

Trening siłowy w rehabilitacji dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym: przegląd piśmiennictwa

Strength training as a form of rehabilitation in children and adolescents with cerebral palsy: a review

Jakub Gąsior,^{1,2} Mariusz Pawłowski,^{1,2,3} Marcin Bonikowski,¹ Piotr Jeleń,⁴ Janusz Błaszczyk⁵

¹ Oddział Rehabilitacji Narządu Ruchu, Mazowieckie Centrum Neuropsychiatrii, Zagórze k. Warszawy

² Klinika Kardiologii Oddziału Fizjoterapii, II Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny

³ Wydział Rehabilitacji, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

⁴ Zakład Biofizyki i Fizjologii Człowieka, Warszawski Uniwersytet Medyczny

⁵ Instytut Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego, Polska Akademia Nauk, Warszawa

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono krytyczny przegląd piśmiennictwa dotyczącego zastosowania treningu siłowego kończyn dolnych w usprawnianiu ruchowym dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym (MPD). Analizowano również skuteczność i bezpieczeństwo tego treningu. W tym celu przeszukano medyczne bazy danych używając słów kluczowych: mózgowie porażenie dziecięce, trening siłowy, progresywny trening siłowy lub trening oporowy. Zidentyfikowano ogółem 41 publikacji; do analizy wybrano 19 badań spełniających kryteria włączenia. Zaakceptowane badania podzielono na prace randomizowane i nierandomizowane oraz oceniono ich poziom dowodu naukowego. W podsumowaniu przedstawiono wyniki zgodnie z Międzynarodową Klasyfikacją Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia na trzech poziomach: struktury, aktywności i partycypacji. Trening siłowy kończyn dolnych u dzieci i nastolatków z MPD powoduje wzrost siły mięśniowej oraz wpływa na poprawę aktywności i partycypacji. Nie wpływa natomiast na poziom spastyczności i zakres biernego zakresu ruchu. Z powodu szeregu indywidualnych ograniczeń i różnic metodologicznych w analizowanych pracach, nadal konieczne pozostaje ustalenie charakterystyki młodych pacjentów z MPD i protokołu treningowego, które pozwalałyby na osiągnięcie maksymalnych korzyści płynących z tego rodzaju treningu.

Słowa kluczowe: mózgowie porażenie dziecięce, trening siłowy, rehabilitacja, fizjoterapia

ABSTRACT

This article presents a critical review of the literature concerning the use of the lower limb strength training in improving the mobility of children and adolescents with cerebral palsy (CP). We also focus on the effectiveness and safety of the training. Medical databases were searched using keywords sequence: cerebral palsy, strength training, progressive strength training or resistance training. The 41 identified publications had been selected for the analysis; 19 of the studies met our inclusion criteria. Accepted studies were divided on randomized and non-randomized controlled trials. Level of evidence was rated. The results were presented according to the International Classification of Functioning, Disability and Health at three levels: structure, activity and participation. The strength training in children and adolescents with CP results in an increased muscle strength in the the lower limbs and improves patient's activity and participation without adverse effects such as the increase of spasticity or of a passive range of motion decline. Due to many limitations and differences in the analyzed studies it still remains necessary to determine the characteristics of young patients with CP and a training protocol which enables to achieve the maximum benefits of the strength training.

Key words: cerebral palsy, strength training, progressive strength training, resistance training, rehabilitation, physiotherapy

WSTĘP

Mózgowe porażenie dziecięce (MPD) obejmuje grupę zaburzeń rozwojowych narządu ruchu i postawy powstałych w wyniku uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) w okresie płodowym lub niemowlęcym [1,2]. W wyniku uszkodzenia u pacjentów z MPD można zaobserwować objawy pozytywne (nadmiarowe), takie jak: ruchy mimowolne, a także hipertonię spowodowaną przez spastyczność czy sztywność oraz objawy negatywne: osłabienie siły mięśniowej, utratę selektywnej kontroli motorycznej ataksję czy dyspraksję [3,4]. Według Międzynarodowej Kła-

syfikacji Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia (ang. *International Classification of Functioning, Disability and Health – ICF*) są to zaburzenia na poziomie struktury, które mogą ograniczać aktywność i uczestnictwo dziecka w życiu codziennym [5].

Wskaźnik rozpowszechnienia MPD wynosi 1,4–3/1000 żywo urodzonych dzieci. Mimo postępu technik diagnostycznych i zwiększenia przeżywalności noworodków, zwłaszcza tych urodzonych z niską masą urodzeniową, wskaźnik ten nie zmienił się od 30 lat [6]. W Polsce, w regionie mazowieckim, częstość występowania MPD u dzieci

urodzonych przed 32. tygodniem ciąży wynosi 8%, przy czym w wieku około 6. roku życia 60% z tej populacji nie chodzi [7]. Fizjoterapia odgrywa bardzo ważną rolę w leczeniu dzieci z MPD. Zalecana jest jej wysoka intensywność i częstotliwość, a także wykorzystywanie różnych technik usprawniania [8]. Ważne jest, aby grupa fizjoterapeutów w Polsce zajmująca się tym zagadnieniem miała dostęp do najnowszych źródeł informacji na temat alternatywnych metod usprawniania pacjentów z MPD.

Większość metod leczenia pacjentów z MPD, zarówno operacyjnego, terapeutycznego, jak i farmakologicznego, skupia się na łagodzeniu objawów pozytywnych związanych z uszkodzeniem OUN, np. zmniejszeniu hipertonii [9]. Obecnie podkreśla się, że osłabienie siły mięśniowej, definiowane jako niezdolność do generowania odpowiedniej siły dowolnej w mięśniach lub odpowiedniego momentu siły [4], jest pierwszorzędnym czynnikiem ograniczającym mobilność w tej grupie pacjentów [10]. Wiadomo, że pacjentów z MPD w porównaniu ze zdrowymi rówieśnikami cechuje mniejsza siła mięśniowa [11, 12]. Dotyczy to wszystkich grup mięśniowych kończyn dolnych [13]. Dowiedziono, że siła mięśniowa kończyn dolnych jest dodatnio skorelowana z poziomami D (stanie) i E (chodzenie, bieganie, skakanie) skali oceny funkcjonalnej motoryki dużej (ang. *Gross Motor Function Measure* – GMFM), niektórymi parametrami chodu oraz wydajnością energetyczną chodu wyrażoną wskaźnikiem EEI (ang. *Energy Expenditure Index*) [10, 14]. W związku z tym, logiczne wydawało się postawienie hipotezy, że zwiększenie siły mięśniowej może prowadzić do poprawy mobilności u dzieci i nastolatków z tą grupą zaburzeń [11].

Istnieją doniesienia, że trening siłowy (TS) może mieć pozytywny wpływ, zarówno na poziomie struktury, jak i na poziomie aktywności u pacjentów z MPD [15, 16]. W ostatnim czasie obserwuje się wzrost zainteresowania TS, zarówno wyizolowanych mięśni, jak i grup mięśniowych, jako sposobu usprawniania w tej grupie pacjentów. Niemniej jednak, w związku z rozpowszechnieniem wśród fizjoterapeutów założeń koncepcji usprawniania neurorozwojowego (ang. *neurodevelopmental treatment* – NDT), zgodnie z którymi wzmocniony wysiłek fizyczny oraz TS mogą zwiększać patologiczne napięcie mięśniowe i pogłębiać nieprawidłowe wzorce ruchowe, często odradza się używania TS jako formy rehabilitacji dzieci z MPD [17, 18].

CEL PRACY

Z powodu braku w literaturze polskojęzycznej doniesień na temat TS u dzieci i młodzieży z MPD, za cel pracy przyjęto przedstawienie zagadnienia oraz ustalenie na podstawie przeglądu światowego piśmiennictwa, czy TS kończyn dolnych może być skuteczny i bezpieczny w tej grupie pacjentów.

Zgodnie z regułami Medycyny Opartej na Dowodach Naukowych (ang. *Evidence Based Medicine* – EBM) podczas wyboru metody leczenia czy terapii należy wybierać te metody, których skuteczność najlepiej udokumentowano naukowo [19]. W związku z powyższym, wyniki oceniano biorąc pod uwagę poziom dowodu naukowego Sacketta [20] oraz dodatkowo poziom dowodu naukowego wg AACPD (ang. *American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine*) [8]. Wyniki przedstawiono zgodnie ze strukturą ICF [21, 22].

METODY

Przeszukano medyczne bazy danych MEDLINE, PubMed, EMBASE, PEDro, Cochrane, używając słów kluczowych: mózgowo porażenie dziecięce (ang. *cerebral palsy*) w połączeniu z: trening siłowy (ang. *strength training*, *strengthening*), progresywny trening siłowy (ang. *progressive strength training*) lub trening oporowy (ang. *resistance training*). Do przeglądu zakwalifikowano publikacje dotyczące TS kończyn dolnych dzieci i młodzieży z MPD. Dodatkowym kryterium włączenia była data publikacji: od stycznia 1995 roku do marca 2013 roku. Wyłączono publikacje dotyczące TS po zabiegach chirurgicznych oraz porównujące lub łączące TS z inną formą rehabilitacji. Różnorodność badań w odniesieniu do pacjentów (rodzaj MPD), interwencji (rodzaj, intensywność, czas trwania TS) pomiaru rezultatów (narzędzia badawcze, jednostki pomiarów) oraz metodologicznej jakości badań nie pozwoliły na przeprowadzenie analizy ilościowej – metaanalizy. Wyniki zostały przedstawione w formie tabelarycznej z podziałem na prace randomizowane (ang. *randomized controlled trials* – RCTs) i nierandomizowane (ang. *non-randomized controlled trials* – nRCTs) (tab. I, II). W tabelach ograniczono się do podania wyników w postaci graficznej (\uparrow / \downarrow / –), dokumentując fakty istotnego statystycznie wzrostu lub spadku wartości badanej zmiennej bądź braku zmian. Taka forma prezentacja wyników została zaczerpnięta z artykułu przeglądowego opublikowanego w „Journal of Rehabilitation Medicine” [8]. Powyższy wybór był podyktowany wygodą czytelnika i łatwością weryfikacji danych. W celu oznaczenia występujących skrótów w tabelach, wymagających objaśnienia lub rozwinięcia, użyto liter alfabetu w indeksie górnym.

