that, in static conditions, along with speed abilities, mainly locomotion speed (♂WM 3, ♀WM 1), postural stability results are stronger. In dynamic conditions, stronger relationships between balance and endurance tests were observed in boys' group (WM 1) and with speed tests in girls' group (WM 3). There were no significant relationships between balance and the measurement of flexibility.

The results of motor skills tests to a small extent explain the level of balance in static conditions (♀5.05 - 13.51%; ♂2.79 - 9.98%). Boys had a higher level of model fit in dynamic conditions (19.89 - 20.01%), compared to girls (11.73 - 11.74%). The variables with the greatest impact on the degree of clarification of the boys' postural stability models were envelope-shaped run, agility and endurance, and lying down sit-ups. For girls these were envelope-shaped run, lying down sit-ups, long jump and flexibility.

Conclusions

1. Despite the significant, proportional improvement in the values of all analyzed variables, the relationships of postural stability measures with the results of motor skills do not indicate the existence of a clear relationship between them. It is also impossible to demonstrate a tendency or trend in changes in the strength of partial correlations with the age of the respondents. In static conditions, the results of speed ability tests have a significant impact on the level of stability, and in dynamic conditions - for which where the strength of the relationship between the variables was greater - the results of endurance and speed abilities tests.

2. Body structure significantly influences the relationship correlation between the results of balance and motor tests. Groups created based on the values of BMI and Manouvier indices shaped the mutual interactions of the analyzed variables to varying degrees at different levels. In free standing, they had a small effect on the relationship between stability and endurance, but a significant effect on speed. In BMI groups, their strength decreased with the increase in the index value, and Manouvier's strength - in for boys it increased with the relative lengthening of their lower limbs, and in for girls - the opposite. In dynamic conditions, the relationships between variables were stronger and the differences within the groups of indicators were smaller. Higher values of correlation coefficients were recorded with speed, and but also with endurance - they were at a low to moderate level.
3. Girls had more favorable values of stability measures in all age groups. Both sexes also differed in the strength and scope of interactions between the groups of analyzed variables, both in terms of the entire age group and divided as well as by the values of body composition indicators. In static conditions, the greater number of significant partial correlations were found in girls' group, while in dynamic conditions - in boys' group. In free standing, the range of explained common variability is similar in for both sexes, while in balancing in for boys it is twice as large higher than for as in girls.
4. The results of postural stability measures and motor tests of 1,230 children aged 7-10 years constitute a valuable reference database that can be used in many future studies. Taking into account the somatic structure of the subjects. The correlational analyzes comparative analysis carried out in this study, taking into account the somatic structure of the subjects, can be used by PE teachers, trainers and clinicians to develop programs determining the degree of sensory integration in their students, which this could also will contribute to the targeted development of motor skills and facilitate the possible treatment of motor skills disorders.

SPIS TABEL I RYCIN

SPIS TABEL

Tab. 1	Podstawowa charakterystyka statystyczna badanej grupy.	16
Tab. 2	Interpretacja siły związku pomiędzy zmiennymi na podstawie wartości współczynnika korelacji Pearsona.	21
Tab. 3	Wyniki prób zdolności zachowania równowagi i motorycznych w kolejnych przedziałach wielu kalendarzowego badanych chłopców (7-10 lat) wraz z wykazaniem istotności ich różnic z przyrostem metrykalnym.	23
Tab. 4	Wyniki prób zdolności zachowania równowagi i motorycznych w kolejnych przedziałach wielu kalendarzowego badanych dziewcząt (7-10 lat) wraz z wykazaniem istotności ich różnic z przyrostem metrykalnym.	25
Tab. 5	Kryteria podziału badanych dzieci na grupy w zależności od wartości ich wskaźnika BMI.	65
Tab. 6	Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach BMI badanych chłopców.	65
Tab. 7	Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach BMI badanych dziewcząt.	67
Tab. 8	Kryteria podziału badanych dzieci na grupy w zależności od wartości ich wskaźnika Manouvier'a.	70
Tab. 9	Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach wskaźnika Manouvier'a badanych chłopców.	70
Tab. 10	Macierze korelacji miar stabilności posturalnej i wyników prób motorycznych w poszczególnych grupach wskaźnika Manouvier'a badanych dziewcząt.	72
Tab. 11.	Zestawienie modeli regresji wielorakiej metodą krokową w tył związków pomiędzy miarami stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych a wynikami wybranych prób motorycznych dla chłopców w wieku 7-10 lat.	74
Tab. 12	Zestawienie modeli regresji wielorakiej metodą krokową w tył związków pomiędzy miarami stabilności w warunkach statycznych i dynamicznych a wynikami wybranych prób motorycznych dla dziewcząt w wieku 7-10 lat.	75

