



## PRACA ORYGINALNA / ORIGINAL PAPER

Dominika Flis <sup>(ABCD<sub>FG</sub>)</sup>, Andrzej Kwolek <sup>(ABDF)</sup>, Wojciech Rusek <sup>(AB)</sup>

### Ocena efektów treningu chodu na urządzeniu Lokomat u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. Doniesienie wstępne

#### Evaluation of the effects of gait training on the device Lokomat in children with Cerebral Palsy. Preliminary Report

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Medyczny, Instytut Fizjoterapii

#### STRESZCZENIE

**Cel:** Celem pracy była ocena efektów treningu chodu u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym, w warunkach dynamicznego odciążenia na Lokomacie.

**Materiał i metoda:** Zbadano 11 pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym, z postacią spastyczną, w tym 6 dzieci było z niedowładem czterokończynowym, 5 dzieci z niedowładem kurczowym obustronnym. Średni wiek badanych 9 lat. Każdego pacjenta zbadano przed i po 10 sesjach terapeutycznych. Oceniono stopień niesprawności motorycznej dziecka według skali Kudrjavcev oraz skali GMFCS, równowagę z wykorzystaniem skali Berg, chód z wykorzystaniem Wisconsin Gait Scale.

**Wyniki:** U wszystkich dzieci nastąpiła poprawa, zakres poprawy był zróżnicowany. Poprawa chodu jest lepsza u dzieci z niedowładem kurczowym obustronnym. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w ocenie efektów równowagi pomiędzy obiema grupami badanych dzieci. Chód ulega poprawie u wszystkich dzieci, w największym zakresie

#### ABSTRACT

**The aim of the research.** The aim of research was to esteem the results of re-education of the gait in children with Cerebral Palsy in conditions of dynamic load on the Lokomat.

**Materials and method.** 11 patients with spastic cerebral palsy, participating in the gait training, were examined. 6 children were diagnosed to have four-limb paralysis, 5 children were diagnosed to have bilateral spastic paresis. The average age of the examined children was 9 years. Every patient was examined after 10 therapy sessions. The level of child's motor disability was estimated according to Kudrjavcev scale and GMFCS scale, the balance was estimated according to Berg Scale, the gait according to Wisconsin Gait Scale.

**Results.** The improvement could be observed for all the children who had been checked, the range of improvement was diverse. The gait improvement was better for children with bilateral spastic paresis. The essential statistical difference in the balance effects esteem between two groups of examined children was not stated. The gait improvement for all children.

**Adres do korespondencji / Mailing address:** Andrzej Kwolek, Instytut Fizjoterapii, Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski

Udział współautorów / Participation of co-authors: A – przygotowanie projektu badawczego/ preparation of a research project; B – zbieranie danych / collection of data; C – analiza statystyczna / statistical analysis; D – interpretacja danych / interpretation of data; E – przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; F – opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; G – pozyskanie funduszy / obtaining funds

Artykuł otrzymano / recived: 1.09.2015 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 18.12.2015

Flis D, Andrzej Kwolek A, Rusek W. *Ocena efektów treningu chodu na urządzeniu Lokomat u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. Doniesienie wstępne.* *Medical Review* 2015; 13 (4): 358–367 doi: 10.15584/medrev.2015.4.3

poprawia się wędrowka biodra podczas przenoszenia właściwego, zgięcie stawu kolanowego, zmniejsza się ostrożność/ wahanie przed odbiciem. Równowaga ulega poprawie u wszystkich dzieci, a w największym zakresie poprawia się zdolność stania bez podparcia, sięgania do przodu oraz zdolność zmiany pozycji.

**Wnioski:** Chód dzieci poprawia się w sposób zindywidualizowany, co wskazuje, że dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym wykazują zróżnicowane możliwości kompensacyjne. Wynik terapii jest uzależniony od stanu funkcjonalnego dziecka w momencie włączenia do terapii.

**Słowa kluczowe:** mózgowy porażenie dziecięce, Lokomat, chód, równowaga.

## Wstęp

Nowe technologie pozwalają na konstruowanie urządzeń wspomagających proces rehabilitacji, zapewniają pacjentowi jak najlepszą realizację wzorca ruchowego. W pracy wykorzystano metodę reedukacji chodu za pomocą zautomatyzowanej ortozy (Lokomat), pozwalającej na trening chodu w warunkach dynamicznego obciążenia [1]. Strategia działania systemu dynamicznego obciążenia oparta jest na elementach fizjologicznego wzorca chodu [2]. Do patologii chodu dziecka z mózgowym porażeniem dziecięcym (m.p.dz.) zalicza się: brak równowagi, wyrażający się asekuracyjnym, szerokim stawianiem stóp, ugiętymi kolanami, zaburzone proporcje napięcia mięśniowego pomiędzy mięśniami agonistycznymi i antagonistycznymi, spastyczność, ograniczenie prędkości chodu, skrócenie fazy wymachu oraz wydłużeniem fazy podwójnego podporu, co związane jest z potrzebą utrzymania lepszej stabilności ciała i zapobiega upadkom [3]. Rehabilitacja pacjentów w przebiegu m.p.dz. ma znaczenie wielokierunkowe, a jej głównym celem jest niwelowanie nieprawidłowych, kompensacyjnych reakcji i wzorców ruchowych, a także kształtowanie prawidłowej motoryki, która umożliwi dziecku na tyle ile, na jest to możliwe niezależne funkcjonowanie w środowisku [4].

## Cel pracy

Celem pracy było określenie efektów treningu chodu u dzieci z m.p.dz., uczestniczących w treningu chodu w warunkach dynamicznego obciążenia na Lokomacie.

