

# Zmiany parametrów kinematycznych miednicy podczas chodu pod wpływem środków ułatwiających usprawnianie dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym

## Changes of Kinematics Parameters of Pelvis During Walking Under the Influence of Means Facilitates Treatment of Cerebral Palsied Children

Krzysztof Czupryna<sup>(A,B,C,D,E)</sup>, Janusz Nowotny<sup>(A,D,E)</sup>

Zakład Fizjoterapii Wyższej Szkoły Administracji, Bielsko-Biała  
Higher School of Administration in Bielsko-Biala, Institute of Physiotherapy

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Trójpłaszczyznowe ruchy miednicy, obok innych wyznaczników chodu fizjologicznego sprawiają, że jest on sprawny i ekonomiczny. Występujące u dzieci z m.p.dz. patologiczne synergizmy mogą zaburzać determinanty miednicy. Dlatego poszukuje się sposobów poprawy tego stanu rzeczy. Celem pracy była ocena wpływu środków ułatwiających usprawnianie, pod postacią toksyny botulinowej lub gipsów hamujących, na zachowanie się parametrów kinematycznych miednicy podczas chodu dzieci z hemiparetyczną postacią m.p.dz.

**Materiał i metody.** W badaniach brało udział 34 dzieci z m.p.dz. w wieku 7-14 lat, z niedowadem połowiczym, które osiągnęły zdolność samodzielnego chodzenia. Głównym sposobem terapii była metoda NDT-Bobath, dodatkowo natomiast u 18 dzieci zastosowano toksynę botulinową, a u 16 gipsy hamujące. Dwukrotnie przeprowadzono ocenę chodu przy użyciu ultradźwiękowego systemu CMS-HS firmy Zebris – przed zastosowaniem tych środków oraz po 4 miesiącach. Grupę kontrolną stanowiło 20 zdrowych dzieci, w zbliżonym wieku.

**Wyniki.** Oprócz typowej dla niedowadów połowicznych asymetrii chodu, u wszystkich zaobserwowano zaburzenia determinantów miednicy o różnym nasileniu. Zastosowana terapia korzystnie wpłynęła na poprawę symetrii chodu. W grupie, gdzie dodatkowo stosowano gipsy hamujące poprawiły się też kinematyczne parametry miednicy, głównie u tych dzieci, u których wcześniej stwierdzono niedostatek jej opadania i rotacji. Toksyna botulinowa takiego wpływu nie wywarła.

**Wnioski.** 1. Zarówno zastosowanie toksyny botulinowej, jak i gipsów hamujących przynosi poprawę parametrów czasowo-przestrzennych chodu dzieci z m.p.dz. (symetrii chodu); 2. Poprawę kinematycznych parametrów miednicy uzyskuje się dzięki zastosowaniu gipsów hamujących, natomiast zastosowanie Btx-A nie wywiera na nie znaczącego wpływu.

**Słowa kluczowe:** m.p.dz., hemiparezy, toksyna botulinowa, gipsy hamujące, chód

### SUMMARY

**Background.** Physiological human gait is characterized by three-dimensional pelvis movements, which make that gait smooth and does not require excessive energy expenditure. In children with cerebral palsy determinants of the pelvis may be affected, mainly due to pathological afferent synergies. Therefore many specialists are looking for ways to improve this situation. The aim of this study was to verify whether the use of botulinum toxin or inhibitive casts affects the kinematic parameters of the pelvis during the gait of children with hemiparetic form of cerebral palsy.

**Material and methods.** The study involved 34 hemiparetic children with cerebral palsy aged 7-14 years who reached the capacity of independent walking. All were improving by neurodevelopmental treatment according to NDT-Bobath method. Two groups were created. In the first group inhibiting casting was used in 16 children. In the second group botulinum toxin was injected in 18 children. Gait analysis was performed before and after using those type of treatment. Ultrasonic CMS-HS system (Zebris) was used for three dimensional gait analysis.

**Results.** Despite of the characteristic for hemiplegic gait pattern asymmetry, various abnormalities of pelvis kinematic parameters were observed. Gait symmetry was improved after the treatment. Using inhibitive casts also improved kinematic parameters of the pelvis, especially in those children whose deficit of pelvis obliquity and rotation have been found previously.

**Conclusions.** 1. The use of Btx-A or inhibitive casts results in improving temporal-spatial parameters of gait of cerebral palsied children with hemiparesis. 2. The improvement of kinematic pelvis parameters are obtained through the use of inhibitive casts, while the use of Btx-A does not have a significant impact on them.

**Key words:** cerebral palsy, hemiparesis, botulinum toxin, inhibitive casts, gait

## WSTĘP

Możliwości ruchowe dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym (m.p.dz.) są wielce zróżnicowane, ale część tych dzieci pomimo ograniczeń osiąga zdolność samodzielnego chodzenia. Ich chód jest jednak zawsze nieprawidłowy, a łagodzenie towarzyszących temu utrudnień jest jednym z celów późniejszej rehabilitacji tych dzieci.

Typowe dla chodu są zmiany kątowych ustawań w stawach, obserwowane w kolejnych fragmentach cyklu chodu, określone mianem wyznaczników chodu [1]. Wśród prac poświęconych analizie chodu u dzieci z m.p.dz. dominują doniesienia dotyczące zmian parametrów kinematycznych stawu skokowego i kolano-wego podczas chodu (III, V i IV wyznacznik), natomiast zainteresowanie pozostałymi wyznacznikami jest mniejsze. Zachowanie się parametrów kinematycznych miednicy podczas chodu jest jednak ważne z dwóch powodów. Nieprawidłowe ruchy miednicy mogą być zarówno skutkiem, jak i przyczyną zburzeń ruchowych w pozostałych segmentach. Wynika to nie tylko z uwarunkowań biomechanicznych, ale i neuropatologicznych. Te ostatnie wiążą się z typowymi dla m.p.dz. patologicznymi synergizmami, uniemożliwiającymi izolowane ruchy w poszczególnych stawach łańcucha biokinematycznego, a synergizmy te mogą być zarówno wstępujące, jak i następujące [2,3]. Po drugie, miednica stanowi pierwszy od podłożą segment ruchowy przemieszczający się trój-płaszczyznowo, natomiast w kranio-kaudalnym rozwoju dziecka zdolności ruchowe miednicy wyprzedzają także zdolności dotyczące stawów dystalnych. Stąd właśnie możliwości ruchowe miednicy powodują, że nieprawidłowości w obrębie niżej położonych stawów kompensowane są nieprawidłowymi ruchami miednicy (skutek) lub odwrotnie – zaburzenia w obrębie parametrów kinematycznych miednicy (przyczyna) wymuszają niejako kompensacyjne zachowanie się niżej położonych stawów. Wszystko to ma znaczenie nie tylko dla zachowania równowagi przy zmieniającej się naprzemiennie płaszczyźnie podparcia, ale – dzięki rotacji miednicy – wpływa też na długość kroku.

Jednym z głównych sposobów terapii dzieci z m.p.dz. jest metoda NDT-Bobath [3,4]. Do zasadniczego sposobu postępowania włącza się dodatkowe środki – przede wszystkim w celu ułatwienia usprawniania i zwiększenia jego efektywności. Do środków takich należą zarówno toksyna botulinowa typu A (Btx-A), jak i gipsy hamujące. Cel i sposób stosowania tych ostatnich, rola i funkcja są z założenia odmienne od stosowanych w terapii dziecka z m.p.dz. gipsów korygujących [5-9].

## BACKGROUND

The level of motor capacity in children with cerebral palsy (CP) is very much diversified, but despite limitations, some of these children achieve independent walking. Their gait is, however, always abnormal, and the alleviation of associated problems is one of the aims of subsequent rehabilitation of these children.

