

Marta Pielak¹, Diana Pałasz¹, Magdalena Szmulkowska¹, Agata Pałka¹, Jakub S. Gąsior²

Analiza biegu u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym – przegląd zakresu literatury

Analysis of running ability in children with cerebral palsy – a scoping literature review

¹ Oddział Fizjoterapii, Wydział Medyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

² Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

Adres do korespondencji: Jakub S. Gąsior, Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ul. Żwirki i Wigury 63A, 02-091 Warszawa, e-mail: jgąsior@wum.edu.pl

Streszczenie

Wstęp: U dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym występuje szereg nieprawidłowości ograniczających ich mobilność. Zaburzenia te klasyfikujemy na poziomie struktury i funkcji oraz aktywności według Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia. Autorzy większości badań dotyczących samodzielnej mobilności pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym skupiali się głównie na analizie zaburzeń chodu. Celem niniejszej pracy był przegląd piśmiennictwa ukierunkowany na analizę biegu w grupie dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. **Materiał i metody:** Przegląd zakresu literatury przeprowadzono zgodnie z rekomendacjami Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement. Przeszukano bazę danych PubMed przy użyciu następujących zwrotów/słów kluczowych: „mózgowe porażenie dziecięce” (*cerebral palsy*) oraz „bieganie” (*running*). **Wyniki:** Dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym podczas biegu osiągają mniejszą prędkość niż ich zdrowi rówieśnicy, długość ich kroku jest krótsza. Moc generowana przez różne grupy mięśniowe jest inna od tej, którą przy tej samej fazie ruchu generują zdrowi rówieśnicy. Skutkuje to odmienną kinematyką biegu, która przekłada się na jego niższą jakość. Prowadzenie treningu biegowego jako element rehabilitacji w grupie dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym daje pozytywne efekty. **Omówienie:** Bieganie jest umiejętnością, która nie tylko zapewnia dzieciom możliwość sprawnego poruszania się, ale także pozwala im na pełniejsze uczestnictwo w aktywnościach dnia codziennego podejmowanych przez ich rówieśników. Dlatego też warto włączyć elementy treningu biegowego do rehabilitacji tych dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym, w których przypadku jest to możliwe.

Słowa kluczowe: mózgowe porażenie dziecięce, bieg, dzieci

Abstract

Introduction: Children with cerebral palsy present with diverse mobility abnormalities which are classified at the levels of structure and function and activity according to the International Classification of Functioning, Disability and Health. The authors of most studies on independent mobility in children with cerebral palsy have focused on gait abnormalities. The aim of this literature review was to analyse the running ability in children with cerebral palsy. **Methods:** A scoping review was conducted according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement. A search of the PubMed database was performed using the terms “cerebral palsy” and “running.” **Results:** Children with cerebral palsy run at a lower speed compared to their healthy peers. They have a shorter stride length. The power generated by various muscle groups is different from that observed in typically developing children. This results in different kinematics and hence lower quality of running. Implementation of training focused on running as part of the rehabilitation process in children with cerebral palsy may bring positive results. **Discussion:** The ability of running is important not only to move quickly but also to participate in the activities of daily living performed by typically developing children. Because of that, it is advisable to incorporate elements of running training into the rehabilitation process in children with cerebral palsy, whenever possible.

Keywords: cerebral palsy, running, children

WSTĘP

Mózgowe porażenie dziecięce (MPD) definiuje się jako zespół trwałych zaburzeń rozwoju ruchu i postawy powodujących ograniczenie aktywności ruchowej, które przypisuje się nieprogressywnym nieprawidłowościom w rozwoju mózgu płodu lub niemowlęcia (Gajewska, 2009). MPD wiąże się głównie z zaburzeniami motoryki, ale mogą również występować problemy z percepcją, porozumiewaniem się, padaczką, zaburzenia czucia, a wraz z dojrzewaniem pacjenta także problemy mięśniowo-szkieletowe (Gajewska, 2009).

Nieprawidłowości anatomiczne w ośrodkowym układzie nerwowym (OUN), powodujące zakłócają kontrolę motoryczną, a także utrwalone w czasie zaburzenia mięśniowo-szkieletowe, prowadzą do zaburzeń chodu u większości pacjentów z MPD (Zhou *et al.*, 2017). W typie spastycznym MPD występują m.in. zaburzenia w końcowej fazie przenoszenia oraz w fazie podporu, pacjenci prezentują zgięciowy wzorec chodu (*crouch gait*) wywołany zbyt dużym napięciem zginaczy i osłabieniem prostowników stawów kolanowego i biodrowego (Zhou *et al.*, 2017). Typ dyskinetyczny MPD charakteryzuje się m.in. mimowolnymi hiperkinetycznymi lub powtarzającymi się ruchami kończyn, które upośledzają funkcje motoryczne i mogą istotnie zaburzać poruszanie się (Sanger, 2006). Dla typu ataktycznego charakterystyczne są m.in. zaburzenia równowagi oraz koordynacji (Graham *et al.*, 2016). W tym wypadku dzieci kompensują niestabilność przez poruszanie się na szerokiej podstawie z uniesionymi ramionami, co zwiększa ich równowagę podczas chodu (Zhou *et al.*, 2017).