SPIS RYCIN

Ryc. 1	Stabilograficzna platforma dwupłytkowa firmy CQ Elektronik.	17
Ryc. 2	Przykładowy zapis próby na stabilograficznej platformie dwupłytkowej firmy CQ Elektronik:	18
Ryc. 3	Przykładowy zapis badania stabilności posturalnej na platformie balansowej Libra.	18
Ryc. 4	Przykładowa graficzna interpretacja parametrów stabilności posturalnej uzyskanych na platformie balansowej Libra.	19
Ryc. 5.	Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	28
Ryc. 6	Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	29
Ryc. 7	Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	30

Ryc. 8 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	31
Ryc. 9 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	32
Ryc. 10 Wykres rozrzutu relacji długości ścieżki COP (SP) i wyników gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	33
Ryc. 11 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	34
Ryc. 12 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników siadów leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	35
Ryc. 13 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników skoku dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	36
Ryc. 14 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	37
Ryc. 15 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	38
Ryc. 16 Wykres rozrzutu relacji zakresu przemieszczeń COP (MA) i wyników gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	39
Ryc. 17 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	40
Ryc. 18 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	41
Ryc. 19 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	42
Ryc. 20 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	43
Ryc. 21 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	44
Ryc. 22 Wykres rozrzutu relacji prędkości przemieszczeń COP (MV) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	45
Ryc. 23 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	46
Ryc. 24 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	47
Ryc. 25 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	48

Ryc. 26 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i wyników biegu zwinnościowego wraz z linią i równaniem regresji, uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	49
Ryc. 27 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	50
Ryc. 28 Wykres rozrzutu relacji pola powierzchni zakreślanego przez COP (SA) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	51
Ryc. 29 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	52
Ryc. 30 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	53
Ryc. 31 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników skoku w dła z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	54
Ryc. 32 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników zwinnościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	55
Ryc. 33 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	56
Ryc. 34 Wykres rozrzutu relacji indeksu stabilności (IS) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	57
Ryc. 35 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników wytrzymałościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	58
Ryc. 36 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników siadów z leżenia wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	59
Ryc. 37 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników skoku w dal z miejsca wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	60
Ryc. 38 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników zwinnościowego biegu wahadłowego wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	61
Ryc. 39 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i wyników biegu po kopercie wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	62
Ryc. 40 Wykres rozrzutu relacji powierzchni całkowitej (PC) i poziomu gibkości wraz z linią i równaniem regresji, z uwzględnieniem wieku badanych dzieci.	63

ANEKS

Tab. 1 Macierz korelacji długości ścieżki przemieszczeń COP (SP) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

SP	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,12	0,07	-0,02	0,05	0,11	-0,01
	8	0,15	0,07	0,10	0,00	-0,04	-0,08
	9	0,14	0,04	0,20	-0,06	-0,10	0,20
	10	0,25	0,01	0,09	-0,03	-0,04	0,23

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 2 Macierz korelacji długości ścieżki przemieszczeń COP (SP) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