Gait is characterized by changes in joint angles in consecutive phases of the gait cycle. They are referred to as gait determinants [1]. Among studies on gait analysis in cerebral palsied children, reports on ankle and knee kinematics during gait (determinants III, V and IV) are dominant, while the remaining determinants have received less scientific attention. However, pelvis kinematics during gait is very important for two reasons. Firstly, abnormal pelvic movements may be either the cause or the result of motor disorders in other segments, as a consequence of not only biomechanical but also neuropathological disturbances. The neuropathological conditions are associated with pathological synergies typically seen in cerebral palsy that preclude isolated movements in particular joints of the biokinematic chain. These synergies can be either afferent or efferent [2,3]. Secondly, the pelvis is the first motor segment above the ground which is characterised by three-dimensional movement and in the craniocaudal development of a child, pelvic motor functions form before similar functions of the distal joints. Accordingly, lower joint dysfunctions are compensated for by abnormal movements of the pelvis (as a result) or, vice-versa, pelvis disorders (as a cause) impose compensatory behaviours on lower joints. It is all very important not only for maintaining balance with an alternately changing support base, but – due to pelvic rotation – it also influences step length.

The NDT-Bobath method is one of the main methods of therapy of children with CP [3,4]. Additional means are included in the basic treatment in order to facilitate the physiotherapy and increase its efficacy. These means include botulinum toxin (Btx-A) injections and inhibitive casts. The purpose and manner of applying inhibitive casts, their role and function are essentially different from those of correction foot casts used in the treatment of children with CP [5-9].

Gait improvement requires prior identification of the abnormalities present in the child. Rehabilitation needs to involve regular reviews of treatment efficacy. Systems for three dimensional gait analysis are increasingly frequently used nowadays with an aim of facilitating an objective assessment. In these sys-

Usprawnianie chodu wymaga wcześniejszego zidentyfikowania występujących u danego dziecka nieprawidłowości. W trakcie usprawniania konieczne jest także okresowe sprawdzanie skuteczności stosowanego leczenia. Dla zobjektywizowania tego coraz powszechniej stosowane są obecnie systemy do trójpłaszczyznowej analizy chodu, dzięki którym kinematyczne parametry chodu badanego prezentowane są często na tle tzw. ścieżki normy [np. 10-13]. Pośród opartych o to opracowań dotyczących zaburzeń chodu dzieci z m.p.dz. znajduje się też prace dotyczące zaburzeń towarzyszących niedowładom połowiczym ale – jak już wspomniano – problemy dotyczące miednicy są traktowane niejako drugoplanowo [14-16].

Celem pracy było sprawdzenie, czy i na ile zastosowanie dodatkowych środków ułatwiających terapię, pod postacią toksyny botulinowej (Btx-A) lub gipsów hamujących, wpływa na zachowanie się parametrów kinematycznych miednicy podczas chodu dzieci z hemiparetyczną postacią m.p.dz.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 34 dzieci z m.p.dz. (z niedowładem połowiczym) w wieku 7-14 lat ( $X = 9,6 \pm 1,8$ ). Byli to kolejni pacjenci skierowani (zakwalifikowani) przez lekarzy prowadzących do leczenia toksyną botulinową, bądź gipsami hamującymi.

Zasadniczym warunkiem włączenia do badań była zdolność samodzielnego chodzenia po płaskim podłożu (bez pomocy). Drugim warunkiem był brak wcześniejszego stosowania dodatkowych środków ułatwiających terapię w postaci tzw. gipsów hamujących czy toksyny botulinowej oraz brak wcześniejszego leczenia operacyjnego. Z badań wyłączone zostały również dzieci ze znaczącymi deformacjami i bezwzględną nierównością kończyn dolnych powyżej 1,5 cm oraz z przykurczami statycznymi w obrębie stawu biodrowego, kolanowego i skokowo-goleniowego o wartości większej niż 10 stopni. W tym celu wykorzystano wykonywane w wolnym tempie testy Thomasa, pomiaru kąta podkolanowego w pozycji supinacyjnej ze stawem biodrowym ustawnionym w zgięciu i test Silfverskiolda z wyprostowanym i zgiętym stawem kolanowym [18].

Wszystkie badane dzieci poruszały się samodzielnie, reprezentowały I i/lub II poziom zdolności ruchowej według skali GMFCS (Gross Motor Function Classification System) i były usprawniane metodą NDT-Bobath [4,17].

Zgodnie z wytycznymi ze skierowań, badanych podzielono na 2 podgrupy. Pierwszą stanowiło 16 dzieci (w wieku  $9,8 \pm 2,1$  lat), u których zastosowano gip-

tems, parametry of gait kinematics are presented on a so called normal range ribbon [e.g. 10-13]. Reports on gait disorders in children with cerebral palsy based on these examinations include studies on gait abnormalities accompanying hemiparesis, but – as has already been mentioned - problems related to the pelvis are regarded as ones of secondary importance [14-16].

The aim of the study was to verify whether and how well rehabilitation adjuncts (botulinum toxin and inhibitive casts) and inhibitive casts influences pelvis kinematics during gait in children with hemiparesis.

## MATERIAL AND METHODS

The study involved 34 hemiparetic children with cerebral palsy aged 7-14 years ( $X = 9.6 \pm 1.8$ ). The participants were consecutive patients referred for botulinum toxin or inhibitive cast treatment by their doctors.

The ability to maintain an upright position and to walk independently on flat ground (without any help) was the first criterion for enrolling patients in the study. Another criterion was no previous use of rehabilitation adjuncts such as inhibitive casts or botulinum toxin injections, and no previous surgery. Children with major deformities, absolute lower limb length discrepancy of more than 1.5 cm and static contractures in the hip, knee and ankle joints of more than 10 degrees were excluded from the study. To this end, tests were conducted in slow motion, including the Thomas test, popliteal angle measurement in the supine position with the hip joint in flexion, and the Silfverskiold test with a flexed and extended knee joint [18].

All children could move independently and were classified as GMFCS level I and/or II of motor capacity (Gross Motor Function Classification System) [19]. All children were treated with the NDT-Bobath method [4,17].

According to referral instructions, the participants were divided into two subgroups. The first group comprised 16 children at the age of  $9.8 \pm 2.1$  years, in whom inhibitive casts were used. The casts, in the form of plaster boots, were placed on both

sy hamujące. Gipsy te, w postaci butów założonych na obydwie kończyny dolne do wysokości ok. 2/3 podudzia, zakładano na okres 2 tygodni, stosując po-wszechnie przyjętą technikę [8,18]. W drugiej podgrupie znalazło się 18 dzieci w wieku  $9,9 \pm 1,5$  lat, które były diagnozowane i leczone z zastosowaniem Btx-A w Klinice Pediatrii i Neurologii Wiekro-Zwojowego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach. Toksynę botulinową podawano do tylnej grupy mięśni podudzia, w postaci preparatu Botox w dawce 3-5 j./kg masy ciała lub Dysport w dawce 12-20 j./kg masy ciała.

Ocenę chodu dokonywano dwukrotnie – przed zastosowaniem dodatkowych środków terapii (badanie wyjściowe) oraz po upływie czterech miesięcy (badanie końcowe). W okresie pomiędzy tymi badaniami każde dziecko było usprawniane, a w doborze ćwiczeń uwzględniono komplet wyników pierwszego badania.