Zaburzenia chodu w grupie pacjentów z MPD kwalifikowane są do dwóch grup: wzorce chodu prezentowane u pacjentów z hemiplegią spastyczną oraz wzorce chodu prezentowane u pacjentów z diplegią spastyczną (Armand *et al.*, 2016). W przypadku hemiplegii spastycznej obserwuje się nieprawidłowe ustawienie stopy podczas fazy przenoszenia, które wynika z osłabienia mięśnia piszczelowego przedniego oraz z nadmiernego napięcia mięśnia brzuchatego łydki i mięśnia płaszczkowatego. Wygórowane napięcie tych mięśni może również prowadzić do stałego zgięcia podszwowego w fazie podporu. W tej grupie pacjentów obserwuje się również ograniczone zgięcie stawu kolanowego podczas fazy przenoszenia oraz przykurc zgięciowy w stawie biodrowym i zwiększoną lordozę lędźwiową (Armand *et al.*, 2016). U pacjentów z diplegią spastyczną wyróżniamy cztery typy chodu: *true equinus*, *jump gait*, *apparent equinus* i *crouch gait*. W typie chodu *true equinus* podczas fazy podporu stopa ustawiona jest w zgięciu podszwowym, a stawy kolanowy i biodrowy w wyproście. Często ten rodzaj chodu jest „zamaskowany” przez przeprost w stawie kolanowym. W typie chodu *jump gait* stopa ustawiona jest w zgięciu podszwowym, a stawy kolanowy i biodrowy w zgięciu. Dodatkowo w tym typie chodu występują: przodopochylenie miednicy, powiększona lordoza lędźwiowa oraz sztywność stawu kolanowego. *Apparent equinus*, w odróżnieniu

od poprzednich typów chodu, charakteryzuje się tym, że stopa nie jest ustawiona w zgięciu podszwowym podczas fazy podporu, jednak fakt, że stawy biodrowy i kolanowy są w nadmiernym zgięciu, sprawia, że dzieci prezentujące ten typ chodu chodzą na palcach. W ostatnim typie chodu, jakim jest *crouch gait*, stopa pacjenta jest ustawiona w nadmiernym zgięciu grzbietowym, a stawy biodrowy i kolanowy w nadmiernym zgięciu (Armand *et al.*, 2016). Zgodnie z Międzynarodową Klasyfikacją Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia (International Classification of Function, Health and Disability, ICF) zaburzenia chodu klasyfikujemy na poziomie struktury i funkcji (World Health Organization, 2007). Mogą one jednak powodować istotne ograniczenia na poziomie aktywności poprzez utrudnienie swobodnego i sprawnego przemieszczania się. Problemy z utrzymaniem równowagi mogą być źródłem strachu i niechęci do podejmowania kolejnych prób chodu lub biegu, co wpływa także znacząco na ograniczoną partycypację w naturalnym środowisku dziecka (Kennedy *et al.*, 2020). Dlatego też odpowiednie zdiagnozowanie bezpośredniej przyczyny ograniczającej samodzielne poruszanie się dziecka oraz trening chodu i biegu mogą mieć kluczowe znaczenie dla umożliwienia dziecku uczestnictwa w aktywnościach dnia codziennego wspólnie z rówieśnikami (Kennedy *et al.*, 2020).

Chodzenie charakteryzuje się wahadłową wymianą pomiędzy grawitacyjną energią potencjalną a energią kinetyczną środka masy ciała, bieganie natomiast charakteryzuje się elastycznym odbiciem ciała podczas wykonywania każdego kroku (Schepens *et al.*, 1998). Odzyskiwanie energii mechanicznej poprzez wahadłowy mechanizm chodu zmienia się u dzieci wraz z wiekiem i wielkością ciała, osiągając u młodszych badanych najwyższe wartości przy niższych prędkościach (Cavagna *et al.*, 1983).

Dotychczasowe badania skupiały się głównie na analizie chodu u dzieci z MPD. Istnieje niewiele opracowań dotyczących analizy biegu w tej grupie pacjentów. Celem niniejszej pracy był przegląd piśmiennictwa ukierunkowany na analizę biegu u dzieci z MPD.

MATERIAŁ I METODY

Przegląd piśmiennictwa przeprowadzono zgodnie z uaktualnionymi w 2020 roku rekomendacjami PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) Statement (Page *et al.*, 2021), wykorzystując rozszerzenie dla przeglądu zakresu literatury (*scoping review*) (Tricco *et al.*, 2018). Przeszukano bazę danych PubMed przy użyciu następujących zwrotów/słów kluczowych: „mózgowe porażenie dziecięce” (*cerebral palsy*) oraz „bieganie” (*running*). Przeanalizowano artykuły opublikowane od sierpnia 1998 do czerwca 2020 roku. Dodatkowymi kryteriami włączenia artykułów do analizy były: język angielski, badawczy charakter pracy oraz wiek badanych do 18. roku życia. Z analizy wyłączono przeglądy piśmiennictwa oraz opisy przypadków (*case studies*).