SP	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	0,01	0,03	0,01	0,13	0,04	-0,05
	8	0,19	0,15	0,20	-0,01	-0,14	-0,02
	9	0,02	0,10	-0,07	0,03	0,07	0,04
	10	0,31	0,28	0,03	-0,01	-0,07	0,00

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 3 Macierz korelacji długości zakresu przemieszczeń COP (MA) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

MA	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,11	-0,04
	8	-0,02	-0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,19
	9	0,03	0,03	0,07	0,04	-0,05	0,19
	10	-0,09	-0,11	-0,15	0,08	0,14	0,00

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 4 Macierz korelacji długości zakresu przemieszczeń COP (MA) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

MA	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	0,01	-0,01	-0,01	0,09	0,10	-0,02
	8	0,03	0,11	0,12	-0,05	-0,09	0,01
	9	-0,17	-0,08	-0,22	0,20	0,20	-0,10
	10	0,03	0,09	0,06	-0,06	-0,03	-0,02

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 5 Macierz korelacji długości prędkości przemieszczeń COP (MA) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

MV	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,11	0,06	-0,06	0,10	0,26	-0,12
	8	0,16	0,07	0,10	0,00	-0,04	-0,08
	9	0,14	0,04	0,20	-0,06	-0,10	0,20
	10	0,25	0,01	0,09	-0,03	-0,04	0,23

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 6 Macierz korelacji długości prędkości przemieszczeń COP (MA z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

MV	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	0,01	0,03	0,01	0,12	0,04	-0,05
	8	0,19	0,15	0,20	-0,01	-0,14	-0,02
	9	0,02	0,10	-0,07	0,02	0,07	0,04
	10	0,31	0,28	0,03	-0,01	-0,08	0,00

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 7 Macierz korelacji pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

SA	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,02	0,10	0,04	0,03	0,17	-0,12
	8	0,08	0,02	0,05	0,02	-0,02	-0,15
	9	-0,02	0,01	0,13	-0,05	-0,08	0,21
	10	0,02	-0,10	-0,10	0,05	0,09	0,08

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 8 Macierz korelacji pola powierzchni przemieszczeń COP (SA) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

SA	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,06	0,04	0,00	0,06	0,08	0,06
	8	0,09	0,17	0,17	-0,06	-0,12	0,00
	9	-0,11	-0,18	-0,13	0,07	0,19	0,04
	10	0,19	0,20	0,06	-0,06	-0,04	0,00

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab. 9 Macierz korelacji indeksu stabilności (IS) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

IS	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,16	-0,13	-0,08	0,11	0,17	0,02
	8	-0,20	-0,15	-0,11	-0,02	0,15	-0,13
	9	-0,35	-0,36	-0,16	0,13	0,22	-0,06
	10	-0,13	-0,13	-0,14	0,13	0,18	-0,10

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab.10 Macierz korelacji indeksu stabilności (IS) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

IS	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,08	-0,10	-0,12	0,18	0,29	-0,15
	8	-0,09	-0,18	-0,01	0,08	0,10	-0,03
	9	-0,18	-0,23	-0,24	0,24	0,29	-0,21
	10	-0,21	-0,16	-0,26	0,35	0,38	-0,04

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab.11 Macierz korelacji powierzchni całkowite (PC) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych chłopców w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

PC	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,16	-0,13	-0,08	0,10	0,16	0,03
	8	-0,20	-0,15	-0,11	-0,02	0,15	-0,13
	9	-0,34	-0,35	-0,16	0,13	0,21	-0,05
	10	-0,14	-0,14	-0,14	0,14	0,18	-0,11

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

Tab.12 Macierz korelacji powierzchni całkowite (PC) z wynikami wybranych prób zdolności motorycznych dziewcząt w poszczególnych przedziałach wieku kalendarzowego (7-10lat).