Ocenę tę przeprowadzono przy użyciu ultradźwiękowego systemu CMS-HS do trójpłaszczyznowej analizy chodu firmy Zebris. Badania prowadzone były podczas chodu na bieżni ruchomej firmy Kettler, poruszającej się z prędkością 2 km/godz. Analizie podano czasowo-przestrzenne i kinematyczne parametry chodu. Spośród parametrów czasowo-przestrzennych oceniano symetrię chodu pod względem długości kroku i czasu trwania obu faz chodu (% cyklu). Spośród kinematycznych oceniano natomiast parametry dotyczące przestrzennego układu miednicy – jej przodopochylenie, opadanie i rotację podczas podporu na każdej z kończyn w dwóch okresach fazy podporu – pierwszego kontaktu z podłożem (ang. *initial contact* – IC) oraz środkowym okresie fazy podporu (ang. *mid stance* – MST) w momencie, w którym oś poprzeczna stawu skokowo-goleniowego przenoszonej kończyny dolnej pokrywała się z osią poprzeczną stawu skokowo-goleniowego kończyny dolnej znajdującej się w środkowym okresie fazy podporu.

Grupę kontrolną stanowiło 20 zdrowych dzieci w zbliżonym wieku. Z uwagi na fakt, iż oceniane parametry chodu u różnych osób, a szczególnie w przypadku chodu patologicznego przypadają na inny fragment cyklu chodu, konieczne stało się porównywanie wyników do grupy kontrolnej w tych samych momentach cyklu chodu, a nie jak zazwyczaj z tzw. wstępą normy. Skonfrontowano wyniki uzyskane w momencie pierwszego kontaktu (przyłożenia) stopy do podłożu oraz środkowego okresu fazy podporu.

Wyniki badań zostały opracowane odrębnie dla obu podgrup (leczonych toksyną i gipsami), a następnie porównane. W pierwszej kolejności porównano wyniki dzieci z m.p.dz. z wynikami grupy kontrolnej przy użyciu testu t-Studenta. Następnie dla oszacowania

limbs to the height of approximately 2/3 of shank for a period of two weeks according to a commonly accepted technique [8,18]. The second group comprised 18 children aged  $9.9 \pm 1.5$  years, diagnosed and treated with Btx-A in the Department of Paediatrics and Paediatric Neurology of the Silesian Medical University in Katowice, Poland. Botulinum toxin was injected into the back group of shank muscles as Botox, dosed at 3-5 units/kg, or Dysport, dosed at 12-20 units/kg.

Gait was assessed twice: before commencing Btx-A or inhibitive cast treatment (initial examination) and four months later (final examination). Between the examinations, each child continued to be rehabilitated, with exercises selected on the basis of the complete results of the first examination.

The assessment used a CMS-HS ultrasound system (Zebris) for three dimensional gait analysis. The examinations were conducted when the children were walking on a Kettler treadmill at 2 km/h speed. Temporal-spatial and kinematic parameters of gait were analysed. Temporal-spatial parameters included gait symmetry in relation to step length and time of both phases of gait cycle (% of cycle). Kinematic parameters involved those relating to the spatial alignment of the pelvis, i.e. forward tilt, obliquity and rotation during the support on each limb in two periods of support phase: initial contact (IC), when the foot touches the ground, and mid-stance (MST), during full loading of the foot at the moment when the foot of the lower limb in swing passes the foot of lower limb in support phase).

A control group included 20 healthy children of similar age. Because the parameters analysed, correspond to a different period of the gait cycle in different people, especially in the case of pathological gait, it was necessary to compare the results with the control group at the same periods of gait cycles rather than, as is usual, with a normal range ribbon. The results obtained at initial contact and at mid-stance were compared.

The results were analysed independently for the two subgroups (treated with botulinum toxin and casts) and then compared. The initial comparison concerned the results of children with CP and the results from the control group (Student's t test). Secondly, efficacy of the therapy was estimated by analysis of variance (ANOVA) with triple classification. Finally, the complete results were verified with Bonferroni's test (post hoc analysis). All the statistical analyses were carried out in Excel and Statistica v. 7.1 software. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

efektów terapii dokonano analizy wariancji (ANOVA) z klasyfikacją potrójną, a całość wyników zweryfikowano testem Bonferoniego (analiza post hoc). Całość opracowania statystycznego wykonano z wykorzystaniem programów Excel i Statistica v. 7.1, przyjmując poziom istotności  $p<0,05$ .

## WYNIKI

W badaniu wyjściowym wszystkie oceniane parametry czasowo-przestrzenne różniły się istotnie od analogicznych z grupy kontrolnej (Tab. 1). U wszystkich badanych z niedowładem połowiczym w badaniu tym stwierdzono też różnie nasiloną asymetrię ocenianych parametrów. Wykrok kończyną niedowładaną był istotnie krótszy ( $t=12,065$ ;  $p<0,001$ ). Istotnie krótsze były też podpór na tej kończynie ( $t=9,412$ ;  $p<0,001$ ) oraz przenoszenie kończyny przeciwej ( $t=9,412$ ;  $p<0,001$ ), a taki rozkład czasu trwania obu faz spowodowany był krótszym czasem podwójnego podporu podczas wykroku nogą niedowładaną ( $t=12,611$ ;  $p<0,001$ ).

Po leczeniu w obu grupach oceniane parametry uległy dość wyraźnym, aczkolwiek niejednorodnym zmianom. U części badanych odnotowano bowiem znaczącą poprawę, u innych wyniki utrzymały się na tym samym poziomie, a u pozostałych doszło nawet do pogorszenia.

W drugim badaniu u 56% leczonych gipsami i 66% leczonych Btx-A doszło do poprawy symetrii chodu pod względem długości kroku, u 31 i 17% do pogłębienia asymetrii, a u pozostałych parametr ten nie zmienił się. Pomimo takiego zróżnicowania indywidualnych wyników, po leczeniu średnia długości kroku kończyną niedowładaną istotnie zwiększyła się (dla grupy leczonej Btx-A  $p<0,001$  i  $p<0,023$  dla

## RESULTS

In the initial examination, all the temporal-spatial parameters being assessed were significantly different between the CP children and the control group (Tab. I). All patients with hemiparesis also demonstrated various degrees of asymmetry of the parameters. Step length was significantly shorter for the paretic leg ( $t=12.065$ ;  $p<0.001$ ). The support phase ( $t=9.412$ ;  $p<0.001$ ) of this limb and the swing phase of the opposite limb ( $t=9.412$ ;  $p<0.001$ ) also were significantly shorter. This temporal pattern of the two phases was caused by a shorter duration of double support during the step forward phase with the paretic leg ( $t=12.611$ ;  $p<0.001$ ).

In the final examination, the study parameters demonstrated significant, but not uniform, changes in both groups. Improvement was noted in some patients, with others showing no changes or even deterioration.

