

Trening siłowy kończyn górnych jako forma rehabilitacji dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym: systematyczny przegląd piśmiennictwa

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

Iwona Walecka* , Marta Ambroziewicz** , Jakub S. Gąsior*** 

*Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej WUM, Szkoła Doktorska Warszawski Uniwersytet Medyczny

**Oddział Fizjoterapii, II Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny

*** Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

DOI:10.20966/chn.2021-2022.60.478

STRESZCZENIE

Wstęp: Osłabienie siły mięśniowej jest jednym z kluczowych objawów ograniczających motorykę u pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym (MPD). Przeprowadzony przegląd piśmiennictwa skupia się na efektach treningu siłowego (TS) kończyn górnych u dzieci z MPD.

Materiał i Metody: Przegląd piśmiennictwa przeprowadzono zgodnie z wytycznymi PRISMA Statement. W celu weryfikacji skuteczności TS przeszukano wybrane medyczne bazy danych używając słów kluczowych: mózgowie porażenie dziecięce, trening siłowy, kończyna górna. Badania podzielono na dwie kategorie, te w których występuje sam trening siłowy oraz te, w których trening siłowy jest połączony z inną interwencją terapeutyczną.

Wyniki: Znalaziono 19 publikacji, z których do końcowej analizy włączono 9 prac: 4 badania randomizowane, 1 badanie inne niż randomizowane i 4 analizy przypadku. Wyniki przedstawiono w formie tabelarycznej zgodnie z Międzynarodową Klasyfikacją Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia na poziomach: struktury i funkcji, aktywności oraz partycypacji. W analizowanych badaniach wykorzystywano: TS jako samodzielną interwencję, TS wraz z elektrostymulacją oraz TS w połączeniu z iniekcjami toksyny botulinowej.

Wnioski: Na podstawie przeanalizowanych badań nie można określić precyzyjnych wytycznych TS kończyn górnych w grupie dzieci z MPD z powodu zbyt dużej różnorodności badań w zakresie typu treningu, jego intensywności i czasu trwania. Istnieje konieczność ustalenia charakterystyki pacjentów z MPD i protokołu treningowego, które pozwolą na osiągnięcie maksymalnych korzyści płynących z tego rodzaju treningu na płaszczyźnie aktywności i partycypacji w życiu codziennym.

Słowa kluczowe: porażenie dziecięce; trening siłowy; kończyna górna

ABSTRACT

Introduction. Muscle strength weakness is the main symptom limiting motor skills in patients with cerebral palsy (CP). This literature review focuses on the effects of upper limb strength training (ST) in children with CP.

Materials and methods. The literature review was conducted in accordance with PRISMA Statement guidelines. To verify the effectiveness of ST, medical databases were screened using keywords: cerebral palsy, strength training, resistance training, upper limb, upper extremity. Studies were divided into two categories involving strength training alone and strength training in combination with another therapeutic intervention.

Results. Nineteen publications were found, 9 of which were included in the final analysis: 4 randomised studies, 1 non-randomised study and 4 case studies. The results are presented in tabular form according to the International Classification of Functioning, Disability and Health at the activity and participation levels. The analyzed studies used: ST as a stand-alone intervention, ST along with electrostimulation and ST in combination with botulinum toxin injections.

Conclusions. Based on the reviewed studies it is not possible to define precise upper limb ST guidelines in a group of children with CP due to heterogeneity in the studies regarding: training type, intensity and duration. There is a need to establish the specific characteristics of patients with CP and the training protocol. This would maximize the benefits of this type of training at the level of activity and participation in daily life of the International Classification of Functioning, Disability and Health.

Key words: cerebral palsy, strength training, resistance training, upper limb, upper extremity

WSTĘP

Mózgowe porażenie dziecięce (MPD) jest zespołem przewlekłych, trwałych, niepostępujących, różnorodnych etiologicznie i klinicznie objawów dotyczących narządu ruchu i postawy związanych z zaburzeniami pojawiającymi się w obrębie ośrodkowego układu nerwowego (OUN) [1-3]. Z danych zebranych przez Światową Organizację Zdrowia dowiadujemy się, że MPD dotyczy od dwóch do trzech przypadków na każde 1000 urodzonych dzieci, co

oznacza, że liczba ta wynosi około 10000 rocznie na świecie [4]. Z powodu ograniczeń w aktywności i uczestnictwie w życiu codziennym, pacjenci z MPD wymagają leczenia i rehabilitacji trwających przez całe życie pacjenta [5]. Zaburzeniom motorycznym, związanym z uszkodzeniem OUN, często towarzyszą zaburzenia czucia, percepcji, poznawcze, komunikacji i zachowania, a także padaczka oraz wtórne problemy mięśniowo-szkieletowe [2]. Nieprawidłowe napięcie mięśniowe, osłabienie siły mięśniowej i upo-

śledzenie kontroli ruchowej są podstawowymi zaburzeniami na poziomie struktury i funkcji organizmu w grupie pacjentów z MPD [6], w której od 50 do 70% ma zaburzoną funkcję kończyny górnej [7, 8].

Pierwotne nieprawidłowości mogą prowadzić do wtórnych powikłań mięśniowo-szkieletowych, takich jak przykurcze i deformacje, które ograniczają zakres ruchów w stawach [9]. Stwierdzono, że nieprawidłowe, zwiększone napięcie mięśniowe, zmniejszona siła mięśniowa i ograniczony zakres czynnego ruchu supinacji są ściśle powiązane z używaniem kończyn górnych [10]. Często obserwuje się asymetryczną czynność kończyn górnych, osłabienie czynności lub jej brak [11]. Osłabienie siły mięśniowej u dzieci z MPD jest jednym z najważniejszych czynników ograniczającym ich motorykę dużą oraz małą [12, 13]. Ma bezpośredni wpływ na sięganie i chwytanie [14], utrudnia prawidłowy rozwój i nabywanie odpowiednich do wieku umiejętności motorycznych [15].

W celu poprawy poziomu aktywności ruchowej u dzieci z MPD stosuje się różne formy leczenia i rehabilitacji, m.in.: action observation training [16-18], terapię wymuszonej aktywności ruchowej (CIMT, ang. *Constraint-induced movement therapy*) [19-26], trening bimanualny [27-29], terapię nakierowaną na cel (ang. *goal-directed training*) [30, 31], trening mobilności [32, 33], trening na bieżni [24, 32-34] oraz trening siłowy (TS) [35-38]. Zostało to podsumowane przez [39, 40]. Interwencje te mają następujące cechy wspólne: ćwiczenie zadań i czynności w realnym życiu z wykorzystaniem aktywnych, świadomych ruchów o wysokiej intensywności. Praktyka jest bezpośrednio ukierunkowana na osiągnięcie celu wyznaczonego przez dziecko (lub przez rodzica). Motywacja i uwaga są ważnymi modulatorami neuroplastyczności, a udana, specyficzna dla zadania, praktyka jest dla dzieci satysfakcjonująca i przyjemna, co prowadzi do spontanicznej regularnej aktywności [41].

Zarówno sam trening siłowy poszczególnych mięśni lub grup mięśniowych, a także w połączeniu z innymi interwencjami takimi jak: iniekcja toksyny botulinowej, trening aerobowy, terapia nakierowana na zadanie (ang. *task oriented therapy*), nauczanie motoryczne są coraz częściej stosowane w terapii dzieci z MPD. Efekty terapii mogą mieć korzystny wpływ na poziomie struktury oraz aktywności Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia (ICF, ang. *International Classification of Functioning, Disability and Health*) [42, 43]. NSCA (ang. *The National Strength and Conditioning Association*) w roku 2009 opublikowało wytyczne prowadzenia treningu siłowego u dzieci rozwijających się prawidłowo definiując go jako specjalistyczną metodę usprawniania w celu poprawy zdrowia i sprawności fizycznej [44-46]. Niemniej jednak, wytyczne dotyczące prowadzenia tej formy treningu u dzieci z MPD jeszcze nie zostały szczegółowo określone [47].

Z powodu braku polskojęzycznych publikacji poruszających temat treningu siłowego kończyn górnych u pacjentów z MPD, za cel niniejszej pracy przyjęto podsumowanie dotychczasowych badań oraz aktualnej wiedzy na te-

mat treningu siłowego kończyn górnych jako formy terapii dzieci i młodzieży z MPD na podstawie przeglądu światowego piśmiennictwa.

MATERIAŁ I METODY

Przegląd piśmiennictwa przeprowadzono na podstawie wytycznych PRISMA Statement (ang. *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) [48].

Wyszukiwanie literatury: przeszukano medyczne bazy danych MEDLINE, EMBASE, PEDro, Cochrane przy użyciu słów kluczowych: mózgowie porażenie dziecięce (ang. *cerebral palsy*), trening siłowy (ang. *strength training, resistance training*), kończyna górna (ang. *upper limb, upper extremity*).