PC	wiek	bieg wahadłowy	siady z leżenia	skok w dal	bieg zwinność	bieg po kopercie	gibkość
	7	-0,08	-0,10	-0,11	0,17	0,28	-0,15
	8	-0,09	-0,18	-0,02	0,09	0,10	-0,03
	9	-0,19	-0,23	-0,24	0,24	0,28	-0,21
	10	-0,21	-0,17	-0,27	0,35	0,39	-0,05

Wytłuszczonym drukiem zaznaczono współczynniki istotne statystycznie $p < 0,05$.

OPIS PRÓB ZDOLNOŚCI MOTORYCZNYCH

1. Wytrzymałościowy bieg wahadłowy

a) *wykonanie*: test przeprowadza się na sali gimnastycznej, na której można wyznaczyć 20 m odcinek trasy biegu. Próba rozpoczyna się krokiem marszowym, a kończy szybkim biegiem, w trakcie którego badani zmieniając kierunek poruszają się między dwoma odległymi od siebie o 20 m liniami, zgodnie z szybkością dyktowaną przez nadawany sygnał dźwiękowy, który emitowany jest z narastającą częstotliwością wraz z czasem wykonywania próby.

b) *pomiar*: wynikiem próby jest numer etapu, na którym dana osoba nie jest w stanie dostosować się do zadanego rytmu lub przerywa bieg. Jeżeli badana osoba w momencie emisji sygnału dwukrotnie z rzędu znajduje się ponad dwa metry przed wyznaczoną linią zmiany kierunku, to jej próbę należy uznać za zakończoną, a ją samą poprosić o przerwanie biegu i zejście z trasy, odnotowując jako wynik ostatni słowny komunikat dla danego etapu. Poszczególne etapy biegu trwają minutę, stąd też wynik testu „10” informuje nas, że dana osoba biegła 10 min. Dla większej precyzji pomiaru odcinki czasowe powyżej etapu 10 podzielono na połówki i ćwiartki. Przykładowo osoba, która uzyskała wynik 10,25 biegła 10 min i 15 sek.

c) *uwagi*: poszczególne etapy biegu wahadłowego są tak skonstruowane, że tempo w nich narasta o stałą wartość. Bieg rozpoczyna się marszem w zakresie pracy tlenowej i trwa do odmowy, a więc do momentu, w którym organizm nie radzi już sobie ze wzrastającym zakwaszeniem w obszarze przemian tlenowo – beztlenowych lub u najlepszych beztlenowych. Test ten w swojej konstrukcji przypomina klasyczne metody laboratoryjne służące do określania maksymalnego pułapu tlenowego (VO_{2max}). Niewątpliwą zaletą biegu wahadłowego są jego standardowe warunki rozgrywania, co zwiększa jego rzetelność w przypadku zastosowań cyklicznych. Nie jest w nim potrzebna również strategia rozgrywania biegu, bowiem badany pokonuje dystans nie w tempie własnym, a w zadanym.

2. Skłony w przód z leżenia tyłem

a) *wykonanie*: badany leży na macie z rozstawionymi na szerokość 30 cm stopami i kolanami ugiętymi pod kątem prostym. Ręce ma splecione na karku. Testowanemu pomaga partner, który przytrzymuje stopy tak, aby nie odrywały się one od podłoża. Na komendę „start” badany wykonuje skłony w przód dotykając łokciami kolan następnie wraca do pozycji wyjściowej. Ćwiczenie trwa 30 sekund.

b) *pomiar*: notowana jest liczba wykonanych skłonów w ciągu 30 sekund.

c) *uwagi*: po każdym skłonie musi zaistnieć kontakt pleców z podłożem. Jeżeli on nie wystąpi, dany skłon nie może być zaliczony do wyniku próby.

