ARTYKUŁ ORYGINALNY / ORIGINAL ARTICLE

Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja
© MEDSPORTPRESS, 2012; 6(6); Vol. 14, 555-568
DOI: 10.5604/15093492.1024721

Wybrane parametry chodu u dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego (OUSR). Badania pilotażowe

Selected Gait Parameters in Children with Obstetric Brachial Plexus Injury (OBPI). Pilot Study

Maria R. Grodner[1,2(A,D,E,F,G)], Krzysztof Dudziński[1(B,C,D,E)], Zbigniew Zdrajkowski[2(B,E,F)], Aneta Molik[2(B,D,E,F)], Aleksandra Nosarzewska[1(B,C,F)]

[1] Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Wydział Rehabilitacji, Polska
[2] Samodzielny Zakład Opieki Zdrowotnej im. Dzieci Warszawy, Zakład Rehabilitacji, Dziekanów Leśny, Polska
[1] Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation, Poland
[2] Children's Hospital, Division of Rehabilitation, Dziekanów Leśny, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp. Uszkodzenie splotu ramiennego jest jednym z częstszych urazów okołoporodowych (OUSR). Konsekwencją uszkodzenia splotu ramiennego jest różnego stopnia niedowład mięśni kończyny górnej. Ze względu na wpływ tego niedowładu na wzrost kończyny i jej funkcję oraz rozwój postawy dziecka, obserwuje się również z zburzenia niektórych parametrów chodu u dzieci z OUSR. Celem badań była ocena parametrów chodu u dzieci z OUSR za pomocą urządzenia do pomiaru sił reakcji podłoża.

Materiał i metody. Materiał badań stanowiło 44 dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego. Z tej grupy poddano analizie wyniki 30 dzieci ze Szpitala Dziecięcego w Dziekanowie Leśnym oraz Ośrodka Ortopedyczno-Rehabilitacyjnego dla Dzieci i Młodzieży Szpitala „STOCER" w Konstancinie- Jeziorna. Przy pomocy urządzenia CDG (Computer Dyno Graphy) badano przebieg składowej pionowej siły reakcji podłoża w kończynach dolnych, porównując stronę z uszkodzeniem splotu ramiennego do strony przeciwnej, w podziale na całkowite i niecałkowite uszkodzenie splotu.

Wyniki. Mimo, że nie uzyskano istotnych statystycznie różnic w wynikach pomiędzy stroną uszkodzoną i nieuszkodzoną, zauważono jednak u niektórych badanych różnice w przebiegach sił reakcji podłoża i czasach trwania poszczególnych faz chodu.

Wnioski. 1. Obserwowany wizualnie nieprawidłowy wzorzec chodu nie znalazł statystycznie pełnego potwierdzenia w odniesieniu do badanych sił reakcji podłoża w opisywanej grupie. 2. Rozszerzenie badań w większej grupie dzieci z OUSR i porównanie z dziećmi zdrowymi powinno dać odpowiedź na pytanie, czy wartości tych sił nie odbiegają od normy. 3. Ze względu na obserwowane wizualnie asymetrie w całym układzie ruchu, ćwiczenia powinny być ukierunkowane nie tylko na uszkodzoną kończynę górną, ale powinny dotyczyć całego ciała, ze szczególnym zwróceniem uwagi na kręgosłup, miednicę i wzorzec chodu.

Słowa kluczowe: okołoporodowe uszkodzenie splotu ramiennego, analiza chodu, siły reakcji podłoża

SUMMARY

Background. Brachial plexus injury is one of the most common obstetric injuries (OBPI). It results in upper limb muscle weakness of various severity. This affects the growth and function of the limb and the child's postural development, which in turn disturbs some gait parameters in children with OBPI. The aim of the study was to evaluate gait parameters in children with OBPI with the help of a ground reaction force measuring device.

Material and methods. The study group consisted of 44 children with obstetric brachial plexus injury. Of this group, test results of 30 children from the Children's Hospital in Dziekanów Leśny and "STOCER" Orthopaedic and Rehabilitation Centre for Children and Youth in Konstancin-Jeziorna were analyzed. The CDG (Computer Dyno Graphy) system was used to measure the vertical component of ground reaction forces in the lower limbs, comparing the side ipsilateral to the brachial plexus injury and the unaffected side in children with complete and incomplete brachial plexus damage.

Results. Although no statistically significant differences were found between the two sides, some of the patients demonstrated differences in the time course of ground reaction forces and duration of gait phases.

Conclusions. 1. The visually noticeable incorrect gait pattern was not statistically confirmed in full in an analysis of ground reaction forces in the study group. 2. A study embracing a larger group of children with OBPI and comparing them to healthy children should provide data on whether these values of ground reaction forces are abnormal. 3. Due to the visually noticeable asymmetries in the entire musculoskeletal system, exercise should not only focus on the affected upper limb, but involve the entire body, especially the spine, pelvis and gait pattern.

Key words: obstetric brachial plexus injury, gait analysis, ground reaction forces

WSTĘP

Okołoporodowe uszkodzenie splotu ramiennego (OUSR) jest jednym z częstszych urazów mechanicznych spowodowanych próbą wyewakuowania dziecka, u którego wystąpiło zaklinowanie się barków po urodzeniu się główki. Wyniki analiz wskazują, że dzieci urodzone przez cesarskie cięcie lub urodzone wcześniej, również mogą ulec temu uszkodzeniu. Przedstawiana częstość występowania tego uszkodzenia jest rozbieżna, od 0,5-5 na 1000 żywych urodzeń [1]. Konsekwencje tego uszkodzenia będą utrudniały wykonywanie czynności codziennych w mniejszym lub większym stopniu przez całe życie. Zależeć to będzie od stopnia zmian, programu leczenia i podjętych działań rehabilitacyjnych [1].

Stopień występujących zmian skorelowany jest ściśle ze stopniem uszkodzenia, do którego dostosowany jest program leczenia z wielodyscyplinarnym działaniem rehabilitacyjnym. W programie leczenia będą wykorzystywane zabiegi z zakresu kinezyterapii i fizykoterapii oraz nauka czynności dnia codziennego (terapia zajęciowa). Ponadto, w przypadkach z większym stopniem uszkodzenia wymagana będzie interwencja neurochirurgiczna, a w późniejszym okresie również ortopedyczna. Z zakresu innych działań rehabilitacyjnych w programie leczenia uwzględnia się opiekę psychologiczną oraz zajęcia ogólnousprawniające, takie jak: pływanie, taniec, hipoterapia [2].

Konsekwencją uszkodzenia splotu ramiennego jest większy lub mniej zaznaczony niedowład mięśni danej kończyny, zaniki i przykurcze mięśniowe, dyslokacja w stawach, ograniczenie wzrostu kończyny niedowładnej, łopatki i obojczyka, asymetria tułowia, skrzywienie kręgosłupa, odstająca i niestabilna łopatka, skośne ustawienie miednicy, pogłębiona lordoza, zaburzenia czucia i chodu, a w późniejszym okresie występowanie bólu w zmienionych chorobowo stawach [3-5]. Wymienione konsekwencje uszkodzenia splotu ramiennego zmieniają swój charakter i zakres wraz z rozwojem dziecka i są charakterystyczne również dla odległych następstw okołoporodowego uszkodzenia splotu ramiennego [6,7]. Wynika to z bardzo wielu możliwości i rodzajów uszkodzeń nerwów w obrębie splotu ramiennego, a także z faktu, iż wiele dzieci przechodzi różnego rodzaju operacje, co wpływa na osiągalną funkcjonalność kończyny. Uszkodzenia splotu ramiennego dzieli się na uszkodzenie części górnej (typ Erba lub Erba-Duchenne'a), dolnej (typ Dejerine-Klumpkego) i całkowite (typ Erba-Duchenne'a- Klumpkego) [1,8,9,10]. W pracy przyjęto podział na uszkodzenie całkowite (mieszane) tzn. pełny niedowład i niecałkowite (górne) – częściowy niedowład z zachowaniem niektórych funkcji.

BACKGROUND

Obstetric brachial plexus injury (OBPI) is one of the most common mechanical injuries caused by attempts to free the stuck shoulders of a baby whose head has already been born. Studies indicate that children born by cesarean section or born prematurely may also be at risk of this injury. The reported frequency of this type of injury ranges from 0.5 to 5 cases for every 1000 live births [1]. The injury will permanently impede patients' daily activities to a smaller or larger extent, depending on the severity of the damage, the treatment programme and rehabilitation.

The extent of OBPI-related changes is closely correlated with the degree of damage, to which the treatment programme, including multidisciplinary rehabilitation, is tailored. The treatment programme employs kinesitherapy and physical therapy, as well as learning the activities of daily living (ADL). Neurosurgical intervention, as well as subsequent orthopedic intervention, will also be required in patients with a larger degree of damage. The treatment programme also includes psychological care and general rehabilitation activities, such as swimming, dancing and hippotherapy [2].

Brachial plexus injury results in a larger or smaller degree of muscle weakness of the affected limb, muscle atrophy and contractures, joint dislocation, limited growth of the limb, scapula and clavicle, trunk asymmetry, scoliosis, a protruding and unstable scapula, oblique position of the pelvis, increased lordosis, gait disturbances and dysaesthesia, as well as, at later stages, pain in the affected joints [3-5]. The nature and extent of these consequences of brachial plexus injury evolves as the child develops and are also characteristic of late sequelae of obstetric brachial plexus injury [6,7]. This results from a wide range of possible mechanisms and types of brachial plexus nerve injury, as well as the fact that many children undergo various surgical procedures, which affect their limb function. Brachial plexus injuries are divided into: upper brachial plexus injury (Erb's or Erb-Duchenne palsy), lower brachial plexus injury (Dejerine-Klumpke palsy) and complete brachial plexus injury (Erb-Duchenne-Klumpke palsy) [1,8,9, 10]. This paper employs a division into complete (mixed) damage, i.e. complete paresis and incomplete (upper type) damage – partial paresis with some function remaining.

Walking is man's natural form of movement and one of the most important functions in a child's development. Gait pattern is fully developed by the age of 7, when it becomes almost automatic [6,11]. It is believed that studying gait patterns is only possible

Chód jest naturalną formą ruchu człowieka i jedną z ważniejszych funkcji w rozwoju dziecka. W pełni dojrzały wzorzec chodu kształtuje się do 7 roku życia, kiedy to staje się czynnością prawie automatyczną [6,11]. Przyjmuje się, że badanie wzorca chodu jest możliwe dopiero powyżej 6-7 roku życia, kiedy opanowana została umiejętność utrzymania równowagi oraz umiejętność przetaczania stopy w czasie chodu [11].

Z obserwacji wynika, że u dzieci z OUSR występuje zaburzenie chodu. Najbardziej zauważalną nieprawidłowością jest brak wymachu kończyną górną po stronie uszkodzonego splotu. Można mówić tu o zaburzeniu tzw. koordynacyjnego wyznacznika chodu – przeciwstawnej pracy kończyn górnych i dolnych [12]. W związku z brakiem wymachu kończyną górną można zauważyć brak lub niesymetryczną rotację barków względem miednicy oraz zrotowanie całej miednicy, co może wpływać na asymetryczne ustawienie stawów biodrowych i wiązać się z zauważalną podczas chodu tych dzieci różną długością wykroku prawą i lewą kończyną. Opierając się na takim obrazie chodu, postanowiono sprawdzić, czy ma to także swoje odzwierciedlenie w sposobie i wartości siły obciążania stóp, wykorzystując do oceny system do pomiaru sił reakcji podłoża. Stwierdzenie ewentualnych istotnych różnic może być pomocne w prowadzonym procesie fizjoterapii.

Jedyne dostępne w literaturze badania na temat wpływu uszkodzenia splotu ramiennego na wzorzec chodu wskazują na brak takiej zależności [13]. Trzeba jednak zaznaczyć, że badania te były oparte na kwestionariuszu, według którego stwierdzono, że pacjenci nie mają problemów z poruszaniem się jako takim. Brak tu natomiast obiektywnej i dokładnej analizy chodu. Istnieją wzmianki o tym, że asymetria pracy mięśniowej, ustawienia miednicy oraz odmienne wzorce ruchu kończyn górnych mogą doprowadzić do różnego rodzaju zaburzeń funkcji chodu [5]. Stwierdzenia te nie są jednak oparte na badaniach naukowych. Istnieją natomiast doniesienia potwierdzające wpływ ograniczenia ruchu kończyn górnych na wzorzec chodu i rozkład sił reakcji podłoża w chodzie [14,15].

W związku z tym celem pracy była ocena symetrii chodu dzieci z OUSR za pomocą systemu do pomiaru sił reakcji podłoża, a w szczególności analiza czasów poszczególnych faz chodu oraz wartości sił i sposobu obciążania stóp. Porównywano stronę z uszkodzeniem splotu do strony przeciwnej, w grupie z całkowitym i niecałkowitym OUSR, nie odnosząc się do grupy osób zdrowych.

in children above 6-7 years old, when the skills of balancing and propulsion have been mastered [11].

Observations show that children with OBPI have gait disorders, lack of arm swing on the injured side being the most noticeable abnormality. This can be referred to as a disorder of the so-called gait coordination indicator – opposite-limb movement [12]. As arm swing is absent, there is lack or asymmetry of shoulder rotation in relation to the pelvis and rotation of the entire pelvis, which may contribute to asymmetry in the hips and a noticeable difference in right and left step lengths. Based on this view of gait, it was decided that a study should be carried out on whether these features are reflected in the manner and level of load on the feet, with the use of a ground reaction force measuring system. The finding of any significant differences may be helpful in the physiotherapy process.

The only available study on the effect of brachial plexus injury on gait patterns indicates no such correlations [13]. However, it needs to be pointed out that the study in question was based on a survey, which reportedly showed that patients do not have problems with walking. However, the study did not include an objective and exhaustive gait analysis. There have been some mentions that asymmetry of muscle work, positioning of the pelvis and abnormal upper limb movement patterns may result in a number of gait disorders [5]. These claims, however, are not based on scientific studies. Yet some reports have confirmed the influence of upper limb movement limitations on gait patterns and ground reaction force distribution [14,15].

Thus, the aim of this paper was to evaluate gait symmetry in children with OBPI with the help of a ground reaction force measuring system and specifically to analyse duration of individual gait phases, values of loading forces and manner of foot loading. The side of the body affected by brachial plexus injury was compared to the unaffected side in groups with complete and incomplete OBPI, without using healthy children as a reference.

MATERIAŁ I METODY

Uzyskano zgodę Senackiej Komisji Etyki Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie na przeprowadzenie badań. Badania przeprowadzono w latach 2010-2011 w Samodzielnym Zespole Publicznych Zakładów Opieki Zdrowotnej im. „Dzieci Warszawy" z siedzibą w Dziekanowie Leśnym oraz w Samodzielnym Publicznym Zakładzie Opieki Zdrowotnej Centrum Rehabilitacji im. prof. M. Weissa „STOCER"– Ośrodek Ortopedyczno-Rehabilitacyjny dla Dzieci i Młodzieży w Konstancinie-Jeziornie. Do badania włączono dzieci w wieku 7-12 lat z OUSR uczestniczące w terapii usprawniającej. Rozpoznanie oparto o historię choroby i diagnozę lekarską. Materiał badań stanowiło 44 dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego. Z tej grupy poddano analizie wyniki 30 dzieci. Kryterium odrzucenia wyników 14 osób były błędy w zapisie czujników w obuwiu pomiarowym, które znacznie odbiegały od pozostałych wyników.

W grupie badanej było 15 chłopców oraz 15 dziewczynek. Badanych podzielono na dwie grupy: z uszkodzeniem całkowitym kończyny górnej – 15 osób (uszkodzenie splotu ramiennego uniemożliwia lub znacznie ogranicza ruchy czynne w st. ramiennym, łokciowym i st. nadgarstkowym) i niecałkowitym uszkodzeniem – 15 osób (uszkodzenie splotu ramiennego ogranicza ruchy czynne w st. ramiennym). W każdej z grup (gr. 1 – uszkodzenie całkowite i gr. 2 – uszkodzenie niecałkowite) dokonano oceny strony uszkodzonej i nieuszkodzonej. Porównywano wyniki kończyny dolnej po stronie uszkodzonej kończyny górnej i nieuszkodzonej w obu grupach (1 – z całkowitym i 2 – niecałkowitym uszkodzeniem).

Charakterystykę badanych dzieci przedstawia Tabela 1.

Między badanymi grupami nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w wieku oraz masie ciała.

Na początku badania zbierano podstawowy wywiad oraz badano zakresy ruchów czynnych kończyn górnych. Osoby z ograniczeniem czynnego ruchu wznosu przez zgięcie kończyny górnej do 30° i brakiem czynnego zgięcia w stawie łokciowym oraz znacznym ograniczeniem lub brakiem ruchu czynne-

MATERIAL AND METHODS

The study obtained consent from the Senate Committee on Ethics of the University of Physical Education in Warsaw. The study was conducted in the years 2010-2011 in the Children's Hospital in Dziekanów Leśny and prof. M. Weiss "STOCER" Independent Public Health Centre – Orthopaedic and Rehabilitation Centre for Children and Youth in Konstancin-Jeziorna. The study group consisted of children with OBPI aged 7-12 undergoing rehabilitation. Diagnosis was based on patient history and medical evaluation. A total of 44 children with obstetric brachial plexus injury were investigated. Test results of 30 children from this group were analysed and 14 children were rejected due to errors in traces of the measuring shoe sensors, which differed considerably from the other results.

There were 15 boys and 15 girls in the study group. They were divided into two groups: a group of 15 patients with complete upper limb damage (brachial plexus injury preventing or significantly limiting active movement in the shoulder, elbow and wrist joints) and a group of 15 patients with incomplete damage (brachial plexus injury limiting active movement in the shoulder joint). Evaluations of the injured and unaffected sides were conducted in both groups (Group 1 with complete damage and Group 2 with incomplete damage). Data on the lower limb ipsilateral and contralateral to affected upper limb were compared (1 – with complete damage and 2 – with incomplete damage).

Characteristics of the children are presented in Table 1.

No statistically significant differences between the groups were recorded with regard to patients' age or body weight.

First, basic medical history was collected and ranges of upper limb active movement were assessed. Patients whose active raising movement by upper limb flexion was limited to 30°, with lack of active flexion of the elbow and significantly limited or no active movement in the wrist and finger joints were classified to the complete plexus injury group. Patients raising their upper limb over 30° and dis-

Tab. 1. Charakterystyka badanych dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego

Tab. 1. Characteristics of the study group of children with obstetric brachial plexus injury

Grupa/ Group	Liczebność/ Number of patients	Wiek [lata]/ Age [years]		Masa ciała [kg]/ body weight [kg]	
		Średnia/ mean	SD	Średnia/ mean	SD
1. Całkowite uszkodzenie / complete damage	15	9.60	1.68	39.07	13.07
2. Niecałkowite uszkodzenie /incomplete damage	15	8.73	1.91	33.0	10.62
Ogółem/ total	30	9.17	1.81	36.03	12.0

go w stawach nadgarstka i palców zaliczono do grupy z całkowitym uszkodzeniem splotu. Osoby, u których wznos kończyny górnej był powyżej 30° i zachowane było czynne zgięcie w stawie łokciowym zaliczono do grupy z niecałkowitym uszkodzeniem.

Badanie chodu wykonano za pomocą urządzenia Ultraflex CDG (Computer Dyno Graphy) firmy Infotronic, służącego do pomiaru składowej pionowej siły reakcji podłoża w funkcji czasu. Składa się on z trzech zasadniczych części:

- butów pomiarowych, wykonanych z elastycznego materiału, o skórzanych podeszwach, w których znajduje się po 8 czujników (Ryc. 1a i b),
- jednostki pomiarowej – procesor i przetwornik analogowo-cyfrowy rejestrujący dane podczas badania z częstotliwością 50-200 Hz,
- komputera IBM PC z kartą rozszerzeń (CDG inferfejs card) i oprogramowaniem pozwalającym na wprowadzenie danych, przechowywanie w pamięci masowej, analizę i prezentację graficzną wyników [16].

Buty pomiarowe mniej więcej w połowie części podeszwowej są podzielone i połączone elastyczną taśmą, dzięki temu mają w pewnym zakresie regulowany rozmiar. W części przedniej (większej) znajdują się czujniki o numerach od 4 do 8, w części tylnej (okolica pięty) od 1 do 3. Producent urządzenia udostępnia buty w rozmiarach: 25-30, 30-35, 35-40, 40-45. Do badań użyto butów o rozmiarze 30-35.

Warunki wykonywania pomiarów były zbliżone dla wszystkich badanych – prosty, dobrze oświetlony korytarz o twardym, równym podłożu. Automatycznie zadany czas pomiaru wynosił 20 sekund. Zadana częstość próbkowania wynosiła 100 Hz. Badanemu dziecku polecono przejść odpowiedni dystans z naturalną prędkością. Przed właściwym pomiarem, osoba badana miała możliwość oswoić się z założonymi butami pomiarowymi wykonując próbę chodu.

playing active bending in the elbow were placed in the incomplete damage group.

Infotronic's Ultraflex CDG (Computer Dyno Graphy) gait analysis system was used to measure the vertical component of ground reaction force as a function of time. The system consists of three major parts:

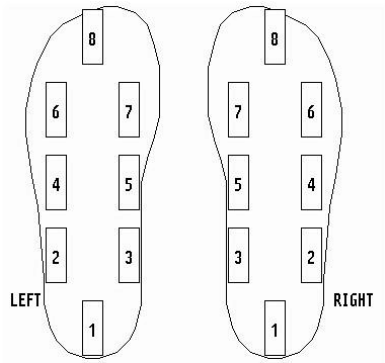
- measuring shoes made of elastic material with leather soles and 8 sensors in each shoe (Fig. 1a and 1b),
- a measuring unit comprising a processor and an A/D converter recording data during the test with 50-200 Hz frequency,
- an IBM PC computer with an extension card (CDG interface card) and software enabling entering data, as well as storing, analyzing and graphically presenting the results [16].

Measuring shoes are divided in the middle of the sole and connected with elastic tape, which allows for some regulation of size. Sensors numbered 4 to 8 are placed in the front (the larger part), and sensors 1 to 3 are situated at the back (near the heel). The shoes are available in the sizes 25-30, 30-35, 35-40 and 40-45. Shoes sized 30-35 were used in the study.

Measuring conditions were similar for all patients: a simple, well-lit hallway with a hard, smooth floor. The time of measurement was set automatically and was 20 seconds. Sampling frequency was set at 100 Hz. Patients were instructed to walk a certain distance with natural speed. They were allowed to do a test walk with the shoes on before the actual test started.

The shoes are connected to the measuring unit, which is fitted on the patient's torso with a belt (around the waist) or carried by someone walking behind the patient. As stated by the manufacturer of the CDG system, this does not affect the result of the test and does not change compared to the result obtained when the device is strapped to the waist. The test procedure is shown in Fig. 2.

a



b

Ryc. 1a. Widok butów pomiarowych, b. Rozmieszczenie czujników w podeszwach

Fig. 1a. Measuring shoes. b. Placement of sensors in the soles

Ryc. 2. Przebieg badania
Fig. 2. The test procedure

Jednostkę pomiarową, do której podłączane są buty pomiarowe, montuje się za pomocą pasa na tułowiu (w pasie) lub niesie się za osobą badaną. Jak podaje producent urządzenia CDG taki sposób przeprowadzenia badania nie wpływa na wyniki badań i nie zmienia ich w porównaniu z badaniem przy założonym urządzeniu. Pokazano to na Ryc. 2.

Dwoje dzieci samodzielnie nosiło pas z urządzeniem umocowanym na tułowiu.

Program Ultraflex CDG analizował otrzymane dane, które w 5-ciu podstawowych opcjach (Force graphics, Histogram, Gaitline, Cyclogram, Steptimes) były opracowywane i graficznie przedstawiane w postaci tabel i rycin. Podczas obróbki otrzymanych danych najpierw wyselekcjonowano z obu pomiarów skrajne kroki. Jeśli odbiegały one znacznie swoim kształtem i wartościami od reszty zostały odrzucone. Liczba pozostałych do analizy cykli chodu wynosiła ok. 15. Do obliczeń wykorzystano średnie z maksymalnych wartości sił zarejestrowane na każdym czujniku, co ilustruje funkcja *Histogram* (Ryc. 3). Dodatkowo analizowano czasy poszczególnych faz chodu: pełnego (*stance*), pojedynczego (*single support*) i podwójnego podparcia (*double support*) i tzw. *steptime* – czasu trwania kroku (od kontaktu jednej pięty z podłożem do kontaktu strony przeciwnej). Wielkości te są prezentowane przez program za pomocą funkcji *Steptimes* (Ryc. 4).

Wyznaczono wartości dla wszystkich ośmiu czujników w relacji do masy ciała badanych, uzyskując wartości relatywne względem masy ciała badanych. Dodatkowo obliczono wartości uzyskane po stronie bocznej (czujniki 2, 4, 6, 8) oraz przyśrodkowej stopy (czujniki 1, 3, 5, 7). W dalszej części wartości

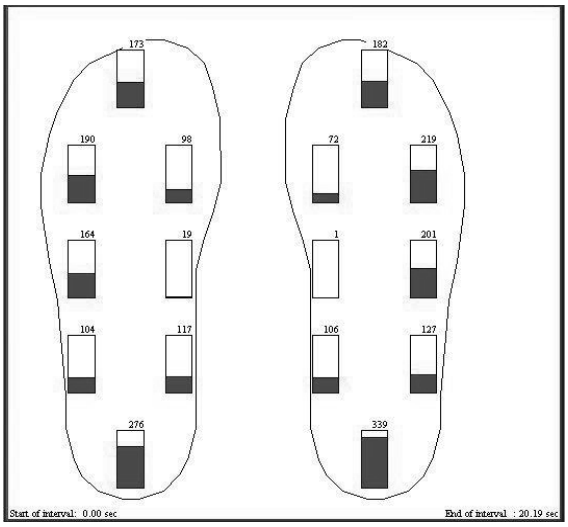
Two of the children carried the belt on their own with the device strapped to their torso.

The Ultraflex CDG programme analysed the data received in five basic options (Force graphics, Histogram Gaitline, Cyclogram, Steptimes) and presented them in the form of tables and figures. During the analysis, extreme steps were selected and rejected if they differed significantly in size or value from the other steps. Approximately 15 gait cycles were analyzed for every patient. Mean forces recorded on each sensor were used for calculations, which is illustrated by the *Histogram* function (Fig. 3). Also analysed were times of individual gait phases: stance phase, single support phase, double support phase and steptime (measured from one heel's contact with the surface until the opposite side's contact). These values are presented by the programme in the *Steptime* function (Fig. 4).

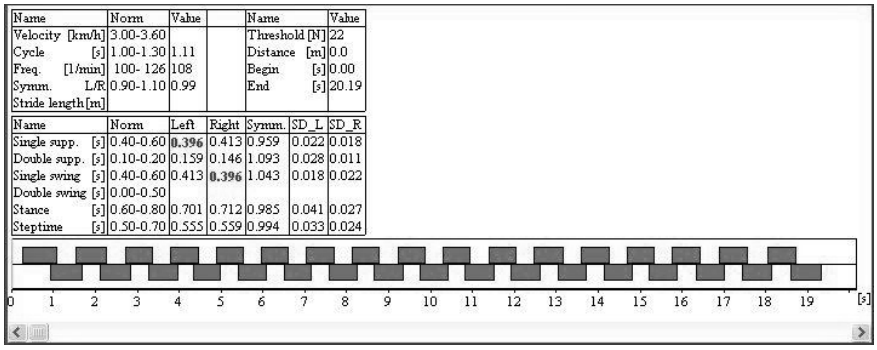
Values for all eight sensors were determined in relation to patients' weight to obtain values relative to patients' body weight. Also calculated were values obtained from the laterla (sensors 2, 4, 6 and 8) and medial side of the foot (sensors 1, 3, 5 and 7), as well as the forefoot (sensors 6, 7 and 8), midfoot (sensors 4 and 5) and hindfoot (sensors 1, 2 and 3). Values for single support, double support, stance and steptime were also calculated.

All values of ground reaction forces from individuals sensors given in Newtons by the system were converted into kilograms. Additionally, these values were converted into values relative to patients' body weight.

Mean values and standard deviations were calculated for both groups. Results from both groups were



Ryc. 3. Przykładowy histogram jednej z osób badanych
Fig. 3. A sample histogram



Name	Norm	Value		Name	Value
Velocity [km/h]	3.00-3.60			Threshold [N]	22
Cycle [s]	1.00-1.30	1.11		Distance [m]	0.0
Freq. [1/min]	100- 126	108		Begin [s]	0.00
Symm. L/R	0.90-1.10	0.99		End [s]	20.19
Stride length [m]					

Name	Norm	Left	Right	Symm.	SD_L	SD_R
Single supp. [s]	0.40-0.60	0.396	0.413	0.959	0.022	0.018
Double supp. [s]	0.10-0.20	0.159	0.146	1.093	0.028	0.011
Single swing [s]	0.40-0.60	0.413	0.396	1.043	0.018	0.022
Double swing [s]	0.00-0.50					
Stance [s]	0.60-0.80	0.701	0.712	0.985	0.041	0.027
Steptime [s]	0.50-0.70	0.555	0.559	0.994	0.033	0.024

Ryc. 4. Przykładowy Steptimes jednej z osób badanych
Fig. 4. A sample Steptimes graph

uzyskane w przodostopiu (czujniki 6, 7, 8), śródstopiu (czujniki 4 i 5) oraz tyłostopiu (czujniki 1, 2, 3). Wyznaczono również wartości pojedynczego podparcia, podwójnego podparcia, podporu całkowitego oraz steptime.

Wszystkie wartości sił reakcji podłoża na poszczególnych czujnikach, które system podaje w Newtonach, zostały przeliczone na kilogramy. Dodatkowo wartości te przeliczono na wartości relatywne w stosunku do masy ciała badanych pacjentów.

Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe dla każdej z badanych grup. Porównano wyniki uzyskane między grupami. Do oceny istotności różnic między porównywanymi grupami zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Za istotny statystycznie uznano poziom $p<0,05$.

compared. The non-parametric Kruskal-Wallis test was used to evaluate the significance of differences between the two groups. A result at $p<0.05$ was recognized as statistically significant.

WYNIKI

Uzyskane wyniki z badania przedstawiono w poniższych tabelach.

Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w wynikach uzyskanych przez badanych z całkowitym oraz niecałkowitym uszkodzeniem splotu ramiennego po stronie uszkodzonej i nieuszkodzonej (nieparametryczny test Kruskala-Wallisa, p>0,05; Tab. 2) w odniesieniu do wartości sił reakcji podłoża zarejestrowanych na poszczególnych ośmiu czujnikach.

Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w porównaniu wartości sił reakcji podłoża pomiędzy poszczególnymi częściami stopy dla badanych z całkowitym oraz niecałkowitym uszkodzeniem splotu ramiennego po stronie uszkodzonej i nieuszkodzonej (nieparametryczny test Kruskala-Wallisa, p>0,05; Tab. 3).

Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w wartościach trwania poszczególnych fazach chodu dla badanych z całkowitym oraz niecałkowitym uszkodzeniem splotu ramiennego po stronie uszkodzonej i nieuszkodzonej (nieparametryczny test Kruskala--Wallisa, p>0,05; Tab. 3).

RESULTS

The results of the study are presented in the tables below.

No statistically significant differences were observed with regard to the patients with complete vs. incomplete brachial plexus injury on both the injured and unaffected side (non-parametric Kruskal-Wallis test, p>0.05; Tab. 2) in relation to ground reaction forces recorded on all eight sensors.

No statistically significant differences were observed with regard to ground reaction forces between particular regions of the foot in patients with complete vs. incomplete brachial plexus injury on the injured and unaffected side (non-parametric Kruskal-Wallis test, p>0.05; Table 3).

No statistically significant differences were observed with regard to times of individual gait phases in patients with complete vs. incomplete brachial plexus injury on the injured side and the unaffected side (non-parametric Kruskal-Wallis test, p>0.05; Table 3).

Tab. 2. Wartości średnie i odchylenia standardowe relatywnych wartości sił w stosunku do masy ciała badanych [kg] na poszczególnych czujnikach wraz z oceną istotności różnic w badanych grupach pacjentów

Tab. 2. Means and standard deviations of relative values of the forces in relation to body weight [kg] for individual sensors. The significance of differences between groups of patients has been evaluated

Numer czujnika/ number of sensor		Grupa 1 /group 1 całkowite uszkodzenie / complete damage		Grupa 2 /group 2 niecałkowite uszkodzenie; / incomplete damage	
		Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg]/ Lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg] / Lower limb contralateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg] / lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg] / lower limb contralateral to affected upper limb
1	średnia / mean	0.65	0.60	0.67	0.68
	SD	0.18	0.18	0.33	0.36
2	średnia / mean	0.36	0.39	0.36	0.40
	SD	0.13	0.10	0.16	0.16
3	średnia / mean	0.27	0.25	0.33	0.31
	SD	0.10	0.12	0.15	0.10
4	średnia / mean	0.27	0.25	0.25	0.29
	SD	0.08	0.08	0.17	0.21
5	średnia / mean	0.06	0.08	0.09	0.06
	SD	0.04	0.08	0.09	0.05
6	średnia / mean	0.39	0.37	0.39	0.40
	SD	0.09	0.07	0.21	0.21
7	średnia / mean	0.36	0.38	0.42	0.44
	SD	0.14	0.10	0.17	0.15
8	średnia / mean	0.32	0.34	0.31	0.29
	SD	0.21	0.23	0.23	0.20

Tab. 3. Wartości średnie i odchylenia standardowe relatywnych wartości sił w stosunku do masy ciała badanych [kg] dla sumy czujników strony bocznej i przyśrodkowej stopy, przodostopia, tyłostopia oraz środka stopy wraz z oceną istotności różnic

Tab. 3. Means and standard deviations of relative values of the forces in relation to body weight [kg] for the sum of sensors on the medial and lateral side of the foot, forefoot, hindfoot and midfoot. The significance of differences has been evaluated

Numer czujnika/ Number of sensor		Grupa 1/ Group 1 całkowite uszkodzenie/ complete damage		Grupa 2/ Group 2 niecałkowite uszkodzenie / incomplete damage	
		Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg]/ Lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg]/ Lower limb contralateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg]/ Lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg]/ Lower limb contralateral to affected upper limb
Strona boczna (czujniki 2, 4, 6, 8)/ Lateral (sensors 2, 4, 6, 8)	średnia / mean	1.34	1.35	1.32	1.40
	SD	0.32	0.26	0.67	0.58
Strona przyśrodkowa (czujniki 1, 3, 5, 7) / medial (sensors 1, 3, 5, 7)	średnia / mean	1.34	1.31	1.51	1.49
	SD	0.27	0.27	0.53	0.54
tyłostopie (czujniki 1, 2, 3) / hindfoot (sensors 1, 2)	średnia / mean	1.28	1.24	1.36	1.39
	SD	0.25	0.25	0.47	0.50
środek stopy (czujniki 4 i 5) / midfoot (sensors 4, 5)	średnia / mean	0.33	0.32	0.34	0.35
	SD	0.10	0.13	0.18	0.24
przodostopie (czujniki 6, 7, 8) / forefoot (sensors 6, 7, 8)	średnia / mean	1.07	1.09	1.12	1.14
	SD	0.27	0.34	0.57	0.47

Tab. 4. Wartości średnie i odchylenia standardowe czasu trwania poszczególnych faz chodu [s] uzyskane w badanych grupach pacjentów wraz z oceną istotności różnic

Tab. 4. Means and standard deviations of the duration of individual gait phases [s] in the subgroups. The significance of differences has been evaluated

Faza chodu/ Phase of gait		Grupa 1/ Group 1 całkowite uszkodzenie / complete damage		Grupa 2/ Group 2 niecałkowite uszkodzenie / incomplete damage	
		Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg] / Lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg] / Lower limb contralateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. uszkodzonej kończyny górnej [kg] / Lower limb ipsilateral to affected upper limb	Kończyna dolna po str. nieuszkodzonej kończyny górnej [kg] / Lower limb contralateral to affected upper limb
Pojedyncze podparcie / Single support	średnia / mean	0,38	0,37	0,39	0,40
	SD	0,03	0,03	0,05	0,03
Podwójne podparcie / Double support	średnia / mean	0,12	0,13	0,13	0,13
	SD	0,03	0,04	0,02	0,02
Podparcie całkowite / Stance	średnia / mean	0,63	0,63	0,65	0,66
	SD	0,09	0,08	0,06	0,05
Steptime	średnia / mean	0,50	0,50	0,52	0,52
	SD	0,05	0,05	0,05	0,04

DYSKUSJA

Dzieci z okołoporodowym OUSR charakteryzują się większą lub mniejszą niepełnosprawnością kończyny górnej, co związane jest z niedowładami mię-

DISCUSSION

Children with OBPI have a degree of disability of the arm, which results in muscle weakness and limb hypoplasia. Pathological changes connected with bra-

śniowymi i niedorozwojem kończyny. Zmiany patologiczne związane z uszkodzeniem splotu powodują obserwowalne zmiany w chodzie. Najbardziej zauważalną nieprawidłowością jest brak wymachu kończyną górną po stronie uszkodzonego splotu. Spowodowane jest to niedowładem mięśni odpowiedzialnych zarówno za zgięcie, jak i za wyprost w stawie ramiennym. Dawniej uważano, że ruch kończyną górną potrzebny jest do zachowania równowagi lub jest pozostałością po niższej formie lokomocji czworonożnej. Obecnie jednak przeważa opinia, że wymach potrzebny jest do zmniejszenia rotacji tułowia w cyklu chodu i zrównoważenia pracy kończyn dolnych [17]. Podczas, gdy jedna kończyna dolna wykonuje wykrok, kończyna górna po stronie przeciwnej wykonuje wymach do przodu. Wiąże się to oczywiście z ruchami skrętnymi tułowia – barków względem miednicy [12]. Gdybyśmy nie wykonywali ruchów kończynami górnymi, mięśnie tułowia musiałyby wykonać dużo większą pracę mającą na celu kontrolę kontrrotacji tułowia. Dzięki temu chód jest bardziej ergonomiczny [12]. Potzner i wsp. dowodzili, że wymach ramienia podczas chodu nie odgrywa tak dużej roli i jest ruchem biernym [18]. Natomiast Kuhtz-Buschbeck i wsp. wykonywali badania EMG aktywności mięśni kończyny górnej uczestniczących w wymachu podczas chodu w różnych sytuacjach i stwierdzili, że są one aktywne nawet, gdy kończyna jest unieruchomiona [19]. Opierając się o te badania można przypuszczać, że ruch kończyn górnych nie jest tylko aktem biernym, lecz wymaga czynnej pracy mięśni m.in. obręczy barkowej, w związku z tym jest zakodowanym wzorcem w centralnym układzie nerwowym.

Jak już wspomniano we wstępie chód dzieci z OUSR cechuje widoczna asymetria [3-5]. Jest ona oczywiście związana z brakiem wymachu (całkowicie lub częściowo) niedowładnej kończyny górnej. To zaburzenie powoduje asymetrię w pracy całego tułowia włącznie z miednicą. Asymetrię można zauważyć także w długości wykroku kończyn dolnych. Opierając się na powyższych obserwacjach przypuszczano, że zmiany te powodują istotne różnice w czasie trwania poszczególnych faz chodu oraz sposobie i wielkości obciążania stóp. Z dokonanej analizy wynika, że w porównywanych obu grupach, z uszkodzeniem całkowitym i niecałkowitym splotu, nie ma różnic istotnych statystycznie.

Naturalny rozwój lokomocji u dziecka przechodzi kilka faz, aby w wieku 6-7 lat stanowić o wzorcu chodu, nieodbiegającym od tego, który będzie reprezentowany w wieku dojrzałym [6,11,20]. Okres, kiedy dochodzi do zaburzeń w rozwoju chodu u dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennechial plexus injury cause observable gait abnormalities, the most noticeable of them being the lack of arm swing on the injured side. This is caused by weakness of muscles responsible for flexing and extending the shoulder joint. It was previously believed that moving the arm is necessary to maintain balance or is a relic of the lower form of four-legged locomotion. Nowadays, however, the prevailing view is that arm swing is needed to reduce trunk rotation in the gait cycle and to ensure balanced lower limb work [17]. As one lower limb steps forward, the contralateral upper limb swings forward. This is obviously connected with twisting motions of the trunk – shoulders against the pelvis [12]. If people did not move their upper limbs, the muscles would have to work a lot harder in order to control the contrarotation of the trunk. This makes walking more ergonomic [12]. Potzner et al. claimed that arm swing during walking is not so important and is in fact a passive movement [18]. Kuntz-Buschbeck et al. obtained EMG tracings of the activity of upper limb muscles which participate in the swing during walking in different situations and concluded that these muscles are active even when the limb is immobilized [19]. Based on these studies, it can be assumed that moving the upper limbs is not a passive act, but one that requires active work of, e.g., shoulder girdle muscles and is therefore a pattern encoded in the central nervous system.

As mentioned in the introduction, visible asymmetry is one of the characteristics of OBPI children's gait [3-5]. It is obviously connected with lack of arm swing in the (completely or partially) paretic upper limb. This causes asymmetry in the work of the entire trunk, including the pelvis. Asymmetry can also be observed in step length. Based on these observations, we assumed that these changes would show statistically significant differences in the duration of individual gait phases, as well as the manner and level of load on the feet. Our analysis shows the absence of statistically significant differences in the complete vs. incomplete damage groups.

Natural development of a child's locomotion consists of a number of phases. By the age of 6-7, it determines a gait pattern that will not differ from the one displayed in adulthood [6,11,20]. Disorders in gait development in children with obstetric brachial plexus injury may occur as early as when they learn to make their first steps, due to a development disorder in the paretic upper limb and postural asymmetry. It needs to be pointed out that this will not concern all children with this type of injury, but only children with complete or medium-degree damage [6]. It is only natural that observing children with OBPI, as

go może wystąpić już w fazie nauki pierwszych kroków, ze względu na zaburzenie w rozwoju niedowładnej kończyny górnej oraz rozwoju asymetrii w budowie ciała. Należy zaznaczyć, że nie będzie to dotyczyło wszystkich dzieci z tym uszkodzeniem, a jedynie dzieci z całkowitym lub średnim stopniem uszkodzenia [6]. Naturalne jest, że obserwacja dzieci z OUSR, jak i analiza badań nad wzorcem chodu w innych jednostkach klinicznych, stymuluje do analizy tego problemu [21,22]. W dostępnej literaturze wykazano, że unieruchomienie kończyn górnych podczas chodu zwiększa siły reakcji podłoża [14,23]. W analizowanej grupie trudno jest jednak to stwierdzić, ponieważ nie wykonano porównania z chodem dzieci zdrowych. Stąd też, należałoby przeprowadzić analizę porównawczą chodu dzieci zdrowych i dzieci OUSR, co dałoby odpowiedź na pytanie czy siły reakcji podłoża nie odbiegają od normy. Powyższą analizę chodu dzieci z OUSR należy traktować jako badania pilotażowe.

Trzeba jednak zaznaczyć, że w przeprowadzonych badaniach istnieją osoby, których chód wyraźnie odbiegał od normy. Przykładem mogą być badani A.I. i AK., których badania tzw. *force graphics* (przebieg składowej pionowej siły reakcji podłoża w funkcji czasu) przedstawiono na Ryc. 5a i b. W obu przypadkach (uszkodzenie splotu po stronie prawej) przebiegi sił są zmienione zarówno po stronie uszkodzonej, jak i po stronie przeciwnej. Na Ryc. 5c dla porównania przedstawiono prawidłowy zapis powyższej funkcji innej osoby badanej (K.S.). (Ryc. 5 a, b, c).

Duże różnice w zapisach niektórych osób można obserwować także w funkcji *steptime*. Dla przykładu u badanego D.M. widać wyraźne różnice w czasie trwania faz: pojedynczego i całkowitego podporu oraz tzw. steptime (Ryc. 6a). U badanej J.Z. widać bardzo duże różnice w czasie trwania faz: pojedynczego, podwójnego i całkowitego podporu, ale za to faza steptime jest identyczna (Ryc. 6b). Co ciekawe w obydwu przypadkach mamy odwrotną sytuację. W przypadku badanego D.M. czas trwania pojedynczego i całkowitego podporu są wyraźnie dłuższe po stronie uszkodzonego splotu, a u badanej J.Z. po stronie przeciwnej. W obu przypadkach było to uszkodzenie prawostronne. Przykładem symetrycznego czasu trwania poszczególnych faz chodu może być badany D.C. (Ryc. 6c) (także z uszkodzeniem splotu po stronie po prawej).

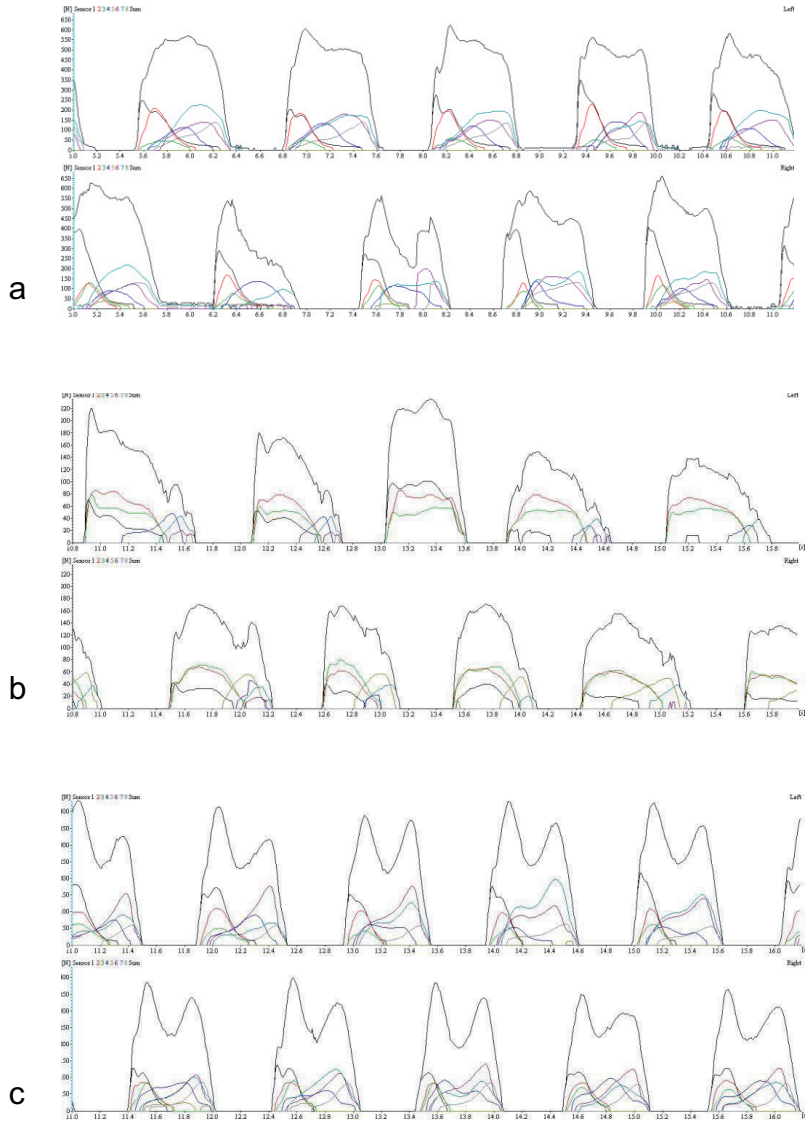
W wynikach pomiarów sił reakcji podłoża przedstawionych powyżej widoczne są wyraźne asymetrie. Również podczas badań chodu badający obserwowali także wyraźną asymetrię w ruchach pracy kończyn górnych i tułowia, która jest konsekwencją ograniczonego zakresu ruchu czynnego w stawach

well as analysis of gait pattern data in other clinical entities prompts further analyses of this particular problem [21,22]. The available literature shows that immobilizing the upper limbs during walking increases ground reaction forces [14,23]. This was, however, difficult to confirm in the study group, since the results were not compared to those of healthy children. A comparative analysis of healthy children's and OBPI children's gaits would therefore provide information on whether these ground reaction forces were abnormal. The above analysis of OBPI children's gait should be treated as a pilot study.

It should be pointed out, however, the study group did include patients whose gait was clearly far from normal, such as patients A.I. and A.K., whose *force graphics* (time course of the vertical component of ground reaction forces) are presented in Fig. 5a and 5b. In both patients (right-sided plexus injury), the time course of forces is changed both on the injured and the unaffected side. For comparison purposes, Fig. 5c shows a normal trace of this function in another patient (K.S.) (Fig. 5 a, b, c).

Considerable differences between traces of some patients can also be observed as regards the *steptime* function. For example, patient D.M. showed clear differences in the duration of the single support, stance and steptime phases (Fig. 6a). Patient J.Z. also demonstrated large differences with regard to the duration of the single support, double support and stance phases, but her steptime phase was identical (Fig. 6b). Interestingly, these two patients presented opposite results. In patient D.M., the duration of the single support and stance phases was significantly longer on the injured side, while in patient J.Z. these indices were longer on the opposite side. Both patients suffered a right-sided brachial plexus injury. Patient D.C. (Fig. 6c) may be an example of symmetrical duration of individual gait phases (also a right-sided injury).

The values of ground reaction forces obtained in the study reveal clear asymmetries. Asymmetry in the work of upper limbs and the trunk was also observed during the gait examination. It resulted from a limited range of active movement in the joints of the injured limb, collar bone hypoplasia and asymmetry of the trunk [4]. Based on our experience and observations, it can be concluded that appropriate physiotherapy is of crucial importance in such cases in order to limit musculoskeletal overload, which can have an even more negative effect on the body in adulthood.



Ryc. 5. Force graphics – przebieg składowej pionowej siły reakcji podłoża w funkcji czasu, sumy oraz poszczególnych czujników; na obu wykresach u góry – lewa kończyna, u dołu – prawa; a i b – zapisy odbiegające od normy, widoczny nieregularny i mało powtarzalny przebieg zwłaszcza „sumy", brak wyraźnych typowych punktów: I-go i II-go maximum oraz minimum w przeciwieństwie do prawidłowego zapisu (c); dla większej przejrzystości wybrano z zapisów po pięć kroków

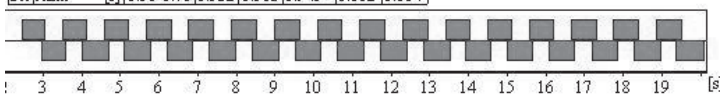
Fig. 5. Force graphics – the time course of the vertical component of ground reaction force, sum and individual sensors; both charts: left lower limb at the top, right lower limb at the bottom, a and b – abnormal traces with irregular and poorly reproducible time courses, especially with regard to the „sum" parameter, no apparent typical 1st and 2nd maxima and minima in contrast to a normal trace (c); for clarity, five steps were selected from each trace

kończyny z uszkodzonym splotem ramiennym oraz niedorozwoju kości pasa barkowego i występującej asymetrii tułowia [3]. Na podstawie własnych doświadczeń i obserwacji można stwierdzić, że bardzo istotną rzeczą jest w takich przypadkach prowadzenie prawidłowej fizjoterapii w celu ograniczenia przeciążeń układu ruchu, które mogą o wiele bardziej negatywnie skutkować w wieku dorosłym.

a

Name	Norm	Value		Name	Value
Velocity [km/h]	3.00-3.60			Threshold [N]	20
Cycle [s]	1.00-1.30	1.09		Distance [m]	0.0
Freq. [1/min]	100- 126	110		Begin [s]	2.00
Symm. L/R	0.90-1.10	0.94		End [s]	20.19
Stride length [m]					

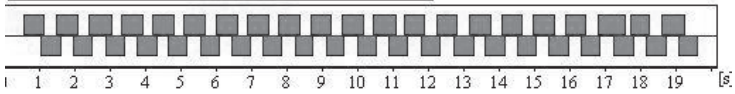
Name	Norm	Left	Right	Symm.	SD_L	SD_R
Single supp. [s]	0.40-0.60	**0.399**	0.424	0.941	0.011	0.012
Double supp. [s]	0.10-0.20	0.132	0.139	0.955	0.008	0.010
Single swing [s]	0.40-0.60	0.424	**0.399**	1.063	0.012	0.011
Double swing [s]	0.00-0.50					
Stance [s]	0.60-0.80	0.671	0.697	0.962	0.015	0.018
Steptime [s]	0.50-0.70	0.532	0.563	0.945	0.012	0.014



b

Name	Norm	Value		Name	Value
Velocity [km/h]	3.00-3.60			Threshold [N]	24
Cycle [s]	1.00-1.30	**0.90**		Distance [m]	0.0
Freq. [1/min]	100- 126	**133**		Begin [s]	0.00
Symm. L/R	0.90-1.10	1.00		End [s]	20.19
Stride length [m]					

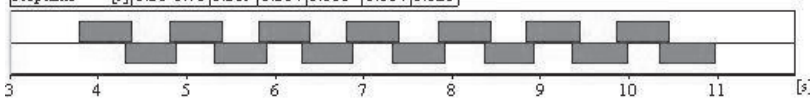
Name	Norm	Left	Right	Symm.	SD_L	SD_R
Single supp. [s]	0.40-0.60	**0.332**	**0.271**	1.225	0.017	0.049
Double supp. [s]	0.10-0.20	0.120	0.180	0.665	0.014	0.048
Single swing [s]	0.40-0.60	**0.271**	**0.332**	0.817	0.049	0.017
Double swing [s]	0.00-0.50					
Stance [s]	0.60-0.80	0.633	**0.571**	1.107	0.048	0.019
Steptime [s]	0.50-0.70	**0.452**	**0.452**	1.001	0.012	0.010



c

Name	Norm	Value		Name	Value
Velocity [km/h]	3.00-3.60			Threshold [N]	64
Cycle [s]	1.00-1.30	1.01		Distance [m]	0.0
Freq. [1/min]	100- 126	118		Begin [s]	3.00
Symm. L/R	0.90-1.10	1.01		End [s]	11.89
Stride length [m]					

Name	Norm	Left	Right	Symm.	SD_L	SD_R
Single supp. [s]	0.40-0.60	0.401	0.403	0.996	0.022	0.014
Double supp. [s]	0.10-0.20	0.107	0.101	1.056	0.012	0.010
Single swing [s]	0.40-0.60	0.403	0.401	1.004	0.014	0.022
Double swing [s]	0.00-0.50					
Stance [s]	0.60-0.80	0.610	0.611	0.998	0.012	0.023
Steptime [s]	0.50-0.70	0.509	0.504	1.008	0.014	0.021



Ryc. 6. Funkcja steptimes; a i b – wyraźne różnice w czasie trwania poszczególnych faz chodu; c – duża symetria w czasie trwania poszczególnych faz chodu

Fig. 6. The steptimes function, a and b – significant differences during individual gait phases, c – good symmetry during individual gait phases

WNIOSKI

1. Obserwowany wizualnie nieprawidłowy wzorzec chodu nie znalazł statystycznie pełnego potwierdzenia w odniesieniu do badanych sił reakcji podłoża w opisywanej grupie.

CONCLUSIONS

1. The visually noticeable incorrect gait pattern was not statistically confirmed in full in an analysis of ground reaction forces in the study group.

2. Rozszerzenie badań w większej grupie dzieci z OUSR i porównanie z dziećmi zdrowymi powinno dać odpowiedź na pytanie, czy wartości tych sił nie odbiegają od normy.
3. Ze względu na obserwowane wizualnie asymetrie w całym układzie ruchu, ćwiczenia powinny być ukierunkowane nie tylko na uszkodzoną kończynę górną, ale powinny dotyczyć całego ciała ze szczególnym zwróceniem uwagi na kręgosłup, miednicę i wzorzec chodu.

2. A study embracing a larger group of children with OBPI and comparing them to healthy children should provide data on whether these values of ground reaction forces are abnormal.
3. Due to the visually noticeable asymmetries in the entire musculoskeletal system, exercise should not only focus on the affected upper limb, but involve the entire body, especially the spine, pelvis and gait pattern.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Mielcarska M, Chochowska M, Zgorzalewicz-Stachowiak M. Okołoporodowe uszkodzenie splotu ramiennego – etiologia, klasyfikacja i kliniczny obraz uszkodzeń. Fizjoterapia 2009;17 (1):66-77.
2. Gilbert A. Obstetrical brachial plexus palsy. W: Tubiana R, (editor). The Hand Philadelphia. W.B. Sannders Co.; 1993. pp. 575-601.
3. Grodner M, Sojma J, Domaniecki J. Zmiany patologiczne w okołoporodowym uszkodzeniu splotu ramiennego (OUSR). Fizjoterapia Polska 2007;7(2):206-17.
4. Grodner MR, Lewandowska M. Zaburzenie czucia w obszarze unerwianym przez nerw pośrodkowy u pacjentów z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego (OUSR). Postępy Rehabilitacji 2011; XXV (2):5-12.
5. Klimont L, Hałas I. Kinesiology Taping w usprawnianiu dziecka z uszkodzeniem splotu ramiennego. Opis przypadku. Praktyczna Fizjoterapia i Rehabilitacja 2010; 12/10:60-3.
6. Campbell SK, Vander Linden Darl W, Palisano RJ, Stout JL. Physical Therapy for Children. Gait: Development and analysis. Missouri: Saunders Elsevier, 2006; pp. 161-9.
7. Palastanga N, Field D, Soames R. Anatomy and human movement – structure and function. Butterworth Heinemann Elsevier; 2006; pp. 214-26.
8. Gosk J, Rutowski R. Analiza czynników ryzyka okołoporodowych uszkodzeń splotu Ramiennego. Ginekol Pol 2005;76 (4):270-76.
9. Michałowicz R, Ignatowicz R. Problemy związane z rozpoznawaniem i operacyjnym leczeniem dzieci z okołoporodowym uszkodzeniem splotu ramiennego. Prz Pediatr 1992;22(2):199-203.
10. Al-Qattan MM, Clarke HM, Curtis CG. Klumpke's birth palsy. Does it really exist? J Hand Surg Br 1995;20 (1):19-23.
11. Syczewska M. Diagnostyka rehabilitacyjna narządu ruchu dziecka. Standardy Medyczne; 2003; 9 (5): 322-325.
12. Zembaty A. (red.) Kinezyterapia. Kraków: Wydawnictwo Kasper, tom II; 2003.
13. Kirjavainen MO, Remes VM, Peltonen J. et al. Permanent brachial plexus birth palsy does not impair the development and function of the spine and lower limbs. J Pediatric Orthopedic B 2009;18 (6): 283-8.
14. Collins SH, Adamczyk PG, Kuo AD. Dynamic arm swinging in human walking. Proc Biol Sci 2009; 276 (1673): 3679-88.
15. Eke-Okoro ST, Gregoric M, Larsson LE. Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing amplitude and phase. Clin Biomech 1997; 12(7-8):516-21.
16. Dudziński K, Saliński A, Seyfried A. Computer Dyno Graphy (CDG) – charakterystyka systemu do pomiaru rozkładu sił reakcji podłoża podczas chodu. Postępy Rehabilitacji 1996; X (3):123-34.
17. Perry J. Gait analysis. Normal and pathological function. Thonofane, New Jersey: SLACK Incorporated, 1992.
18. Pontzner H, Holloway J H. Control and function of arm swing in human walking and running. J Exp Biol 2009;212: 523-34.
19. Kuhtz-Buschbeck JP, Jing B. Activity of upper limb muscles during human walking. Journal of Electromyography and Kinesiology 2012;22(2):199-206.
20. Sutherland DH. The development of mature gait. Gait and Posture 1997;6:163-70.
21. Bober T, Bugajski A. Chód naturalny i niektóre aspekty patologii chodu. Fizjoterapia Polska 2006;6 (4):257-75.
22. Sutherland DH. Gait Disorders in Childhood and Adolescence. Baltimore Williams&Wilkins; 1984.
23. Park J. Synthesis of natural arm swing motion in human walking. J Biomech 2008;41(7):1417-26.

Liczba słów/Word count: 6233 **Tabele/Tables:** 4 **Ryciny/Figures:** 6 **Piśmiennictwo/References:** 23

Adres do korespondencji / Address for correspondence
Maria R. Grodner
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Wydział Rehabilitacji
00-968 Warszawa, ul. Marymoncka 34, tel/fax: +48 22 834 06 36, e-mail: maria.grodner@awf.edu.pl

Otrzymano / Received *18.02.2012 r.*
Zaakceptowano / Accepted *18.12.2012 r.*