Kryteria włączenia: do przeglądu zakwalifikowano publikacje dotyczące TS kończyn górnych dzieci i młodzieży z MPD. Dodatkowym kryterium włączenia była data publikacji: od stycznia 1995 roku do lutego 2020 roku. Włączone artykuły musiały być dostępne w pełnym tekście, w języku angielskim.

Kryterium wyłączenia: wyłączono przeglądy systematyczne, artykuły dotyczące TS kończyn dolnych oraz dotyczące innych schorzeń.

Populacja: pacjenci z diagnozą MPD, w wieku od 0 do 18 roku życia.

Interwencje: badania podzielono na dwie kategorie: a) wyizolowany trening siłowy oraz b) trening siłowy w połączeniu z inną interwencją terapeutyczną.

Wybór publikacji oraz ocena jakości metodologicznej: dwóch niezależnych autorów (MA i IW) przeprowadziło analizę tytułów i streszczeń uzyskanych w toku wyszukiwania prac. Następnie zakwalifikowane artykuły włączono do dalszej, szczegółowej analizy całego tekstu. Niezgodności pomiędzy autorami (MA i IW) były rozstrzygane przez trzeciego autora (JSG).

Metody syntezy danych: w wyszukanych publikacjach występowała duża różnorodność typu postaci MPD, oraz nasilenia objawów neurologicznych u pacjentów, a także różnorodność odnośnie metodyki wykonywania treningu siłowego. Uniemożliwiło to przeprowadzenie metaanalizy. Wyniki zostały przedstawione w postaci tabeli. Wyniki zaprezentowano w domenach ICF.

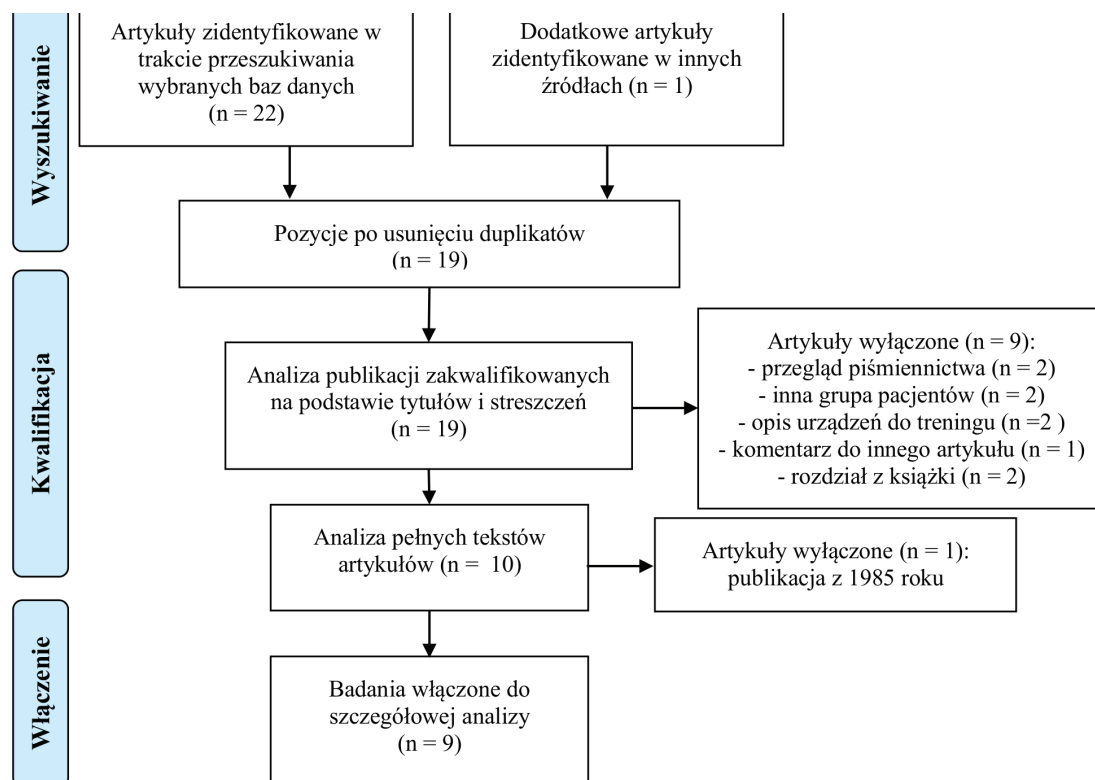
WYNIKI

Po przeszukaniu medycznych baz danych zidentyfikowano 19 publikacji, w tym 4 prace przeglądowe. Kilka badań dotyczących treningu siłowego dokumentujących wzrost siły mięśniowej musiało zostać wykluczonych z powodu niespełnienia kryteriów włączenia. Wyłączono: dwa przeglądy systematyczne [49, 50], jeden przegląd na temat treningu siłowego u dzieci z przepukliną oponowo-rdzeniową [51], jeden artykuł dotyczący sprzętu wykorzystywanego w treningu siłowym [52], jeden artykuł był komentarzem do innego artykułu [53], jeden artykuł był opisem urządzenia [54], jeden artykuł będący przeglądem systematycznym treningu siłowego kończyn dolnych [24], jeden artykuł prezentujący wytyczne treningu siłowego [47], jeden artykuł dotyczący dorosłych z MPD [55], jedna

publikacja była rozdziałem książki [56], jedna publikacja została opublikowana w 1985 roku [57]. Finalnie, szczegółowej analizie poddano 9 publikacji (Rycina I) [9, 15, 58-63, 65].

W analizowanych badaniach wykorzystywano: TS jako samodzielną interwencję [58-63], TS wraz z elektrostymu-

Rys I. Schemat identyfikacji i selekcji badań zgodny z wytycznymi PRISMA [48]



lacją [15, 65], oraz TS w połączeniu z iniekcjami toksyny botulinowej (BTX, ang. *botulinum toxin*) [9]. Do porównania charakterystyki włączonych badań wykorzystano następujące parametry treningu: rodzaj ćwiczeń, częstotliwość i czas ich trwania, intensywność oraz obciążenie [44-46]. Wystąpiła duża różnorodność ćwiczeń siłowych: od koncentrycznych lub ekscentrycznych ćwiczeń pojedynczych stawów [61] do ćwiczeń wzmacniających ukierunkowanych na zadanie [63]. Podobnie duże zróżnicowanie dotyczyło częstotliwości treningu - od 3 [9, 61, 63, 65] do 5 [15, 58] razy w tygodniu oraz czasu trwania treningu - od 5 [15] do 24 tygodni [63]. Intensywność i obciążenie ćwiczeń siłowych/oporowych były bardzo zróżnicowane - od dziesięciu powtórzeń z maksymalnym oporem [9, 61, 63] do oporu manualnego dostosowanego do możliwości każdego dziecka [65] lub określonego obciążenia na bieżni [15, 59, 60, 62]. Ćwiczone były głównie zginacze [9, 61] i prostowniki stawu łokciowego [9, 15], pronatory i supinatory przedramienia [9] oraz zginacze i prostowniki nadgarstka [9, 63, 65]. Siłę chwytu ręki ćwiczący innymi przy użyciu piłek do ćwiczeń o rosnącym oporze [9]. Opis charakterystyki każdego z badań przedstawiono w Tabeli I.

Charakterystyka grup badanych

We włączonych do przeglądu badaniach dotyczących TS kończyn górnych wzięło udział 105 pacjentów, w tym 75 pacjentów z diagnozą MPD o postaci hemiplegii, 14 o postaci tetraplegii, 1 o postaci diplegii i 1 o postaci triplegii. W badaniu Kasee pacjenci zostali ocenieni w skali

GMFCS (ang. *Gross Motor Function Classification System*) na poziomie I-II. Prawie wszyscy pacjenci zostali ocenieni systemem klasyfikacji zdolności manualnych MACS (ang. *Manual Ability Classification System*) na poziomie I-IV. Pacjenci z MPD stanowili grupy eksperymentalne (N = 73), kontrolne (N = 14). Grupę eksperymentalną stanowili pacjenci w wieku od 4 do 17 roku życia. Grupę kontrolną obejmowali pacjenci, których średnia wieku wynosiła 11 lat. W jednym badaniu [61] wzięły udział dzieci zdrowe (N = 14) w wieku od 9 do 15 roku życia, tworząc grupę kontrolną.