WYNIKI

Po przeszukaniu medycznych baz danych zidentyfikowano 41 publikacji, w tym 10 prac przeglądowych. Odrzucono dwie publikacje oceniające TS po zabiegach chirurgicznych [23,24], cztery oceniające wykorzystanie TS u dorosłych pacjentów z MPD [25–28], cztery porównujące lub łączące TS z inną formą rehabilitacji [29–32], jedną dotyczącą TS kończyny górnej [33]. Do jednej pracy [34] nie uzyskano pełnego dostępu. Ostatecznie szczegółowej analizie poddano 19 publikacji, które spełniały kryteria włączenia do przeglądu (tab. I, II). W tabeli I przedstawiono siedem prac RCTs, w tabeli II – 12 prac nRCTs. Z powodu analizy dużej liczby zmiennych, wśród prac RCTs Scholtes i wsp. [35, 36] oraz wśród prac nRCTs Damiano i wsp. [37, 38] przedstawili wyniki swoich badań, dzieląc je na dwie publikacje. Niemniej jednak analiza dotyczyła tych samych grup badanych. W naszej pracy przedstawiono te badania jako jedno badanie RCT i jedno nRCT (tab. I, II).

Trzy RCTs zostały ocenione na poziomie 1b, trzy na poziomie 2b wg Sacketta. Według kryteriów AACPD wszystkie publikacje oceniono na poziomie II. Wśród badań nRCTs wszystkie prace oceniono na poziomie 4 wg poziomu naukowego AACPD, wg poziomu naukowego Sacketta dziesięć prac oceniono na poziomie 4, jedną na poziomie 5 (tab. I, II).

Tab. 1. Przegląd badań randomizowanych z użyciem treningu siłowego u dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym *Overview of randomized controlled trials using strength training in children and adolescents with cerebral palsy*

Autor i data badania <i>Author and date of study</i>	Poziom dowodu naukowego ^a <i>Level of evidence^a</i>	Grupa badana (liczba uczestników; GMFCS ^b , rodzaj MPD; grupy: płeć; wiek ^c) <i>Subjects (participants number; GMFCS^b; type of CP; groups: gender; age^c)</i>	Interwencja terapeutyczna <i>Therapeutic intervention</i>	Ocena Evaluation			Wyniki Results		
				GE ^d	GK ^e	FU ^f	GE ^d	GK ^e	FU ^f
Dodd K.J. i wsp. (2003) [48]	II / 1B	-N = 21; -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna; -8-18; -GE: N = 11; 7♀, 4♂; 12,7 ± 2,8; -GK: N = 10; 4♀, 6♂; 13,5 ± 3,4;	-6-tyg. funkcjonalny TS; -3 ćwiczenia, 3x/tydz., 3 serie/8-10 powtórzeń; -progresa - dodanie wolnego obciążenia do plecaka; -po 2 i 4 tygodniu wzrost obciążenia treningowego; -TS indywidualny w domu pacjenta; -12-tyg. FU;	Sila mm. (dynamometr) [kg]	-	-	-	-	-
Dodd K.J. i wsp. (2004) [49]	II / 2B	-N = 17; -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna; -GE: N = 10; 6♀, 4♂; 12,3 ± 2,5; -GK: N = 7; 3♀, 4♂; 11,9 ± 2,6;	jw. Dodd K.J i wsp. [48];	Samoocena dziecka <i>(Self-Perception Profile for Children)</i>	-	-	-	-	-
Unger M. i wsp. (2006) [45]	II / 2B	-N = 31; -spastyczna hemiplegia (N = 16) i diplegia (N = 15); -GE: N = 21; 8♀, 13♂; 15,9 (13,5–18,9); -GK: N = 10; 4♀, 6♂; 16,3 (14–18,3)	-8-tyg. progresywny TS – trening obwodowy (28 stacji); -indywidualnie dobrane + ćwiczenia mięśni tułowia; -1-3x/tydz., 8-12 ćwiczeń / 6-10 powtórzeń; -wzrastający opór w momencie uzyskania 3 serii/12 powtórzeń; -wolne obciążenie; -5 min rozgrzewka (rower stacjonarny); -TS grupowy w szkole specjalnej;	Chód (3DGA ^h)	-	-	-	-	-
				suma wartości kątowych w st. skokowym, kolanowym i biodrowym w środkowej fazie podporu [°]	-	-	-	-	-
				prędkość [mm/s]	-	-	-	-	-
				długość kroku [mm]	-	-	-	-	-
				miarowość [liczba kroków/min]	-	-	-	-	-
				Kwestionariusz postrzegania własnej osoby (<i>Piers Harris Children's Self-Concept Scale</i>)	-	-	-	-	-
				obraz ciała	-	-	-	-	-
				kompetencje funkcjonalne	-	-	-	-	-

Autor i data badania <i>Author and date of study</i>	Poziom dowodu naukowego ^a <i>Level of evidence^a</i>	Grupa badana (liczba uczestników; GMFCS ^b ; rodzaj MPD; grupy: płeć; wiek ^c) <i>Subjects (participants number; GMFCS^b; type of CP; groups: gender; age^c)</i>	Interwencja terapeutyczna <i>Therapeutic intervention</i>	Ocena Evaluation	Wyniki Results GE ^d GK ^e FU ^f GE vs. GK
Engsberg J.R. i wsp. (2006) [52]	II / 2B	-N = 12; -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna; -6-13; -GE (3 podgrupy): 1) TS zginaczy grzbietowych stopy: N = 3; 3♀; 12,5 ± 5,4; 2) TS zginaczy podszwowych stopy: N = 4; 2♀, 2♂; 8,6 ± 2,3; 3) TS zginaczy grzbietowych i podszwowych stopy: N = 2; 2♀; 7,6; -GK: N = 3; 2♀, 1♂; 10,7 ± 2,2;	-12-tyg. progresywny TS; -3x/tydz; 3 serie po 5 powtórzeń z prędkością 30°/s i 3 serie po 5 powtórzeń z prędkością 90°/s, koncentrycznie i ekscentrycznie, 2 min przerwą pomiędzy seriami; -obciążenie - 80% maks. wartości dla każdej prędkości; -progresja zapewniona używając sprzętu treningowego; -rozgrzewka, powysiłkowa restytucja; -TS indywidualny w sali gimnastycznej;	Siła mm. (dynamometr) [Nm/kg] koncentrycznie (30°/s) - - ekscentrycznie (30°/s) ↑ - koncentrycznie (90°/s) - - ekscentrycznie (90°/s) ↑ - Spastyczność (dynamometr) [J/(°/s)] zgięcie podszwowe ↓ - zgięcie grzbietowe - - Chód (3DGA) prędkość [cm/s] - - miarowość [liczba kroków/min] - - długość kroku [cm] - - min. zgięcie st. kolanowego [°] ↓ - zgięcie grzbietowe w f. kontaktu pięty z podłożem [°] - - maks. zgięcie grzbietowe w f. podporu [°] - - maks. zgięcie grzbietowe w f. przenoszenia [°] - - Motoryka duża (GMFm) [score] GMFm D i E ↑ - Jakość życia (Peds QL 4.0) rodzic ↑ - dziecko - - ROM ^g (goniometr) [°] końcowy zakres ruchu zgięcia grzbietowego - -	Motoryka duża (GMFm) [%] GMFm D i E ↑ Chód (10mWT) prędkość [m/min] - Siła mm. (Nicholas Manual Muscle Tester) [kg] prostowniki st. kolanowego - 1RM STS ^h [kg] ↑ Wydatek energetyczny (Physiological Cost Index) [(HR ^{work} - HR ^{rest}) / prędkość chodu] ↓
Liao H.F. i wsp. (2007) [41]	II / 1B	-N = 20; -diplegia spastyczna; -GMFCS poziom I-II; -5-12; -GE: N = 10; 3♀, 7♂; 7,1 ± 1,7; -GK: N = 10; 5♀, 5♂; 7,6 ± 1,5;	-6-tyg. progresywny, funkcjonalny TS; -3x/tydz, 3 serie/dzień, 1-3 min przerwy między seriami; -progresja - kamizelka z obciążeniem – stopniowy wzrost obciążenia regulowany od 20% (2 pierwsze serie) do 50% (ostatnia seria) 1RM ^m ; -5-10 min rozgrzewki i powysiłkowa restytucja; -TS indywidualny w domu pacjenta;	Motoryka duża (GMFm) [%] GMFm D i E ↑ Chód (10mWT) prędkość [m/min] - Siła mm. (Nicholas Manual Muscle Tester) [kg] prostowniki st. kolanowego - 1RM STS ^h [kg] ↑ Wydatek energetyczny (Physiological Cost Index) [(HR ^{work} - HR ^{rest}) / prędkość chodu] ↓	Motoryka duża (GMFm) [%] GMFm D i E ↑ Chód (10mWT) prędkość [m/min] - Siła mm. (Nicholas Manual Muscle Tester) [kg] prostowniki st. kolanowego - 1RM STS ^h [kg] ↑ Wydatek energetyczny (Physiological Cost Index) [(HR ^{work} - HR ^{rest}) / prędkość chodu] ↓

Scholtes V.A. i wsp. (2010, 2012) [35, 36]	II / 1B	-N = 49; -spastyczna diplegia (N = 32) i hemiplegia (N = 17); -GMFCS poziom I-III; -6-13; -GE: N = 24; 8♀, 16♂; 10,4 ± 1,10; -GK: N = 25; 12♀, 13♂; 10,3 ± 2,3;	-12-tyg. progresywny funkcjonalny TS; -4 ćwiczenia, 5-stacyjny obwód; -3x/tydz, 3 serie/8 powtórzeń, 90 s przerwy pomiędzy seriami; -progresja od 25 do 100% 8RM w zależności od ćwiczenia, dodawanie obciążenia do dopasowanej kamizelki; -progresja co 2 tyg. od 4 tyg. treningu; -5-10 min rozgrzewka i powysiłkowa restytucja (stretching i aerobic); -TS grupowy w szkołach specjalnych (grupy 4-5 os.); -6-tyg. FU;	<u>Mobilność</u> GMFM-66 [score] - 30 s STS [lp] - 30 s LSU ^p [lp] - TST [s] - kwestionariusz ograniczeń mobilności (MobQues-28) - Siła mm. (dynamometr) [N/kg] - zginacze st. biodrowego - odwodziciele st. biodrowego ↑ zginacze st. kolanowego - prostawniki st. kolanowego ↑ zginacze podszewowe st. skokowego - wszystkie ↑ 6RM [% masy ciała] ↑ Moc anaerobowa [W/kg] - Spastyczność (skala Tardieu) - Chód - -10mWT - prędkość [m/s] - miarowość [liczba kroków/min] - długość kroku [m] - -1minWT - prędkość [m/s] - ROM [goniometr] [°] - przywodzenie stawu biodrowego - prostowanie stawu kolanowego - zginanie stawu kolanowego - zginanie podszewowe stawu skokowego - <u>Zajęcia sportowe (kwestionariusz CAPE)</u> -
--	---------	--	--	--

a – zgodnie z wytycznymi poziomu dowodu naukowego AACPD(M/Sackett's Levels of Evidence); b – System Klasyfikacji Funkcji Motoryki Dużej (ang. *Gross Motor Function Classification System*); c – wiek wyrażony latami. miące ± odchylenie standardowe; d – grupa eksperymentalna; e – grupa kontrolna; f – długoterminowa ocena efektów; g – trening siłowy; h – skala oceny funkcjonalnej motoryki dużej (ang. *Gross Motor Function Measure*); i – m(metrowy)/min(minutowy) test chodu (ang. *mi(meter)/min(i)minute Walk Test*); j – test wchodzenia po schodach (ang. *timed stair test*); k – trójwymiarowa analiza chodu (ang. *three dimensional gait analysis*); l – bierny zakres ruchu (ang. *range of motion*); m – wielkość obciążenia z jakim pacjent jest w stanie wykonać jedno powtórzenie (ang. *one-repetition maximum*); n – przejście z siedzenia do stania (ang. *Sit-to-Stand*); o – tętno podczas chodu (ang. *walk*)/odpoczynku (ang. *rest*); p – wejście na stopień bokiem (ang. *Lateral Step-Up*).