## Materiał i Metoda

Grupę badaną stanowiło 11 dzieci, u których zdiagnozowano postać spastyczną m.p.dz. z zajęciem czterech kończyn. U 6 dzieci zdiagnozowano postać spastyczną-niedowład czterokończynowy z przewagą zajęcia kończyn górnych (3 dziewczynki, 3 chłopców), a u 5 dzieci zdiagnozowano postać spastyczną-niedowład kurczowy obustronny, z przewagą zajęcia kończyn dolnych (2 dziewczynki, 3 chłopców). Podstawę zakwalifikowa-

The best improvement was in the hip movement during transfer of appropriate, the knee joint bending and the fear of reflection diminished. The balance improved for all children, the best change was in the range of standing without support, reaching forward and the ability of body changing. More therapy sessions helped obtain better therapy results. Children of „bigger risk” present weaker abilities to compensate for.

**Conclusions.** The gait of children improves in the individual way, it can be proved by the fact that children with Cerebral Palsy present diverse abilities to compensate for. The gait training contributes to the life independence increase, the therapy result depends on the clinic state of cerebral palsy and the initial functioning state of the child at the beginning of the therapy.

**Key words:** Cerebral palsy, gait, balance, Locomat

## Introduction

The new technology allows to create devices which support the process of rehabilitation, they also make a therapist's job easier and provide the patient with the best realization of movement pattern. The gait, which guarantees independence, is one of the most important human functions. The most important factors to restore and learn independent movement abilities are: patient's motivation, the therapy intensity, frequency, the number of particular repeated movement and modification. The research presents the way of the gait re-education via automatic orthosis which allows to have the gait training in conditions of dynamic load [1]. The strategy of the dynamic load system is based on components of physiological gait pattern [2]. Specific features of child with Cerebral Palsy gait pathology are: the lack of balance which is visible by wide way of placing feet, knee bending and the disturbed proportion of muscle tension between agonistic and antagonistic muscles, sobbing, the reduction of gait speed, shortening of the swing stage and elongated double support stage, which is connected with the need of keeping better body stability and falls prevention [3]. The rehabilitation of patients with cerebral palsy has got multidirectional significance and its main aim is to level bad compensatory reactions and movement patterns, as well as shaping proper movements which allow the child independence in life [4].

## The aim of the research

The aim of the research is to estimate the effects of the gait among children with cerebral palsy, participating in the gait training in conditions of dynamic load on the Lokomat.

## Materials and method

The research group consisted of 11 children. All children were diagnosed to suffer from spastic form with four limbs overtaking. Six children were diagnosed to have spastic form four-limb paralysis with the advantage of

nia pacjentów do grup klinicznych stanowiło wcześniej postawione i udokumentowane rozpoznanie lekarskie, które dotyczyło postaci klinicznej m.p.dz. W odpowiedzi na skonstruowanej ankiecie badawczej udzielano odpowiedzi, dotyczącej postaci klinicznej m.p.dz. dziecka. Najmłodsze dziecko miało 6 lat, najstarsze 17, średnia wieku wyniosła 9 lat. Wszystkich pacjentów zbadano przed i po 10 kolejnych sesjach terapeutycznych. Uwzględniono częstość treningu chodu na Lokomacie; 6 dzieci uczestniczyło raz w tygodniu w treningu chodu, natomiast 5 dzieci uczestniczyło 2-3 razy w tygodniu w treningu chodu. Przed przystąpieniem do badań określono czas trwania każdej sesji terapeutycznej, wynosił on 45 minut. Zakres trwania treningu chodu na Lokomacie wynosił od 5 do 10 tygodni.

W badaniu wykorzystano ankietę dotyczącą danych osobowych i klinicznych, ankietę składała się z 39 pytań, pierwsze cztery pytania ankiety dotyczyły danych socjo-demograficznych wieku, płci, miejsca zamieszkania, toku nauczania dziecka. Kolejne pytanie dotyczyło postaci klinicznej m.p.dz., którą posiadało dziecko. Pytania od szóstego do czternastego dotyczyły czynników ryzyka m.p.dz. oraz wybranych czynników, które mogły mieć wpływ na funkcjonowanie dziecka z m.p.dz. Kolejne pytania dotyczyły wieku dziecka, w którym nastąpiło rozpoznanie m.p.dz., innych schorzeń współwystępujących u dziecka, stopnia niepełnosprawności intelektualnej, współwystępujących zaburzeń fizycznych oraz emocjonalnych, stopnia dostosowania mieszkania do stanu dziecka. Pytania od 21 do 34 ankiety dotyczyły prowadzonej rehabilitacji dziecka oraz poziomu jego sprawności. Pytania od 35–37 dotyczyły treningu na zautomatyzowanej ortozie, w warunkach dynamicznego obciążenia, zapytano czy dziecko uczestniczyło już w treningu chodu na zautomatyzowanej ortozie, ile pojedynczych sesji terapeutycznych odbędzie dziecko oraz jak często będą się one odbywały. Ostatnie dwa pytania ankiety dotyczyły opinii rodziców, zapytano, które funkcje u dziecka uległy największej poprawie pod wpływem dotychczasowej rehabilitacji oraz czy według nich dziecko ma szansę funkcjonować w przyszłości samodzielnie. Do oceny zdolności motorycznych na jednym z pięciu początkowych poziomów wykorzystano skalę GMFCS (Gross Motor Function Classification System) [5]. W momencie włączenia do badania oceniono poziom funkcjonalny pacjentów, przed terapią 6 dzieci kwalifikowało się do czwartego poziomu zdolności motorycznych, 5 dzieci, było w lepszym stanie funkcjonalnym i kwalifikowało się do trzeciego poziomu zdolności motorycznych według skali GMFCS, po zastosowanej terapii już tylko 3 dzieci kwalifikowało się do czwartego poziomu zdolności motorycznych, natomiast 9 dzieci prezentowało trzeci poziom zdolności motorycznych co oznacza, że nastąpiła poprawa zdolności motorycznych u 3 dzieci z grupy badanej. Dodatkowym narzędziem badawczym