Metodyka treningu siłowego

Najważniejsze parametry treningu to: częstotliwość, objętość, intensywność, czas trwania i szybkość, z jaką wykonywane jest ćwiczenie. Częstotliwość jest to liczba sesji treningowych w tygodniu. Objętość to ilość pracy wykonywanej podczas jednej sesji treningowej i jest zwykle określana jako liczba serii i powtórzeń. Intensywność jest ściśle związana z objętością i odnosi się do obciążenia lub ciężaru, który jest używany i jest zwykle przedstawiana jako procent 1RM (ang. *one repetition maximum*). Czas trwania to całkowita długość programu treningowego. Szybkość odnosi się w szczególności do szybkości lub ka-

Table 1. Charakterystyka włączonych publikacji.
Table 1. Characteristics of included publications

Autor i rok badania Author and the date of study	Rodzaj badania Type of study	Grupa badana Study group	Interwencja terapeutyczna Therapeutic intervention	Ocena Evaluation	Wyniki Results		Wartość GE vs GK Experimental group vs Control group	Efekt długoterminowy Long-term effect
					Gr. eksperymen- talna Experimental group	Gr. kontro- lna Control group		
Evrum i wsp. 2012 [9]	RCT	N = 10 Rodzaj MPD: hemiplegia N = 9, diplegia (N = 1) MACSa: II Grupy: 1) grupa poddana leczeniu BTXb (N = 5), 2) grupa poddana leczeniu BTX w połączeniu z TS (N = 5) Płeć: ♀ N = 5, ♂ N = 5 Wiek: 9 -17 lat	Wszystkim badanym podano iniekcję BTX w m. nawrotny obły Trojgu dzieci z grupy 1) i dwojgu z grupy 2) podano iniekcję BTX w m. dwugłowy ramienia i m. ramienny. Uczestnicy ćwiczyli sami lub w parach. TS był zgodny z wytycznymi NSCAc. Sesja treningowa: 10 min rozgrzewki i 30-40 min treningu wzmacniającego mięśnie głębokie tułowia oraz izolowanego treningu oporowego mm. kończyn górnych. Intensywność ćwiczeń ustalono na podstawie pomiaru siły maksymalnej w czasie 10 powtórzeń danego ćwiczenia. Ćwiczenia były wykonywane przez uczestników z grupy 2) 3 razy w tygodniu przez 8 tygodni.	1] Melbourne: 2] AHAE: 3] Aktywny zakres ruchomości: - wyprost w st. łokciowym - supinacji przedramienia 4] Siła mm. i napięcie mm. w mm. spastycznych: - wyprost w st. nadgarstkowym - supinacja przedramienia 5] Siła chwytu:	+	+	Wartość wyjściowa vs 2 msc. dotyczyły wszystkich parametrów siły: (+2/-1)) Od wartości wyjściowej do okresu po 5 miesiącach, jedyna znacząca różnica w efekcie leczenia pomiędzy grupami dotyczyła siły chwytu. (+2/-1))	Badania wykonano po 2 miesiącach, do badań przystąpiło 10 dzieci, oraz po 5 miesiącach 9 dzieci: 8 tyg. trening oporowy wzmacnia okresowo mm. nie poddane iniekcji i może zmniejszyć krótkotrwały spadek siły, który wynika z podania BTXb do mm. spastycznych bez jednoczesnego wzrostu napięcia mm.

Kassee i wsp. 2017 [59]	RCT	Liczba uczestników: 6 GMFCS: II (N = 4), I (N = 2); MACS: II (N = 4), I (N = 2); Rodzaj MPD: spastyczna hemiplegia Grupy: Dzieci zostały poddane randomizacji do grup: wykorzystujących do treningu konsolę Nintendo Wii (n = 3) lub trening oporowy (n = 3) Płeć: ♂ (N = 6) Wiek: 7-12 lat	Terapia wykorzystująca konsolę Nintendo Wii trwała 6 tygodni. Badania i testy przeprowadzono przed rozpoczęciem, bezpośrednio po zakończeniu i po 4 tygodniach obserwacji. Uczestnicy zostali poinstruowani, aby do gry na konsoli używać ręki zajętej przez co najmniej 40 min każdego dnia, 5 dni w tygodniu przez 6 tygodni (30 dni). Uczestnicy otrzymali zestaw 6 ćwiczeń do wykonywania w domu, z intensywnością 12 powtórzeń każdego ćwiczenia, w dwóch seriach odpowiadający 24 powtórzeniom każdego ćwiczenia, 5 dni w tyg., przez 6 tygodni. Zestaw ćwiczeń obejmował: ugięcia przedramion z taśmą oporową, wyprosty przedramion z ciężarkami utrzymanymi w ręku, ćwiczenie zwiększające siłę chwytu z piłeczką typu squeeze ball, uginanie ramion z ciężarkami utrzymanymi w ręku, odwodzenie ramion z taśmą oporową, wyprosty ramion z taśmą oporową.	1] Melbourne: 2] ABILHAND-Kids 3] Siła chwytu: 4] Zgodność, motywacja, wykonalność interwencji badana za pomocą dzienników i kwestionariuszy	+ (N = 3, 2 (WiiT) 1 (RT)) 0 (N = 3) +/- + (N = 3, 2 (RT) 1 (WiiT)) 0 (N = 3) Grupa wykorzystująca do treningu konsolę Nintendo Wii wykazała wyższą motywację oraz znacznie częstsze pozytywne reakcje na pytania dotyczące motywacji i wykonalności zadania.		Ponowne badanie wykonano po 4 tygodniach. Wyniki pozostały na tym samym poziomie lub były nieznacznie niższe od zebranych bezpośrednio po zakończeniu terapii.
Lee i wsp. 2013 [60]	Case study	Liczba uczestników: 10 GMFCS: - MACS: II (N = 5), III (N = 2), IV (N = 3). Rodzaj MPD: hemiplegia (N = 5), tetraplegia (N = 5) Grupy: - Płeć: ♀ (N = 5), ♂ (N = 5) Wiek: 6-11 lat	Interwencja trwała 10 tygodni, 60 minut dziennie, 3 dni w tygodniu. Wszystkie pomiary zostały uzyskane podczas testów przed rozpoczęciem interwencji, bezpośrednio po jej zakończeniu oraz 3 miesiące po jej zakończeniu. System CHRISTg został użyty w celu poprawy siły m. i zwiększeniu ruchomości stawów kończyny górnej poprzez stymulację proprioceptorów znajdujących się w stawie ramiennym, łokciowym, nadgarstkowym, oraz stawach ręki. Prędkość biegni została ustawiona na 0,8 km/h.	1] Siła mięśniowa: 2] Masa mięśniowa: 3] Płynność ruchu: 4] QUESTh: 5] JHFTi: 6] WeeFimj: 7] PMALK:	+ + + + + + +		Ponowne badanie zostało wykonane po 3 miesiącach. Siła m., masa m. i funkcja motoryczna poprawiły się w porównaniu do badań bezpośrednio po zakończeniu.

<p>Lee i wsp. 2014 [61]</p>	<p>Case study</p>	<p>Liczba uczestników: (N = 2) GMFCS: - MACS: II (N = 2) Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna Grupy: - Płeć: ♀ (N = 2) Wiek: 6-9 lat</p>	<p>Interwencja obejmowała intensywny, trening siłowy kończyny górnej, trwający 60 min dziennie, trzy dni w tygodniu, przez 10 tyg. Każde dziecko przed rozpoczęciem interwencji było umieszczane nad bieżnią w pozycji horyzontalnej na specjalnym systemie podwieszającym, który umożliwiał przeniesienie ciężaru ciała na kończyny górne wyprostowane w stawach łokciowych. Głowa, szyja i łopatki pozostawały w pozycji neutralnej. Następnie dziecko proszono o podążanie za ruchem bieżni i wykonywanie kroków kończynami. Początkowo terapeuta zapewniał stymulację proprioceptywną i dotykową w okolicy m. : trójgłowego ramienia i prostownika promieniowego nadgarstka. Prędkość bieżni została ustawiona na 0,8 km/h.</p>	<p>1] Zmiany neuroplastyczne-fMRI:</p>	<p>Seryjny trening siłowy powoduje zmiany neuroplastyczne w mózgu związane z kontrolą motoryczną i nauką. Zmiany są związane ze zwiększeniem przekroju poprzecznego i siły m. oraz poprawą funkcji motorycznych.</p>	<p>Ponowne badanie zostało wykonane po 3 miesiącach. Efekty terapii utrzymują się na poziomie minimalnie niższym niż zaraz po zakończeniu terapii</p>
			<p>2] Przekrój poprzeczny m. m. USC:</p>		<p>Przekrój poprzeczny m. prostownika promieniowego nadgarstka ręki porażonej w czasie skurczu zwiększył się kolejno u 1. i 2. dziecka o 10% i 20%, m. trójgłowego ramienia o 4% i 19%</p>	
			<p>3] QUEST: 4] JHFT: 5] PMAL: 4] Siła m. m. : -m. trójgłowy ramienia - prostownik promieniowy nadgarstka</p>		<p>+</p> <p>+</p> <p>+</p> <p>+</p>	