Tab. II. Przegląd badań nierandomizowanych z użyciem treningu siłowego u dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym *Overview of non-randomized controlled trials using strength training in children and adolescents with cerebral palsy*

Autor i data badania <i>Author and date of study</i>	Poziom dowodu naukowego ^a <i>Level of evidence^a</i>	Grupa badana (liczba uczestników; GMFCS ^b , rodzaj MPD; grupy: płeć; wiek ^c) <i>Subjects (participants number; GMFCS^b; type of CP; groups: gender; age^c)</i>	Interwencja terapeutyczna <i>Therapeutic interventions</i>	Ocena <i>Evaluation</i>	Wyniki <i>Results</i>
					GE ^d GK ^e GE ^d vs. GK ^e FU ^f
Damiano D.L. i wsp. (1995) [37, 38]	IV / 4	-N = 39; -GE: N = 14; 4♀, 10♂; 9,1 ± 2,5; 6-14; -diplegia spastyczna; -zgięciowy wzorec chodu (ang. <i>crouch gait pattern</i>); -GK: dzieci zdrowe, N = 25; 8,2 ± 2,1; 3-13;	-6-tyg. progresywny TS ^g ; -3x/tydz., 4 serie/5 powtórzeń, 1 min przerwy pomiędzy seriami; -obciążenie 1 tydz. - 65% 1RM ^h ; -progresywnie wzrastające obciążenie proporcjonalnie do uzyskania wzrostu siły mięśniowej; -ćwiczenia koncentryczne i ekscentryczne; -wolne obciążenie; -5min rozgrzewka (stretching kończyn dolnych); -TS indywidualny w domu pacjenta;	Siła mm. (dynamometr) [N] -prostOWNIKI st. kolanowego (pozycja wyjściowa st. kolanowego w °) 30° ↑ - 60° ↑ - 90° ↑ - -zginacze st. kolanowego 90° - - prostOWNIKI / zginacze Chód (3DGA ^k) zgięcie st. kolanowego w f. kontaktu pięty z podłożem [°] ↓ maks. wyprost st. kolanowego w f. podporu [°] - - prędkość [cm/s] - długość kroku [cm] ↑ miarowość [liczba kroków/min] -	
MacPhail H.E.A. i wsp. (1995) [53]	IV / 4	-GE: N = 17; 15,8 ± 3,1; 12-20; -diplegia spastyczna (N = 7), -hemiplegia spastyczna (N = 9), -kwadruplegia spastyczna (N = 1);	-8-tyg. TS; -3x/tydz., 3 serie/5 powtórzeń; -progresja zapewniona przez wzrost oporu z wykorzystaniem maszyny; -3 submaks. wysiłki podczas rozgrzewki; -15 ćwiczeń koncentrycznych, 15 ćwiczeń ekscentrycznych; -TS indywidualny w sali gimnastycznej; -12-tyg. FU;	Siła mm. (dynamometr) [90°/s] [Nm/kg] ↑ - Motoryka duża (GMFMP) [score] GMFM D i E ↑ - Chód (3minWT) prędkość [m/s] - - wydatek energetyczny (EEI ⁱ) [(HR ^{walk} - HR ^{rest})/prędkość chodu] - - Spastyczność (MAS ^j) - -	

Damiano D.L. i wsp. (1998) [43]	IV / 4	<p>-N = 27; -GE: N = 11; 8,8 ± 2,3; 6-12; diplegia (N = 6), hemiplegia (N = 5); -GK: dzieci zdrowe, N = 16; 8,2 ± 2,4; 5-12;</p> <p>-6-tyg. progresywny TS; -3x/tydz., 4 serie/5 powtórzeń; -obciążenie 65% maks. siły izotonicznej; -progresywnie wzrastające obciążenie proporcjonalnie do uzyskania wzrostu siły mięśniowej; -wolne obciążenie; -TS indywidualny w domu pacjenta;</p>	Sila mm. (dynamometr) [N]	↑			
			Motoryka duża (GMFM) [%]	-			
			GMFM Total	-			
			GMFM E	↑			
			Chód (3DGA)	↑			
			prędkość [m/s]	↑			
			długość kroku [m]	-			
			miarowość [liczba kroków/min]	↑			
			wydatek energetyczny (EEI) [(HRwalk – HRrest)/prędkość chodu]	-			
			podwójne podparcie [%]	-			
			% fazy podporu [% cyklu chodu]	-			
			Spastyczność (prostowniki st. kolanowego)				
			liczba oscylacji	-			
			czas trwania oscylacji [s]	-			
			pierwsze wychylenie w fazie przenoszenia [°]	-			
Fowler E.G. i wsp. (2001) [40]	IV / 4	<p>-N = 36; -GE: N = 24; 11,4 ± 3,0; 7-17; diplegia spastyczna; -GK: dzieci zdrowe, N = 12; 11,6 ± 3,5; 7-17;</p> <p>-test wahadła przy pomocy elektrogoniometru z EMG dla prostowników st. kolanowego; -test wahadła /A/ test wahadła / 5min przerwy; test wahadła /B/ test wahadła / 5min przerwy; test wahadła /C/ test wahadła / 5min przerwy; -A - 5 izometrycznych, B - 5 izotonicznych, C - 5 izokinetycznych ćwiczeń oporowych;</p>	Spastyczność (prostowniki st. kolanowego)				
			liczba oscylacji	-			
			czas trwania oscylacji [s]	-			
			pierwsze wychylenie w fazie przenoszenia [°]	-			
			McBurney H. i wsp. (2003) [50]	IV / 4	<p>-GE: N = 11; 7 ♀, 4 ♂, 12,9 ± 2,10; jw. Dodd K.J. i wsp. [46] -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna;</p>	Struktury ciała	↑
						Aktywność	↑
						Partycypacja	↑

Autor i data badania <i>Author and date of study</i>	Poziom dowodu naukowego ^a <i>Level of evidence^a</i>	Grupa badana (liczba uczestników; GMFCS ^b ; rodzaj MPD; grupy: płeć; wiek ^c) <i>Subjects (participants number; GMFCS^b; type of CP; groups: gender; age^c)</i>	Interwencja terapeutyczna <i>Therapeutic interventions</i>	Ocena <i>Evaluation</i>	Wyniki <i>Results</i>
					GE ^d GK ^e GE ^d vs. GK ^e FU ^f
Blundell S.W. i wsp. (2003) [47]	IV / 4	-GE: N = 8; 1♀, 7♂; 6,3 ± 1,3; 4-8 -diplegia spastyczna (N = 7), kwadruplegia spastyczna (N = 1);	-4-tyg. funkcjonalny TS; -2x/tydz.; -grupowy trening stacyjny (+ bieżnia); -ćwiczenia wykonywane z intensywnością dobraną indywidualnie do maks. liczby powtórzeń; -progresja zapewniona poprzez: wzrost liczby powtórzeń / wzrost trudności powtórzeń, -rozgrzewka (stretching); -atmosfera zespołu (ang. "team atmosphere") -TS grupowy w szkole; -8-tyg. FU;	Siła mm. (dynamometr) [N] prostowłki st. biodrowego zginacze st. biodrowego prostowłki st. kolanowego zginacze st. kolanowego zginacze podszewne st. skokowego zginacze grzbietowe st. skokowego Funkcjonalna aktywność motoryczna test LSU ^g [jp] test STS ^h [jp] test min. wysokości krzesła [cm] Chód -10mWT [s] prędkość [m/s] długość kroku [m] miarowość [liczba kroków/min] -2minWT [m] Chód (10mWT) prędkość [m/s] miarowość [liczba kroków/min] długość kroku [cm] 3minWT [m] wydatek energetyczny (EEI) [(HRwalk – HRrest)/prędkość chodu]	↑ ↑ ↑ - - ↑ ↑ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↓
Eagleton M. i wsp. (2004) [39]	IV / 4	-GE: N = 7; 12-20;	-6-tyg. progresywny TS; -3x/tydz., 8-10 powtórzeń; -obciążenie 80% 1RM; -dodatkowo ćwiczenia mięśni tułowia; -progresja zapewniona przez: zwiększenie liczby powtórzeń obciążenia 80% 1RM / zwiększenie obciążenia i zmniejszenie liczby powtórzeń / zwiększenie liczby powtórzeń i zwiększenie obciążenia; -wolne obciążenie, maszynny treningowe, Thera-Band; -przed i po treningu stretching; -TS grupowy w szkole lub sali gimnastycznej;	Chód (10mWT) prędkość [m/s] miarowość [liczba kroków/min] długość kroku [cm] 3minWT [m] wydatek energetyczny (EEI) [(HRwalk – HRrest)/prędkość chodu]	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↓