In the second examination 56% of patients treated with inhibitive casts and 66% of those treated with botulinum toxin had improved gait symmetry with regard to step length, in 31 and 17% of patients the asymmetry had increased and in the remaining patients no changes of this parameter were observed. Despite such a diversity of individual results, after treatment average step length of the paretic limb was considerably increased ( $p<0.001$  in the group treated

Tab. 1. Wyniki badania wyjściowego – podstawowe parametry czasowo-przestrzenne u badanych z hemiparezą w porównaniu z wynikami grupy kontrolnej

Tab. 1. Initial results – values of temporal-spatial parameters in hemiparetic children compared with results of control group

| PARAMETR<br>PARAMETER                          | Grupa<br>kontrolna<br>Control<br>group | Hemiparezy<br>Hemiparesis |      | Porównanie<br>Comparison |  |
|--|--|---------------------------|------|--------------------------|--|
|  |  | 1                         |      |                          |  |
|  |  | X ± SD                    | t/p  |                          |  |
| Długość kroku w cm (kończyna niedowładna)      |  |                           |      |                          |  |
| Step length in cm (paretic leg)                |  | 0,22                      | 0,42 | 0,33 ± 0,04              |  |
| Długość kroku w cm (kończyna przeciwna)        | 0,40 ± 0,05                            |                           |      | 7,030/0,000              |  |
| Step length in cm (opposite leg)               |  | 0,30                      | 0,46 | 0,37 ± 0,03              |  |
| Faza podporu - % cyklu (kończyna niedowl.)     |  |                           |      |                          |  |
| Support phase - % of cycle (paretic leg)       |  | 56,0                      | 64,0 | 59,2 ± 2,45              |  |
| Faza podporu - % cyklu (kończyna przeciwna)    | 61,6 ± 1,87                            |                           |      | 4,658/0,000              |  |
| Support phase - % of cycle (opposite leg)      |  | 61,0                      | 69,0 | 63,4 ± 2,03              |  |
| Faza przenoszenia-% cyklu (kończyna niedowl.)  |  |                           |      |                          |  |
| Swing phase - % of cycle (paretic leg)         |  | 36,0                      | 44,0 | 40,8 ± 2,45              |  |
| Faza przenoszenia-% cyklu (kończyna przeciwna) | 38,4 ± 1,87                            |                           |      | -4,658/0,000             |  |
| Swing phase - % of cycle (opposite leg)        |  | 31,0                      | 39,0 | 36,6 ± 2,03              |  |
|  |  |                           |      | 4,051/0,000              |  |

grupy leczonych gipsami). Po stronie przeciwej odnotowano nieznaczne i nieistotne wydłużenie kroku, wobec czego chód stał się bardziej symetryczny. Analiza wariancji wykazała jednak, że rodzaj terapii nie miał istotnego wpływu na zaistniałe zmiany długości kroku ( $p>0,05$ ), co potwierdziły też wyniki analizy post hoc.

W badaniu wyjściowym u dzieci z hemiparezą uwagę zwraca procentowy udział obu faz w cyklu chodu odmienny niż w grupie kontrolnej, zwłaszcza wydłużenie fazy podporu po stronie przeciwej do niedowładnej i skrócenie fazy jej przenoszenia (Tab. 1). Po leczeniu nie odnotowano znaczących zmian dotyczących obu tych faz. W obu grupach u ok. 56% badanych powyższy rozkład zbliżył się do normy (poprawa), u ok. 25% odnotowano pogorszenie, a u pozostałych rozkład ten został na wyjściowym poziomie. Pomimo, że przeważały efekty oznaczające poprawę pod tym względem, w obu grupach różnice pomiędzy wynikami wyjściowymi i końcowymi były statystycznie nieistotne.

Reasumując można powiedzieć, że bez względu na jego rodzaj, pod wpływem leczenia uzyskano pewną izometrię chodu badanych, lecz chód ten był nadal anizochroniczny.

W badaniu wyjściowym w obu okresach fazy podporu nie wszystkie parametry kinematyczne dzieci z hemiparezą różniły się istotnie w porównaniu z grupą kontrolną, a zależało to od tego, która z kończyn była wykroczną. W odniesieniu do tych parametrów również odnotowano asymetrię. Uwagę zwracając jednak spore przedziały indywidualnych wartości (min-max), zawierające zarówno wartości ujemne jak i dodatnie, co oznacza, że u części badanych zakres ruchu był zbyt mały w stosunku do normy, a u innych zbyt duży (Tab. 2).

Po leczeniu w grupie leczonych gipsami wartość przodopochylenia miednicy w momencie przyłożenia kończyny niedowładnej do podłożu (IC) u 50% badanych zbliżyła się do normy, a u części pozostałych wyniki utrzymały się na tym samym poziomie (6,3%) lub uległy pogorszeniu (43,8%). W drugiej grupie u 61,1% badanych nastąpiła poprawa, 27,8% pogorszenie, a u 11,1 % stan nie zmienił się. W środkowym okresie fazy podporu (MST) leczenie gipsami spowodowało poprawę przodopochylenia miednicy u 56,3% badanych, a u 37% pogorszenie. W drugiej grupie za wyjątkiem jednego przypadku u pozostałych nastąpiła poprawa wartości przodopochylenia. Wyniki dotyczące wartości opadania miednicy w podporze na kończynie niedowładnej w środkowym okresie fazy podporu u leczonych gipsami ukazały poprawę i pogorszenie u 31,3% badanych, a u 37,5 % nie zaobserwowano zmian, podczas gdy

with Btx-A and  $p<0.023$  in the group treated with casts). Step length for the opposite limb had increased slightly and not significantly and for this reason gait had become more symmetrical. Analysis of variance, however, revealed that the type of therapy had no significant impact on the step length changes ( $p>0.05$ ), which was also confirmed by post hoc analysis.

A notable finding in the initial examination was differences in the percentages of both phases in the gait cycle in children with hemiparesis in comparison with the control group, especially prolongation of the support phase of non-paretic limb and reduction of the swing phase (Tab. I). No significant changes concerning both phases were noted after treatment. Approximately 56% of patients in both groups had results closer to the reference range (improvement), but in 25% these parameters had deteriorated, and in the remaining patients the proportion had remained at the initial level. In spite of a predominance of effects indicating an improvement, in both groups differences between initial and final results were not statistically significant.

In conclusion it can be said, that the treatment, regardless of its type, helped obtain some isometry of gait, but the gait still remained anisochronic.

In the initial examination not all the kinematic parameters in children with hemiparesis differed from those of the control group in both periods of support phase, depending on which limb was the step forward one. Asymmetry was also noted in these parameters. Large ranges of individual values (min-max) were noted, including negative as well as positive ones, which indicates that in some patients the range of movement was too narrow with regard to the normal range and in others – too large Tab. 2).

After the treatment in the group treated with inhibitive casts, the pelvic tilt value at initial contact of the paretic limb approximated the normal range in 50% of patients, while the remaining patients demonstrated no change (6.3%) or deterioration (43.8%). In the second group 61.1% of patients registered improvement, 27.8% deterioration, and 11.1 % showed no change. Treatment with inhibitive casts improved the pelvic tilt value in 56% of patients at midstance while worsening was noted in 37%. In the second group, except one case, pelvic tilt had improved. Pelvic obliquity at midstance of the paretic limb demonstrated improvement and deterioration in 31.3% of patients in patients treated with inhibitive casts and no changes in 37.5%. In the group treated with botulinum toxin the results were similar to those noted for the opposite limb – i.e. the percentages of patients who had improved, deteriorated or demonstrated no change were more or less equal. The dis-

wśród leczonych toksyną botulinową wyniki były zbliżone do tych jakie odnotowano dla kończyny przeciwej – tj. rozkład popraw, pogorszeń i wyników utrzymanych na poziomie wyjściowym był mniej więcej równy. Podobny do powyższego był rozkład wyników dotyczących rotacji miednicy.

Po leczeniu wśród leczonych gipsami, podczas podporu na kończynie niedowładnej znaczącą różnicę w początkowym okresie fazy podporu odnotowano tylko w zakresie wartości rotacji miednicy, a w okresie środkowym okresie fazy podporu w zakresie jej

tribution of the pelvic rotation results was similar to that described above.