<p>Reid i wsp. 2010 [62]</p>	<p>RCT</p>	<p>Liczba uczestników: 28 GMFCS: - Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna (N = 13), triplegia spastyczna (N = 1) MACS: I (N = 4), II (N = 8), III (N = 2) Grupy: gr. badana – N = 14 MPD (6 chłopców, 8 dziewczynek) / gr. kontrolna – N = 14 prawidłowo rozwijających się uczestników Płeć: ♀ (N = 16), ♂ (N = 12) Wiek: 9-15 lat</p>	<p>Progresywny trening siłowy; 3 razy w tygodniu, 6 tyg., 3 serie po 10 powtórzeń w każdej. Trening polegał na wykonywaniu ćwiczeń angażujących mm. kończyn górnych do pracy w skurczu ekscentrycznym. Pozycja wyjściowa do ćwiczeń: pozycja siedząca na platformie treningowej z ramieniem zgiętym do 90°. Ćwiczenie polegało na prostowaniu łokcia w zakresie od 110° do 40°. Podczas 12-tyg. badania wszystkim dzieciom wykonano pięć pomiarów. Pomiar siły wykonano w 1., 3., 6., 9. i 12. tyg. (BIODEX). Równoczesne powierzchniowe EMG (1000 Hz), rejestrowało aktywność m. dwugłowego ramienia i ramienno-promieniowego.</p>	<p>1] Siła mm. w czasie skurczu: - koncentrycznego - ekscentrycznego (aktywność m. dwugłowego ramienia, m. ramienno-promieniowego) 2] EMG</p>	<p>+ +</p> <p>Po treningu wyniki dzieci z MPD poprawiły się do poziomu prezentowanego przez dzieci rozwijających się typowo. Przed treningiem aktywność mm. u dzieci z MPD była podwyższona, ale wraz z treningiem spadła do poziomu podobnego do dzieci rozwijających się typowo.</p>			
------------------------------	------------	---	---	---	--	--	--	--

Kim i wsp. 2012 [63]	RCT	Liczba uczestników: 19 GMFCS: - MACS: Gr. eksperymentalna 2.8 ± 0.9, gr. kontrolna 2.1 ± 0.6 Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna (N = 10), tetraplegia (N=9) Grupy: Gr. eksperymentalna (N = 10) została poddana intensywnemu TS CHRIST oraz terapii ogólnousprawniającej. Gr. kontrolna (N = 9) otrzymała wytyczne treningu w domu oraz terapii ogólnousprawniającej. Płeć: ♀ (N = 9), ♂(N = 10) Wiek: 6-13 lat	Obie grupy zostały poddane 30 sesjom intensywnego treningu siłowego CHRIST lub treningu w domu. Trening trwał 60 min dziennie, 3 razy w tygodniu, przez 10 tyg. CHRIST obejmował trening kończyn górnych na bieżni w podwieszeniu wspierającym przeniesienie ciężaru ciała w kierunku kończyn górnych. Prędkość bieżni została ustawiona na 0,3-1,2 km/h. Trening do wykonywania w domu składał się z 8 ćwiczeń zwiększających siłę mn. kończyn górnych, w tym m. trójgłowego ramienia i prostownika promieniowego nadgarstka. Testy przed i po zostały przeprowadzone w celu weryfikacji uzyskanych rezultatów w każdej z grup oraz różnic między obiema grupami	1] Czas trwania ruchu (MT): 2] Średnia prędkość (MV): 3] Średnia prędkość kątowa (MAV): -st. ramienny -st. łokciowy -st. nadgarstkowy 4] NJSI -st. ramienny -st. łokciowy -st. nadgarstkowy (z komfortową i szybką prędkością)	+	+	0	0	0	0	+	+
Rameckers i wsp. 2009 [64]	CT	Liczba uczestników: 20 GMFCS: - Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna. Grupy: objęta interwencją fizjoterapeutyczną/terapią zajęciową (N = 10), grupa BTX (N = 10) MACS: - Zancolli: I (N = 8), IIA (N = 10), IIB (N = 6) Płeć: - Wiek: 4-16 lat	Standardyzowany program terapii nakierowanej na zadanie obejmował 30 min fizjoterapii i 30 min terapii zajęciowej pod nadzorem doświadczonych terapeutów, 3 razy w tyg, 6 miesięcy. Wyniki zostały zebrane 2 tyg. przed i 2 tyg. po iniekcji BTX oraz 3, 6 i 9 miesięcy po rozpoczęciu terapii. Po upływie 6 miesięcy zakończono program terapeutyczny, po czym nastąpił okres 3 miesięcy bez terapii. Grupa objęta fizjoterapią/terapią zajęciową miała przeprowadzane testy w tych samych odstępach czasu.	1] Ograniczony zakres ruchu: -st. nadgarstkowy -st. łokciowy 2] AROMm: -st. nadgarstkowy -st. łokciowy 3] PROMh: -st. nadgarstkowy -st. łokciowy 4] MGFo: -st. nadgarstkowy -st. międzypalczkowe 5] Melbourne:	+	+	+	+	+	+	+	+
			Iniekcje BTX powodują osłabienie siły mn. i nie prowadzą do lepszych efektów niż sama terapia.	BTX+ /fizjoterapia lub terapia zajęciowa	+/+ +/+ -/ +/+ +/- +/- +/- +/- +/-							

Lee i wsp. 2009 [65]	Case study	Liczba uczestników: 1 GMFCS: - Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna Płeć: ♀ (N = 1) Wiek: 4 lata	Trening CHRIST był prowadzony przez 5 tyg., 5 razy w tygodniu, 60 min dziennie (10 min ćwiczeń i 3 min przerwy). Prędkość bieżni ustawiono na 0,8 km/h. W celu wzmocnienia efektu terapeutycznego zastosowano elektrostymulację nerwowo- mięśniową w określonych punktach ruchowych prostownika promieniowego nadgarstka i m. trójkowego ramienia zajętej kończyny. Stosowane dodatkowe bodźce werbalne i proprioceptywne były stopniowo wyczoływane kiedy dziecko było w stanie samodzielnie wykonywać odpowiedni ruch ramienia	1] USG (prostownik promieniowy nadgarstka, m. trójkowy) 2] WMFTp 3] mJHFT 4] PMAL questionnaire.	+ + + +			
Vaz i wsp. 2008 [66]	Pre-Post	Liczba uczestników: 9 GMFCS: - Rodzaj MPD: hemiplegia spastyczna (N = 9) MACS: I (N = 1), II (N = 8). Grupy: - Płeć: ♀ (N = 5), ♂ (N = 4) Wiek: 7–11 lat	Trening wzmacniający mm. zginacze i prostowniki nadgarstka wspomagane elektrostymulacją prowadzony 3 razy w tygodniu przez 8 tyg. Intensywność elektrostymulacji zwiększono stopniowo w zależności od tolerancji pacjenta, aż do uzyskania widocznych skurczów powodujących ruch. Parametry elektrostymulacji: szerokość impulsu 300 µs, częstotliwość 30 pps, czas narastania i zmniejszania 3 s oraz czas pracy 5 s.	1] Siła mm.: zginaczy w skurczu izometrycznym i prostowników w różnych pozycjach nadgarstka: - 30° zgięcia - neutralna - 30° wyprostu 2] Sztywność bierna 3] Zakres ruchomości nadgarstka w czasie zadań manualnych 4] Funkcja ręki	0 0 + 0 0 0			

a) MACS (ang. Manual Ability Classification System); b) BoNT-A/BTX (ang. botulinum toxin) toksyna botulinowa typu A; c) NSCA (ang. National Strength and Conditioning Association); d) Melbourne (ang. Melbourne Assessment); e) AHA (ang. Assisting Hand Assessment); f) GMFCS (ang. Gross Motor Functional Classification System); g) CHRIST (ang. Comprehensive Hand Repetitive Intensive Strengthening Training); h) QUEST (ang. Quality of Upper Extremity Skills Test); i) mJHFT (ang. modified Jebsen Taylor Hand Function Test); j) WeeFim (ang. Functional Independence Measure); k) PMAL (ang. Pediatric Motor Activity Log); l) NJS (ang. normalized jerk score); m) AROM (ang. active range of motion) aktywny zakres ruchomości; n) PROM (ang. passive range of motion) bierny zakres ruchomości; o) MGF (ang. maximal generated force) maksymalna siła mięśniowa; p) WMFT (ang. Wolf Motor Function Test)

dencji, z jaką wykonywane jest ćwiczenie wzmacniające i ma wpływ na rodzaj adaptacji mięśniowej, która może wystąpić. Inne ważne czynniki to odpowiedni nadzór, progresja, rodzaje ćwiczeń, okresy odpoczynku, rozgrzewka i wiek pacjenta [47].