overtaking hands (3 girls and 3 boys). Five children were diagnosed to have spastic form bilateral spastic paresis, with the advantage of overtaking legs (2 girls and 3 boys). Patients were qualified to the clinic group on the previous documented doctor's note, which concerned clinical form of cerebral palsy children. In the prepared questionnaire, the answer concerning cerebral palsy among children was given. The youngest child was 6-year-old, the oldest one was 17-year-old, the average age was 9 years. All patients were examined after 10 therapy sessions. Two patients were additionally checked after 20 and 30 therapy sessions. The gait training frequency on the Locomat, in conditions of dynamic load, was also taking into consideration: 6 children participated in the gait training once a week, 5 children – 2 or 3 times a week. 45 minute time was decided for thr each therapy session. Time of the gait training on the Locomat was from 5 to 10 weeks.

The questionnaire concerning personal and clinical data was used. It consisted of 39 questions, the first fourth questions concerned socio-demographic data for example sex, place of living, child's education. The question number 5 concerned clinical condition of cerebral palsy of the child. Questions from 6 to 14 concerned cerebral palsy risk factors and chosen factors which can influence the functioning of the child with cerebral palsy. The following questions concerned the age of the child with cerebral palsy co-existing illnesses, the level of mental disability, physical and emotional disturbances, the level of house facilities adjustment. Questions from 21 to 34 concerned child's rehabilitation and the level of his ability. Questions 35 to 37 concerned the training on the automatic ortosis, in the condition of dynamic load. It was also asked if the child had participated in the gait training on the automatic ortosis, how many single therapy session the child would have and how often they would have occur. The last two questions concerned parents opinion about function improvement during the rehabilitation, the chances of being independent in the future. GMFCS (Gross Motor Function Classification System) [5] was used to measure motor abilities on the first of fifth levels. At the beginning of the research, the functional level of patients was checked, before the therapy 6 children were qualified to the fourth level of motor abilities, 5 children were in the better functional state and qualified to the third level of motor abilities according to GMFCS, after the therapy only 3 children were qualified to the fourth level of motor ability, 9 children presented the third level of motor ability. It means that there was the improvement of motor abilities among 3 children. Additional research tool was the scale of disability of Kudrjavcev - to evaluate the level of disability, in a 4-level disability scale. Four levels of disability were distinguished as following: mild, moderate, hard and deep. Mild level means slight movement limitation, it does not require orthopedic devices. Deep level means hight movement disturbances, which

była skala niepełnosprawności według Kudrjavcev – do oceny stopnia niepełnosprawności, w czterostopniowej skali niesprawności motorycznej. Wyróżniono tu następujące stopnie niepełnosprawności: lekki, umiarkowany, ciężki oraz głęboki. Stopień lekki oznacza nieznaczne ograniczenia ruchowe, niewymagające zaopatrzenia ortopedycznego, stopień głęboki natomiast oznacza głębokie zaburzenia ruchowe, uniemożliwiające poruszanie się, pomimo stosowanego zaopatrzenia ortopedycznego lub pomocy opiekuna [6]. W momencie włączenia do terapii wszystkie dzieci z grupy badanej prezentowały ciężki stopień niesprawności motorycznej, po zastosowanej terapii 8 dzieci nadal prezentowało ciężki stopień niesprawności motorycznej, natomiast 3 dzieci prezentowało umiarkowany stopień niesprawności motorycznej. Indywidualny dobór parametrów podczas terapii pozwalał kształtować motorykę tak, aby była jak najbardziej fizjologiczna. Efekt ten może wynikać z poprawy koordynacji mięśni, które odpowiadają za ruch w poszczególnych stawach, wykonywany przez zautomatyzowaną ortozę [2]. Do oceny zmian parametrów kinematycznych zastosowano Wisconsin Gait Scale (WGS), składającą się z 14 podskal do oceny wybranych elementów chodu [7], a do oceny zmian parametrów równowagi skalę równowagi Berg (Berg Balance Scale BBS), która pozwala na ocenę 14 czynności, związanych z utrzymaniem równowagi [8].

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 9. Dokonano oceny istotności zmian pomiędzy poszczególnymi badaniami, stosując test Wilcoxon. Do oceny istotności różnic pomiędzy porównywanymi grupami, zastosowano test Manna-Whitneya. Jeżeli czynnik niezależny miał charakter liczbowy (liczba czynników ryzyka). Jako czynniki ryzyka rozważano niski poziom w skali Apgar (6 pkt lub mniej) i masy urodzeniowej (poniżej 2000 g), występowanie chorób w ciąży, negatywnych aspektów przebiegu porodu, zaburzeń współwystępujących u dziecka tuż po urodzeniu. Dla każdego dziecka zsumowano liczbę takich czynników. Do analizy wykorzystywano współczynnik korelacji rang Spearmana. Za statystycznie istotny przyjęto poziom  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Przed rehabilitacją średni wynik WGS dotyczący chodu pacjentów wyniósł 34,6 pkt, natomiast po zastosowanej terapii wyniósł on średnio 30,2 pkt, u wszystkich dzieci odnotowano spadek wartości WGS, co oznacza poprawę sprawności. Średni spadek WGS po terapii wyniósł 4,4 pkt, przy czym największa poprawa wyniosła 9 pkt a najmniejsza 0,6 pkt (tabela 1).