WYNIKI

Charakterystyka badanych pacjentów

W wyniku przeszukiwania medycznej bazy danych zgodnie z ustalonymi kryteriami zidentyfikowano 14 publikacji. Po szczegółowej analizie odrzucono siedem artykułów nie spełniających określonych kryteriów włączenia do dalszej analizy. Odrzucono: jedną pracę przeglądową (Chappell *et al.*, 2019a), dwie publikacje, których tematyka była pośrednio związana z analizą biegu (Chappell *et al.*, 2019c; Verschuren *et al.*, 2007), dwa opisy przypadków (Lee *et al.*, 2013; Lewis, 2017) i dwie publikacje, w których grupa badana nie spełniała kryteriów włączenia do przeglądu piśmiennictwa – sportowcy z MPD (Kloyiam *et al.*, 2011; Runciman *et al.*, 2016). Pozostałe siedem publikacji zostało włączonych do szczegółowej analizy pełnej treści (Böhm i Döderlein, 2012; Chappell *et al.*, 2020, 2019b; Davids *et al.*, 1998; Gibson *et al.*, 2018; Iosa *et al.*, 2013; Krätschmer *et al.*, 2019).

W opisanych badaniach wzięło udział łącznie 231 osób z MPD (132 chłopców) w wieku od 4. do 18. roku życia. W jednej publikacji nie podano płci badanych (Davids *et al.*, 1998). Wśród pacjentów biorących udział w badaniach znajdowało się 82 pacjentów z diplegią oraz 149 z hemiplegią. Uczestnicy badań zostali poddani ocenie przy wykorzystaniu Systemu Klasyfikacji Funkcji Motoryki Dużej (Gross Motor Function Classification System, GMFCS) na poziomach I–III. W jednej pracy nie podano informacji dotyczącej oceny pacjentów zgodnie z klasyfikacją GMFCS (Davids *et al.*, 1998). W grupach kontrolnych znalazło się 39 osób z MPD oraz 85 zdrowych dzieci.

Szczegółowe informacje dotyczące charakterystyki badanych podano w tab. 1.

Analizowane parametry

W czterech badaniach wykazano, że prędkość biegu była istotnie niższa u dzieci z MPD niż u ich zdrowych rówieśników (Chappell *et al.*, 2019b; Davids *et al.*, 1998; Iosa *et al.*, 2013; Krätschmer *et al.*, 2019). Podczas przejścia z fazy chodu do fazy biegu strategią zwiększenia prędkości u dzieci z MPD było zwiększenie kadencji kroku, w przeciwieństwie do ich zdrowych rówieśników, którzy w tym celu wydłużali długość kroku (Davids *et al.*, 1998; Iosa *et al.*, 2013).

W czterech badaniach analizowano długość kroku podczas biegu u dzieci z MPD (Davids *et al.*, 1998; Böhm i Döderlein, 2012; Iosa *et al.*, 2013; Krätschmer *et al.*, 2019). W trzech z nich wykazano, że jest ona krótsza u dzieci z MPD niż u ich zdrowych rówieśników (Davids *et al.*, 1998; Iosa *et al.*, 2013; Krätschmer *et al.*, 2019). W badaniu Böhma i Döderleina (2012) wykazano, że długość kroku u pacjentów z diplegią jest dłuższa niż u pacjentów z hemiplegią. Podczas biegu dzieci z MPD rozpoczynały fazę kontaktu stopy z podłożem od postawienia przodostopia na podłożu (Böhm i Döderlein, 2012).

W dwóch spośród analizowanych badań wykazano, że u dzieci z MPD występowało większe zgięcie podszewne w stawie skokowym podczas cyklu chodu niż podczas biegu (Böhm i Döderlein, 2012; Davids *et al.*, 1998). W porównaniu ze zdrowymi rówieśnikami u dzieci z MPD zakres ruchomości zgięcia grzbietowego stopy podczas biegu był istotnie statystycznie mniejszy (Davids *et al.*, 1998; Krätschmer *et al.*, 2019). Różnice te występowały zarówno w fazie przenoszenia, jak i w fazie podporu (Krätschmer *et al.*, 2019), jednak w przypadku dzieci z hemiplegią problem ten dotyczył w większym stopniu kończyny zajętej niż niezajętej (Krätschmer *et al.*, 2019).

Ponadto Böhm i Döderlein (2012) wykazali u dzieci z MPD większy zakres zgięcia w stawie kolanowym podczas fazy przenoszenia oraz kontaktu pięty z podłożem, natomiast mniejszy zakres zgięcia w stawie kolanowym podczas fazy podporu w porównaniu ze zdrowymi rówieśnikami. Davids i wsp. (1998) wykazali, że dzieci z diplegią charakteryzowały się mniejszym zakresem zgięcia w stawie kolanowym podczas fazy przenoszenia oraz mniejszym zakresem wyprostu w fazie podporu w porównaniu ze zdrowymi rówieśnikami. Podczas całej fazy biegu w stawie kolanowym u dzieci z MPD odnotowano mniejszy zakres ruchomości niż u ich zdrowych rówieśników (Davids *et al.*, 1998; Krätschmer *et al.*, 2019).

U dzieci z MPD podczas fazy przenoszenia obserwuje się ustawienie zgięciowe w stawie biodrowym (Davids *et al.*, 1998). Podobnie jak w przypadku stawu kolanowego, zakres ruchomości w stawie biodrowym był mniejszy u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych (Davids *et al.*, 1998; Krätschmer *et al.*, 2019). Wynikało to z mniejszego zakresu wyprostu w tym stawie (Davids *et al.*, 1998). Zakres ruchomości w stawie biodrowym był jednak większy podczas biegu niż podczas chodu u dzieci z MPD (Krätschmer *et al.*, 2019).