W analizowanych pracach częstotliwość treningu najczęściej wynosiła trzy razy w tygodniu (3–5) z liczbą serii wynoszącą trzy (3–6) oraz liczbą powtórzeń wynoszącą osiem (5–10). Całkowity czas trwania TS wynosił najczęściej sześć tygodni (5–24). Intensywność i obciążenie TS były określane na podstawie pomiaru siły maksymalnej w trakcie wykonywania danego ćwiczenia [9, 58, 61, 63, 65]. Pomiedzy seriami ćwiczeń stosowano 1 minutę przerwy, oraz 2 minuty przerwy pomiędzy poszczególnymi ćwiczeniami [9]. Prędkość biegni podczas treningu siłowego CHRIST (ang. *Comprehensive Hand Repetitive Intensive Strengthening Training*) była jednakowa dla wszystkich pacjentów i wynosiła 0,8 km/h [15, 59, 60] oraz 0,3 – 1,2 km/h [62]. Kiedy uczestnicy badania byli w stanie wykonać trzy serie po dziesięć powtórzeń w danym ćwiczeniu, intensywność była stopniowo zwiększana w sposób zindywidualizowany poprzez zwiększanie ciężaru o 0,25 – 0,5 kg [9]. Progresję TS zapewniano używając masy ciała pacjenta, wolnego obciążenia, elastycznych gum, oraz specjalistycznych maszyn. Tylko w jednej publikacji protokół badania zawierał dziesięćminutową rozgrzewkę (ang. warm-up) [9]. W żadnym protokole badania nie odnaleziono części treningu z powysiłkową restytucją (ang. *cool-down*). Uzyskane rezultaty oceniono biorąc pod uwagę poziomy według Klasyfikacji ICF.

Struktura i funkcja

Oceny funkcji i struktury dokonywano poprzez badanie siły mięśniowej, czynnego zakresu ruchu i napięcia mięśniowego. W sześciu badaniach siłę mięśniową mierzono przy użyciu dynamometru: ręcznego [9, 58, 59, 65], naciskowego [60, 65], oraz stacjonarnego BIODEX [9, 61, 65]. Do badania siły chwytu ręki zastosowaną standardową pozycję wyjściową zgodną z rekomendacjami ASHT (ang. *American Society of Hand Therapists*): siad na krześle dostosowanym do wysokości pacjenta, ramiona w neutralnej pozycji, zgięcie w stawie łokciowym kończyny badanej do 90 stopni, kończyna niepodparta. Każdą z kończyn górnych badano trzykrotnie z odstępem dwóch minut [9, 58] lub minuty [65] pomiędzy podejściami. W badaniu 61 uczestnicy otrzymywali ciągłą słowną zachętę do osiągnięcia maksymalnych wyników podczas badania siły mięśniowej [61]. Zapisywano najwyższą osiągniętą wartość [9, 58, 61]. Badano wpływ TS na siłę następujących grup mięśniowych: zginacze i prostowniki stawu łokciowego [61], pronatory i supinatory przedramienia, zginacze i prostowniki nadgarstka [65], a także poszczególnych mięśni: dwugłowy ramienia, ramienny, mięsień nawrotny obły [9] oraz dwugłowy ramienia, mięśnia ramiennie-promieniowego [61], prostownik promieniowy nadgarstka, trójgłowy ramienia [15].

W badaniu Vaz i wsp. [65] mierzono także długość ręki. Do oceny zwiększenia objętości mięśnia w trzech bada-

niach zastosowano badanie ultrasonograficzne (USG) [15, 59, 60]. Jest ono narzędziem stosowanym do dokładnego określenia zmian morfologicznych w grubości mięśnia lub przekroju poprzecznym związanych z patologią lub wysiłkiem fizycznym, co stanowi wskaźnik siły (lub osłabienia) mięśnia oraz atrofii lub hipertrofii [15]. W dwóch badaniach [61, 65] zastosowano badanie elektromiograficzne (EMG). Rejestrowano aktywność mięśnia dwugłowego ramienia i mięśnia ramiennie-promieniowego podczas oceny izokinetycznej [61], oraz zginaczy i prostowników nadgarstka do oceny biernej sztywności zginaczy [65]. Przy pomocy EMG oceniono szczytowy moment obrotowy znormalizowany do masy ciała, oraz pracę znormalizowaną do masy ciała, kąt przy szczytowym momencie obrotowym, szerokość krzywej i aktywację EMG. Dzięki ekscentrycznemu treningowi siłowemu dzieci z MPD zwiększyły moment obrotowy w całym zakresie ruchu. Ćwiczenia ekscentryczne mogą zmniejszyć kokontrakcję, poprawiając rozwój momentu obrotowego [61].

TS nie wpływa na wzrost napięcia mięśniowego. Do oceny napięcia mięśniowego używano dynamometru [9], standardowego badania (szybkie bierne ruchy w pełnym zakresie), a następnie zapis oceny według zmodyfikowanej skali Ashworth [63]. Oceniano napięcie mięśniowe zginaczy i prostowników stawu łokciowego, oraz stawu promieniowo-nadgarstkowego [63]. TS może wywierać zróżnicowany wpływ na bierny zakres ruchu (ROM ang. *Range Of Motion*). Do oceny biernego i aktywnego ROM w dwóch badaniach użyto goniometru mechanicznego zgodnie ze standardowymi procedurami [9, 63]. Trening siłowy w połączeniu z iniekcją toksyną botulinową wpłynął na poprawę aktywnej supinacji [9]. Do oceny aktywnego ROM oraz jakości ruchu w dwóch badaniach zastosowano system VICON [59, 62].

Aktywność

W jednym badaniu motorykę dużą u pacjentów z MPD oceniano stosując klasyfikację GMFCS [58]. W siedmiu badaniach oceniono użycie kończyn górnych w życiu codziennym przy użyciu MACS [9, 58-62, 65], a także w jednym badaniu pozycje kciuka w aktywności oceniono za pomocą zmodyfikowanej klasyfikacji HOUSE (ang. *Modified House Functional Classification System*) [9]. Użycie rąk i ramion oceniano za pomocą testów Oceny Jednostronnej Funkcji Kończyny Górnej Melbourne (ang. *Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function*) [9, 58], Oceny Ręki Wspomagającej (ang. *Assisting Hand Assessment AHA*) [9], ABILHAND-Kids [58], QUEST (ang. *Quality of Upper Extremity Skills Test*) [59, 60], Jebsen (ang. *Taylor Hand Function Test*) [15, 59, 60], WeeFim (ang. *Functional Independence Measure*) [59], PMAL - (ang. *Pediatric Motor Activity Log*) [15, 59]. Testy były przeprowadzane przed i po terapii.

Uczestnictwo (w życiu codziennym)

W jednym z badań oceniano wpływ wykorzystania w TS konsoli Nintendo Wii na motywację do ćwiczeń, jakość życia i poziom wykorzystywania kończyn górnych

w życiu codziennym [58]. W tym celu zastosowano dzienne ćwiczenia motywacyjne, w których rodzice oraz uczestnicy potwierdzali wykonanie każdego z ćwiczeń. Rodzice dzieci z grupy trenującej na Wii udzielili więcej pozytywnych odpowiedzi na wszystkie postawione pytania. W związku z tym zauważono, że taka forma TS może pozytywnie wpływać na efekty terapii dzieci z MPD [58].