Przed rehabilitacją średni wynik BBS wyniósł 14,0 pkt natomiast po zastosowanej terapii średnio 23,9 pkt, u wszystkich dzieci odnotowano wzrost wartości BBS, co oznacza poprawę sprawności. Średni wzrost BBS po terapii wyniósł 9,9 pkt, przy czym największa poprawa wyniosła 22,0 pkt, a najmniejsza 5,0 pkt (tabela 2).

make the movement impossible, in spite of the moving aid devices and the care taker's help [6]. At the beginning of the therapy all the children presented hard level of motor disability, after the therapy 8 children still presented the hard level of motor disability, 3 children presented moderate level of motor disability. The individual parameters choice allowed to shape the movement to be the most physiological. The effect can result from the improvement of muscles coordination, which are responsible for the movement in the particular joint, produced by the automatic orthosis [2]. Wisconsin Gait scale was used to measure kinematic parameters gait changes. The scale consisted of 14 sub-scales which estimate chosen components of gait [7]. To evaluate parameters changes of balance the scale, the Berg scale was used (Berg Balance Scale BBS), which allows the evaluation of 14 activities connected with the balance up keeping [8].

Each patient participated in the gait training on the automatic orthosis, in the condition of dynamic load. The statistical analysis was conducted via Statistica 9 programme. The evaluation of significant changes between particular researches was conducted via the Wilcoxon test. Mann-Whitney test was also applied to evaluate significant differences between particular groups. The independent factors were numerous (the number of therapy sessions and the number of risk factors). Also the risk factors such as: low level in Apgar scale (6 points or less), the birth mass (less than 2000 g), illnesses during the pregnancy, bad aspects of the child delivery, disturbances coexisting after the child was born, were taken into the account. Rang Spearman co-factor was used to analyze. The statistically important level  $p < 0,05$  was applied.

## Results

Before the rehabilitation the average WGS score of the patient's gait was 34,6 points, after the therapy it was 30,2 points. The increase of the WGS value could be observed among all children. It presents the improvement of abilities. The average increase of WGS, after the therapy, was 4,4 points, the biggest improvement was 9 points, the lowest one was 0,6 points. Rehabilitation effects are significant to statistics ( $p=0,0033^{**}$ ). (table 1).

Before the rehabilitation the average result in Berg balance scale (BBS) was 14,0 points, after the rehabilitation it increased to 23,9 points, the BBS value increase was noticed in all children, what shows the improvement of their abilities. The BBS average increase after the rehabilitation was 9,9 points, the biggest increase was 22,0 points, the smallest 5,0 points. The rehabilitation effect is important for statistics ( $p=0,0033^{**}$ ). (table 2).

The level of WGS scale is similar in both groups in the initial research. There is a difference between the final effect and the rehabilitation results. The therapy effects

Tab. 1. Efekty rehabilitacji w badanej zbiorowości – Wisconsin Gait Scale

Tab. 1. Rehabilitation effects in the researched group – Wisconsin Gait Scale

Wisconsin Gait Scale (WGS)	$\bar{x}$	Me	s	min	max
przed terapią/ before therapy	34,6	33,7	3,0	30,8	40,3
po terapii/ after therapy	30,2	30,3	3,9	24,8	35,7
przed terapią vs. po terapii/ before therapy/ after therapy ( $p = 0,0033^{**}$ )	-4,4	-4,1	2,7	-9,0	-0,6

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – test probability value measured by Wilcoxon test

Tab. 2. Efekty rehabilitacji w badanej zbiorowości – Berg Balance Scale

Tab. 2. Rehabilitation effects in the researched group – Berg Balance Scale

Skala równowagi Berga (BBS)/ Berg Balance Scale	$\bar{x}$	Me	s	min	max
przed terapią/ before therapy	14,0	13	7,4	3	27
po terapii/ after therapy	23,9	21	8,2	10	35
przed terapią vs. po terapii/ before therapy/ after therapy ( $p = 0,0033^{**}$ )	9,9	8	5,2	5	22

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – test probability value measured by Wilcoxon test

Tab. 3. Efekty rehabilitacji w zależności od postaci klinicznej m.p.dz. – Wisconsin Gait Scale

Tab. 3. Rehabilitation effects depending on clinical condition CP – Wisconsin Gait Scale

WGS	Postać mózgowego porażenia dziecięcego/ Form of Child Cerebral Palsy						p
	niedowład czterokończynowy/ 4-limb paresis			niedowład kurczowy obustronny/ bilateral spastic paresis			
	$\bar{x}$	Me	s	$\bar{x}$	Me	s	
przed terapią/ before therapy	35,4	35,5	2,4	33,8	32,6	3,8	0,2468
po terapii/ after therapy	32,0	31,8	2,4	27,9	26,7	4,5	0,0823
przed terapią vs. po terapii/ before/ after therapy	-3,4	-2,5	2,9	-5,9	-5,3	1,9	0,0823

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Manna-Whitneya

p – test probability value measured by Mann-Whitney test

Tab. 4. Efekty rehabilitacji w zależności od postaci klinicznej m.p.dz. – Berg Balance Scale

Tab. 4. Rehabilitation effects depending on clinical condition CP – Berg Balance Scale

Skala równowagi Berga (BBS)/ Berg Balance Scale	Postać mózgowego porażenia dziecięcego Form Child Cerebral Palsy						p
	niedowład czterokończynowy/ 4-limb paresis			niedowład kurczowy obustronny/ bilateral spastic paresis			
	$\bar{x}$	Me	s	$\bar{x}$	Me	s	
przed terapią/ before therapy	11,3	12,5	6,6	17,2	14,0	7,8	0,4286
po terapii/after therapy	23,2	23,5	8,6	24,8	21,0	8,7	0,9307
przed terapią vs. po terapii/ before/ after therapy	11,9	8,5	6,5	7,6	7,0	1,9	0,3290