W badaniach Böhma i Döderleina (2012) analizowano także ruch miednicy podczas biegu. U dzieci z hemiplegią przodopochylenie miednicy od połowy fazy podporu do połowy fazy przenoszenia było istotnie większe niż u zdrowych rówieśników, natomiast od połowy fazy przenoszenia do kontaktu pięty z podłożem – istotnie mniejsze. Dzieci z asymetryczną diplegią prezentowały większe przodopochylenie podczas całego cyklu chodu w porównaniu z dziećmi z hemiplegią. Sposób poruszania się miednicy u dzieci z symetryczną diplegią był podobny do dwóch wspomnianych powyżej grup, ale jej zakres ruchomości był mniejszy (Böhm i Döderlein, 2012).

W trzech badaniach wykazano, że moc generowana podczas biegu przez zginacze podszewne stawu skokowego była mniejsza u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych (Böhm i Döderlein, 2012; Chappell *et al.*, 2019b; Davids *et al.*, 1998), a w dwóch badaniach podobną zależność stwierdzono w odniesieniu do mocy generowanej w stawie kolanowym (Böhm i Döderlein, 2012; Davids *et al.*, 1998). W przypadku stawu biodrowego w jednym badaniu wykazano zwiększone generowanie mocy przez zginacze stawu

Autorzy	Cel badania	Grupa badana	Szczegóły interwencji	Grupa kontrolna	Wyniki
Davids i wsp., 1998	<p>1. Opisanie mechanizmów zwiększenia prędkości od chodzenia do biegu u dzieci z MPD</p> <p>2. Określenie zmiany odchyleni kinematycznych i kinetycznych między chodem a biegiem u dzieci z MPD</p> <p>3. Określenie głównych generatorów i absorberów mocy podczas chodzenia i biegania u dzieci z MPD</p> <p>4. Określenie przekazywania energii między stawami podczas chodu i biegu u dzieci z MPD</p>	<p>N = 19 dzieci (brak danych dotyczących płci) z MPD (mediana wieku: 7,7 roku, zakres: 4,2–12,4 roku) o typie spastycznym, diplegicznym, nie podano oceny w systemie klasyfikacji GMFCS</p>	Brak	<p>N = 15 dzieci zdrowych (brak danych dotyczących płci, w wieku 7,2–12,1 roku, mediana wieku: 8,6 roku)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość biegu u pacjentów z MPD niższa w porównaniu z grupą kontrolną (o 1,13 m/s) Długość kroku krótsza u dzieci z MPD zarówno podczas biegu (o 62 cm), jak i podczas chodu (o 21 cm) Czas cyklu chodu krótszy u dzieci z MPD (o 0,28 s), a w przypadku cyklu biegu różnica minimalna (0,02 s) Strategia zwiększania szybkości u dzieci z MPD: zwiększenie kadencji kroku, a w grupie kontrolnej: zwiększenie długości kroku U dzieci z MPD podczas cyklu biegu większe zgięcie podszewowe w stawie skokowym niż u dzieci zdrowych (o 9 st.) Mniejszy zakres ruchu w stawie kolanowym w czasie biegu u dzieci z MPD (o 30%) w porównaniu z dziećmi zdrowymi Maksymalne zgięcie stawu kolanowego w fazie kontaktu stopy z podłożem podczas biegu u dzieci z MPD mniejsze o 24 st. Mniejszy zakres ruchomości stawu biodrowego w czasie biegu u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych (o 13 st.) Maksymalny wyprost w stawie biodrowym u dzieci z MPD mniejszy (o 12 st.) niż u dzieci zdrowych Staw biodrowy u dzieci z MPD ustawiony w większym zgięciu podczas fazy przenoszenia oraz w początkowej fazie przenoszenia w porównaniu z dziećmi zdrowymi Moc generowana podczas biegu przez zginacze podszewowe stawu skokowego mniejsza u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych (o 6,46 Nm/kg) Zwiększone generowanie mocy przez zginacze stawu biodrowego podczas fazy przenoszenia u dzieci z MPD (o 9,37 Nm/kg)
Böhm i Döderlein, 2012	Wpływ biegu na asymetrię parametrów przestrzenno-czasowych, kinematycznych i kinetycznych chodu u dzieci z MPD	<p>N = 49 dzieci z MPD: 24 dzieci (17♂) z diplegią (średnia wieku \pm odchylenie standardowe: 12,5 \pm 3,7 roku) 25 dzieci (18♂) z hemiplegią (średnia wieku \pm odchylenie standardowe: 12 \pm 4 lata), GMFCS I i II</p>	Brak	Brak	<ul style="list-style-type: none"> Czas długości cyklu taki sam u pacjentów z hemiplegią i diplegią Faza podporu dłuższa u dzieci z hemiplegią zarówno podczas biegu, jak i podczas chodu Zarówno u pacjentów z hemiplegią, jak i u dzieci z diplegią przodopochylenie miednicy większe podczas biegu niż podczas chodu Tyłopochylenie miednicy większe u pacjentów z hemiplegią i diplegią podczas biegu niż podczas chodu Zakres wyprost w stawie biodrowym większy podczas biegu niż podczas chodu w obu grupach Zakres zgięcia grzbietowego stopy podczas biegu większy niż podczas chodu w obu grupach
Iosa i wsp., 2013	Ilościowa ocena zdolności chodu i jego stabilności u dzieci z hemiplegią związaną z MPD podczas chodzenia i biegania	<p>N = 20 dzieci (11♂) z hemiplegią typu spastycznego MPD (średnia wieku \pm odchylenie standardowe: 5,1 \pm 2,3 roku), GMFCS I i II</p>	<p>Dzieci zostały poproszone o stanie nieruchomo na linii na podłożu i chodzenie lub bieganie prosto na odcinku 10 metrów z wybraną przez siebie prędkością, aż dotrą do kolejnej linii na podłożu w 30-metrowej sali rehabilitacyjnej. Podczas wykonywania tego zadania na wysokość kregów L2 i L3 założono pas mierzący przyspieszenie wzdłuż trzech osi ciała. Test był wykonywany w butach i ortozach lub przy wykorzystaniu innych pomocy używanych przez dzieci na co dzień</p>	<p>N = 20 zdrowych dzieci (13♂, średnia wieku \pm odchylenie standardowe: 5,9 \pm 2,6 roku)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Szybkość biegu większa u dzieci zdrowych niż u dzieci z MPD Zarówno podczas biegu, jak i podczas chodu długość kroku krótsza u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych Długość kroku podczas biegu w obu grupach większa niż podczas chodu Płynność ruchu w obu grupach znacząco lepsza podczas biegu niż podczas chodu Harmonia chodu zmniejszona u dzieci z MPD w porównaniu ze zdrowymi rówieśnikami zarówno podczas chodu, jak i podczas biegu, ale tylko podczas biegu różnica istotna statystycznie Symetria ruchu zarówno podczas biegu, jak i podczas chodu zdecydowanie gorsza u dzieci z MPD