Długoterminowa ocena efektów

W trzech publikacjach oceniono efekt długoterminowy zastosowanej terapii [9, 59, 63]. W badaniu Elvrum i wsp. pomiary przeprowadzono przed rozpoczęciem badania, 2 i 5 miesięcy po jej zakończeniu. Po 2 miesiącach w grupach, w których podano BTX lub BTX wraz z TS odnotowano nieznaczłą poprawę wyniku w teście AHA i Melbourne. Odnotowano istotne krótkoterminowe efekty leczenia na korzyść grupy poddanej iniekcji BTX i TS dla siły mięśniowej bez równoczesnego wzrostu napięcia mięśniowego. Nie zaobserwowano zmiany siły mięśniowej w mięśniach pronujących przedramię. Aktywny zakres supinacji uległ poprawie w obu grupach, ale bardziej w grupie po iniekcji BTX. Po 5 miesiącach, jedyna znacząca różnica pomiędzy grupami dotyczyła siły chwytu ręki. W pozostałych parametrach obie grupy powróciły do wartości wyjściowych [9]. W badaniu Rameckersa i wsp. dokonano pomiaru efektów terapii na początku badania, 2 tygodnie po iniekcji BTX, po 6 miesiącach (koniec terapii), a następnie po 3 miesiącach od zakończenia terapii. Porównywano efekty standaryzowanego programu treningu funkcjonalnego do programu z podaniem BTX w mięśnie przedramienia i ręki. W okresie terapii stwierdzono wzrost aktywnego ROM nadgarstka o 26,4°, który utrzymywał się w okresie obserwacji na poziomie 20,2°. Dla kąta spastyczności nadgarstka stwierdzono długotrwałą poprawę o 12,1° i ponownie efekt ten nie został utracony w ciągu 3 miesięcy bez terapii i pozostał na poziomie 13°. Poprawa, tj. obniżenie napięcia mięśniowego grup mięśniowych w obrębie nadgarstka i stawu łokciowego nastąpiła po 6 miesiącach i utrzymywała się po 9 miesiącach. U dzieci z MPD z postacią hemiplegii spastycznej w ciągu 6 miesięcy treningu oporowego i terapii zajęciowej nastąpiła poprawa zarówno w zakresie czynnego zakresu ruchu, jak i napięcia mięśni w obrębie stawów nadgarstka i stawu łokciowego [63]. Wykazano istotne zmiany w grubości mięśni zajętej kończyny górnej podczas spoczynku w okresie przed testem, po teście i po 3 miesiącach obserwacji. Wykazano znaczące zmiany w sile mięśni prostowników stawu łokciowego zarówno w kończynie górnej zajętej, jak i mniej zajętej przed treningiem, po treningu i po 3 miesiącach obserwacji. Podobnie istotne zmiany wystąpiły w sile wyprostu nadgarstka kończyny zajętej i mniej zajętej. Dodatkowo, wykazano istotne zmiany między testem początkowym a końcowym oraz między testem początkowym, a końcowym w zakresie siły mięśniowej wyprostu w stawie łokciowym i stawach nadgarstka kończyny zajętej. Autorzy zwracają uwagę, że jest to pierwsze badanie podkreślające długoterminową skuteczność TS kończyn górnych z wykorzystaniem systemu CHRIST u dzieci z MPD [59]. 61 i wsp. w 12-tygodnio-

wym badaniu dokonali oceny pięciokrotnie, w tygodniach: pierwszym, trzecim, szóstym, dziewiątym i dwunastym, nie oceniono efektów długoterminowych [61].

DYSKUSJA

Medycyna oparta na dowodach naukowych (EBM, ang. *Evidence Based Medicine*) powinna być wykładnikiem podczas wyboru najodpowiedniejszej metody terapii pacjentów [66]. W specjalistycznej literaturze polskojęzycznej brak jest doniesień dotyczących wytycznych treningu siłowego kończyn górnych u dzieci z MPD. Celem pracy było wprowadzenie do istniejącej tematyki wykorzystania treningu siłowego w terapii dysfunkcji kończyn górnych u dzieci z MPD oraz odpowiedź na następujące pytania:

- i) czy TS ma wpływ na siłę mięśni kończyny górnej u dzieci z MPD?
- ii) czy TS w połączeniu z innymi interwencjami zwiększa siłę mięśniową kończyny górnej u dzieci z MPD?
- iii) czy wyizolowany lub łączony z inną terapią TS wpływa na poprawę funkcji kończyn górnych u dzieci z MPD na płaszczyznach ICF: struktury i funkcji, aktywności i partycypacji?

By odpowiedzieć na pierwsze pytanie znaleziono 6 badań wykorzystujących różne rodzaje treningu siłowego (oporowy i izokinetyczny) [58-63]. W badaniach trening trwał: sześć [58, 61], dziesięć [59, 60], lub 24 tygodnie [63]. Wykazano, że trening siłowy wpływa na zwiększenie siły mięśniowej prostowników stawu łokciowego i stawów nadgarstka kończyny zajętej oraz mniej zajętej. Dodatkowo, wykazano istotne zmiany między testem początkowym, a końcowym w zakresie siły generowanej podczas wyprostu w stawie łokciowym i stawach nadgarstka kończyny zajętej. Istnieją rekomendacje NSCA prowadzenia treningu siłowego u dzieci rozwijających się prawidłowo, które mogą być w przyszłości podstawą do powstania wytycznych prowadzenia tego treningu u dzieci z MPD. Najważniejszymi parametrami treningu siłowego są: częstotliwość, objętość, intensywność, czas trwania i szybkość, z jaką wykonywane są ćwiczenia. W związku z tym w metaanalizie Park i wsp. stwierdzono, że w celu maksymalizacji wpływu TS na siłę mięśniową należy stosować wytyczne NSCA, które rekomendują 12-tygodniowy trening, z częstotliwością 3 razy w tygodniu, 8-12 RM [38].

Odpowiadając na drugie pytanie, odnaleziono 3 badania: TS wraz z elektrostymulacją [15, 65], oraz TS w połączeniu z iniekcjami BTX [9, 63]. TS w połączeniu z innymi interwencjami zwiększa siłę mięśniową kończyny górnej u dzieci z MPD, jednakże uzyskane efekty w zakresie siły są porównywalne do zastosowania samego TS. Dodatkowo, co zaskakujące, nie wykazano różnych efektów pomiędzy tymi dwoma interwencjami. Wykazano dużą różnorodność metod treningowych (10-RM, opór manualny, chodzenie na rękach), czasu trwania (6-24 tygodni) i intensywności treningu (3-5 dni tygodniowo). Zgodnie z wytycznymi NSCA przed właściwym treningiem zalecana jest 5-10 minutowa rozgrzewka składająca się z dynamicznych ćwiczeń: chodzenie, jazda na rowerze bez obciążenia lub

z niewielkim obciążeniem, skakanie, przeskakiwanie. Tylko protokol badania Elvrum i wsp. zawierał 10-minutową rozgrzewkę [9]. W żadnym protokole badania nie odnaleziono części treningu z powysiłkową restytucją, która powinna zawierać ćwiczenia o niskiej intensywności oraz rozciąganie [47]. Wszystkie 3 interwencje wykazały ten sam pozytywny wpływ na siłę mięśniową, jednak wzrost siły spowodowany treningiem siłowym został osłabiony przez iniekcję BTX [9, 63]. Z badań Elvrum i wsp. wynika, że trening siłowy kończyn górnych może zmniejszyć krótkotrwałą utratę siły, która jest wynikiem iniekcji BTX, bez zwiększania napięcia mięśniowego. Co więcej, może zwiększyć aktywny zakres ruchu w większym stopniu niż sama iniekcja BTX. Dodatkowo wykazano, że TS w połączeniu z BTX poprawił aktywną supinację [9]. Także Williams i wsp. w swojej pracy przedstawili wyższość TS w połączeniu z BTX w porównaniu do samej iniekcji BTX [71]. Badanie USG pozwoliło wykazać, że przekrój poprzeczny mięśni: prostownika promieniowego nadgarstka i m. trójgłowego ramienia kończyny górnej zajętej uległy zwiększeniu zarówno w stanie skurczu, jak i relaksacji, a zmiany morfologiczne wywołane terapią były ściśle związane ze zwiększeniem siły mięśniowej i sprawności motorycznej w zakresie sięgania i chwytania [15]. Znaczący przyrost siły zaobserwowano w badaniu przeprowadzonym przez Vaz i wsp. przy 30° wyprostu nadgarstka dla zginaczy i prostowników [65]. W badaniach Lee i wsp. oraz Vaz i wsp. TS był wykonywany poprzez trening oporowy. W obu badaniach elektrostymulacja została dodana w celu wywołania aktywacji mięśni podczas treningu. W badaniu Lee i wsp. elektrostymulacja była stosowana tylko tymczasowo, jako bodziec wspomagający [15]. Niestety brak standaryzacji czasu trwania, intensywności i łączonej interwencji uniemożliwia wyciągnięcie spójnych wniosków.

W odniesieniu do trzeciego pytania, w żadnym z badań dotyczących TS jako pojedynczej formy terapii nie opisano wyników testów udziału kończyny w życiu codziennym. Opisano wpływ na poziom aktywności bezpośrednio po okresie treningu a następnie w trzech badaniach oceniono efekt długoterminowy [9, 59, 63].