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Manna-Whitneya

p – test probability value measured by Mann-Whitney test

Tab. 5. Zmiany parametrów kinematycznych chodu – Wisconsin Gait Scale

Tab. 5. Kinematic gait parameters changes – Wisconsin Gait Scale

Składowe skali Wisconsin Gait Scale/ Component Scale Wisconsin Gait Scale	Wartości średnie/ Averages			p
	przed terapią/ before therapy	po terapii / after therapy	efekt terapii/ the effect of therapy	
używanie pomocy ułatwiających chód/ aid facilities	2,71	2,22	-0,49	0,0117*
czas obciążania kończyn/ limb load time	1,91	1,82	-0,09	1,0000
długość kroku/ step length	1,91	1,73	-0,18	0,1797
przenoszenie ciężaru ciała/ body weight moving	2,11	1,84	-0,27	0,0679
szerokość podstawy/ base width	1,91	1,64	-0,27	0,1088
ostrożność/wahanie przed odbiciem/ Caution/ hesitation before	2,91	2,36	-0,55	0,0277*
wyprost stawu biodrowego/ extension of the hip	2,81	2,45	-0,36	0,0679
rotacja zewnętrzna kończyny podczas przyśpieszania/ outside limb rotation	2,45	2,36	-0,09	1,0000
obwodzenia podczas przenoszenia właściwego/ circuit during moving	2,55	2,27	-0,27	0,1088
wędrówka biodra podczas przenoszenia właściwego/hip movement during moving	2,91	2,09	-0,82	0,0077**
zgięcie stawu kolanowego od odbicia do przenoszenia właściwego/ knee joint bending from reflection to transfer the appropriate	2,73	2,18	-0,55	0,0277*
zachowanie palucha/ toe behaviour	2,64	2,55	-0,09	1,0000
rotacja miednicy podczas hamowania/ pelvis rotation during braking	2,81	2,45	-0,36	0,0679
kontakt pięty z podłożem/ heel contact with the ground	2,27	2,18	-0,09	1,0000

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – test probability value measured by Wilcox test

Tab. 6. Zmiany parametrów równowagi – Berg Balance Scale

Tab. 6. Balance parameters change – Berg Balance Scale

Składowe skali Berga/ Component Berg Balance Scale	Wartości średnie/ Averages			p
	przed terapią/ before therapy	po terapii/ after therapy	efekt terapii/ the effect of therapy	
zmiana pozycji z siedzącej na stojącą/ changing the body position from sitting to standing	1,45	2,27	0,82	0,0180*
stanie bez podparcia/ standing without support	0,73	2,18	1,45	0,0117*
siedzenie bez podparcia/ sitting without support	2,64	3,55	0,91	0,0277*
zmiana pozycji ze stojącej na siedzącą/ changing the body position from standing to sitting	1,63	2,45	0,82	0,0180*
przesiadanie się/ seats changing	0,73	1,64	0,91	0,0180*
stanie z zamkniętymi oczami/ standing with closed eyes	1,18	2,18	1,00	0,0117*
stanie ze złączonymi stopami/ standing wit joined feet	1,45	2,18	0,73	0,0277*
sięganie do przodu/reaching forward	0,91	2,18	1,27	0,0077**
podnoszenie pantofla z podłogi/ picking up a sleeper from the floor	0,82	1,00	0,18	0,1797
odwracanie tułowia, przy nieruchomych stopach/ turning the trunk with motionless feet	1,18	1,73	0,55	0,0679
obrót o 360 stopni/ 360 degree rotation	0,45	0,81	0,36	0,0679
stawianie na przemian stóp na taborecie/ placing feet on a stool alternatively	0,45	0,72	0,27	0,1797
stanie ze stopami ułożonymi jedna przed drugą/ standing with feet one in front of the other	0,27	0,54	0,27	0,1088
stanie na jednej nodze/ standing on one foot	0,09	0,45	0,36	0,0679

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – test probability value measured by Wilcox test

W badaniu wyjściowym poziom skali WGS jest zbliżony w obu grupach. W badaniu końcowym stwierdzono różnicę, gdyż efekty terapii były większe w grupie z niedowładem kurczowym obustronnym. (tabela 3).

Nie zaobserwowano znamienych statystycznie różnic pomiędzy obiema grupami w badaniu wyjściowym, jak i końcowym. Rodzaj niedowładu nie wpływa także na zmiany poziomu równowagi w wyniku terapii (tabela 4).

W tabeli 5 przedstawiono oceny zmian poszczególnych składowych skali WGS po terapii w stosunku do wartości wyjściowych. Są to średnie wyniki dla oceny wyjściowych i końcowych oraz dla zmian pomiędzy tymi badaniami. Znamienne efekty stwierdzono dla czterech składowych skali WGS (tabela 5).

Znamienne statystycznie poprawa dotyczy 8 składowych BBS. Dla kolejnych trzech, wartość  $p$  nieznacznie przekracza 0,05. Większa poprawa w kategoriach „stanie bez podparcia” – poprawa o 1,45 pkt i „sięganie do przodu” – 1,27 pkt), mniejsza dotyczyła czynności „podnoszenie pantofla z podłogi” – średni efekt w całej grupie to wzrost o 0,18 pkt (tabela 6).

## Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują, że trening w systemie dynamicznego odciążenia przynosi poprawę funkcji chodu w całej badanej grupie. Średnia poprawa w WGS wyniosła 4,50 pkt, najwyższa wyniosła 9,00 pkt, najniższa 0,60 pkt Równowaga również uległa poprawie u wszystkich pacjentów, w BBS średnio 9,90 pkt

W publikacjach różne są wyniki stosowania systemu dynamicznego odciążenia w rehabilitacji pacjentów neurologicznych. Niektórzy autorzy podkreślają regres uzyskanej poprawy funkcji motorycznych po określonym czasie oraz brak istotnej poprawy u pacjentów prezentujących najniższy poziom zdolności motorycznych. Patriiti i wsp. badali 20 dzieci z obustronnym spastycznym porażeniem połowicznym, sześciotygodniowy trening na zautomatyzowanej ortozie, przyczynił się do znacznej poprawy mechaniki i funkcji chodu wśród badanej grupy. Autorzy podkreślają, jednak że uzyskane efekty terapeutyczne utrzymywały się tylko przez okres 3 miesięcy [9]. Maghini i wsp. podkreślają, że trening chodu w systemie dynamicznego odciążenia nie zawsze przynosi istotną statystycznie poprawę funkcji motorycznych, wzorca chodu, czy postawy ciała dziecka z m.p.dz. Badając grupę 33 dzieci z m.p.dz., uczestniczących w treningu chodu na zautomatyzowanej ortozie nie wykazali istotnie statystycznej poprawy tych parametrów. Tłumaczą to, tym, że większość dzieci, uczestniczących w badaniu kwalifikowała się do 4 i 5 poziomu zdolności motorycznych według GMFCS. Potwierdza to fakt, że wyjściowa sprawność motoryczna dziecka i jego stan kliniczny mają znaczący wpływ na efekty stosowanej terapii w systemie dynamicznego odciążenia [10]. Schroeder i wsp. badali wpływ treningu chodu w takim systemie na poprawę

were bigger in a group of patients with bilateral spastic paresis. (table 3).

There was no statistically significant difference in the balance evaluation, both initial and final, between two groups of children. The kind of paresis has no influence on balance level changes after the therapy (test probability value  $p$  is 0,3290). (table 4).

The table number 5 presents the evaluation of changes of particular scale parts WGS after the therapy in relation to initial values. They are average results for the initial and final evaluation and for the changes between these researches. The last column presents the evaluation of the significant therapy effects. Valuable effects can be stated for 4 parts of WGS scale. (table 5).

Statistically significant improvement concerned 8 parts of BBS. For the following three, value  $p$  slightly overcomes 0,05 – it is also included in the results. The best improvement was in categories such as: „standing without support” – the improvement 1,45 points, „reaching forward” 1,27 points. The smallest improvement concerned the ability of the picking up a slipper from the floor – the average effect for all the group was 0,18 points increase. (table 6).

## Discussion

Achieved results show that the gait training with dynamic load brings the improvement of the gait in the whole researched group. The average improvement according to Wisconsin Gait Scale was 4,5 points, the highest improvement was 9 points, the lowest 0,60 points. Balance has improved among all the patients, according to BBS, the average improvement was 9,90 points.

In the recent publications and scientific reports, there is a discussion on legitimacy of applying dynamic load in neurological patients rehabilitation. The opponents complain on the regress of achieved motor function improvement after some time and the lack of improvement among the patients with the lowest motor abilities. Patriiti et al. researched 20 children with bilateral spastic hemiparesis. A 6-week training contributed to significant improvement of mechanics and gait function among researched group of patients. The authors mentioned above, claim that the received therapeutic results lasted only for 3 months [9]. After 3 months regress of gait efficiency and achieved results occurred. This method can be not efficient in the gait re-education of neurological patients. Maghinni et al. suggest that the gait training with the dynamic load does not always bring statistically important improvement of motor function, gait pattern, body posture in children with cerebral palsy. In a group of 33 children with cerebral palsy participating in the gait training on the automatic orthosis they did not find statistically important improvement of the parameters enumerated above. They justified the lack of improvement with the fact that majority of children taking part in research was qualified to 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup>

funkcji i aktywności dzieci z obustronnym spastycznym porażeniem połowicznym. Stwierdzili znaczącą poprawę u wszystkich dzieci, jednak największą poprawę uzyskiwały dzieci, które prezentowały wyższy poziom zdolności motorycznych GMFCS 1-3, a poprawa funkcji motorycznych utrzymywała się u tych dzieci przez okres dłuższy niż sześć miesięcy [11]. Sicari i wsp. podkreślają znaczenie treningu na zautomatyzowanej ortozie w rehabilitacji dzieci z m.p.dz.. Badali czworo dzieci z mpdz, u których analizowali poszczególne parametry i wykazali znaczącą poprawę szybkości, wytrzymałości chodu oraz długości kroku badanych dzieci. Zbadane dzieci wykazywały wyższy poziom czynności ruchowych [12]. Doniesienia innych autorów potwierdzają skuteczność treningu w systemie dynamicznego odciążenia u dzieci z m.p.dz. [13–18].

Wyniki badań własnych dotyczące poprawy parametrów chodu, były lepsze w grupie pacjentów z niedowładem kurczowym obustronnym. Średnia poprawa wyniosła 5,80 punktu, w stosunku do grupy z niedowładem czterokończynowym, gdzie średnio poprawa wyniosła 3,40 punktu. Kułak i wsp. podkreślają, że 74,2% przebadanych dzieci z postacią tetraplegiczną (przewagą zajęcia kończyn górnych) to dzieci niechodzące, natomiast 42,9% dzieci z postacią diplegiczną (przewaga zajęcia kończyn dolnych) są to dzieci chodzące [19].