Tab. 1. Szczegółowa analiza badań zakwalifikowanych do przeglądu

Gibson i wsp., 2018	Ocena wpływu interwencji biegowej na bieganie oraz funkcjonowanie w życiu codziennym u dzieci z MPD	N = 21 dzieci (14♂) z MPD z hemiplegią (n = 12) lub diplegią (n = 9), GMFCS I (n = 12), II (n = 8), III (n = 1) (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 12,4 ± 2,7 roku)	12-tygodniowy trening biegowy skupiający się na następujących grupach mięśniowych: zginaczach podstawowych stawu skokowego, zginaczach i prostownikach stawu biodrowego. Dwa razy w tygodniu godzina sesja z fizjoterapeutą; indywidualnie dopasowany trening nerwowo-mięśniowy, kolejne dwa dni w tygodniu – ćwiczenia w domu (monitorowanie z użyciem kwestionariusza)	N = 21 dzieci (13♂) z MPD z hemiplegią (n = 13) lub diplegią (n = 8), GMFCS I (n = 12), II (n = 9), III (n = 0) (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 12,5 ± 2,8 roku)	<ul style="list-style-type: none"> Zwiększenie wyniku w skali GAS o 22,4 pkt w grupie badanej Znacząca poprawa średniej frekwencji w szkole w grupie badanej Osiągnięcie indywidualnego celu terapii u 86% osób z grupy badanej i brak jego osiągnięcia u dzieci w grupie kontrolnej
Krätschmer i wsp., 2019	Analiza zmian kinematyki ruchu podczas chodu oraz biegu u dzieci z jednostronnym MPD	N = 64 dzieci (37♂) z MPD z hemiplegią (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 9,5 ± 3,0 lata), GMFCS I i II	Proba chodu i biegu w komfortowym dla badanego tempie, obserwacja zmian kinematyki ruchu w trzech kolejnych próbach	N = 30 dzieci rozwijających się typowo w wieku 4–17 lat (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 9,7 ± 2,7 roku)	<ul style="list-style-type: none"> U dzieci z MPD w fazie przenoszenia grzbietowe zgięcie w stawie skokowym kończyły zajęte mniejsze niż u dzieci zdrowych, a także mniejsze w kończynie zajętej w porównaniu z kończyną niezajętą U dzieci z MPD zgięcie grzbietowe w fazie przenoszenia większe w czasie biegu niż w czasie chodu U dzieci z MPD podczas fazy podparcia zgięcie grzbietowe w stawie skokowym mniejsze niż u dzieci zdrowych U dzieci z MPD podczas fazy podparcia zgięcie grzbietowe w stawie skokowym większe podczas biegu niż podczas chodu U dzieci z MPD podczas fazy podparcia zgięcie grzbietowe w stawie skokowym mniejsze w kończynie zajętej niż w kończynie przeciwnej Zakres ruchu w stawie kolanowym mniejszy u dzieci z MPD niż u dzieci zdrowych Zakres ruchu w stawie kolanowym w obu grupach większy podczas biegu niż podczas chodu Zakres ruchu w stawie biodrowym u dzieci z MPD istotnie mniejszy w kończynie zajętej niż w kończynie przeciwnej Zakres ruchu w stawie biodrowym w obu grupach większy w czasie biegu niż w czasie chodu Prędkość biegu istotnie niższa u dzieci z MPD niż u ich zdrowych rówieśników Długość kroku krótsza u dzieci z MPD niż u ich zdrowych rówieśników
Chappell i wsp., 2019b	1. Opisanie strategii propulsji i jej komponentów dla kończyny dolnej zajętej i niezajętej (zdrowej) przy różnych szybkościach biegu 2. Określenie, czy propulsja i jej komponenty są zależne od motoryki dużej 3. Określenie, czy strategia propulsji i maksymalna prędkość różnią się u dzieci z MPD i dzieci zdrowych	N = 40 (25♂) dzieci z MPD (9–18 lat, średnia wieku ± odchylenie standardowe: 12 lat i 11 miesięcy ± 2 lata i 9 miesięcy) z hemiplegią (n = 19) lub diplegią (n = 21), GMFCS I (n = 25), II (n = 15)	Brak	N = 21 (15♂) dzieci zdrowych w wieku 10–12 lat (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 10 lat i 2 miesiące ± 6 miesięcy)	<ul style="list-style-type: none"> Szybkość biegu mniejsza u dzieci z MPD GMFCS I w porównaniu z typowo rozwijającymi się rówieśnikami i niższa u dzieci z GMFCS II vs GMFCS I Maksymalna moc generowana przez zginacze stawu skokowego: <ul style="list-style-type: none"> – zmniejszona w kończynie dolnej zajętej u dzieci z GMFCS I vs GMFCS I – zmniejszona w kończynie dolnej zajętej u dzieci z GMFCS I w porównaniu z typowo rozwijającymi się rówieśnikami i zmniejszona u dzieci z GMFCS II vs GMFCS I W kończynie dolnej zajętej maksymalna moc generowana przez zginacze stawu biodrowego w fazie przenoszenia zwiększona u dzieci z GMFCS II vs GMFCS I Strategia propulsji mniejsza w kończynie dolnej zajętej w porównaniu z kończyną dolną niezajętą i mniejsza u dzieci z GMFCS II vs GMFCS I, a także mniejsza u dzieci z GMFCS I w porównaniu z typowo rozwijającymi się rówieśnikami
Chappell i wsp., 2020	Wpływ treningu biegowego na generowanie siły w stawie skokowym	N = 18 dzieci (10♂) z MPD z hemiplegią (n = 9) lub diplegią (n = 9), 9–18 lat (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 12 lat i 10 miesięcy ± 2 lata i 8 miesięcy), GMFCS I (n = 10), II (n = 8)	12-tygodniowy trening biegowy przeprowadzany dwa razy w tygodniu, skupiający się na zginaczach stawu skokowego i zginaczach stawu biodrowego, ćwiczenia poprawiające technikę biegu	N = 18 dzieci (13♂) z MPD z hemiplegią (n = 8) lub diplegią (n = 10) w wieku 9–18 lat (średnia wieku ± odchylenie standardowe: 12 lat i 8 miesięcy ± 2 lata i 8 miesięcy), GMFCS I (n = 11), II (n = 7)	<ul style="list-style-type: none"> Zwiększenie szczytu mocy generowanej przez zginacze stawu skokowego w grupie badanej GMFCS II Zwiększenie długości kroku w grupie badanej Zmniejszenie kadencji kroku podczas biegu w grupie badanej
<p>GAS – skala pozwalająca wyrazić w sposób ilościowy cel wyrażony przez pacjenta w sposób jakościowy (Goal Attainment Scaling); GMFCS – System Klasyfikacji Funkcji Motoryki Dużej (Gross Motor Function Classification System); MPD – mózgowie porażenie dziecięce.</p>					

Tab. 1. Szczegółowa analiza badań zakwalifikowanych do przeglądu (cd.)

biodrowego podczas fazy przenoszenia u dzieci z MPD (Chappell *et al.*, 2019b), a w dwóch badaniach nie wykazano różnic w tym zakresie pomiędzy dziećmi z MPD i dziećmi zdrowymi (Böhm i Döderlein, 2012; Davids *et al.*, 1998). Szczytowy zakres zgięcia w stawie biodrowym był zdecydowanie mniejszy u dzieci z MPD, natomiast szczytowy zakres wyprostu nie różnił się istotnie od dzieci zdrowych (Böhm i Döderlein, 2012). Ponadto Böhm i Döderlein (2012) wykazali, że zarówno u dzieci z hemiplegią, jak i z diplegią asymetria (rozumiana jako różnica między stronami) mocy generowanej przez stawy skokowy, kolanowy i biodrowy była większa podczas biegu niż podczas chodu. Czas pełnego cyklu był jedynym parametrem, który okazał się bardziej symetryczny podczas biegu niż podczas chodu (Böhm i Döderlein, 2012; Iosa *et al.*, 2013).

Iosa i wsp. (2013) przeanalizowali harmonię biegu, która odzwierciedla rytmiczność oraz płynność biegu. Harmonia chodu była zmniejszona u dzieci z MPD, w porównaniu z ich zdrowymi rówieśnikami, zarówno podczas chodu, jak i podczas biegu, ale tylko podczas chodu różnica ta była istotna statystycznie (Iosa *et al.*, 2013).

W dwóch badaniach analizowano wpływ treningu biegowego na stan funkcjonalny dzieci z MPD (Chappell *et al.*, 2020; Gibson *et al.*, 2018). W jednym z nich wykazano, że taki trening wpływa pozytywnie na moc generowaną w stawie skokowym. Zwiększyła się także długość kroku oraz zmniejszyła kadencja podczas cyklu biegu (Chappell *et al.*, 2020). Wykazano, że trening biegowy wpływa na zwiększenie wyniku mierzonego z wykorzystaniem skali Goal Attainment Scaling (GAS), odzwierciedlającego osiągnięcie indywidualnych celów terapii – przyjęty cel terapii osiągnęło 86% pacjentów stosujących trening biegowy, podczas gdy w grupie biorącej udział w rehabilitacji bez treningu biegowego takiego celu nie osiągnął żaden z pacjentów (Gibson *et al.*, 2018). Wśród dzieci objętych treningiem biegowym poprawiło się też uczestnictwo w aktywnościach dnia codziennego, wyrażone poprzez zwiększoną frekwencję w szkole (Gibson *et al.*, 2018).

OMÓWIENIE

Celem niniejszej pracy było usystematyzowanie wiedzy na temat biegu u dzieci z MPD. W tej grupie pacjentów bieg charakteryzuje się niższą prędkością niż u dzieci rozwijających się typowo. Autorzy sugerują, że może być to wynikiem wykorzystywania różnych strategii – u dzieci z MPD zwiększenie prędkości przemieszczania się polega głównie na zwiększeniu kadencji kroku, podczas gdy u dzieci o typowym rozwoju wynika ono ze zwiększenia długości kroku (Davids *et al.*, 1998; Iosa *et al.*, 2013). Tę hipotezę wydaje się potwierdzać także fakt, że w części badań pojawiają się doniesienia o istotnie statystycznie krótszej długości kroku u dzieci z MPD w porównaniu z dziećmi cechującymi się typowym rozwojem (Böhm i Döderlein, 2012; Davids *et al.*, 1998; Iosa *et al.*, 2013; Krätschmer *et al.*, 2019). W analizowanych artykułach brakuje jednak precyzyjnych

danych podających częstotliwości kroku dzieci z MPD oraz szybkości biegu. Trudno jest więc stwierdzić, na ile wartości te odbiegają od norm częstotliwości kroku w czasie biegu obserwowanych u dzieci zdrowych. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że w obu badaniach, które prezentowały takie wyniki, dzieci typowo rozwijające się należące do grupy kontrolnej były starsze od dzieci z MPD należących do grupy badanej. Może to rzutować na wiarygodność wyników badań, ponieważ zgodnie z aktualną wiedzą częstotliwość kroku podczas biegu o prędkości niższej niż 11 km/h stopniowo się zmniejsza wraz z dorastaniem dziecka (Schepens *et al.*, 1998).

Podczas biegu dzieci z MPD generują różną moc mięśniową w wybranych grupach mięśniowych w obrębie stawu skokowego oraz w obrębie stawu biodrowego. Są to wyniki zgodne z tymi, które otrzymali badacze zajmujący się dziećmi z innymi chorobami neurologicznymi, takimi jak dyspraksja rozwojowa (Diamond *et al.*, 2014). Jest to kolejny czynnik, który może wpływać na niższą maksymalną prędkość biegu osiąganą przez dzieci z MPD.

Warto zauważyć, że bieganie stanowi jedną z aktywności, która umożliwia dzieciom pełniejsze uczestnictwo w aktywnościach dnia codziennego podejmowanych przez ich rówieśników (Bento i Dias, 2017). Powoduje to, że dzieci, które lepiej opanują tę umiejętność, mogą w większym stopniu angażować się w zabawę z rówieśnikami. Ma to kluczowe znaczenie ze względu na pozytywny wpływ, jaki wywiera zabawa na świeżym powietrzu na zdrowie i rozwój dziecka, skutkując lepszym rozwojem kości, pozytywnym oddziaływaniem na układ immunologiczny, a także pozwalając dzieciom rozwinać lepszą sprawność fizyczną (Bento i Dias, 2017). Dodatkowo swobodne uczestnictwo w zabawie z rówieśnikami wpływa pośrednio oraz bezpośrednio na zmiany w strukturze i funkcjonowaniu OUN. To zaś powoduje poprawę w zakresie uczenia się, pamięci i stymuluje ciekawość dziecka oraz skłania je do podejmowania kolejnych aktywności (Yogman *et al.*, 2018).

U zdrowych dzieci trening biegowy poprawia takie parametry, jak długość kroku, czas kontaktu stopy z podłożem oraz zakres ruchomości zgięcia grzbietowego stawu skokowego w trakcie biegu (Williams *et al.*, 2019). Są to parametry zaburzone u dzieci z MPD. Niemniej wpływ treningu biegowego na stan kliniczny dzieci z MPD był rzadko badany. Znalezione cztery badania (Chappell *et al.*, 2020; Gibson *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2013; Lewis, 2017), które poruszały tę problematykę. Były to badania obejmujące mało liczne grupy pacjentów (Chappell *et al.*, 2020; Gibson *et al.*, 2018) oraz opisy przypadków (Lee *et al.*, 2013; Lewis, 2017), co sprawia, że nie możemy na ich podstawie wyciągać daleko idących wniosków. Warto jednak zauważyć, że w każdym z tych badań trening dawał pozytywne efekty. W dwóch spośród nich uzyskano poprawę wyników w skalach funkcjonalnych (Chappell *et al.*, 2020; Gibson *et al.*, 2018). Lewis, analizując przypadek 12-letniego chłopca z MPD (GMFCS II), wykazała wpływ 20-tygodniowego treningu biegowego (trzy sesje w tygodniu) na poprawę wyniku

w Skali Funkcjonalnej Motoryki Dużej (Gross Motor Function Measure, GMFM), poprawę szybkości chodu (poprawa wyniku w sześciominutowym teście chodu – 6MWT, *six minute walk test*) oraz poprawę w funkcjonowaniu w życiu codziennym (zgłaszaną przez matkę pacjenta) (Lewis, 2017). Lee i wsp. (2013), analizując przypadek 11-letniego chłopca z diplegią spastyczną, wykazali wpływ 12-tygodniowej interwencji określanej jako progresywna technika *walking-to-running* na poprawę motoryki dużej, zwiększenie wymiarów mięśni w obrębie kończyn dolnych, zwiększenie długości kroku i prędkości chodu.

Analiza piśmiennictwa przeprowadzona na podstawie publikacji wyszukanych tylko w jednej bazie danych (PubMed) stanowi ograniczenie przedstawionego przeglądu zakresu literatury.

Trening biegowy może powodować poprawę zaburzonych parametrów chodu i biegu u dzieci z MPD, a także przynosić wymierne korzyści funkcjonalne na poziomie aktywności. Warto rozważyć wprowadzenie treningu biegowego jako elementu procesu rehabilitacji ukierunkowanej na poprawę wzorca chodu i/lub lokomocji w tej grupie pacjentów.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo

- Armand S, Decoulon G, Bonnefoy-Mazure A: Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Rev* 2016; 1: 448–460.
- Bento G, Dias G: The importance of outdoor play for young children's healthy development. *Porto Biomed J* 2017; 2: 157–160.
- Böhm H, Döderlein L: Gait asymmetries in children with cerebral palsy: do they deteriorate with running? *Gait Posture* 2012; 35: 322–327.
- Cavagna GA, Franzetti P, Fuchimoto T: The mechanics of walking in children. *J Physiol* 1983; 343: 323–339.
- Chappell A, Allison GT, Williams G et al.: The effect of a running training intervention on ankle power generation in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2020; 76: 105024.
- Chappell A, Gibson N, Morris S et al.: Running in people with cerebral palsy: a systematic review. *Physiother Theory Pract* 2019a; 35: 15–30.
- Chappell A, Gibson N, Williams G et al.: Propulsion strategy in running in children and adolescents with cerebral palsy. *Gait Posture* 2019b; 70: 305–310.
- Chappell A, Liew B, Murphy AT et al.: The effect of joint translation constraint on within-participant variability of kinematics and kinetics during running in cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2019c; 63: 54–62.
- Davids JR, Bagley AM, Bryan M: Kinematic and kinetic analysis of running in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1998; 40: 528–535.
- Diamond N, Downs J, Morris S: “The problem with running” – comparing the propulsion strategy of children with developmental coordination disorder and typically developing children. *Gait Posture* 2014; 39: 547–552.
- Gajewska E: Nowe definicje i skale funkcjonalne stosowane w mózgowym porażeniu dziecięcym. *Neurol Dziec* 2009; 18: 67–72.
- Gibson N, Chappell A, Blackmore AM et al.: The effect of a running intervention on running ability and participation in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil* 2018; 40: 3041–3049.
- Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N et al.: Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers* 2016; 2: 15082.
- Iosa M, Morelli D, Marro T et al.: Ability and stability of running and walking in children with cerebral palsy. *Neuropediatrics* 2013; 44: 147–154.
- Kennedy RA, Carroll K, McGinley JL et al.: Walking and weakness in children: a narrative review of gait and functional ambulation in paediatric neuromuscular disease. *J Foot Ankle Res* 2020; 13: 10.
- Kloyiam S, Breen S, Jakeman P et al.: Soccer-specific endurance and running economy in soccer players with cerebral palsy. *Adapt Phys Activ Q* 2011; 28: 354–367.
- Krätschmer R, Böhm H, Döderlein L: Kinematic adaptation and changes in gait classification in running compared to walking in children with unilateral spastic cerebral palsy. *Gait Posture* 2019; 67: 104–111.
- Lee NG, Jeong SJ, You JSH et al.: Effects of the progressive walking-to-running technique on gait kinematics, ultrasound imaging, and motor function in spastic diplegic cerebral palsy – an experimenter-blind case study. *NeuroRehabilitation* 2013; 32: 17–26.
- Lewis J: A progressive running program for an adolescent with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2017; 29: E12–E16.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM et al.: The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 372: n71.
- Runciman P, Tucker R, Ferreira S et al.: Paralympic athletes with cerebral palsy display altered pacing strategies in distance-deceived shuttle running trials. *Scand J Med Sci Sports* 2016; 26: 1239–1248.
- Sanger TD: Arm trajectories in dyskinetic cerebral palsy have increased random variability. *J Child Neurol* 2006; 21: 551–557.
- Schepens B, Willems PA, Cavagna GA: The mechanics of running in children. *J Physiol* 1998; 509: 927–940.
- Tricco AC, Lillie E, Zarin W et al.: PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med* 2018; 169: 467–473.
- Verschuren O, Takken T, Ketelaar M et al.: Reliability for running tests for measuring agility and anaerobic muscle power in children and adolescents with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2007; 19: 108–115.
- Williams S, Netto K, Kennedy R et al.: Biomechanical correlates of running performance in active children. *J Sci Med Sport* 2019; 22: 65–69.
- World Health Organization: International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children and Youth Version: ICF-CY. World Health Organization, 2019.
- Yogman M, Garner A, Hutchinson J et al.: Committee on Psychosocial Aspects of Child and Family Health; Council on Communications and Media: The power of play: a pediatric role in enhancing development in young children. *Pediatrics* 2018; 142: e20182058.
- Zhou J, Butler EE, Rose J: Neurologic correlates of gait abnormalities in cerebral palsy: implications for treatment. *Front Hum Neurosci* 2017; 11: 103.