Trening siłowy zorientowany na zadanie lub osadzony w podejściu terapeutycznym zorientowanym na zadanie co zwiększa możliwość przeniesienia terapii na czynności manualne. W badaniu Kasse i wsp. wykazano poprawę wyników w skali Melbourne u trójga dzieci, z czego dwoje było w grupie wykorzystującej do terapii konsolę Nintendo Wii. Poprawa wyników w ABILHAND-Kids była minimalna dla wszystkich uczestników. Poprawę siły chwytu ręki zaobserwowano u trzech uczestników, z których dwoje należało do grupy wykorzystującej trening siłowy. Grupa trenująca z wykorzystaniem konsoli Nintendo Wii wykazała większą motywację i zgodność wykonania treningu z otrzymanymi wytycznymi, dlatego wg autorów trening Wii może być skuteczną domową strategią rehabilitacyjną [58]. Nie zaobserwowano zmian w zakresie sztywności biernej, ani funkcji ręki w badaniu Vaz i wsp. [65]. Z badania Kim w wsp. dowiadujemy się, że czas ruchu (ang. *Movement Time*), średnia prędkość (MV, ang. *Mean Velocity*), średnia prędkość kątowna (ang. *Mean Angular Velocity*) stawu ramiennego, łokciowego oraz nadgarstkowego po zakończeniu interwencji w grupie eksperymentalnej poprawiły się istotnie w czasie sięgania zarówno z prędkością komfortową jak i szybką. Natomiast w grupie kontrolnej MV poprawiła się istotnie podczas ruchu sięgania tylko z prędkością komfortową [62]. Lee i wsp. dowiedli, że siła, przekrój poprzeczny mięśni i funkcje motoryczne uległy znacznej poprawie po 10-tygodniowej kompleksowym, powtarzalnym, intensywnym TS CHRIST kończyn górnych (3 razy w tygodniu), a długoterminowe efekty utrzymały się nawet po 3-miesięcznej obserwacji [59]. Dane uzyskane za pomocą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego wykazały, że TS CHRIST spowodował zmiany w neuronach związanych z kontrolą i nauczaniem motorycznym. Wyniki te dostarczają nowego klinicznego wglądu w neuroplastyczność leżącą u podstaw zmian morfologicznych i funkcjonalnych w zakresie motoryki [60]. Wyniki innego badania sugerują, że aktywność mięśni przed treningiem siłowym, polegającym na powtarzaniu skurczów ekscentrycznych była podwyższona, ale zmniejszała się wraz z treningiem do poziomu zbliżonego do dzieci typowo rozwijających się [61].

Długoterminowe wyniki zostały przedstawione w 3 badaniach [9, 59, 63]. W badaniach tych okres obserwacji wynosił 3 miesiące. Wykazano zwiększenie siły zginaczy palców [63] i siły chwytu ręki [9], zaś siła zginaczy i prostowników stawu łokciowego oraz siła supinatorów przedramienia [9] powróciły do wartości wyjściowych. Ten sam zmniejszający się efekt TS jest porównywalny z wynikami badań nad kończynami dolnymi [67]. Różnice pomiędzy efektami dla siły chwytu ręki prawdopodobnie można wyjaśnić zwiększonym wykorzystaniem kończyny górnej zajętej po okresie treningowym w codziennych czynnościach. Zginacze i prostowniki stawu łokciowego są częściej wykorzystywane w intensywnych czynnościach, takich jak podnoszenie dużych i ciężkich przedmiotów, które prawdopodobnie nie są często wykonywane przez dzieci z MPD. Jedynymi mięśniami, w których nastąpił spadek siły mięśniowej były pronatory przedramienia, co było spowodowane iniekcją BTX [9].

W żadnym z badań nie wspomniano o treningu mięśni obręczy barkowej. W analizowanych badaniach uczestniczyły głównie dzieci z MPD z postacią hemiplegii oraz nieliczne z postacią diplegii. Na podstawie tych badań można stwierdzić, że w grupie dzieci z MPD z postacią hemiplegii najsłabszymi mięśniami w obrębie kończyny górnej są zginacze i prostowniki nadgarstka [9, 63, 65, 68-70, 72].

WNIOSKI

Na podstawie analizy przedstawionych badań w niniejszym przeglądzie nie można określić precyzyjnej metodologii TD u dzieci z MPD, która zapewniałaby osiągnięcie maksymalnych rezultatów u każdego pacjenta, u którego zostanie zastosowana. Zarówno TS jak i TS w połączeniu z inną interwencją dają jednakowe efekty na poziomie strukturalnym. Połączenie elektrostymulacji z terapią na-

kierowaną na zadanie nie osłabiło efektu TS. Wprowadzenie iniekcji BTX może hamować lub spowalniać efekt TS.

We wszystkich analizowanych badaniach stosowano ćwiczenia z częstotliwością minimum 3 razy w tygodniu, a czas trwania treningu to minimum 6 tygodni. Wytyczne NSCA, które zostały zastosowane w trzech badaniach [9, 61, 63] rekomendują 12-tygodniowy trening, z częstotliwością 3 razy w tygodniu, 8-12 RM [38, 44, 45, 47]. W przyszłych badaniach dotyczących zastosowania TS należy oceniać jego potencjalny wpływ na poziomie aktywności i uczestnictwa pacjenta w życiu codziennym. Powinno być to ściśle związane z funkcjonalnymi celami, które dzieci chcą osiągnąć. Z klinicznego punktu widzenia bardzo ważne jest, aby wiedzieć, czy wzrost siły mięśniowej wywołany TS wiąże się z istotną zmianą w niezależności dzieci z MPD w aktywnościach dnia codziennego

PIŚMIENNICTWO:

- [1] Graham H.K., Rosenbaum P., Nigel P., et al.: Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers*. 2016; 2: 15082.
- [2] Rosenbaum P., Paneth N., Leviton A., et al.: A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 49: 8-14.
- [3] Aisen M.L., Kerkovich D., Mast J., et al.: Cerebral palsy: clinical care and neurological rehabilitation. *Lancet Neurol* 2011; 10: 844-852.
- [4] Badawi N., Mcintyre S., Hunt R.W.: Perinatal care with a view to preventing cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2021; 63: 156-161.
- [5] Scrutton D., Damiano D.L., Mayston M.: Management of the motor disorders of children with cerebral palsy. Cambridge University Press; 2nd edition. Cambridge 2004: 191.
- [6] Koman L.A., Smith B.P., Shilt J.S.: Cerebral palsy. *Lancet* 2004; 363: 1619-1631.
- [7] Arner M., Eliasson A.C., Nicklasson S., et al.: Hand function in cerebral palsy. Report of 367 children in a population-based longitudinal health care program. *J Hand Surg* 2008; 33: 1337-1347.
- [8] Himmelmann K., Beckung E., Hagberg G., et al.: Gross and fine motor function and accompanying impairments in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 417-423.
- [9] Elvrum A.K.G., Brændvik S.M., Sæther R., et al.: Effectiveness of resistance training in combination with botulinum toxin-A on hand and arm use in children with cerebral palsy: a pre-post intervention study. *BMC Pediatr* 2012; 12: 91.
- [10] Brændvik S.M., Elvrum A.K., Vereijken B., et al.: Relationship between neuromuscular body functions and upper extremity activity in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: e29-e34.
- [11] Lissauer T., Carroll W., Redakcja wydania polskiego Milanowski A.: *Pediatria*; Edra Urban & Partner, Wrocław 2019; 5: 54-57.
- [12] Sanger T.D., Chen D., Delgado M.R., et al.: Definition and classification of negative motor signs in childhood. *Pediatrics* 2006; 118: 2159-2167.
- [13] Ross S.A., Engsborg J.R.: Relationships Between Spasticity, Strength, Gait, and the GMFM-66 in Persons With Spastic Diplegia Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1114-1120.
- [14] Chang J.J., Wu T.I., Wu W.L., et al.: Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005; 20: 381-388.
- [15] Lee D.R., You J.H., Lee N.G., et al.: Comprehensive Hand Repetitive Intensive Strengthening Training (CHRIST)-induced morphological changes in muscle size and associated motor improvement in a child with cerebral palsy: an experimenter-blind study. *NeuroRehabilitation* 2009; 24: 109-117.
- [16] Buccino G., Arisi D., Gough P., et al.: Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012; 54: 822-828.
- [17] Buccino G., Molinaro A., Ambrosi C., et al.: Action Observation Treatment Improves Upper Limb Motor Functions in Children with Cerebral Palsy: A Combined Clinical and Brain Imaging Study. *Neural Plast* 2018; 2018: 4843985.
- [18] Sgandurra G., Ferrari A., Cossu G., et al.: Randomized trial of observation and execution of upper extremity actions versus action alone in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27: 808-815.
- [19] Inguaggiato E., Sgandurra G., Perazza S., et al.: Brain reorganization following intervention in children with congenital hemiplegia: a systematic review. *Neural Plast* 2013; 2013: 356275.
- [20] Gordon A.M., Hung Y.C., Brandao M., et al.: Bimanual Training and Constraint-Induced Movement Therapy in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 25: 692-702.
- [21] Hoare B.J., Wallen M.A., Thorley M.N., et al.: Constraint-induced movement therapy in children with unilateral cerebral palsy. *Cochrane Database Syst Rev* 2019; 4: CD004149.
- [22] Sakzewski L., Ziviani J., Boyd R.N.: Efficacy of upper limb therapies for unilateral cerebral palsy: a meta-analysis. *Pediatrics* 2014; 133: e175-204.
- [23] Chen Y.P., Pope S., Tyler D., et al.: Effectiveness of constraint-induced movement therapy on upper-extremity function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil* 2014; 28: 939-953.
- [24] Das S., Ganesh G.: Evidence-based approach to physical therapy in cerebral palsy. *Indian J Orthop* 2019; 53: 20-34.
- [25] Jamali A.R., Amini M.: The effects of constraint induced movement therapy on functions of children with cerebral palsy. *Iran J Child Neurol* 2018; 12: 16-27.
- [26] Fonseca P.R.J., Filoni E., Melo Setter C., et al.: Constraint-induced movement therapy of upper limb of children with cerebral palsy in clinical practice: systematic review of the literature. *Fisioterapia e Pesquisa* 2017; 24: 334-346.
- [27] Ferre C.L., Brandao M., Surana B., et al.: Caregiver-directed home-based intensive bimanual training in young children with unilateral spastic cerebral palsy: a randomized trial. *Dev Med Child Neurol* 2017; 59: 497-504.
- [28] Brandao M.B., Mancini M.C., Ferre C.L., et al.: Does dosage matter? A pilot study of hand-arm bimanual intensive training (HABIT) dose and dosing schedule in children with unilateral cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatric* 2018; 38: 227-242.
- [29] Friel K.M., Kuo H-C., Fuller J., et al.: Skilled bimanual training drives motor cortex plasticity in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 2016; 30: 834-844.
- [30] Toovey R., Bernie C., Harvey A.R., et al.: Task specific gross motor skills training for ambulant school-aged children with cerebral palsy: a systematic review. *BMJ Paediatrics Open* 2017; 1: e000078.
- [31] Novak I., Berry J.: Home program intervention effectiveness evidence. *Phys Occup Ther Pediatric* 2014; 34: 384-389.
- [32] Booth A.T.C., Buizer A.I., Meyns P., et al.: The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* 2018; 60: 866-883.
- [33] Moreau N.G., Bodkin A.W., Bjornson K., et al.: Effectiveness of rehabilitation interventions to improve gait speed in children with cerebral palsy: systematic review and meta-analysis. *Phys Ther* 2016; 96: 1938-1954.
- [34] Gąsior J., Pawłowski M., Jeleń P., et al.: Trening na bieżni w rehabilitacji dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym: przegląd piśmiennictwa. *Polish Journal of Rehabilitation Research* 2014; 7: 39-49.
- [35] McNee A.E., Gough M., Morrissey M.C., et al.: Increases in muscle volume after plantar flexor strength training in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2009; 51: 429-435.
- [36] Park E.Y., Kim W.H.: Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2013; 35: 239-249.
- [37] Abbaskhanian A., Rashedi V., Delpak A., et al.: Rehabilitation interventions for children with cerebral palsy: a systematic review. *J Pediatric Rev* 2015; 1-8.
- [38] Gąsior J., Pawłowski M., Bonikowski M., et al.: Trening siłowy w rehabilitacji dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym: przegląd piśmiennictwa. *Neurologia Dziecięca* 2013; 22: 33-50.
- [39] Novak I., McIntyre S., Morgan C., et al.: A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 2013; 55: 885-910.