W badaniu własnym poprawę parametrów równowagi, stwierdzono u wszystkich zbadanych dzieci, średnio o 9,9 pkt w BBS. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy obiema grupami dzieci. Wright i wsp. podają, że trening chodu w systemie dynamicznego odciążenia przyczynia się nie tylko do poprawy funkcji chodu, ale również do znaczącej poprawy parametrów równowagi oraz koordynacji ruchowej dziecka z m.p.dz. [20].

W badaniach własnych największej poprawie uległy następujące parametry kinematyczne chodu: wędrowka biodra podczas przenoszenia właściwego średnio poprawiła się o 0,82 punktu, zgięcie stawu kolanowego od odbicia do przenoszenia właściwego średnio uległo poprawie o 0,55 punktu, podobnie o 0,55 punktu zmniejszyło się wahanie/ ostrożność pacjenta przed odbiciem, zmniejszyło się również użycie pomocy ułatwiających chód średnio o 0,49 punktu. Stoller i wsp. stwierdzili, że trening chodu w systemie dynamicznego odciążenia przyczynia się do znacznej poprawy parametrów kinematycznych chodu u pacjentów neurologicznych [21]. Inni autorzy, wskazują na możliwości techniczne systemu dynamicznego odciążenia, które umożliwiają dostosowanie treningu i kontrolę nad nim, w zakresie intensywności, częstotliwości oraz prędkości chodu, długości kroku, zakresu ruchomości w stawach kończyn dolnych i symetrii ruchu [17, 22]. Spośród parametrów równowagi, najbardziej istotnej poprawie uległy najprostsze elementy BBS: zdolność stania bez podparcia średnio o 1,45 punktu, zdolność

motor ability level according to GMFCS, so the chances of improvement were not high. It justifies the fact that child's initial motor abilities and clinical condition have big influence on the therapy in the system of dynamic load [10]. Schroeder et al. researched the influence of gait training in the system of dynamic load on improvement of functions and activities in children with bilateral spastic hemiparesis. They noticed significant improvement in all children, the biggest improvement achieved children who presented higher level of motor abilities GMFCS 1-3, the improvement of motor function lasted more than 6 months [11]. Sicari et al. underline the importance of training on automatic orthosis for children with cerebral palsy. Particular parameter of gait was analyzed among researched children. What is more, those children presented higher level of motor abilities and improvement of motor functions, what justified the efficiency of using automatic orthosis in children with cerebral palsy [12]. Majority of authors in their recent scientific publications concerning efficiency of training in the system of load in children with cerebral palsy, show the advantage of using the system in this group of patients [13–18].

The results of own researches in the range of gait parameter improvement shows they were better in a group of patients with bilateral spastic paresis. The effects of the therapy were better in a group of children with bilateral spastic paresis with average improvement 5,80 points, comparing to a group with four-limb paralysis where the average improvement was only 3,40 points. Kułak et al. in their work describing prognostic factors of independent gait of children with cerebral palsy, they also underline that 74,2 % of checked children with tetraplegic form (the advantage of overtaking upper limb) are these children who do not walk, 42,9 % children with diplegic form (the advantage of overtaking lower limbs) are children who walk [19].

Analysing the improvement of balance parameters we can notice that it occurred in all checked children on average about 9,90 points in BBS. In own researches statistically important dependence in the range of balance evaluation between two groups of children was not stated. Wright et al. in their reports claim that the gait training in the system of dynamic load attributes not only to gait function improvement, but also to significant improvement in parameter balance and motor coordination of children with cerebral palsy [20].

According to own researches, the biggest improvement was achieved in the following kinematic parameters: movement of the hip during typical moving improved about 0,82 points, bending of knee joint from reflection to move correctly and safely 0,55 points, caution/hesitation against reflection decreased about 0,55 points, the use of aids supporting gait decreased about 0,49 points. Stoller et al. in their reports are agreeable that the gait training in the system of dynamic load contributes to



sięgania do przodu średnio o 1,27 pkt, stanie z zamkniętymi oczami średnio o 1,00 pkt, siedzenie bez podparcia (stabilizacja tułowia) średnio o 0,91 pkt, przesiadanie się średnio o 0,91 pkt, zmiana pozycji z siedzącej na stojącą i odwrotnie średnio o 0,82 pkt Wright i wsp. również podkreślają, że trening chodu w systemie dynamicznego odciążenia, u dzieci z m.p.dz. przyczynia się do znaczącej poprawy parametrów równowagi oraz koordynacji ruchowej [20].

### Wnioski

1. Trening chodu w warunkach dynamicznego odciążenia u badanej grupy przynosi pożądane rezultaty u wszystkich zbadanych pacjentów.
2. Poprawa parametrów chodu jest lepsza u dzieci z niedowładem kurczowym obustronnym.
3. Chód ulega poprawie u wszystkich dzieci, w największym zakresie poprawia się wędrówka biodra podczas przenoszenia właściwego, zgięcie stawu kolannowego, zmniejsza się ostrożność (wahanie przed odbiciem) oraz zmniejsza się użycie pomocy ułatwiających chód.
4. Równowaga ulega poprawie u wszystkich dzieci, a w największym zakresie poprawia się zdolność stania bez podparcia, sięgania do przodu, stabilizacja tułowia (siedzenie bez podparcia) oraz zdolność do zmiany pozycji.

significant improvement in kinematic gait parameters in neurological patients [21]. They claim that using the system of biological feedback contributes to strengthening gait patterns during gait training. In their reports concerning improvement in patients with neurological disturbances, who participated in gait training on automatic orthosis, they noticed important tendency to decline the bending activity of hip and bigger bending of knee joint in gait cycle. Similar results were achieved in outcomes of own researches, what proves the thesis of above mentioned authors [17, 22]. Owing to it, work on particular parameters, adjusted to patient's needs and rehabilitation is possible. Analysing balance parameters, the easiest parts of Berg Scale have improved- balance parameter: standing without support ability - about 1,45 points, reaching forward ability - 1,27 points, standing with eyes closed 1,00 points, sitting without support (trunk stability) - 0,91 points, changing places 0,91 points, changing the position from sitting to standing and vice versa 0,82 points. Wright et al. claim that the gait training in the system of dynamic load in children with cerebral palsy contributes to significant improvement of balance parameters and motor coordination in these children [20].