Morton J.F. i wsp. (2005) [44]	IV / 4	<p>-GE: N = 8; 4♀, 4♂; 8,5; 6-11; -GMFCS poziom III; -diplegia spastyczna;</p>	-6-tyg. progresywny TS; -3x/tydz.; 3 serie/5 powtórzeń; -obciążenie 65% z uzyskanej średniej maks. wartości siły izometrycznej -progresja: od 3 serie/5 powtórzeń do 4 serie/5 powtórzeń / 3 serie/10 do uzyskania łatwości w wykonywaniu powtórzeń; -wolne obciążenie; -TS grupowy w sali gimnastycznej lub szkole specjalnej; -4-tyg. FU;	Sila mm. (myometr) (60°/s) [kgF]	↑
			prostawniki st. kolonowego	↑	
			zginacze st. kolonowego	↑	
			Opór na bierne rozciąganie (myometr) (60°/s) [kgF]		
			prostawniki st. kolonowego	-	
			zginacze st. kolonowego	-	
			Motoryka duza (GMFMD) [%]		
			GMFMD	-	
			GMFME	↑	
			Chód (10mWT)		
			prędkość [m/s]	-	
			miarowość [liczba kroków/min]	↑	
			długość kroku [m]	-	
			Eek M.N. i wsp. (2008) [42]	IV / 4	<p>-GE: N = 16; 2♀, 14♂; 12,6 ± 1,9; 9-15; -GMFCS poziom I-II; -diplegia spastyczna;</p>
prostawniki st. biodrowego	↑				
zginacze st. biodrowego	↑				
odwodziciele st. biodrowego	↑				
przewodziciele st. biodrowego	↑				
prostawniki st. kolonowego	-				
zginacze st. kolonowego	↑				
zginacze grzbietowe st. skokowego	-				
zginacze podszwowe st. skokowego	-				
Motoryka duza (GMFMD) [score]					
GMFMD i E	↑				
Chód (3DGA)					
prędkość [m/sec]	-				
długość kroku [m]	-				
miarowość [liczba kroków/min]	↓				
moment sił prostujących st. biodrowy [Nm/kg]	↑				
moc zginaczy podszwowych st. skokowego [W/kg]	↑				
ROM® (goniometr) [°]					
prostawniki st. biodrowego	-				
odwodziciele st. biodrowego	-				
zginacze st. kolonowego	-				
kąt podkolanowy	↑				
zginacze grzbietowe st. skokowego	-				
Spastyczność (MAS)	-				

Autor i data badania <i>Author and date of study</i>	Poziom dowodu naukowego ^a <i>Level of evidence^a</i>	Grupa badana (liczba uczestników; GMFCS ^b ; rodzaj MPD; grupy: płeć; wiek ^c) <i>Subjects (participants number; GMFCS^b; type of CP; groups: gender; age^c)</i>	Interwencja terapeutyczna <i>Therapeutic interventions</i>	Ocena <i>Evaluation</i>	Wyniki <i>Results</i>
			Wyniki Results		
			Ocena Evaluation		
			Wyniki Results		
McNee A.E. i wsp. (2009) [51]	IV / 5	-GE: N = 13; 6♀, 7♂; 10,11 ± 3,0; 6-16; -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna (N = 8), hemiplegia spastyczna (N = 5);	-10-tyg. progresywny TS; -4x/tydz., 3-4 serie/6-12 powtórzeń, 2min odpoczynku pomiędzy seriami; -progresja w momencie uzyskania 12 powtórzeń poprzez dodanie obciążenia do plecaka lub użycie gum Thera-Band; -3-5min rozgrzewka i powysyłkowa restytucja (stretching); -TS indywidualny w domu pacjenta; -12-tyg. FU;	ROM (goniometr) [°] zgięcie grzbietowe st. skokowego (st. kolanowy w wyprostie) zgięcie grzbietowe st. skokowego (st. kolanowy w zgięciu) Mobilność test TUG ^d [s] skala FMS ^e kwestionariusz Gillette FAQ ^w Wspinanie na palcach (ip) Chód (3DGA) zgięcie st. kolanowego (pojedyncze podparcie) [°] maks. zgięcie grzbietowe st. skokowego (druga połowa fazy podporu) [°] miarowość [liczba kroków/min] prędkość [m/s] czas spędzony w single support [%] Objętość mięśnia brzuchatego łydki (3DUS ^x) medialis [ml] medialis [ml/kg] lateralis [ml] lateralis [ml/kg]	GE ^d GK ^e FU ^f GE vs. GK ↑ - - - - - - ↑ - - - ↑ ↑ ↑ ↑ -

Damiano D.L. i wsp. (2010) [46]	IV / 4	-GE: N = 8; 5♀, 3♂; 5,5 – 13,4; -GMFCS poziom I-III; -diplegia spastyczna; -zgięciowy wzorzec chodu „crouchi” z rotacją wewnętrzną w stawie biodrowym;	-8-tyg. progresywny TS; -3x/tydz., 8-10 powtórzeń; -wolne obciążenie, maszyny treningowe; -intensywność dobrana indywidualnie; -wielkość obciążenia oparta na liczbie powtórzeń wykonanych przed zmęczeniem; -rozgrzewka i powysiłkowa restytucja (stretching, 5 min chód na bieżni); -TS indywidualny w domu pacjenta;	Chód [3DGA] kinematyka [°] prędkość [m/s] długość kroku [m] miarowość [liczba kroków/min] Siła mm. (dynamometr) (30°/s) prostowniki st. biodrowego prostowniki st. kolanowego ROM (goniometr) [°] prostowanie st. biodrowego prostowanie st. kolanowego Spastyczność [AS] ^s Sprawność fizyczna i jakość życia [PedsQL 3.0 CP Module]	- - - - - ↑ - - - ↓ - -
---------------------------------	--------	---	---	---	--

Symbole jak w Tab. 1; r – wskaźnik wydajności energetycznej (ang. *Energy Expenditure Index*); s – zmodyfikowana skala Ashwortha (ang. *Modified Ashworth Scale*); skala Ashwortha (ang. *Ashworth Scale*); t – wstań i idź (ang. *Timed Up&Go*); u – skala mobilności funkcjonalnej (ang. *Functional Mobility Scale*); w – kwestionariusz oceny funkcjonalnej (ang. *Functional Assessment Questionnaire*); x – trójwymiarowa ultrasonografia (ang. *three dimensional ultrasonography*).

Charakterystyka grup badanych

Łącznie w wybranych publikacjach w badaniach dotyczących TS wzięło udział 287 pacjentów z postacią spastyczną MPD, w tym 226 z rozpoznaniem diplegia, 52 hemiplegia i 2 kwadriplegia. W badaniu Eagletona i wsp. [39] nie podano informacji o rozpoznaniu i średnim wieku badanych. Wszyscy pacjenci biorący udział w badaniach zostali ocenieni w skali GMFCS (ang. *Gross Motor Function Classification System*) na poziomie I–III. Pacjenci z MPD stanowili grupy eksperymentalne (N = 226) i kontrolne (N = 65). W grupie eksperymentalnej badanie obejmowało osoby w wieku od 4. do 19. roku życia. Średni wiek badanych wynosił 10 lat i 6 miesięcy (SD 3 lata, 3 miesiące). W grupie kontrolnej badanie obejmowało osoby w wieku od 5. do 19. roku życia. Średni wiek badanych wynosił 11 lat i 5 miesięcy (SD 3 lata, 2 miesiące). W 3 badaniach [37, 38, 40] wzięły udział dzieci zdrowe w wieku od 3. do 17. roku życia, tworząc grupy kontrolne. Średni wiek dzieci zdrowych w grupach kontrolnych wynosił 9 lat i 3 miesiące (SD 2 lata, 2 miesiące).

Metodyka treningu siłowego

Czas trwania TS wynosił najczęściej sześć tygodni (4–12), z częstotliwością trzy razy w tygodniu (2–4), z liczbą serii wynoszącą trzy (2–4), liczbą powtórzeń osiem (5–12). Określenie intensywności i obciążenia TS, ustalanego na podstawie maksymalnej wielkości obciążenia, z jakim pacjent jest w stanie wykonać jedno powtórzenie (ang. *one-repetition maximum* – 1RM), oceniono w pięciu pracach [35–39, 41, 42]. W pozostałych badaniach wykorzystano inne kryteria określenia intensywności. Progresję TS zapewniono, używając wolnego obciążenia [37, 39, 43–46] masy ciała pacjenta [42, 47], plecaka z dodawanym obciążeniem [48–51], kamizelki z dodawanym obciążeniem [35, 36, 41] elastycznych gum [39, 42, 51], specjalistycznych maszyn [39, 46, 52, 53]. Większość publikacji w protokole badania zawierała rozgrzewkę (ang. *warm-up*) (N = 13) [35–39, 41, 42, 45–47, 51–53] oraz powysiłkową restytucję (ang. *cool-down*) (N = 7) [35, 36, 39, 41, 46, 51, 52], do których wykorzystywano rower stacjonarny, cykloergometr, bieżnię, stretching, step-up, ergometr wiosłarski. TS wykonywany był zarówno indywidualnie w warunkach domowych [37, 38, 41–43, 46, 48–51], jak i grupowo w szkole lub ośrodku rehabilitacji [35, 36, 39, 44, 45, 47, 52, 53].

Uzyskane rezultaty oceniono, biorąc pod uwagę poziomy według skali ICF:

1. Struktura.

Siła mięśniowa w czterech RCTs [35, 36, 48, 52] i sześciu nRCTs [37, 38, 43, 45, 47, 53] była mierzona za pomocą dynamometru. W pozostałych pracach użyto testu manualnego (*Nicholas Manual Muscle Tester*) [41] lub myometru [42,44]. Najczęściej badano wpływ TS na siłę prostowników (12) [35–38, 41, 42–44, 46–48, 53] i zginaczy stawu kolanowego (8) [35–38, 42–44, 47] oraz zginaczy podszwowych stawu skokowego (7) [35, 36, 42, 43, 47, 48, 52]. Ponadto analizowano siłę zginaczy (5) [35, 36, 42, 43, 47], prostowników (5) [42, 43, 46–48], odwodzicieli (4) [35, 36, 42, 43] i przywodzicieli (2) [42, 43] stawu biodrowego, a także zginaczy grzbietowych stawu skokowego (4) [42, 43, 47, 52]. Istotny statystycznie wzrost momentów siły mięśniowej w grupie eksperymen-

talnej zaobserwowano w jednym z siedmiu badań RCTs (0,26–0,3 Nm/kg – 29,5–35,7%) [52] oraz w siedmiu na dwanaście nRCTs (5–161%) [37, 38, 42–44, 46, 47, 53]. Wśród badań nRCTs najmniejszy zaobserwowany efekt wynosił 2,3 Nm (~5%) [42] i dotyczył zwiększenia siły mięśniowej zginaczy stawu kolanowego. Największy zaobserwowany wzrost 84 N (~161%), dotyczył zwiększenia siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego [37, 38]. Ponadto wzrost siły mięśniowej w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną zanotowano w dwóch badaniach RCTs: o 5,7 N/kg (~15%) – dotyczył wzmocnienia zginaczy podszwowych stawu skokowego w połączeniu z prostownikami stawu kolanowego [48] i o kolejno 0,27 N/kg masy ciała i 0,56 N/kg masy ciała (11%, 12%) w grupie mięśni odwodzicieli stawu biodrowego i prostowników stawu kolanowego [35, 36].

W badaniach McNee i wsp. [51] w grupie eksperymentalnej zaobserwowano zwiększenie objętości części bocznej mięśnia brzuchatego łydki o średnio 7,6 ml (~18%) i części przysródkowej o średnio 13,8 ml (~24%), mierzonej za pomocą USG.

W żadnym z analizowanych badań, TS nie wpłynęła na wzrost spastyczności. Odnotowano jej zmniejszenie w grupie eksperymentalnej podczas zgięcia podszwowego stawu skokowego o 50% [0,006 J/(°s)] [52]. Do oceny spastyczności używano dynamometru [52], skal: Tardieu [35, 36], Ashwortha [46], zmodyfikowanej skali Ashwortha [42, 53], myometru [44] i testu wahadła [40].

Stwierdzono, że TS może wywierać zróżnicowany wpływ na bierny zakres ruchu. Zaobserwowano zarówno istotne statystycznie zwiększenie (1°) [42], jak i zmniejszenie (3°) [46] biernego zakresu ruchu (ang. *range of motion* – ROM) w badaniu kąta podkolanowego, w grupie eksperymentalnej. W każdym badaniu do pomiaru wykorzystano goniometr.

2. Aktywność.

W celu zmierzenia zmian w motoryce dużej w dziewięciu badaniach – pięciu RCTs [35, 36, 41, 48, 52] i czterech nRCTs [42–44, 53] wykorzystano skalę oceny funkcjonalnej motoryki dużej GMFM (ang. *Gross Motor Function Measure*). W 2 RCTs i 1 nRCT uzyskano poprawę w połączonych poziomach D (stanie) i E (chodzenie, bieganie i skakanie) o kolejno 5% [52] i 6% [42] w grupie eksperymentalnej oraz o 6,1% w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną [41]. W badaniu MacPhaila i Kramera z powodu dychotomicznego charakteru danych nie udało się określić wielkości efektu [53]. Ponadto w dwóch nRCTs poprawę zanotowano w grupie eksperymentalnej jedynie w sekcji E o odpowiednio 2% [43] i 4% [44].

W 14 badaniach oceniano wybrane parametry chodu. W siedmiu badaniach (2 RCTs, 5 nRCTs) użyto trójwymiarowej analizy chodu (ang. *three dimensional gait analysis* 3 – DGA) [37, 38, 42, 43, 45, 46, 51, 52], w pozostałych (3 RCTs, 4 nRCTs) czasowych testów chodu (ang. *timed walking test* – TMT) [35, 36, 39, 41, 44, 47, 48, 53].

W badaniach RCTs istotne statystycznie wyniki uzyskano w dwóch parametrach chodu, używając 3DGA.

Zmniejszeniu uległa suma wartości kątowych w stawach skokowym, kolanowym i biodrowym w środkowej fazie podporu (ang. *midstance*) w grupie eksperymentalnej o 4,9° (~10%) w porównaniu z grupą kontrolną, gdzie suma ta uległa zwiększeniu o 2,6° (~6%) [45]. Zaobserwowano również zmniejszenie o 3° (~16%) minimalnego zgięcia w stawie kolanowym w tej fazie chodu [52]. W testach chodu TMT nie uzyskano istotnych statystycznie wyników.

W badaniach nRCTs uzyskano istotne statystycznie wyniki w sześciu parametrach chodu w 3DGA oraz w pięciu parametrach w analizie TMT. Wykorzystując 3DGA zaobserwowano zmniejszenie kąta zgięcia w stawie kolanowym, w fazie kontaktu pięty z podłożem (ang. *heel strike*), średnio o 5° (~16%), wydłużenie długości kroku o 8 cm (~11%) [37, 38], zwiększenie prędkości chodu o 8 m/s (~11%), zwiększenie i zmniejszenie liczby kroków na minutę o kolejno 8 (~8%) [43] i 1 (~1%) [42], zwiększenie momentu sił prostujących staw biodrowy o 0,12 Nm/kg (~18%) oraz zwiększenie generowania mocy podczas zgięcia podszwowego w stawie skokowym o 0,32 W/kg (~20%) [42]. Używając do oceny chodu 10-metrowego testu chodu zaobserwowano zmniejszenie czasu trwania testu o średnio 6,8 s (~33%), zwiększenie długości kroku o średnio 15 cm (~22%) [47], czy zwiększenie liczby kroków na minutę o średnio 15 (~16%) [44]. Eagleton i wsp. zanotowali istotną statystycznie poprawę parametrów chodu wyrażoną zwiększeniem prędkości lokomocji, miarowości chodu, długości kroku, czy pokonanego dystansu, oraz zmniejszeniem wydatku energetycznego wyrażonego wskaźnikiem EEI (ang. *Energy Expenditure Index*) [39]. Autorzy nie podali jednak szczegółowych wyników, jedynie prezentację graficzną, nie można zatem określić procentowej poprawy w wyżej wymienionych parametrach.

Poza chodem i motoryką dużą oceniano również mobilność za pomocą innych testów. Wśród badań RCTs nie zaobserwowano istotnych statystycznie wyników. W grupie badań nRCTs zarejestrowano istotne statystycznie zwiększenie liczby powtórzeń w teście LSU (ang. *Lateral Step-Up Test*) o średnio 4,8 (~160%), zwiększenie wartości w skali STS-MAS (ang. *Sit To Stand Test – Motor Assessment Scale*) o 0,5 (~33%), zmniejszenie minimalnej wysokości krzesła, z którego wstawało dziecko o 10,3 cm (~62%) [47], zwiększenie liczby powtórzeń w teście wspinania na palcach o średnio 9 (900%) [51]. Do oceny mobilności używano ponadto testów TST (ang. *Timed Stair Test*) [35, 36, 48], TUG (ang. *Timed Up & Go*) [51] oraz kwestionariuszy mobilności MobQues-28 [35, 36], FMS, Gillette FAQ [51].

3. Partycypacja (uczestnictwo w życiu codziennym)

Oceniano wpływ TS na samoocenę i jakość życia dziecka oraz rodzica/opiekuna. Wykorzystując różne kwestionariusze zaobserwowano, że TS może mieć wpływ zarówno pozytywny [45, 50, 52], negatywny [49], jak również może nie wpływać [46] na poszczególne obszary postrzegania życia przez pacjentów i ich rodziców/opiekunów. Unger i wsp. zaobserwowali polepszenie postrzega-

nia obrazu ciała o średnio 8% w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną, używając kwestionariusza *Piers Harris Children's Self-Concept Scale* [45]. Engsborg i wsp., używając kwestionariusza *Peds QL* zanotowali poprawę jakości życia rodzica/opiekuna o średnio 12% [52]. McBurney i wsp. przeprowadzali wywiad i dokonując oceny jakościowej zanotowali poprawę partycypacji dzieci po okresie 6-tygodniowego TS [50]. Dodd i wsp. w badaniu RCT stwierdzili zmniejszenie wartości samooceny postrzegania zdolności i gotowości do wykonywania zadań szkolnych przez dzieci o średnio 7% [49].

Długoterminowa ocena efektów

W siedmiu pracach (3 RCTs, 4 nRCTs) oceniono efekt długoterminowy TS [35, 36, 44, 47–49, 51, 53]. Średni czas trwania okresu po zaprzestaniu TS wynosił dziewięć tygodni (6–12 w badaniach RCTs; 4–12 w badaniach nRCTs).

W badaniach Dodda i wsp. [48, 49] zanotowano, po 12-tygodniach od zakończenia 6-tygodniowego TS, 28% wzrost siły mięśniowej połączonych grup zginaczy podeszwowych stawu skokowego i prostowników stawu kolanowego. Rezultat ten był większy od uzyskanego po 6-tygodniach o 13%. Zaobserwowano również utrzymujące się zmniejszenie wartości samooceny postrzegania kompetencji scholastycznych, ponadto, czego nie dowiedziono po 6 tygodniach, pogorszenie postrzegania akceptacji społecznej. Scholtes i wsp. zanotowali zmniejszenie biernego zakresu ruchu prostowania stawu kolanowego w 6. tygodniu po zakończeniu 12-tygodniowego TS. Efekt był istotny statystycznie i wynosił w grupie eksperymentalnej średnio 9,6° (~8%) [35, 36].

W badaniach nRCTs również zaobserwowano istotne statystycznie długoterminowe efekty TS. Morton i wsp. zanotowali utrzymujące się po 4 tygodniach od zakończenia 6-tygodniowego TS zwiększenie wartości siły mięśniowej mięśnia czworogłowego uda oraz grupy mięśni kulszowo-goleniowych w obu kończynach dolnych. W grupie mięśni kulszowo-goleniowych po 4 tygodniach przerwy efekt TS nie tylko się utrzymał, ale wzmożł dodatkowo o 13%. Ponadto zanotowano zmniejszenie oporu na bierne rozciąganie zarówno mięśnia czworogłowego uda, jak i grupy kulszowo-goleniowej o odpowiednio 0,8 kgF (~32%) i 0,4 kgF (~21%). Rezultatu takiego nie uzyskano bezpośrednio po 6 tygodniach TS. Wynik ten dotyczył jedynie kończyny dolnej lewej. O 1% wzrósł efekt TS na motorykę dużą (sekcja E GMFM) grupy eksperymentalnej [44]. McNee i wsp. donieśli, że w 12. tygodniu po 10-tygodniowym TS uległa dalszemu zwiększeniu objętość mięśnia brzuchatego łydki. Zaobserwowano długoterminową progresję wpływu TS na objętość zarówno jego części bocznej – o średnio 2,4% (z 7,6 ml – 17,9% wzrostu objętości na 8,6 ml – 20,3%), jak i przyśrodkowej – o średnio 13,6% (z 13,8 ml – 23,5% wzrostu objętości na 21,8 ml – 37,1%). W teście funkcjonalnym wspinania na palce wykazano, że długotrwały efekt TS polegający na zwiększeniu liczby powtórzeń utrzymał się. Średnia liczba powtórzeń była większa o 8,5 (850%) względem wyniku uzyskanego przed TS [51].

DYSKUSJA

W literaturze anglojęzycznej rośnie liczba publikacji dotyczących zastosowania TS w terapii MPD. To budzące kontrowersje zagadnienie nie było dotychczas podejmowane w polskich czasopismach specjalistycznych. Celem pracy jest wprowadzenie do bieżącego polskiego piśmiennictwa z zakresu rehabilitacji i fizjoterapii dzieci i młodzieży z MPD tematyki terapeutycznego wykorzystania TS oraz próba przedstawienia argumentów pomocnych w ustaleniu czy i kiedy ten rodzaj terapii może być skuteczny i bezpieczny.

Systematyczne przeglądy piśmiennictwa, w których poddaje się analizie badania RCTs mają większą siłę dowodu naukowego od przeglądów, w których wykorzystuje się badania nRCTs [54]. Przedstawiony tu przegląd piśmiennictwa włącza do analizy badania nRCTs z powodu małej liczby badań RCTs.

Poprawa niezależnego funkcjonowania jest najczęściej głównym celem terapeutycznym zarówno dzieci, ich rodziców, opiekunów, jak i lekarzy i fizjoterapeutów [55]. W związku z tym niezbędnym jest rozważanie wdrożenia interwencji fizjoterapeutycznej w terapię dziecka lub nastolatka tak, aby poprawa na poziomie strukturalnym związana była z poprawą aktywności, mobilności i partycypacji w życiu codziennym [56]. Takie podejście do problemu jest zgodne z modelem przewodnika ICF-CY zaproponowanego do planowania terapii dzieci z MPD [21]. Zgodnie z obecnymi standardami, podczas podejmowania decyzji dotyczącej wyboru jak najlepszej metody leczenia czy terapii pacjentów, powinny być stosowane zasady postępowania zgodne z Medycyną Opartą na Dowodach Naukowych (ang. *Evidence Based Medicine* – EBM) [57].

Wśród publikacji nRCTs w pięciu z dwunastu badań wzrostowi siły mięśniowej, będącej wynikiem TS, towarzyszyła poprawa wzorca chodu, aktywności czy mobilności. W badaniach Damiano i wsp. wzrost siły mięśniowej w grupie eksperymentalnej spowodował zmniejszenie kąta zgięcia stawu kolanowego w fazie kontaktu pięty z podłożem oraz wydłużenie kroku zarówno podczas chodu w tempie indywidualnym, jak i szybkim [37, 38]. Ten sam autor w innym badaniu zanotował ponadto, po zwiększeniu siły mięśniowej, poprawę w motoryce dużej (GMFM poziom E) oraz zwiększenie prędkości i miarowości chodu [43]. Podobnie jak w pracach Damiano i wsp., również w badaniu Mortona i wsp. uzyskano wzrost siły mięśniowej, poprawę w motoryce dużej (GMFM poziom E) oraz zwiększenie liczby kroków na minutę w grupie eksperymentalnej [44]. Blundell i wsp. uzyskali wzrost siły mięśniowej, co przełożyło się na poprawę funkcjonalnej aktywności motorycznej wyrażonej testami funkcjonalnymi oraz zmniejszenie czasu przejścia 10 metrów i wydłużenie długości kroku [47]. Wzrost siły mięśniowej w badaniu Eeka i wsp. zaowocował poprawą w motoryce dużej (GMFM poziomy D i E), zmniejszeniem miarowości oraz zwiększeniem momentu sił prostujących staw biodrowy i mocy generowanej przez zginacze podeszwowe stopy [42]. Przedstawione rezultaty mogą świadczyć o tym, że TS jest skuteczny w grupie dzieci i młodzieży z MPD, jednak z powodu dużej ilości różnic występujących pomię-

dzy tymi badaniami dotyczącymi zarówno grup badanych, interwencji terapeutycznej, narzędzi badawczych, jak i jakości metodologicznej nie można jednoznacznie stwierdzić, że TS wpływa w grupie dzieci i nastolatków na poprawę mobilności, aktywności czy partycypacji.

Autorzy przeglądów piśmiennictwa, w których włączono prace analizowane w niniejszym przeglądzie sugerują wprawdzie, że TS może być skuteczny wśród dzieci i młodzieży z MPD, jednak z powodu niskiej oceny poziomu dowodu naukowego oraz wspomnianych różnic pomiędzy badaniami zalecają, aby z ostrożnością traktować wyżej wymienione rezultaty [55, 58].

Z perspektywy EBM najwartościowszymi dowodami są wyniki otrzymane z metaanaliz badań RCTs oraz z badań RCTs [59]. W metaanalizie Scianni i wsp. [60], gdzie włączono badania RCTs grup badawczych Dodda, Engsberga i Liao obecne w tym przeglądzie, autorzy sugerują brak skuteczności czy wręcz bezwartościowość stosowania treningu siłowego w MPD. Należy zauważyć, że do metaanalizy włączone były również badania dotyczące treningu wytrzymałościowego czy elektrostymulacji. W związku z tym, niedługo po publikacji Scianni i wsp. pojawiła się odpowiedź Taylora [61], sugerująca, że nie jest rozsądne łączenie w metaanalizie tych interwencji terapeutycznych i wnioskowanie o nieskuteczności TS w MPD. Analiza wyników uzyskanych w badaniach RCTs z wyższą oceną poziomu dowodu naukowego zarówno wg Sacketta, jak i według *American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine* pokazuje, że obecne dowody dotyczące TS kończyn dolnych u dzieci i młodzieży z MPD są niewystarczające, aby potwierdzić lub odrzucić skuteczność rosnącej siły mięśni u dzieci z MPD, tym bardziej poprawy aktywności czy partycypacji po TS [8,62].

Brak jasnych dowodów i wytycznych co do TS w MPD skłoniło Verschurena i wsp. [62] do podjęcia trudu przeanalizowania protokołów treningowych badań RCTs. Za wzór prawidłowego treningu siłowego autorzy uznali zalecenia NSCA (ang. *National Strength and Conditioning Association*) dla TS u dzieci i młodzieży [63] sugerując, że dopóki nie będzie wiadomo więcej o nerwowo-mięśniowej adaptacji do treningu oporowego u dzieci i młodzieży z MPD, nie ma powodów, dla których wytyczne dla dzieci i młodzieży rozwijającej się w sposób prawidłowy nie mogą być stosowane jako punkt wyjścia przy konstruowaniu optymalnych protokołów dla dzieci i młodzieży z MPD [62]. Szczegółowa analiza badań pozwoliła stwierdzić, że objętość treningu rozumiana jako wykonana praca (proporcjonalna do liczby serii i liczby powtórzeń w serii), intensywność i częstotliwość TS są zgodne z wytycznymi przewodnika NSCA tylko w dwóch publikacjach [35, 48]. Rekomendowana długość treningu z uwzględnieniem faktu, że trening dotyczył dzieci i młodzieży z MPD, była zgodna z zaleceniami NSCA jedynie w badaniu Scholtes i wsp. [35]. W analizowanych przez Verschurena i wsp. badaniach RCTs, które zostały uwzględnione w naszym przeglądzie [35, 41, 48] podczas TS wykonywano ćwiczenia wielostawowe. Zgodnie z wytycznymi NSCA, właściwszym rozwiązaniem byłoby włączenie do struktury TS ćwiczeń jednostawowych najsłabszych mięśni w kombinacji z ćwiczeniami wielostawowymi [63].

Przedstawiony przegląd piśmiennictwa świadczy o możliwości uzyskania zróżnicowanych efektów terapeutycznych przy zastosowaniu TS u pacjentów z MPD. Prawdopodobnie wynika to z faktu zróżnicowania kryteriów włączenia do badań, począwszy od dużego zakresu wieku pacjentów czy ich poziomu GMFCS, kończąc na czasie, jaki minął od ostatniego zabiegu chirurgicznego (np. selektywna rizotomia grzbietowa) czy podania toksyny botulinowej. Dodatkowo, jak podkreślili niezależnie od siebie Dodd [58], Antilla [64] i Mockford [65] ważnymi czynnikami, które powinny być mierzone, a nie zostały wystarczająco rozważone, są czynniki kontekstowe, takie jak motywacja czy wysiłek włożony w chęć ukończenia treningu. Aktualne więc pozostaje pytanie, czy można wskazać konkretną grupę pacjentów z MPD, dla której TS byłby skuteczny na wszystkich poziomach ICF.

W 2012 roku opublikowano przegląd piśmiennictwa dotyczący TS u pacjentów z MPD o zmienionym wzorcu chodu, określanym jako zgięciowy (ang. *crouch gait pattern*). Wzorzec ten obejmował zgięcie w stawie kolanowym w fazie podporu wynoszące co najmniej 10° [66]. Analizowane badania [42, 45, 46] znalazły się również w naszym przeglądzie. Steele i wsp. za cel pracy przyjęli ocenę zmian siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego i zakresu ruchu – wyprost w stawie kolanowym podczas chodu po TS u pacjentów z MPD. Dodatkowo postanowili ustalić, jakie cechy osobnicze wpływają na te zmiany. Z naszego punktu widzenia najważniejszym wnioskiem z tego przeglądu jest to, że prawdopodobnie TS u pacjentów poruszających się w zgięciowym wzorcu chodu, którzy dodatkowo charakteryzowali się spastycznością mięśni kulszowo-goleniowych, nie może być skuteczny [66].

Na podstawie przedstawionego przeglądu można stwierdzić, że najlepszy i najbardziej wiarygodny efekt został osiągnięty w badaniu Engsberga i wsp. [52]. Uzyskano około 36%, istotny statystycznie, wzrost siły mięśniowej oraz 50% zmniejszenie spastyczności, co dało poprawę na poziomach D i E skali GMFEM, zmniejszenie minimalnego zgięcia w stawie kolanowym w fazie podporu o około 16% i poprawę jakości życia rodzica o około 12%. Z drugiej strony, istnieje ograniczenie, jakim jest mała liczebność badanej grupy (N = 12) podzielonej dodatkowo na cztery podgrupy: trzy eksperymentalne liczące od 2 do 4 pacjentów i jedną kontrolną liczącą 3 pacjentów. Uwzględniając wytyczne NSCA i poprawność protokołu TS przygotowanego dla dzieci i młodzieży, najwłaściwszą metodologią cechuje się praca Scholtes i wsp. [35, 36]. W badaniu istotny statystycznie wzrost siły mięśniowej w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną wynosił około 8% (*total isometric muscle strength* – 1,3 N/kg). Nie przełożyło się to jednak na poprawę mobilności.

Biorąc pod uwagę wszystkie badania uwzględnione w tym przeglądzie, znaleziono niewiele danych świadczących o negatywnym wpływie TS na objawy MPD. W badaniu nRCT Damiano i wsp. zmniejszył się bierny zakres ruchu prostowania stawu kolanowego o średnio 3° w grupie eksperymentalnej [46], w RCT Scholtes i wsp. ten sam zakres ruchu zmniejszył się o średnio 9,6° w grupie

eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną 6 tygodni po zakończeniu TS [35, 36]. Warto nadmienić, że w obu tych pracach przed i po zakończonej sesji treningowej uczestnicy rozciągali poddane treningowi grupy mięśniowe. W badaniu RCT Dodda i wsp. [49] zmniejszyły się składowe samooceny dziecka. Wyżej wymienione rezultaty, szczególnie te dotyczące zakresu ruchu, nie pozwalają w pełni uznać dotychczasowych treningów siłowych za w pełni bezpieczne.