After treatment, significant differences during support on the paretic limb at initial contact among patients treated with inhibitive casts were noted only with regard to pelvic rotation and at midstance, with regard to pelvic obliquity. Gait asymmetry was considerably decreased and remained significant only in relation to the pelvic obliquity value (Tab. 3). A detailed analysis of individual results revealed that the above improvements were obtained primarily in chil-

Tab. 2. Wyniki badania wyjściowego – parametry kinematyczne w fazie podporu u badanych z hemiparezą w porównaniu z wynikami grupy kontrolnej

Tab. 2. Initial results – values of kinematics parameters during support phase in hemiparetic children compared with results of control group

| PARAMETR<br>PARAMETER                           | Grupa<br>kontrolna<br>Control group | Hemiparezy<br>Hemiparesis |      |               | Porównanie<br>Comparison |
|---|-------------------------------------|---------------------------|------|---------------|--------------------------|
|   |                                     | 1                         |      | 2             |                          |
|   |                                     | X ± SD                    | min  | max           |                          |
| POCZĄTKOWY OKRES FAZY PODPORU (initial contact) |                                     |                           |      |               |                          |
| Przdopochylenie miednicy *                      |                                     |                           | 3,1  | 23,6          | 14,8 ± 5,51              |
| Pelvic tilt *                                   |                                     | 10,9 ± 4,03               |      |               | -3,490/0,001             |
| Przdopochylenie miednicy **                     |                                     |                           | -3,8 | 14,1          | 6,3 ± 3,48               |
| Pelvic tilt **                                  |                                     |                           |      |               | 5,220/0,000              |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | -10,538/0,000 |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |
| Opadanie miednicy *                             |                                     |                           | 3,7  | 15,0          | 8,9 ± 2,26               |
| Pelvic obliquity *                              |                                     | 1,9 ± 1,07                |      |               | -17,586/0,000            |
| Opadanie miednicy **                            |                                     |                           | -7,8 | 5,9           | 0,1 ± 4,21               |
| Pelvic obliquity **                             |                                     |                           |      |               | 2,590/0,012              |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | -10,142/0,000 |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |
| Rotacja miednicy *                              |                                     |                           | 4,5  | 13,9          | 9,9 ± 2,37               |
| Pelvic rotation *                               |                                     | 3,7 ± 1,06                |      |               | -15,013/0,000            |
| Rotacja miednicy **                             |                                     |                           | -6,1 | 8,5           | 3,4 ± 3,35               |
| Pelvic rotation **                              |                                     |                           |      |               | 0,570/0,570              |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | -12,444/0,000 |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |
| ŚRODKOWY OKRES FAZY PODPORU (mid stance)        |                                     |                           |      |               |                          |
| Przdopochylenie miednicy *                      |                                     |                           | 1,4  | 24,6          | 19,9 ± 5,28              |
| Pelvic tilt *                                   |                                     | 13,6 ± 4,23               |      |               | -2,972/0,004             |
| Przdopochylenie miednicy **                     |                                     |                           | -2,7 | 15,1          | 5,2 ± 4,78               |
| Pelvic tilt **                                  |                                     |                           |      |               | 7,988/0,000              |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | -8,539/0,000  |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |
| Opadanie miednicy *                             |                                     |                           | -6,2 | 6,8           | 0,3 ± 3,60               |
| Pelvic obliquity *                              |                                     | 4,9 ± 1,5                 |      |               | 7,370/0,000              |
| Opadanie miednicy **                            |                                     |                           | -2,9 | 13,5          | 6,4 ± 3,32               |
| Pelvic obliquity **                             |                                     |                           |      |               | -2,638/0,010             |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | 7,414/0,000   |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |
| Rotacja miednicy *                              |                                     |                           | -9,8 | 4,2           | -1,8 ± 4,04              |
| Pelvic rotation *                               |                                     | 2,6 ± 1,19                |      |               | 6,513/0,000              |
| Rotacja miednicy **                             |                                     |                           | -0,9 | 7,1           | 2,8 ± 1,97               |
| Pelvic rotation **                              |                                     |                           |      |               | -0,478/0,634             |
| Porównanie **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      | 5,778/0,000   |                          |
| Comparison **/*** (t/p)                         |                                     |                           |      |               |                          |

(\*) podpór na kończynie niedowładnej / support on paretic leg

(\*\*) podpór na kończynie przeciwej /support on opposite leg

opadania. Asymetria chodu znacząco się zmniejszyła i pozostała istotna tylko w zakresie jej opadania (Tab 3). Szczegółowa analiza indywidualnych wyników wykazała, że wspomniane powyżej poprawy występowały przede wszystkim u tych dzieci, u których w badaniu wyjściowym występowało nadmierne opadanie miednicy i niedostatek rotacji, natomiast zmiany przodopochylenia miednicy były niecharakterystyczne.

Nieco inaczej przedstawiały się wyniki leczonych toksyną botulinową. Tutaj po leczeniu tylko wartość przodopochylenia zmieniła się istotnie, a w odniesieniu do wszystkich parametrów ocenianych w obu

dren in whom excessive pelvic obliquity and a rotation deficit had been observed in the initial examination. Changes of pelvic tilt were non-specific.

The results of patients treated with botulinum toxin were somewhat different. Only the pelvic tilt value changed significantly after treatment and asymmetry was still observed. This asymmetry was seen across all the parameters assessed in both periods of the support phase (Tab. 4). A detailed analysis of individual results did not reveal any particular relationships in this group.

Analysis of variance confirmed significance of the changes, but also revealed that favourable chan-

Tab. 3. Parametry kinematyczne u leczonych gipsami hamującymi – porównanie wyników wyjściowych i końcowych

Tab. 3. Values of kinematics parameters in group treated by inhibitive casts – initial and final values comparison

| PARAMETR<br>PARAMETER                              | Badanie<br>Wyjściowe<br>Initial<br>examination |      | Badanie<br>Końcowe<br>Final<br>examination |              | Porównanie<br>Comparison<br>1 / 2 |
|--|--|------|--|--------------|-----------------------------------|
|  | 1  |      | 2  |              |                                   |
|  | X ± SD   | min  | max  | X ± SD       | t / p                             |
| POCZĄTKOWY OKRES FAZY PODPORU (initial contact)    |  |      |  |              |                                   |
| Przodopochylenie miednicy *                        | 14,2 ± 5,47                                    | 6,3  | 25,2                                       | 16,3 ± 5,01  | -1,101/0,280                      |
| Pelvic tilt *                                      |  |      |  |              |                                   |
| Przodopochylenie miednicy **                       | 5,8 ± 3,83                                     | 4,2  | 22,3                                       | 14,6 ± 5,18  | -5,425/0,000                      |
| Pelvic tilt **                                     |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | -2,076/0,056 |                                   |
| Opadanie miednicy *                                | 9 ± 3,03                                       | 1,5  | 13,2                                       | 8,6 ± 3,31   | 0,368/0,715                       |
| Pelvic obliquity *                                 |  |      |  |              |                                   |
| Opadanie miednicy **                               | -0,5 ± 4,47                                    | -3,3 | 10,3                                       | 4,7 ± 4,01   | -3,446/0,002                      |
| Pelvic obliquity **                                |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | -3,727/0,002 |                                   |
| Rotacja miednicy *                                 | 10,1 ± 2,47                                    | 2,7  | 11,2                                       | 7,9 ± 2,40   | 2,570/0,015                       |
| Pelvic rotation *                                  |  |      |  |              |                                   |
| Rotacja miednicy **                                | 3,8 ± 3,51                                     | 4,2  | 11,0                                       | 7,3 ± 2,03   | -3,458/0,002                      |
| Pelvic rotation **                                 |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | -0,832/0,419 |                                   |
| ŚRODKOWY OKRES FAZY PODPORU (mid stance)           |  |      |  |              |                                   |
| Przodopochylenie miednicy *                        | 15,1 ± 6,11                                    | -3,9 | 25,3                                       | 16,8 ± 7,98  | -0,647/0,523                      |
| Pelvic tilt *                                      |  |      |  |              |                                   |
| Przodopochylenie miednicy **                       | 6,3 ± 4,96                                     | 1,0  | 23,9                                       | 14,5 ± 7,78  | -3,542/0,001                      |
| Pelvic tilt **                                     |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | -1,486/0,157 |                                   |
| Opadanie miednicy *                                | -1 ± 4,11                                      | -3,9 | 7,6  | 4,1 ± 3,23   | -3,881/0,001                      |
| Pelvic obliquity *                                 |  |      |  |              |                                   |
| Opadanie miednicy **                               | 5,7 ± 3,66                                     | 1,0  | 11,7                                       | 6,8 ± 3,21   | -0,914/0,368                      |
| Pelvic obliquity **                                |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | 3,089/0,007  |                                   |
| Rotacja miednicy *                                 | -0,4 ± 4,15                                    | -3,6 | 7,3  | 1,1 ± 2,94   | -1,214/0,234                      |
| Pelvic rotation *                                  |  |      |  |              |                                   |
| Rotacja miednicy **                                | 2,7 ± 2,05                                     | -7,0 | 8,5  | 0,1 ± 3,74   | 2,476/0,019                       |
| Pelvic rotation **                                 |  |      |  |              |                                   |
| Porównanie **/*** (t/p)<br>Comparison **/*** (t/p) |  |      |  | -0,932/0,366 |                                   |

(\*) podpór na kończynie niedowładnej / support on paretic leg

(\*\*) podpór na kończynie przeciwnej /support on opposite leg

Tab. 4. Parametry kinematyczne u leczonych Btx-A – porównanie wyników wyjściowych i końcowych

Tab. 4. Values of kinematics parameters in group treated by Btx-A – initial and final value comparison

| PARAMETR<br>PARAMETER                           | Badanie<br>wyjściowe<br>Initial<br>examination |       | Badanie<br>końcowe<br>Final<br>examination |                   | Porównanie<br>Comparison |
|---|--|-------|--|-------------------|--------------------------|
|   | 1  |       | 2  |                   |                          |
|   | X ± SD   | min   | max  | X ± SD            | t / p                    |
| <b>POCZĄTKOWY OKRES FAZY PODPORU</b>            |  |       |  | (initial contact) |                          |
| Przodopochylenie miednicy *                     | 6,7 ± 3,20                                     | 7,8   | 19,4                                       | 14,2 ± 3,5        | -6,669/0,000             |
| Pelvic tilt *                                   |  |       |  |                   |                          |
| Przodopochylenie miednicy **                    | 15,3 ± 5,66                                    | 11,2  | 28,1                                       | 19,3 ± 5,12       | -2,224/0,033             |
| Pelvic tilt **                                  |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | -3,063/0,007      |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |
| Opadanie miednicy *                             | 0,6 ± 4,02                                     | -3,2  | 11,1                                       | 3,7 ± 5,02        | -2,005/0,053             |
| Pelvic obliquity *                              |  |       |  |                   |                          |
| Opadanie miednicy **                            | 8,9 ± 1,36                                     | 3,9   | 19,3                                       | 11,2 ± 4,78       | -1,984/0,055             |
| Pelvic obliquity **                             |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | -9,102/0,000      |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |
| Rotacja miednicy *                              | 3,0 ± 3,24                                     | 0,9   | 8,2  | 4,6 ± 2,23        | -1,766/0,086             |
| Pelvic rotation *                               |  |       |  |                   |                          |
| Rotacja miednicy **                             | 9,8 ± 2,35                                     | 4,7   | 16,6                                       | 10,5 ± 3,35       | -0,702/0,488             |
| Pelvic rotation **                              |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | -6,605/0,000      |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |
| <b>ŚRODKOWY OKRES FAZY PODPORU</b> (mid stance) |  |       |  |                   |                          |
| Przodopochylenie miednicy *                     | 4,3 ± 4,55                                     | 3,2   | 21,8                                       | 14,2 ± 5,52       | -5,881/0,000             |
| Pelvic tilt *                                   |  |       |  |                   |                          |
| Przodopochylenie miednicy **                    | 18,4 ± 3,97                                    | 14,1  | 25,6                                       | 20,9 ± 4,17       | -1,841/0,074             |
| Pelvic tilt **                                  |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | -5,347/0,000      |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |
| Opadanie miednicy *                             | 7,1 ± 2,93                                     | 0,2   | 13,1                                       | 8,2 ± 4,02        | -0,961/0,343             |
| Pelvic obliquity *                              |  |       |  |                   |                          |
| Opadanie miednicy **                            | 1,4 ± 2,69                                     | -2,6  | 15,4                                       | 2,7 ± 5,13        | -0,931/0,358             |
| Pelvic obliquity **                             |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | -3,392/0,003      |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |
| Rotacja miednicy *                              | 2,8 ± 1,96                                     | -5,5  | 8,2  | 3,0 ± 4,56        | -0,185/0,854             |
| Pelvic rotation *                               |  |       |  |                   |                          |
| Rotacja miednicy **                             | -3,0 ± 3,61                                    | -11,5 | 4,3  | -3,2 ± 4,87       | 0,113/0,911              |
| Pelvic rotation **                              |  |       |  |                   |                          |
| Porównanie */** (t/p)                           |  |       |  | 3,455/0,003       |                          |
| Comparison */** (t/p)                           |  |       |  |                   |                          |

(\*) podpór na kończynie niedowładnej / support on paretic leg

(\*\*) podpór na kończynie przeciwej /support on oppitit leg

okresach fazy podporu nadal utrzymywała się asymetria (Tab. 4). W grupie tej szczególna analiza wyników indywidualnych nie wykazała też żadnych szczególnych powiązań.

Analiza wariancji potwierdziła istotność przedstawionych powyżej zmian, ale wykazała też, że korzystne zmiany ocenianych parametrów zachodzą tylko w grupie leczonych gipsami hamującymi ( $p<0,001$ ). Potwierdziły to również wyniki analizy post hoc.

## DYSKUSJA

Funkcjonowanie miednicy podczas chodu odgrywa kluczową rolę dla utrzymywania równowagi,

ges of the parameters occurred only in patients treated with inhibitive casts ( $p<0.001$ ). This was also confirmed by post hoc analysis.

## DISCUSSION

The functioning of the pelvis during gait is of key importance for maintaining body balance, influences

wpływ na długość kroku i stanowi zasadniczy element harmonijnego chodu, nie wymagającego zbyt dużego nakładu energetycznego [10]. U chodzących dzieci z m.p.dz. funkcjonowanie miednicy jest zawsze zaburzone, co zresztą potwierdziły niewiele badania. Stan taki ma swoje neurorozwojowe uwarunkowania. U dziecka z rozwijającym się m.p.dz. pierwsze problemy lokomocyjne pojawiają się już na etapie przetaczania. Dziecko z rozwijającym się niedowładem połowiczym przetacza się zazwyczaj w stronę niedowładną. Powodem tego są trudności z zapoczątkowaniem ruchu, poprzez zgięcie kończyny dolnej i obrót miednicy, wyzwalający odpowiednią reakcję nastawczą. Dodatkowym utrudnieniem jest utrudnienie zdolności przekraczania środkowej linii ciała przez niedowładne kończyny. W ten sposób tworzą i utrwalają się tzw. bloki funkcjonalne, które muszą być jakoś skompensowane [19]. Problemy występują też podczas czworakowania dziecka i jeśli osiągnie ono pozycję stojącą, to wytworzone wcześniej kompensacyjne stereotypy ruchowe zostają wbudowane we wzorzec jego chodu. U chodzących już dzieci z m.p.dz. zawsze mamy już do czynienia z utrwalonym stereotypem chodu, odbiegającym od fizjologicznego wzorca. Stereotyp ten tworzy się na bazie nieprawidłowych ruchów dziecka, które nigdy wcześniej nie miało okazji do normalnego poruszania się. Wszelkie niedostatki kompensowane są samoistnie, co niestety skutkuje nieprawidłowymi i trudnymi do przebudowy wzorcami ruchowymi, u podstaw których leży m.in. tzw. funkcjonalny blok miednicy [8,19]. Wspomniany wcześniej kranio-kaudalny kierunek rozwoju powoduje, że klużową rolę w rozwoju nieprawidłowego wzorca chodu dziecka z m.p.dz. odgrywają nieprawidłowe ruchy miednicy.