- [40] Novak I., Morgan C., Fahey M., et al.: State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2020; 20: 3
- [41] Kleim J.A., Jones T.A.: Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech, Language, Hearing Res* 2008; 51: 225-239.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] Faigenbaum A.D., Myer G.D.: Pediatric resistance training: Benefits, concerns, and program design considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 9: 161-168.
- [46] 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.
- [47] Moreau N.G., Gannotti M.E.: Addressing muscle performance impairments in cerebral palsy: Implications for upper extremity resistance training. *J Hand Ther* 2015; 28: 91-99.
- [48] Liberati A., Douglas G., Tetzlaff J., et al.: The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration. *BMJ* 2009; 339: b2700.
- [49] Anttila H., Autti-Rämö I., Suoranta J., et al.: Effectiveness of physical therapy interventions for children with cerebral palsy: A systematic review. *BMC Pediatr* 2008; 8.
- [50] Rameckers E.A., Janssen-Potten Y.J.M., Essers I.M.M., et al.: Efficacy of upper limb strengthening in children with Cerebral Palsy: A critical review. *Res Dev Disabil* 2015; 36: 87-101.
- [51] Dagenais L.M., Lahay E.R., Stueck K.A., et al.: Effects of electrical stimulation, exercise training and motor skills training on strength of children with meningomyelocele: A systematic review. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2009; 29: 445-463.
- [52] Hernández H.A., Khan A., Fay L., et al.: Force resistance training in hand grasp and arm therapy: Feasibility of a low-cost video game controller. *Games Health J* 2018; 7: 277-287.
- [53] Mailleux L., Feys H.: Upper limb strength training and somatosensory stimulation: optimizing self-care independence for children with unilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2019; 61: 998.
- [54] Washabaugh E.P., Guo J., Chang C.K., et al.: A Portable Passive Rehabilitation Robot for Upper-Extremity Functional Resistance Training. *IEEE Trans Biomed Eng* 2019; 66: 496-508.
- [55] Hutzler Y., Rodríguez B.L., Laiz N.M., et al.: The effects of an exercise training program on hand and wrist strength, and function, and activities of daily living, in adults with severe Cerebral Palsy. *Res Dev Disabil* 2013; 34: 4343-4354.
- [56] Kent R.M.: Cerebral palsy. *Handb Clin Neurol* 2013; 110: 443-459.
- [57] McCubbin J.A., Shasby G.B.: Effects of isokinetic exercise on adolescents with cerebral palsy. *Adapt Phys Act Q* 1985; 2: 56-64.
- [58] Kassee C., Hunt C., Holmes M.W.R., et al.: Home-based Nintendo Wii training to improve upper-limb function in children ages 7 to 12 with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Rehabil Med* 2017; 10: 145-154.
- [59] Lee J.A., You J.H., Kim D.A., et al.: Effects of functional movement strength training on strength, muscle size, kinematics, and motor function in cerebral palsy: A 3-month follow-up. *Neuro Rehabilitation* 2013; 32: 287-295.
- [60] Lee D.R., Kim Y.H., Kim D.A., et al.: Innovative strength training-induced neuroplasticity and increased muscle size and strength in children with spastic cerebral palsy: an experimenter-blind case study-three-month follow-up. *Neuro Rehabilitation* 2014; 35: 131-136.
- [61] Reid S., Hamer P., Alderson J., Lloyd D.: Neuromuscular adaptations to eccentric strength training in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 358-363.
- [62] Kim D.A., Lee J.A., Hwang P.W., et al.: The effect of Comprehensive Hand Repetitive Intensive Strength Training (CHRIST) using motion analysis in children with cerebral palsy. *Ann Rehabil Med* 2012; 36: 39-46.
- [63] Rameckers E.A., Speth L.A., Duysens J., et al.: Botulinum toxin-a in children with congenital spastic hemiplegia does not improve upper extremity motor-related function over rehabilitation alone: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 218-225.
- [64] Lee D.R., You J.H., Lee N.G., et al.: Comprehensive Hand Repetitive Intensive Strengthening Training (CHRIST)-induced morphological changes in muscle size and associated motor improvement in a child with cerebral palsy: an experimenter-blind study. *NeuroRehabilitation* 2009; 24: 109-117.
- [65] Vaz D.V., Mancini M.C., da Fonseca S.T., et al.: Effects of strength training aided by electrical stimulation on wrist muscle characteristics and hand function of children with hemiplegic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2008; 28: 309-325.
- [66] 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.
- [67] Scianni A., Butler J.M., Ada L.: Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy: A systematic review. *Aust J Physiother* 2009; 55: 81-87.
- [68] Klingels K., Feys H., Molenaers G., et al.: Randomized trial of modified constraint-induced movement therapy with and without an intensive therapy program in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27: 799-807.
- [69] Smits-Engelsman B.C., Rameckers E.A., Duysens J.: Late developmental deficits in force control in children with hemiplegia. *Neuroreport* 2004; 15: 1931-1935.
- [70] Smits-Engelsman B.C., Rameckers E.A., Duysens, J.: Muscle force generation and force control of finger movements in children with spastic hemiplegia during isometric tasks. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47: 337-342.
- [71] Williams S.A., Elliott C., Valentine J., et al. Combining strength training and botulinum neurotoxin intervention in children with cerebral palsy: the impact on muscle morphology and strength. *Disabil Rehabil* 2013; 35: 596-605.
- [72] Vaz D.V., Cotta Mancini M., Fonseca S.T., et al.: Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2006; 48: 728-733.

Adres do korespondencji:

Jakub S. Gąsior jgasior@wum.edu.pl +48 793 199 222 Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny