

Metoda biologicznego sprzężenia zwrotnego w rehabilitacji dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym – doniesienie wstępne

Biofeedback in rehabilitation of children with infantile cerebral palsy – preliminary report

Dorota Sienkiewicz, Wojciech Kułak, Bożena Okurowska-Zawada, Grażyna Paszko-Patej

Klinika Rehabilitacji Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, ul. Waszyngtona 17, 15-274 Białystok, tel. +48 (85) 745 06 01, e-mail: sdorota11@op.pl

Streszczenie

Jedną z częściej rozpoznawanych chorób u dzieci niepełnosprawnych jest mózgowie porażenie dziecięce (MPDz). Plastyczność kompensacyjna mózgu jest podłożem efektów, jakie uzyskuje się w trakcie rehabilitacji pacjentów z uszkodzeniem ośrodkowego układu nerwowego. Nowoczesną metodą, coraz szerzej stosowaną u pacjentów dorosłych, są ćwiczenia oparte na zjawisku biologicznego sprzężenia zwrotnego (*biofeedback*).

Celem pracy była ocena możliwości usprawniania dzieci poprzez zastosowanie rotora skonstruowanego w oparciu o powyższą metodę (*rotor – biofeedback*) do ćwiczeń kończyn górnych i dolnych. Badaniem objęto grupę 17 dzieci – 8 (47,1%) dziewczynek i 9 (52,9%) chłopców ze spastyczną postacią MPDz. Średnia wieku wynosiła 11,9±3,9 lat. Średnia ilość sesji treningowych wynosiła 9,0 (*Standard Deviation – SD 5,1*), czas wykonywania ćwiczenia – 10-15 min. Oceniano symetrię aktywności kończyn dolnych oraz zmiany nasilenia spastyki w trakcie terapii. W grupie dzieci starszych uzyskano pozytywne efekty terapii w postaci zmniejszenia napięcia mięśniowego, skutkujące zmniejszeniem różnicy aktywności kończyn dolnych.

Słowa kluczowe: rehabilitacja, dzieci, mózgowie porażenie dziecięce, biologiczne sprzężenie zwrotne

Abstract

One of the often diagnosed diseases in handicapped children is infantile cerebral palsy (ICP). The base of the effects of rehabilitation in patients with central nervous system injury is compensatory brain neuroplasticity. Exercises based on biofeedback are modern rehabilitation method of adult patients.

The aim of the study was to assess the effect of rotor biofeedback on motor improvement in children suffered from infantile cerebral palsy (ICP).

The examined group included 17 children – 8 (47.1%) girls and 9 (52.9%) boys with spastic ICP. Mean age was 11.9 ± 3.9 years. Average number of training sessions was 9.0 (*Standard Deviation – SD 5.1*), duration of exercise – 10-15min. Symmetry of the lower limbs activity and change of muscular tension during exercises were tested. In the group of older children positive effect of therapy was obtained – reducing of muscular tension, which was followed by decrease of the lower limbs activity distinction.

Key words: rehabilitation, children, infantile cerebral palsy, biofeedback

Wstęp

Mózgowe porażenie dziecięce (MPDz) jest niejednorodną etiologicznie grupą schorzeń, mających swój początek w okresie oko-

łoporodowym, porodu i wczesnym okresie noworodkowo-niemowlęcym, których objawy związane są głównie z uszkodzeniem ośrodkowego neuronu ruchowego z towarzyszącymi innymi zaburzeniami układu nerwowego, zależnymi od umiejscowienia patologii [1]. Uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego (OUN), o zróżnicowanym etiologicznym podłożu, ma charakter niepostępujący. Według różnych statystyk MPDz występuje z częstością od 2 do 3 na 1000 porodów. W obrazie klinicznym dominują objawy zaburzeń ruchu i postawy wynikające z uszkodzenia poszczególnych pięter OUN: dróg korowo-rdzeniowych – układu piramidowego, jąder podkorowych – układu pozapiramidowego oraz mózdzku. Około 30-40% pacjentów z MPDz prezentuje objawy współistniejące w postaci różnego stopnia upośledzenia umysłowego i zaburzeń sfery emocjonalnej, około 40-65% – padaczki, zaburzenia wzroku występują u ok. 50%, a niedosłuch u ok. 25% dzieci [1, 2].

Ze względu na częstość występowania, dużą ilość objawów klinicznych oraz sytuację ekonomiczno-społeczną rodzin, MPDz stanowi istotny problem medyczny, a chore dzieci wymagają kompleksowej terapii i wieloletniej intensywnej rehabilitacji, w celu osiągnięcia samodzielności funkcjonalnej.

Lata badań, obserwacji i prób znalezienia najbardziej efektywnej metody usprawniania chorych dzieci zaowocowały opracowaniem wielu specjalistycznych, neurofizjologicznych metod rehabilitacji, takich jak m.in.: metoda Vaclava Vojty, Karla i Berty Bobatów, PNF (metoda proprioceptywnego torowania – *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*) [3].

Opisane zmiany zachodzące w ośrodkowym układzie nerwowym są stymulowane efektywnie również poprzez zastosowanie metody wykorzystującej zjawisko biologicznego sprzężenia zwrotnego (BSZ – *biofeedback*) [4]. Początki metod klinicznych bazujących na tym zjawisku sięgają lat trzydziestych ubiegłego wieku, kiedy Jacobson, monitorując napięcie mięśniowe pacjentów, uzyskiwał ich relaksację. Zasadę cybernetyczną sprzężenia zwrotnego jako metodę działania systemu, w którym informacja o zmianie czynności jest przekazywana z powrotem do układu, zdefiniował Norbert Wiener [4]. Metoda BSZ stwarza możliwość korygowania dysfunkcji mózgowych, powstałych w wyniku nieprawidłowego rozwoju oraz chorób ośrodkowego układu nerwowego. W tego rodzaju terapii czynności są obrazowane w postaci wykresów, zmiennego poziomu dźwięku lub barwy, zmiany koloru lub jako zwrotna informacja otrzymywana w przebiegu gry komputerowej [5].

Obecnie istnieje wiele możliwości wykorzystania ww. mechanizmu w rehabilitacji, gdyż nowoczesne technologie pozwoliły skonstruować różnorodne przyrządy do ćwiczeń metodą *biofeedback*. Dotychczas znajdują one zastosowanie głównie w terapii pacjentów dorosłych, a zwłaszcza po przebytych udarach mózgu.

Celem pracy było przedstawienie możliwości usprawniania dzieci ze spastycznymi postaciami MPDz w oparciu o metodę biologicznego sprzężenia zwrotnego.

Materiał i metody

Badaniem objęto pacjentów leczonych w poradni rehabilitacyjnej Kliniki Rehabilitacji Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Grupę badawczą stanowiło 17 dzieci – 8 (47,1%) dziewczynek i 9 (52,9%) chłopców. Średnia wieku wynosiła $11,9 \pm 3,9$ lat, najmłodsze dziecko miało 6 lat, a najstarsze 18 lat. Byli to pacjenci, u których rozpoznano: niedowład spastyczny kończyn w przebiegu MPDz pod postacią niedowładu spastycznego czterokończynowego (8 pacjentów), kończyn dolnych (5 pacjentów) lub niedowładu połowicznego (lewostronnego – 3 pacjentów, prawostronnego – 1 pacjent).

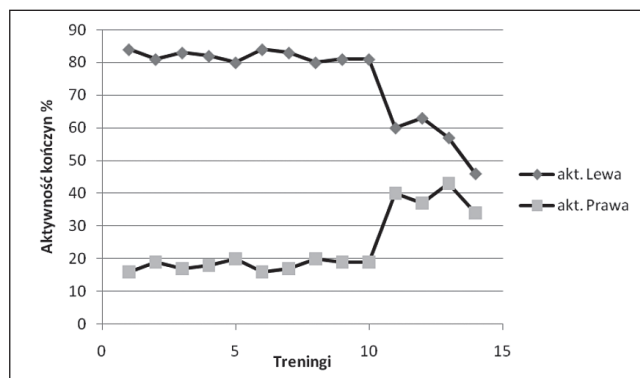
W terapii stosowano urządzenie do ćwiczeń kończyn dolnych metodą biologicznego sprzężenia zwrotnego o napędzie elektrycznym – rotor (rotor – *biofeedback*) zaopatrzone w oprogramowanie do ćwiczeń aktywnych, pasywnych, do treningu symetrii oceniającego aktywność prawej i lewej kończyny, a także ilość incydentów wzrostu napięcia mięśniowego podczas terapii (urządzenie Thera-vital firmy Medica Meddizintechnik GmbH). Informacja zwrotna o parametrach usprawniania jest przedstawiana graficznie na wyświetlaczu. Obciążenie podczas ćwiczeń ustalane było indywidualnie w zakresie możliwości dziecka. Pacjent otrzymywał informację zwrotną o efektach treningu w postaci wizualizacji graficznej na ekranie wyświetlacza (słupki, rowerzysta jadący drogą). Dokumentacja monitorująca trening prowadzona była według określonego schematu na indywidualnej karcie ćwiczeń. Czas ćwiczenia wynosił 10-15 min, w zależności od wieku, ze zmienną intensywnością (codziennie 2-3 razy w tygodniu, czas trwania terapii – średnio $9,6 \pm 6,9$ tygodnia). Średnia ilość sesji terapeutycznych wynosiła: 9,0 (SD 5,1). Dodatkowo w terapii stosowano pojedyncze zabiegi z zakresu kinezyterapii (ćwiczenia czynno-bierne, wspomagane, usprawnianie funkcji chodu) oraz fizykoterapii (światłolecznictwo, ciepłolecznictwo, hydroterapia).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, w której wartości mierzalne przedstawiono w postaci średniej i odchylenia standardowego, a zmienne jakościowe – jako rozkład ilościowo-procentowy. W analizie uzyskanych efektów treningu wykorzystano współczynnik korelacji Spearmana. Za poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

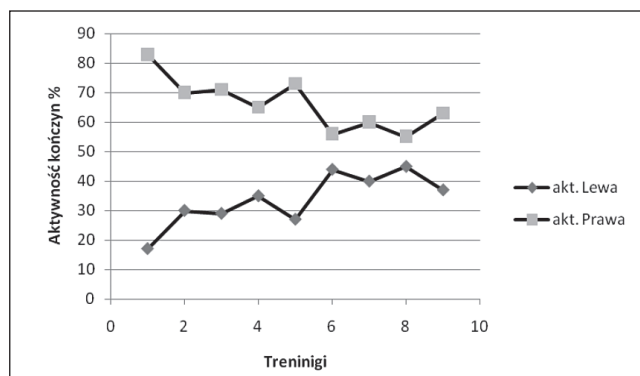
Wyniki

U badanych pacjentów zróżnicowana postać MPDz determinowała zmienny rozkład symetrii napięcia mięśniowego kończyn dolnych. Przedstawiał się on następująco: większa spastyka kończyn lewych występowała u 7 dzieci, po stronie prawej – u 8 dzieci, porównywalna po obu stronach była stwierdzana u 2 dzieci. U pacjentów, u których monitorowano występujące incydenty wzrostu napięcia mięśniowego, stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie się częstości ich występowania z postępowaniem terapii ($r = -0,5$, a $p = 0,043$). Najbardziej istotnym ocenianym elementem usprawniania była analiza symetrii aktywności kończyn dolnych w odniesieniu do czasu trwania terapii i wieku pacjenta, mierzona różnicą procentową między prawą i lewą kończyną. Rys. 1 i 2 przedstawiają wyniki uzyskane w większości u dzieci w starszym wieku (13-15 lat), u których uzyskano zmniejszenie napięcia mięśniowego, skutkujące spadkiem różnicy aktywności kończyn w przebiegu terapii (rys. 1 – 82,4%, rys. 2 – 60,6%).

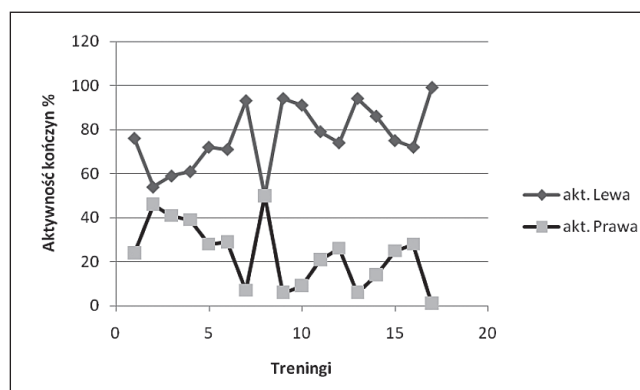
U dzieci starszych uzyskano w większości pozytywne efekty terapii w postaci zmniejszenia napięcia mięśniowego, co skutkowało zmniejszeniem różnicy ww. aktywności wraz z postępowaniem usprawniania – u 2 osób wartości były istotne statystycznie ($r = 0,869$, a $p < 0,001$ i $r = 0,76,7$ a $p < 0,016$) – rys. 1 i 2; u 7 – zaznaczyła się tendencja malejąca nieistotna statystycznie ($p > 0,05$). W młodszej grupie wiekowej (8 dzie-



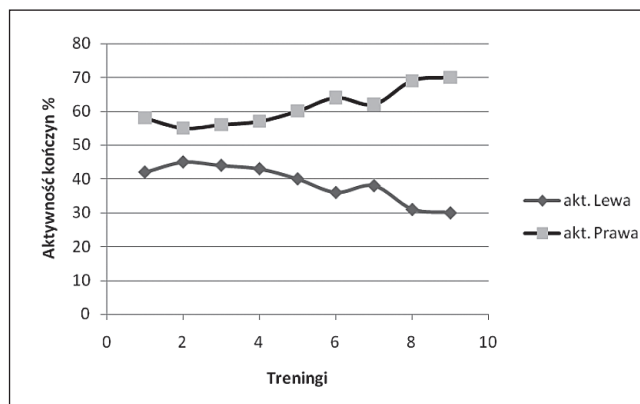
Rys. 1 Porównanie aktywności kończyn dolnych w trakcie terapii – wynik pozytywny



Rys. 2 Porównanie aktywności kończyn dolnych w trakcie terapii – wynik pozytywny



Rys. 3 Porównanie aktywności kończyn dolnych w trakcie terapii – wynik negatywny



Rys. 4 Porównanie aktywności kończyn dolnych w trakcie terapii – wynik negatywny

ci < 10. r.ż.) nie uzyskano pozytywnych efektów ćwiczeń – przykłady na rys. 3 i 4.

Rys. 3 i 4 prezentują uzyskane wyniki w grupie dzieci młodszych, u których nie zarejestrowano tak korzystnej tendencji.

Dyskusja

W pracy zastosowano rotor do aktywnej i pasywnej terapii kończyn z wykorzystaniem mechanizmu *biofeedback* u dzieci ze spastyczną postacią MPDz, z asymetrią napięcia mięśniowego w obrębie kończyn dolnych. W grupie 17 pacjentów uzyskano zmienne wyniki. U dzieci starszych uzyskano w większości pozytywne efekty terapii w postaci zmniejszenia napięcia mięśniowego, co skutkowało zmniejszeniem różnicy ww. aktywności wraz z postępem usprawniania. W młodszej grupie wiekowej nie uzyskano pozytywnych efektów ćwiczeń.

Od połowy ubiegłego wieku, gdy po raz pierwszy Jerzy Konorski wprowadził termin i opisał zjawisko plastyczności mózgu, trwają badania próbujące wyjaśnić podłoże neurofizjologiczne pamięci oraz mechanizmów kompensacyjnych zachodzących w mózgu po urazach, co stanowi podstawę zrozumienia efektów rehabilitacji u pacjentów po uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego. Plastyczność mózgu oznacza zdolność neuronów do ulegania trwałym zmianom, do reorganizacji połączeń synaptycznych między neuronami. Termin „plastyczność” pochodzi od greckiego słowa *plaiticos* oznaczającego tworzenie. Jest to proces, w czasie którego synapsa ciągle modyfikuje swoje właściwości, zmieniając wydajność przewodzenia impulsów nerwowych [6]. Nazwa ta stosowana jest do opisanie zmian systemów neuronalnych na wielu różnych poziomach – molekularnym, morfologicznym, synaptycznym, korowym i funkcjonalnym. Prowadzone badania, w tym doświadczenia na zwierzętach, dowodzą, że różne ośrodki mózgu – hipokamp, mózdzek, kora i prążkowie – ulegają zmianom w odpowiedzi na środowiskową stymulację i ćwiczenia. Uczucie się zadań ruchowych opisywane jest jako specyficzny rodzaj stymulacji sensorycznej i środowiskowej, gdzie zadania ruchowe wypełnia się za pomocą powtarzanych sensorycznych sygnałów zwrotnych, pozwalających na wyuczenie się i udoskonalenie danej umiejętności [7].

Prowadzono wiele badań nad neuroplastycznością uszkodzonego mózgu. Istnieją liczne dowody potwierdzające aktywną rolę rehabilitacji w procesie przebudowy map korowych [8]. W badaniach mierzących regionalny mózgowy przepływ krwi (*regional cerebral blood flow* – rCBF) metodą pozytonowej tomografii emisyjnej (*positron emission tomography* – PET) osób po przebyciu udaru stwierdzono, że wspólnym zjawiskiem u pacjentów z różną lokalizacją uszkodzenia była zwiększona aktywność obszarów odległych od miejsca uszkodzenia i ich udział w czynnościach ruchowych rehabilitowanej kończyny [9]. W procesach plastyczności kompensacyjnej dochodzi do wytworzenia połączeń między nietypowymi partnerami a podłożem tego procesu jest obumieranie uszkodzonych neuronów, co umożliwia stosunkowo łatwe tworzenie nowych połączeń przez inne neurony w pustych miejscach. Wyróżnia się dwa główne mechanizmy plastyczności kompensacyjnej: 1. nowotworzenie wypustek komórkowych (*sprouting*) w neuronach nieuszkodzonych, sąsiadujących z uszkodzonymi i o podobnej funkcji, 2. ujawnienie międzyneuronalnych połączeń synaptycznych dotychczas nieczynnych lub mało aktywnych wraz ze zmianami w ośrodkach podkorowych [6, 11]. Mechanizmy molekularne zjawiska rozwoju sieci neuronalnych wiążą się z modulacją aminokwasów pobudzających – asparagianu i glutaminianu, w zakończeniach presynaptycznych, na co wpływ ma aktywność kanałów wapniowych [10]. Z drugiej strony wykazano, że metabolity powstające w czasie procesu rozpadu białka, prostaglandyny, leukotrieny, nadtlenki lipidów, wolne rodniki

oraz neuroprzekazniki stymulują proces wzrostu nowych neuronów [11].

Rehabilitacja pacjentów wieku rozwojowego z uszkodzeniem mózgu w przebiegu MPDz ma charakter wielokierunkowy, a celem jej jest niwelowanie nieprawidłowych, kompensacyjnych reakcji i wzorców ruchowych oraz kształtowanie prawidłowej motoryki, która umożliwi dziecku w jak największym stopniu niezależne funkcjonowanie w środowisku. Zjawisko plastyczności mózgu stanowi podłoże stosowanych coraz częściej w terapii chorób układu nerwowego, w tym w przywracaniu funkcji ruchowych, nowoczesnych metod usprawniania, do których należą ćwiczenia wykorzystujące biologiczne sprzężenie zwrotne [12]. Metody te są wykorzystywane jednak głównie u pacjentów dorosłych, dlatego większość prowadzonych badań odnosi się do tej grupy wiekowej [5, 7, 13-17].