### Conclusions

1. The gait training in the condition of dynamic load in the researched group brings the desired result for all the researched patients.
2. The improvement of gaits parameters is better for children with bilateral spastic paresis.
3. The gait improves among all the children, the better improvements is for hip moving during the proper movement, knee joint bendig, less caution (hesitation against reflection)and reducing the usage of walking aids.
4. Balance has improved among all the children, the best improvement was in the ability of standing without suport, reaching forward, the trunk stability (sitting without suport) and the ability of changing the body position.

### Bibliografia / Bibliography

1. Lam T., Wirz M., Lunenburger L., Dietz. V. Swing phase resistance enhances flexor muscle activity during treadmill locomotion in incomplete spinal cord injury. *Neurorehab. Neural Repair* 2008; 22 (5): 438-446.
2. Perry J., Burnfield J.M. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. Nowy York: Publisher Slack 2010; 23-30.
3. Żak E., Durmała J., Snela S., i wsp. Wpływ rehabilitacji z wykorzystaniem dwóch zautomatyzowanych ortoz na przywracanie funkcji chodu. *Act. Bio -Opt. Inform. Med.* 2010; 4 (16): 329- 332.
4. Dimitrijevic M.R. Plastyczność układu nerwowego w procesie przywracania funkcji ruchowych przez ludzi. *Neurol. Neuroch. Pol.* 1996; 30 (1): 9-16.
5. Gajewska E. Nowe definicje i skale funkcjonalne stosowane w mózgowym porażeniu dziecięcym. *Neurologia Dziecięca* 2009; 18 (35): 67-72.
6. Chochowska M., Zgorzalewicz- Stachowiak M., Sereda-Wiszowaty E. Wpływ wybranych czynników na skuteczność metody NDT-Bobath w usprawnianiu dzieci z MPD. *Fizjoterapia* 2008; 16 (3): 8-24.
7. Družbicki M., Przsada G., Kołodziej K. i wsp. Ocena chodu chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu z wykorzystanie Wisconsin Gait Scale - doniesienia wstępne. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2010; 2: 152-159.
8. Opara J. Skale generyczne oceny funkcjonalnej. W: Opara J. (red.). *Klinimetria w neurorehabilitacji. Ocena wyni-*

- ków rehabilitacji neurologicznej. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Wydanie 1, Warszawa 2012; 7-22.
9. Patriitti B.L., Romaguera F., Deming L.C., et al. Enhancement and retention of loco-motor function in children with cerebral palsy after robotic gait training. Annual Meeting of the European Society of Movement Analysis for Adults and Children (ESMAC); 14- 19 September 2009, London UK.
  10. Maghini C., Romei M., Morganti R., et al. Robotic gait training in children affected with Cerebral Palsy. Effects on motor function, gait, pattern and posture. *Gait Post.* 2014; 40: 8-9.
  11. Schroeder A.S., Homburg M., Warken B., et al. Prospective controlled cohort study to evaluate changes of function, activity and participation in patients with bilateral spastic Cerebral Palsy after Robot-enhanced repetitive treadmill therapy. *Europ. J. Paed. Neurol.* 2014; 18: 502-510.
  12. Sicari M., Patriitti B.L., Deming L.C., et al. Robotic gait training in children with cerebral palsy. A case series. *Gait Post.* 2009; 30: 2.
  13. Wirz M., Zemon D. H., Rupp R., et al. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. *Arch. of Phys. Med. Rehab.* 2005; 86: 672-680.
  14. Romei M., Montinaro A., Piccinini L., et al. Robotic assisted gait training and gait pattern in children affected with cerebral palsy. *Gait Post.* 2013; 38, 1: 37.
  15. Colombo G, Wirz M, Dietz V. Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients. *Spin. Cord* 2001; 39 (5): 252-255.
  16. Dietz V., Muller R., Colombo G. Locomotor activity in spinal man: significance of afferent input from joint and load receptors. *Brain* 2002; 125: 2626-2634.
  17. Nash M. S., Jacobs P.L., Johnson B.M., Field- Fote E. Metabolic and cardiac responses to robotic-assisted locomotion in motor-incomplete tetraplegia: a case report. *J. Spinal Cord. Med.* 2004; 27 (1): 78-82.
  18. Meyer-Heim A., Amman-Reiffer C., Schmartz A., et al. Improvement of walking abilities after robotic assisted locomotion training in children with cerebral palsy. *Arch. Dis. Child* 2009; 94: 615-620.
  19. Kułak W., Sendrowski K., Sienkiewicz D. i wsp. Czynniki prognostyczne samodzielnego chodzenia dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Neurol. Dziec.* 2011; 20 (41): 29-35.
  20. Wright V., Lee G., Luff E. Individualized Goal Attainment Associated with Robotic Gait Training Intervention for Children with Cerebral Palsy. Poster 335 2014; 95 (10): 104.
  21. Stoller O., Waser M., Stammler L., Schuster C. Evaluation of robot assisted gait training using integrated biofeedback in neurologic disorders. *Gait Post.* 2012; 35 (4): 595-600.
  22. Krewer C, Muller F, Husemann B, et al.: The influence of different Lokomat walking conditions on the energy expenditure of hemiparetic patients and healthy subjects, *Gait Post.* 2007, 26, 372-377.