W przypadku wspomnianego powyżej bloku miednicy jednym z celów terapii jest uwolnienie miednicy od negatywnego wpływu kompleksu stopa-kolan. Konieczne staje się więc stosowanie form terapii, hamujące patologiczne synergizmy wstępujące, umożliwiające rozwój prawidłowych wzorców posturalnych i motorycznych, w czym znaczącą rolę odgrywa tzw. „kontrola miednicy” [8,19].

Na podstawie wieloletnich obserwacji cech patologicznego chodu dzieci z m.p.dz. przedstawiano różne podziały zaburzeń chodu, do których próbowało przyporządkować odpowiednie procedury terapeutyczne [12,14-16]. Wypracowano je głównie na potrzeby leczenia operacyjnego i zaopatrzenia ortopedycznego, wobec czego uwagę zwracano głównie na zachowanie się stopy i względem niej rozpatrywano pozostałe nieprawidłowości [20-26]. Ze względu na tzw. strategię stawu skokowego [27] stopa odgrywa

step length and plays a major role in producing an efficient gait that does not require excessive energy expenditure [10]. In children with cerebral palsy who achieved independent walking, pelvis functioning is always affected, a finding confirmed by this study.

This condition has its neurodevelopmental determinants. A child with developing cerebral palsy experiences first locomotion problems in the lying position during the rolling phase. Hemiparetic children usually roll to the paretic side as a result of difficulty initiating movement through flexion of the lower limb and pelvic rotation, which normally facilitates an appropriate righting reaction. An additional difficulty is a limited ability of the paretic limbs to cross the body's midline. This is how so-called functional blocks, which must be somehow compensated for, form and are fixated [19]. The problems also occur when the child is able to move about on all fours, and if it achieves a standing position, previously formed compensating motor stereotypes are encoded in its gait pattern. Children with cerebral palsy who have achieved independent walking always display a fixed gait stereotype that is different from the physiological pattern. This stereotype forms on the basis of abnormal movements of a child who has never had an opportunity to move about normally. All deficits are compensated for spontaneously, which results in the formation of inappropriate and difficult-to-correct gait patterns. Among those compensations, the so-called functional pelvic block is especially important [8,19]. The craniocaudal direction of postural and motor development ascribes a key role in the development of abnormal gait patterns to incorrect pelvis movements.

In the case of the pelvic block, one of the purposes of therapy is to free the pelvis from the negative impact of the knee-foot complex. It is therefore necessary to employ methods of therapy which inhibit pathological afferent synergies and enable postural and motor pattern development. A very important role in those patterns is played by so-called “pelvic control” [8,19].

Different classifications of gait disorders have been presented based on many years of observations of pathological gait characteristics in children with cerebral palsy. Different therapies and procedures were assigned to individual items in those classifications [12,14-16]. These systems were developed mainly to suit the needs of surgery and orthopaedic support. Accordingly, particular attention was paid to ankle kinematics and other disorders were examined with regard to this parameter [20-26]. Because of the so-called ankle joint strategy, the foot is a very important, but not the only, element which plays an

wa ważną, ale nie jedyną rolę w utrzymywaniu równowagi, bo w procesie tym bierze też udział szereg proprioceptorów z wyżej położonych segmentów ciała, z błędniem włącznie, a miednica stanowi ruchomą podstawę dla tych segmentów. Zmiany ustalenia miednicy mogą kompensować zaburzenia ruchowe niżej położonych segmentów, ale zakłócają one przez to układ segmentów położonych wyżej. W wysoce zautomatyzowanych czynnościach ruchowych (a do takich należy chód) wzorce ruchowe funkcjonują jako jedna całość, dlatego zachowanie się parametrów kinematycznych miednicy podczas chodu nie powinno być pomijane.

Wśród opublikowanych ostatnio prac dotyczących zastosowania toksyny botulinowej i gipsów hamujących w usprawnianiu dzieci z m.p.dz. zdania na temat ich skuteczności są podzielone – od porównywalnych efektów stosowania tych środków [20, 21], przez korzystniejsze działanie toksyny botulinowej niż gipsów, po zdanie wręcz odwrotne – zwłaszcz w kontekście utrzymywania się efektu leczenia. [21-26]. Desloovere natomiast w terapii skojarzonej wykazał, że zastosowanie gipsów bezpośrednio po podaniu toksyny botulinowej lepiej działa na części proksymalne ciała, niż ich stosowanie w odwrotnej kolejności [28].

Zastosowane środki w postaci toksyny botulinowej czy gipsów hamujących nie zastępują usprawniania, ale mogą je ułatwiać, ponieważ z założenia łagodzą one nadmierne (nie kontrolowane) działanie mięśni zginających stopy podeszwowo. Rola i sposób działania obu tych środków są jednak odmienne. Odmienne jest również podejście do usprawniania. Podanie toksyny botulinowej obniża spastyczność mięśni tylnej grupy goleni, gipsy hamujące eliminują natomiast możliwość podeszbowego zgięcia stopy, a tym samym hamują synergizm wstępujący i ułatwiający pracę nad składowymi wzorca dotyczącymi wyżej położonych stawów. Interesujące jest to, że zastosowanie tych środków na dystalne części kończyn dolnych może też zmienić funkcjonowanie odcinków proksymalnych i wpływać na poprawę symetrii chodu.

Na marginesie uzyskanych wyników warto jeszcze zwrócić uwagę na to, że poprawy kinematycznych parametrów miednicy występowały przede wszystkim u tych dzieci, u których w badaniu wyjściowym stwierdzono nadmierne opadanie miednicy i niedostatek rotacji. Być może ma to związek z opisanymi przez nas wcześniej wzorcami postawno-lokomocyjnymi dzieci z m.p.dz. [29,30]. Sugerowało by to potrzebę odrębnego analizowania wyników osób z pro- bądź antygrawitacyjnymi wzorcami, ale wymaga to dalszych badań na zdecydowanie większym materiale.

important role in maintaining body balance [27]. This process involves many proprioceptors from the upper segments of the body, including the labyrinth, and the pelvis is a mobile basis for these segments. Changes of pelvic angles may compensate for movement disorders of the lower segments of the body, but upper segment alignment can thus be disturbed as well. In highly automatized activities (such as gait), movement patterns function as a whole. That is why pelvis kinematics should not be ignored.

Recently published studies on the use of the botulinum toxin and casts in the rehabilitation of children with cerebral palsy present divided views about their efficacy, from studies confirming comparable effects of using both modalities [20,21], to ones indicating greater effectiveness of the botulinum toxin, to opinions to the contrary – especially in the context of persistence of positive effects of the treatment [21-26]. At the same time, Desloovere, in a study of combination therapy, revealed that using casts immediately after the botulinum toxin had a better effect on proximal body parts than applying these modalities in the opposite order [28].