W populacji wieku dziecięcego stosowano terapię metodą EEG *Biofeedback*, będącą formą neurorehabilitacji, łączącą w sobie elementy psycho- i neurofizjoterapii, która opiera się na wykorzystaniu sprzężenia zwrotnego między stanem psychicznym pacjenta a czynnością neurofizjologiczną mózgu [18]. Wynikiem terapii była poprawa obrazu klinicznego z redukcją ubytków pamięci i większą koncentracją uwagi w korelacji z poprawą wskaźników neurofizjologicznych mózgu. Badania Kwaśnego i wsp. dotyczyły wpływu wykonywania opartych na zastępczym sprzężeniu zwrotnym ćwiczeń, na czynność bioelektryczną mięśni w obrębie szczytu skrzywienia pierwotnego kręgosłupa u dziewcząt i chłopców. Pozytywne efekty tych ćwiczeń wiązały się z uzyskaniem normalizacji napięcia mięśniowego po obu stronach kręgosłupa [19].

W rehabilitacji dzieci z MPDz niezwykle trudno zebrać jednorodne pod względem liczebności, wieku i objawów klinicznych grupy, w celu ich porównania, a tym bardziej stworzyć grupy kontrolne. Jednak nie zwalnia to od poszukiwania efektywnych metod terapii. Jak podkreślają autorzy prac, specyfika metody z zastosowaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego wymaga od pacjenta pełnej współpracy, motywacji, dobrego stanu psychicznego i koncentracji, co u młodych pacjentów jest niejednokrotnie trudne do uzyskania. Z wiekiem więc wiążą się niewątpliwie zmienne wyniki uzyskanych efektów terapii, które są lepsze w grupie starszej. Innym aspektem pracy z dziećmi jest atrakcyjność stosowanych metod, która wywala chęć współpracy i stymuluje do ćwiczeń. W komputerowym oprogramowaniu sprzętu, z którego korzystano w terapii, dostępne są dwie wersje wizualizacji na ekranie postępu funkcjonalnych – w formie słupków i drogi, którą podąża rowerzysta-pacjent. Wydaje się, że gdyby oprogramowanie było bardziej urozmaicone, uzyskano by lepsze wyniki terapii także w młodszej grupie wiekowej.

Powyższe badania mają charakter wstępnego opracowania, a końcowa analiza będzie wykonana po 6-miesięcznej terapii.

Wnioski

1. Trening prowadzony na rotorze z wykorzystaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego u dzieci z MPDz może wywierać korzystny wpływ na równowagę napięcia mięśniowego i zmniejszenie ilości incydentów spastycznych w obrębie kończyn.
2. Ze względu na konieczność współpracy i motywacji pacjenta tego typu terapia wydaje się bardziej efektywna w grupie starszych dzieci. ■

Literatura

1. R. Michałowicz: *Mózgowe porażenie dziecięce*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.
2. L. Sadowska: *Neurokinezyjologiczna diagnostyka i terapia dzieci z zaburzeniami rozwoju psychoruchowego*, Wydawnictwo AWF, Wrocław 2001.