Wyjaśnienia wymagają następujące kwestie:

- Jaka grupa pacjentów z MPD, powinna uczestniczyć w TS, aby uzyskać maksymalne jego korzyści terapeutyczne, bez efektów niepożądanych?
- Czy parametry protokołu treningowego NSCA przeznaczonego dla normalnie rozwijających się dzieci są właściwym wyborem w programowaniu treningu dla dzieci z MPD?
- Czy i jeśli tak, to jakie są najważniejsze czynniki kontekstowe, które należy wziąć pod uwagę ustalając protokół TS dla młodych pacjentów z MPD?
- Jak dużą siłę powinien generować młody pacjent z MPD lub o ile tę siłę powinien zwiększyć, aby osiągnąć nowe lub poprawić dotychczasowe możliwości funkcjonalne?
- Czy z racji różnic fizjologicznych we włóknach mięśniowych pomiędzy dziećmi z MPD i normalnie rozwijającymi się rówieśnikami [67], trening siłowy może być jednoznacznie skuteczny i poprzez wzrost siły mięśniowej powodować poprawę mobilności i partycypacji w życiu codziennym?

Według NSCA dzieci rozwijające się prawidłowo rozpoczynają uczestnictwo w zajęciach sportowych, również w TS, w wieku około 7 lat. Tłumaczy się to uzyskaniem wystarczającej równowagi i kontroli posturalnej do podjęcia złożonych zadań motorycznych [63, 68]. Wielkość obciążenia podczas TS ustala się najczęściej na podstawie 1RM [69]. Obciążenie powinno być stopniowo zwiększane o 5% do 10% w miarę wzrostu siły, TS powinien trwać od 8 do 20 tygodni, z częstotliwością 2–3 razy w tygodniu, 1–3 serie po 6–15 powtórzeń w serii. Zakładając takie wytyczne, TS powinien być wykonany w pełni przed zmęczeniem mięśni [62, 63]. Sugeruje się, że w tym wieku można rozpocząć ćwiczenia mające na celu wzrost siły mięśniowej u pacjentów z MPD [62]. Jednak u dziecka z MPD równowaga, kontrola posturalna czy selektywna kontrola motoryczna rozwijają się z opóźnieniem i mogą ograniczać zdobywanie pewnych umiejętności [70–72]. Wydaje się zatem, że pacjent rozpoczynający TS powinien być starszy od prawidłowo rozwijającego się rówieśnika. Z drugiej strony nastolatki mogą mieć bardziej zaawansowane przykurcze tkanek miękkich i deformacje stawowe, które mogłyby ograniczyć poprawę chodu i funkcji, niezależnie od siły mięśniowej [65]. Być może analiza wyników uzyskanych w populacji osób starszych z MPD po TS okaże się bardziej obiecująca. Zatem ustalenie odpowiedniego wieku dla rozpoczęcia TS u pacjentów

z MPD pozostaje sprawą otwartą. Zarówno siła mięśniowa, jak i sprawność motoryczna u pacjentów z MPD zależą od postaci i zaawansowania patologii mózgowej [73, 74]. We wszystkich przeanalizowanych badaniach grupa pacjentów włączonych do badania sklasyfikowana była między poziomem I a III skali GMFCS. Wybór ten wydaje się być racjonalny, biorąc pod uwagę, że pacjenci ocenieni na poziomie GMFCS I–II mieszczą się w przedziale 50–100% wartości siły zdrowych rówieśników [11]. Można zatem przypuszczać, że ci pacjenci mają potencjał do tego, aby zwiększyć siłę mięśniową. Ważny podkreślenia jest fakt, że we wszystkich badaniach pacjenci byli sprawni intelektualnie i rozumieli wydawane polecenia.

W badaniach, w których protokół był oparty na wytycznych NSCA, pacjenci zrealizowali plan treningowy z założoną progresją, czasem trwania, częstotliwością, liczbą serii i powtórzeń [35, 36, 41, 48]. Jak wynika z najnowszych doniesień [75], dzieci z MPD wykazują mniejszą męczliwość mięśni, która ponadto koreluje z mniejszą siłą mięśniową. Z drugiej strony, pacjenci z MPD wydają więcej energii podczas chodu od 2 do 3 razy więcej niż zdrowi rówieśnicy, co powoduje nadmierne zmęczenie. Dostosowanie prędkości i miarowości (liczba kroków/min) minimalizują to zmęczenie [76]. Być może TS byłyby efektywniejsze w tej grupie pacjentów, gdyby w protokole ustalić większe wartości parametrów treningowych.

Zarówno w badaniach RCTs, jak i nRCTs rzadko oceniano indywidualne czynniki kontekstowe. Ważne jest, aby w aktywnościach wymagających większego zaangażowania zarówno ze strony pacjenta, jak i rodzica, skupić się na strategiach zwiększających motywację i pozytywne nastawienie do wykonania zadania [77].

Zakres siły mięśniowej dla większości grup mięśniowych u dzieci z MPD ocenionych na poziomie I w skali GMFCS mieści się pomiędzy 75% a 100% siły mięśniowej zdrowych rówieśników. Na poziomie II w skali GMFCS zakres ten zawiera się w przedziale 50–75%, na poziomie III poniżej 50%. Dowiedziono, że w grupie dzieci z MPD w średnim wieku 11 lat (zakres 5.–15. rok życia) wystarczająca do samodzielnego poruszania się siła mięśniowa powinna wynosić około 50% siły zdrowych rówieśników [78]. Być może, planując kolejne badania z wykorzystaniem TS w MPD, próby porównania siły mięśniowej badanych dzieci z MPD z wartościami normatywnymi dla dzieci rozwijających się prawidłowo [79] i próby osiągnięcia 50% lub więcej siły mięśniowej dadzą lepsze rezultaty w odniesieniu do poprawy aktywności.

Mięśnie dzieci z MPD są krótsze i mają mniejszą objętość [67]. Bardzo szybko dochodzi też do zmian reologicznych – zwiększenie ilości tkanki łącznej kosztem kurczliwej degraduje mięsień, zwiększając jego sztywność [80]. Zmianom morfologicznym towarzyszą zaburzenia neurologiczne. Polegają one na tym, że dzieci z MPD nie są w stanie prawidłowo aktywować mięśni i kontrolować ich napięcia. TS pozwala uzyskać wzrost objętości mięśni i większą siłę, ale nie przekłada się to jednoznacznie na poprawę funkcjonalną [9]. Jest to prawdopodobnie spowodowane utrzymującymi się zaburzeniami pierwszorzędowymi wynikającymi z uszkodzenia OUN [81].

Autorzy mają nadzieję, że niniejszy przegląd piśmiennictwa dostarczy wystarczającej wiedzy, aby zespoły terapeutyczne zajmujące się leczeniem i rehabilitacją pacjentów z MPD włączyły się w nadal nierozstrzygniętą dyskusję dotyczącą wykorzystania treningu siłowego w mózgowym porażeniu dziecięcym.

WNIOSKI

Na podstawie analizy badań nRCTs, RCTs, niesystematycznych przeglądów piśmiennictwa oraz metaanaliz badań RCTs można stwierdzić, że TS powoduje wzrost siły mięśniowej oraz wpływa na poprawę aktywności i partycypacji bez wpływu na zwiększenie spastyczności czy zmniejszenie biernego zakresu ruchu. Niemniej jednak, ciągle konieczne pozostaje ustalenie zarówno charakterystyki młodych pacjentów z MPD, która stanowiłaby podstawę zakwalifi-

kowania do terapii TS, jak i protokołu treningowego, który pozwalałby na osiągnięcie maksymalnych korzyści terapeutycznych płynących z TS. Biorąc pod uwagę zalecenia ICF, sugeruje się, aby proces leczenia i terapii był ustalany indywidualnie dla każdego pacjenta.

Stworzenie skutecznego, indywidualnie dobranego, bezpiecznego protokołu treningowego dla każdego młodego pacjenta z MPD wymaga szczegółowej diagnostyki możliwości funkcjonalnych dziecka, oceny najsłabszych grup mięśniowych, istniejącej spastyczności czy utrwalonych przykurczy. Istnieje szereg potencjalnych czynników kontekstowych mogących mieć istotny wpływ na skuteczność takiego protokołu. Można wśród nich wymienić odpowiednią motywację, emocjonalną i intelektualną sprawność dziecka oraz jasne ustalenie celów spójnych dla pacjenta, rodzica i zespołu terapeutycznego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Kuban K.C.K., Leviton A.: Cerebral Palsy. *NEJM* 1994; 330: 188–195.
- [2] Koman L.A., Smith B.P., Shilt J.S.: Cerebral palsy. *Lancet* 2004; 363: 1619–1631.
- [3] Sanger T.D., Delgado M.R., Gaebler-Spira D., et al.: Classification and Definition of Disorders Causing Hypertonia in Childhood. *Pediatrics* 2003; 111: 89–97.
- [4] Sanger T.D., Chen D., Delgado M.R., et al.: Definition and Classification of Negative Motor Signs in Childhood. *Pediatrics* 2006; 118: 2159–2167.
- [5] World Health Organisation: International classification of functioning, disability and health: ICF Short version. Geneva, Switzerland 2001.
- [6] Clark S.L., Hankins G.D.: Temporal and demographic trends in cerebral palsy – fact and fiction. *Am J Obstet Gynecol* 2003; 188: 628–633.
- [7] Polak K., Rutkowska M., Helwich E., et al.: Współczesne poglądy na mózgowe porażenie dziecięce u noworodków przedwcześnie urodzonych na podstawie przeglądu piśmiennictwa i obserwacji prowadzonych w ramach badania PREMATURITAS. *Medycyna Wieku Rozwojowego* 2008; 12: 942–949.
- [8] Franki I., Desloovere K., De Cat J., et al.: The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the international classification of functioning, disability and health as a conceptual framework. *J Rehabil Med* 2012; 44: 385–395.
- [9] Damiano D.L., Abel M.F.: Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 119–125.
- [10] Ross S.A., Engsborg J.R.: Relationship between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1114–1120.
- [11] Wiley M.E., Damiano D.L.: Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1998; 40: 100–107.
- [12] Thompson N., Stebbins J., Seniorou M., et al.: Muscle strength and walking ability in diplegic cerebral palsy: implications for assessment and management. *Gait Posture* 2011; 33: 321–325.
- [13] Rose J., McGill K.: The motor unit in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1998; 40: 270–277.
- [14] Kramer J.F., MacPhail A.: Relationships among measures of walking efficiency, gross motor ability, and isokinetic strength in adolescents with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 1994; 6: 3–8.
- [15] Dodd K.J., Taylor N.F., Damiano D.L.: A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 1157–1163.
- [16] Scholtes V.A., Dallmeijer A.J., Rameckers E.A., et al.: Lower limb strength training in children with cerebral palsy – a randomized controlled trial protocol for functional strength training based on progressive resistance exercise principles. *BMC Pediatrics* 2008; 8: 41–52.
- [17] Bobath B.: Motor development, its effect on general development and application to the treatment of cerebral palsy. *Physiother* 1971; 57: 526–532.
- [18] Bobath K.: A neurophysiological basis for the Treatment of Cerebral Palsy. 2nd ed. London 1980.
- [19] Sackett D.L., Rosenberg W.M., Grav J.A., et al.: Evidence based medicine: what it is and what it isn't? *BMJ* 1996; 312: 71–72.
- [20] Centre for Evidence-Based Medicine. Section on EBM tools, levels of evidence. Address: www.cebm.net, 2012.
- [21] Rosenbaum P., Stewart D.: The World Health Organization International Classification of Functioning, Disability, and Health: A Model to Guide Clinical Thinking, Practice and Research in the Field of Cerebral Palsy. *Semin Pediatr Neurol* 2004; 11: 5–10.
- [22] Kiekens C., Peers K.: Evidence-based rehabilitation transferred into clinic. *J Rehabil Med* 2008; Suppl. 47: 15–16.
- [23] Patikas D., Wolf S.I., Mund K., et al.: Effects of a Postoperative Strength-Training Program on the Walking Ability of Children With Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 619–626.
- [24] Patikas D., Wolf S.I., Armbrust P., et al.: Effects of a postoperative resistive exercise program on the knee extension and flexion torque in children with cerebral palsy: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1161–1169.
- [25] Taylor N.F., Dodd K.J., Larkin H.: Adults with cerebral palsy benefit from participating in a strength training programme at a community gymnasium. *Disabil Rehabil* 2004; 26: 1128–1134.
- [26] Andersson C., Grooten W., Hellsten M., et al.: Adults with cerebral palsy: walking ability after progressive strength training. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 220–228.
- [27] Allen J., Dodd K.J., Taylor N.F., et al.: Strength training can be enjoyable and beneficial for adults with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2004; 26: 1121–1127.