3. Skok w dal z miejsca

a) *wykonanie*: badany staje za wyznaczoną linią, po czym z jednoczesnego odbicia obunóż wykonuje skok w dal na odległość.

b) *pomiar*: skok mierzony w cm, wykonuje się go dwukrotnie. Liczy się wynik skoku lepszego. Długość skoku zawarta jest pomiędzy linią skoku a ostatnim śladem pięt.

c) *uwagi*: skok z upadkiem w tył na plecy jest nieważny i należy go powtórzyć.

4. Bieg zwinnosciowy (4x10m)

a) *wykonanie*: na komendę „na miejsca” badany staje na linii startu. Na komendę „start” biegnie do drugiej linii (odległość 10 m), podnosi z linii klocek, po czym wraca na linię startu, gdzie kładzie klocek (klocek nie może być rzucony). Następnie biegnie po drugi klocek i wracając kładzie go ponownie na linii.

b) *pomiar*: próbę wykonuje się dwukrotnie. Liczy się lepszy czas, mierzony z dokładnością do 1/10 s. Próba zostaje zakończona z chwilą, gdy drugi klocek znajduje się na linii.

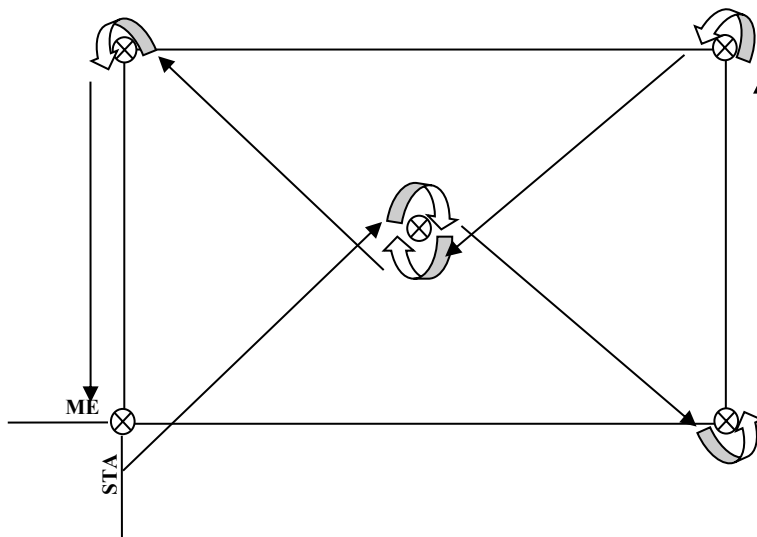
c) *uwagi*: klocki ustawione są równo obok siebie na linii równoległej do linii startu, upuszczenie klocka przez badanego nie zatrzymuje próby.

5. Bieg po kopercie

a) *wykonanie*: na komendę „na miejsca” badany staje na linii startu. Na komendę „start” biegnie pomiędzy stojakami po wyznaczonej trasie „kopercie”.

b) *pomiar*: próbę wykonuje się jednokrotnie. Wynikiem próby jest czas trzykrotnego obiegnięcia wyznaczonego toru, mierzony z dokładnością do 1/10 s. Próba zostaje zakończona z chwilą przekroczenia wyznaczonej linii mety.

c) *uwagi*: w przypadku przewrócenia któregokolwiek z pięciu stojaków próbę należy przerwać i rozpocząć ją od nowa.



6. Skłon tułowia w przód - próba gibkości:

a) wykonanie – badany opiera stopy o skrzynkę z blatem pomiarowym i wykonuje w siadzie skłon dosiężny w przód. Sięga rękami w przód tak daleko jak to możliwe. Nogi powinny być wyprostowane, ręce przesuwają się wolno wzdłuż skali na blacie przyrządu.

b) pomiar - próba wykonywana jest dwukrotnie, notowany jest lepszy wynik. Wynik odczytywany jest w cm ze skali umieszczonej na powierzchni blatu przyrządu.

c) uwagi – podczas skłonu kolana dotykają podłoża, a dłonie powoli przesuwają się po skrzynce z blatem pomiarowym.