3. M. Król: *System nauczania kierowanego. Zintegrowanie działań rehabilitacyjno-edukacyjno-społecznych wobec dzieci z wczesnym uszkodzeniem mózgu i ich rodzin*, Wydawnictwo SPDN, Zamość 2004.
4. A. Kwolek: *Możliwości zastosowania zastępczego sprzężenia zwrotnego w rehabilitacji chorych z uszkodzeniem ośrodkowego układu nerwowego*, Fizjoterapia, vol. 4(1-2), 1996, s. 30-34.
5. K. Krekora, J. Czernicki: *Biologiczne sprzężenie zwrotne w rehabilitacji chorych po udarze mózgu*, Rehabilitacja Medyczna, vol. 9(3), 2005, s. 32-36
6. W. Kułak, W. Sobaniec: *Mechanizmy uszkodzenia i plastyczności mózgu*, Terapia, vol. 10, 2006, s. 1-4.
7. M. Plougham: *Przegląd literatury poświęconej neuroplastyczności mózgu i jej implikacjom dla fizjoterapii udaru mózgowego*, Physiotherapy Canada, vol. 54(3), 2002, s. 164-176; Rehabilitacja Medyczna, vol. 7(1), 2003, s. 15-26.
8. R.J. Nudo, B.A. Wise, F. SiFuentes, G.W. Miliken: *Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct*, Science, vol. , 1996, s. 1791-1794.
9. J. Netz, T. Lammers, V. Homberg: *Reorganization of motor output in the non-affected hemisphere after stroke*, Brain, vol. 120, 1997, s. 1579-1586.
10. G. Hess, J.P. Donoghue: *Long-term potentiation of horizontal connections provides a mechanism to reorganize cortical motor maps*, Journal of Neurophysiology, vol. 7, 1994, s. 2543-2547.
11. W. Kułak, W. Sobaniec: *Mechanizmy uszkodzenia i neuroplastyczności mózgu u dzieci*, [w:] Ewa Otto-Buczowska: *Pediatría – co nowego?*, Wydawnictwo Cornetis sp. z o.o., Wrocław 2007.
12. M.R. Dimitrijevic: *Plastyczność układu nerwowego w procesie przywracania funkcji ruchowych przez ludzi*, Neurologia i Neurochirurgia Polska, vol. 30(1), 1996, s. 9-16.
13. A. Kwolek, M. Drużbicki: *Wykorzystanie platformy do ćwiczeń równowagi z zastosowaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego u chorych po udarze mózgu*, Fizjoterapia, vol. 7(3), 1999, s. 3-6.
14. A. Srokowska i in.: *Ocena skuteczności biologicznego sprzężenia zwrotnego w ćwiczeniach na Platformie MTD Control jako czynnika wspomagającego fizjoterapię u osób po przebytym udarze mózgu*, Balneologia Polska, vol. 50(2), 2008, s. 116-124.
15. W. Kuczma i in.: *Zastosowanie w rehabilitacji neurologicznej biologicznego sprzężenia zwrotnego podczas ćwiczeń w urządzeniu Balance Trainer*, Balneologia Polska, vol. 49(2), 2007, s. 79-85.
16. M. Drużbicki, A. Kwolek, I. Opalińska, A. Pacześniak-Jost: *Ocena efektów leczenia chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu rehabilitowanych z wykorzystaniem rotora typu activ*, Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego Wyd. UR, Rzeszów 2008, s. 42-48.
17. K. Garstka-Namysł: *Użyteczność przeszłokórnej elektromiografii (SEMG) i SEMG-Biofeedbacku w terapii zaburzeń aktywności mięśni*, Medycyna Sportowa, vol. 1(6), 2008, s. 52-58.
18. R. Bobrowski, W. Sobaniec, W. Kułak, S. Sobaniec, J. Lisaj: *Zastosowanie metody EEG Biofeedback w terapii i rehabilitacji zaburzeń neurologicznych u pacjenta po urazie czaszkowo-mózgowym*, Fizjoterapia, vol. 12(4), 2004, s. 5-11.
19. K. Kwaśny i in.: *Wpływ ćwiczeń opartych na zastępczych sprzężeniach zwrotnych na zmiany czynności bioelektrycznej mięśni*, Fizjoterapia, vol. 4(1-2), 1996, s. 35-38.

otrzymano / received: 14.04.2010 r.
zaakceptowano / accepted: 18.06.2010 r.