- [28] Maeland S., Jahnsen R., Opheim A., et al.: No effect on gait function of progressive resistance exercise in adults with cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial. *Advances in Physiotherapy* 2009; 11: 227–233.
- [29] Ahlborg L., Andersson C., Julin P.: Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med* 2006; 38: 302–308.
- [30] Stackhouse S.K., Binder-MacLeod S.A., Stackhouse C.A., et al.: Neuromuscular Electrical Stimulation Versus Volitional Isometric Strength Training in Children With Spastic Diplegic Cerebral Palsy: A Preliminary Study. *Neurorehabil Neural Repair* 2007; 21: 475–485.
- [31] Gates P.E., Banks D., Johnston T.E., et al.: Randomized controlled trial assessing participation and quality of life in a supported speed treadmill training exercise program vs. a strengthening program for children with cerebral palsy. *J Pediatr Rehabil Med* 2012; 5: 75–88.
- [32] Unnithan V.B., Katsimanis G., Evangelinou C., et al.: Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1902–1909.
- [33] Reid S., Hamer P., Alderson J., et al.: Neuromuscular adaptations to eccentric strength training in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 358–363.
- [34] Lee J.H., Sung I.Y., Yoo J.Y.: Therapeutic effects of strengthening exercise and gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2008; 30: 1439–1444.
- [35] Scholtes V.A., Becher J.G., Comuth A., et al.: Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 107–113.
- [36] Scholtes V.A., Becher J.G., Janssen-Potten Y.J., et al.: Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2012; 33: 181–188.
- [37] Damiano D.L., Kelly L.E., Vaughn C.L.: Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Phys Ther* 1995; 75: 658–667.
- [38] Damiano D.L., Vaughan C.L., Abel M.F.: Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1995; 37: 731–799.
- [39] Eagleton M., Iams A., McDowell J., et al.: The Effects of Strength Training on Gait in Adolescents with Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther* 2004; 16: 22–30.
- [40] Fowler E.G., Ho T.W., Nwigwe A.I., et al.: The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 2001; 81: 1215–1223.
- [41] Liao H.F., Liu Y.C., Liu W.Y., et al.: Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 25–31.
- [42] Eek M.N., Tranberg R., Zügner R., et al.: Muscle strength training to improve gait function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50: 795–764.
- [43] Damiano D.L., Abel M.F.: Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 119–125.
- [44] Morton J.F., Brownlee M., McFadyen A.K.: The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. *Clin Rehabil* 2005; 19: 283–289.
- [45] Unger M., Faure M., Frieg A.: Strength training in adolescent learners with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2006; 20: 469–477.
- [46] Damiano D.L., Arnold A.S., Steele K.M., et al.: Can strength training predictably improve gait kinematics? A pilot study on the effects of hip and knee extensor strengthening on lower-extremity alignment in cerebral palsy. *Phys Ther* 2010; 90: 269–279.
- [47] Blundell S.W., Shepherd R.B., Dean C.M., et al.: Functional strength training in cerebral palsy: a pilot study of a group circuit training class for children aged 4–8 years. *Clin Rehabil* 2003; 17: 48–57.
- [48] Dodd K.J., Taylor N.F., Graham H.K.: A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 652–657.
- [49] Dodd K.J., Taylor N.F., Graham H.K.: Strength Training Can Have Unexpected Effects on the Self-Concept of Children with Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther* 2004; 16: 99–105.
- [50] McBurney H., Taylor N.F., Dodd K.J., et al.: A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 658–663.
- [51] McNee A.E., Gough M., Morrissey M.C., et al.: Increases in muscle volume after plantarflexor strength training in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2009; 51: 429–435.
- [52] Engsborg J.R., Ross S.A., Collins D.R.: Increasing Ankle Strength to Improve Gait and Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Pediatr Phys Ther* 2006; 18: 266–275.
- [53] MacPhail H.E., Kramer J.F.: Effect of isokinetic strength-training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1995; 37: 763–775.
- [54] Barton S.: Which clinical studies provide the best evidence? *BMJ* 2000; 321: 255–256.
- [55] Darrach J., Fan J.S.W., Chen L.C., et al.: Review of the effects of progressive resisted muscle strengthening in children with cerebral palsy: a clinical consensus exercise. *Pediatr Phys Ther* 1997; 9: 12–17.
- [56] Kinsman S.L.: Predicting gross motor function in cerebral palsy. *JAMA* 2002; 288: 1399–1400.
- [57] Borg K., Stibrant S.K.: Evidence-based medicine in physical and rehabilitation medicine: Is the evidence-based rehabilitation? *J Rehabil Med* 2008; 40: 689–690.
- [58] Dodd K.J., Taylor N.F., Damiano D.L.: A Systematic Review of the Effectiveness of Strength-Training Programs for People With Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 1157–1164.
- [59] Victora C.G., Habicht J.P., Bryce J.: Evidence-Based Public Health: Moving Beyond Randomized Trials. *Am J Public Health* 2004; 94: 400–405.
- [60] Scianni A., Butler J.M., Ada L., et al.: Muscle strengthening is not effective in children with cerebral palsy: a systematic review. *Aust J Physiother* 2009; 55: 81–87.
- [61] Taylor N.F.: Is progressive resistance exercise ineffective in increasing muscle strength in young people with cerebral palsy? *Aust J Physiother* 2009; 55: 222.
- [62] Verschuren O., Ada L., Maltais D.B., et al.: Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Phys Ther* 2011; 91: 1130–1139.
- [63] Faigenbaum A.D., Kraemer W.J., Blimkie C.J. et al.: Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 60–79.
- [64] Antilla H., Autti-Ramo I., Suoranta J., et al.: Effectiveness of physical therapy interventions for children with cerebral palsy: A systematic review. *BMC Pediatrics* 2008; 8: 14–23.
- [65] Mockford M., Caulton J.M.: Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. *Pediatr Phys Ther* 2008; 20: 318–330.
- [66] Steele K.M., Damiano D.L., Eek M.N., et al.: Characteristics associated with improved knee extension after strength training for individuals with cerebral palsy and crouch gait. *J Pediatr Rehabil Med* 2012; 5: 99–106.
- [67] Malaiya R., McNee A.E., Fry N.R., et al.: The morphology of the medial gastrocnemius in typically developing children and children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Electromyogr Kinesiol* 2007; 17: 657–663.
- [68] Faigenbaum A.D., Myer G.D.: Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep* 2010; 9: 161–168.
- [69] Ritti-Dias R.M., Avelar A., Salvador E.P., et al.: Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *J Strength Cond Res* 2011; 25: 1418–1422.

- [70] Fowler E.G.: Lower-extremity selective voluntary motor control in patient with spastic cerebral palsy: increased distal motor impairment. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 264–269.
- [71] Liao H.F., Jeng S.F., Lai J.S., et al.: The relation between standing balance and walking function in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 106–112.
- [72] Ostensjo S., Brogen Carlberg E. et al.: Motor impairments in young children with cerebral palsy: relationship to gross motor function and everyday activities. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46: 580–589.
- [73] Rosenbaum P.L., Walter S.D., Hanna S.E., et al.: Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *JAMA* 2002; 288: 1357–1363.
- [74] Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., et al.: Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 214–223.
- [75] Eken M.M., Dallmeijer A.J., Houdijk H., et al.: Muscle fatigue during repetitive voluntary contractions: A comparison between children with cerebral palsy, typically developing children and young healthy adults. *Gait Posture* 2013; 38: 962–967.
- [76] Bennett B.C., Abel M.F., Wolovick A., et al.: Center of mass movement and energy transfer during walking in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 2189–2194.
- [77] Majnemer A., Shevell M., Law M., et al.: Level of motivation in mastering challenging tasks in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 1120–1126.
- [78] Eek M.N., Beckung E.: Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2008; 28: 366–371.
- [79] Eek M.N., Kroksmark A.K., Beckung E.: Isometric muscle torque in children 5 to 15 years of age: normative data. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1091–1099.
- [80] Smith L.R., Lee K.S., Ward S.R., et al.: Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length. *J Physiol* 2011; 589: 2625–2639.
- [81] Tedroff K., Knutson L.M., Soderberg G.L.: Synergistic muscle activation during maximum voluntary contractions in children with and without spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 789–796.

Adres do korespondencji:

Jakub Gąsior, Oddział Rehabilitacji Narządu Ruchu, Mazowieckie Centrum Neuropsychiatrii, Zagórze k. Warszawy, 05-462 Wiązowna, e-mail: gasiorjakub@gmail.com