The use of botulinum toxin or inhibitive casts as rehabilitation adjuncts does not replace physical therapy but may facilitate it as those modalities are assumed to reduce excessive (uncontrolled) activity of the muscles responsible for ankle plantar flexion. However, the role and mechanism of action of both adjuncts are different. There are also dissimilarities in the approach to treatment. Botulinum toxin reduces spasticity of calf muscles, while inhibitive casts eliminate ankle plantar flexion and thus inhibit the afferent synergy and facilitate working on pattern components related to more superiorly located joints. It is interesting that the application of these modalities to the distal parts of the lower limbs may also influence proximal segments function and improve gait symmetry.

As a side note, it is worth emphasising that improvements in pelvic kinematics were achieved particularly in children who had presented with excessive pelvic obliquity and a rotation deficit on initial examination. It may be connected with postural and locomotor patterns seen in children with cerebral palsy described in our previous study [29,30]. This might suggest that data from patients with pro- or anti-gravitational patterns need to be analysed separately, but it requires further studies on much larger patient populations.

## WNIOSKI

- Charakterystyczna dla dzieci z niedowładem połowiczym jest asymetria czasowo-przestrzennych parametrów chodu pod postacią jego anizometrii i anizochronii oraz kinematycznych parametrów miednicy.
- Zarówno zastosowanie toksyny botulinowej, jak i gipsów hamujących przynosi poprawę parametrów czasowo-przestrzennych chodu tych dzieci.
- Poprawę kinematycznych parametrów miednicy uzyskuje się dzięki zastosowaniu gipsów hamujących, natomiast zastosowanie Btx-A nie wywiera na nie znaczącego wpływu.

## CONCLUSIONS

- Asymmetry of spatiotemporal parameters of gait involving non-isometric and non-isochronic gait and kinematic parameters of pelvis is characteristic for hemiparetic children.
- The use of botulinum toxin as well as inhibitive casts results in improvement of spatiotemporal gait parameters of cerebrally palsied children.
- Parameters of pelvic kinematics improve with inhibitive casts, while Btx-A does not produce a significant effect.

## PIŚMIENIĘTWO / REFERENCES

- Saunders JB, Inman VT, Eberhart HD. The major determinants in normal and pathological gait. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1953;35-A:543-58.
- Czupryna K, Nowotny J, Nowotny-Czupryna O, Domagalska M. Ocena chodu dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym jako podstawa programowania rehabilitacji i kontroli jej wyników. *Rehab Med.* 2006;10,1:29-40.
- Nowotny J, Czupryna K, Domagalska M. Aktualne podejście do rehabilitacji dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Neurol Dziec.* 2009;18,35:53-60.
- Velickovic TD, Perat MV. Basic principles of the neurodevelopmental treatment. *Medicina* 2005;42,41:112-120.
- Sławek J. Toksyna botulinowa typu A w leczeniu spastyczności w mózgowym porażeniu dziecięcym – podstawy teoretyczne i praktyczne skutecznej terapii. *Ortop Traumat Rehab.* 2001;4:541-546.
- Graham HK, Aoki KR, Autti-Ramo I, et al. Recommendations for the use of botulinum toxin type A in the management of cerebral palsy. *Gait Posture* 2000;11:67-79.
- Czupryna K, Matyja M, Nowotny J. Możliwości poprawy wzorców postawy i lokomocji po zastosowaniu gipsów hamujących u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Fizjoterapia* 2002;10,3-4:19-27.
- Domagalska M, Szopa A, Czupryna K, Nowotny J, Matyja M. „Gipsy hamujące” stosowane u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Ortop Traumat Rehab.* 2006;8,3: 291-299.
- Hanson C, Jones L. Gait abnormalities and inhibitive casts in cerebral palsy: Literature revive. *J Am. Pediatr Med Assoc.* 1989;79:53-59.
- Perry J. Gait analysis: normal and pathological function. New York: Thorofare; 1992.
- Gage J, James R, Novacheck T. An update on the treatment of gait problems in cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2001; Part B. 10,4:265-274.
- Öunpuu S, Davis R, De Luca P. Joint kinetics: methods, interpretation and treatment decision-making in children with cerebral palsy and myelomeningocele. *Gait and Posture* 1996;4:62-78.
- Syczewska M. Chód w obrazie analizy laboratoryjnej. *Ortop Traumat Rehab.* 2001;3:484-486.
- Winter T, Gage J, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1987;69,3: 437-441.
- Rodda J, Graham H. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol.* 2001; 8, suppl. 5: 98-108.
- Becher J. Pediatric rehabilitation In children with cerebral palsy: general management, Classification of motor disorders. *J Prosthetics and Orthotics* 2002;14:143.
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214-223.
- Matyja M, Czupryna K, Gogola A. Zastosowanie gipsów hamujących procesie usprawniania dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Fizjoterapia* 2007;15,4:11-19.
- Nowotny J, red. Podstawy fizjoterapii – Wybrane metody fizjoterapii cz III. Kraków: Kasper; 2005.
- Corry I, Cosgrove A, Duffy C, McNeill S, Taylor T, Graham H. Botulinum toxin A compared with stretching casts in the treatment of spastic equinus: a randomised prospective trial. *J Pediatr Orthop* 1998;18:304-311.
- Flett P, Stern L, Waddy H, Connell T, Seeger J, Gibson S. Botulinum toxin A versus fixed cast stretching for dynamic calf tightness in cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 1999; 35:71-77.
- Lee SJ, Young SI, Jang DH, Yi JH , Lee JH , Ryu JS. The effect and complication of botulinum toxin type A injection with serial casting for the treatment of spastic equi-nus foot. *Ann Rehabil Med* 2011;35:344-353.
- Booth M, Yates C, Edgar T, Bandy W. Serial casting vs combined intervention with botulinum toxin A and serial casting in the treatment of spastic equinus in children. *Pediatr Phys Ther* 2003;15:216-220.
- Kay R, Rethlefsen S, Fern-Buneo A, Wren T, Skaggs D. Botulinum toxin as an adjunct to serial casting treatment in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A: 2377-2384.

25. Glanzman A, Kim H, Swaminathan K, Beck T. Efficacy of botulinum toxin A, serial casting, and combined treatment for spastic equinus: a retrospective analysis. *Dev Med Child Neurol* 2004;46:807-811.
26. Newman C, Kennedy A, Walsh M, O'Brien T, Lynch B, Hensey O. A pilot study of delayed versus immediate serial casting after botulinum toxin injection for partially reducible spastic equinus. *J Pediatr Orthop* 2007;27:882-885.
27. Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *The Journal of Physiology* 2001; 532: 869-878.
28. Desloovere K, Molenaers G, Jonkers I, et al. A randomized study of combined botulinum toxin type A and casting in the ambulant child with cerebral palsy using objective outcome measures. *Eur J Neurol* 2001; 8 Suppl 5:75-87.
29. Domagalska M, Czupryna K, Szopa A, Nowotny J, Płaszewski M. Wzorce postawno-lokomo-lokomocyjne dzieci z m.p.dz. a programowanie rehabilitacji. *Fizjoterapia Pol.* 2007;7,3:320-331.
30. Domagalska M, Nowotny J, Szopa A, Czupryna K, Nowotny-Czupryna O. Kompensacyjne przemieszczenia poszczególnych segmentów ciała w płaszczyźnie strzałkowej u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Fizjoterapia* 2006;14,4:19-28.

Liczba słów/Word count: 6741

Tabele/Tables: 3

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 30

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr Krzysztof Czupryna

Zakład Fizjoterapii, Wyższa Szkoła Administracji

43-300 Bielsko-Biała, ul. A. Frycza Modrzewskiego 12, e-mail: czupryna.krzysztof@gmail.com

Otrzymano / Received

26.06.2012 r.

Zaakceptowano / Accepted

29.10.2012 r.