

## PRACE ORYGINALNE

Marcin Bugajski<sup>1 (A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Jan Czernicki<sup>2(A,B,C,D,E,G)</sup>

# Ocena wpływu ćwiczeń na platformie balansowej z wykorzystaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego na reedukację chodu osób po udarze mózgu

## Evaluation effectiveness of exercises on the balance platform for using biofeedback to walking function in patients after stroke

<sup>1</sup> Klinika Rehabilitacji i Medycyny Fizykalnej USK im. WAM-CSW

<sup>2</sup> Wyższa Szkoła Informatyki i Umiejętności w Łodzi

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** W ostatnich dziesięcioleciach jako jedną z metod fizjoterapii pacjentów po udarze mózgu stosuje się ćwiczenia na platformach balansowych z wykorzystaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego (biofeedback).

**Materiał i metody:** Badania wykonano u 55 chorych obu płci po udarze niedokrwiennym mózgu z objawami niedowładu połowicznego. Chorych ze względu na czas, który upłynął od udaru podzielono na 2 grupy: grupa I – do 6 miesięcy, i grupa II – powyżej 6 miesięcy. W każdej z tych grup wyróżniono podgrupy chorych: A, u których w fizjoterapii stosowano ćwiczenia na platformie balansowej, w podgrupie B tych ćwiczeń nie stosowano. Do oceny skuteczności rehabilitacji wykorzystano prędkość pokonania dystansu 10 metrów oraz Wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych (Ws). Badania były wykonywane przed rozpoczęciem rehabilitacji i po upływie 3 tygodni.

**Wyniki:** Stwierdzono bardzo wysoce istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,001$ ) w wartościach Ws po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej do pół roku od udaru mózgu oraz istotną

### ABSTRACT

**Introduction:** In recent decades as one of the methods of physiotherapy in patients after stroke are used to exercises on balance platform with using biofeedback.

**Material and methods:** The study was performed in 55 patients of both sexes after ischemic stroke with hemiparesis. Patients were divided on two groups by the time which has elapsed since the stroke. Group I – up to 6 months. Group II – more than 6 months. In each of these groups were distinguished subgroups of patients. A subgroup in whom physiotherapy was exercises on the balance platform. In a subgroup B these exercises are not used. For the evaluation of the effectiveness of rehabilitation used: gait speed on 10 meters distance and a loading Index of the Symmetry of the lower limbs. Tests were conducted 1 day and after three weeks of rehabilitation.

**Results:** There was observed a highly statistically significant difference ( $p < 0.001$ ) in the values of Ws after three weeks of rehabilitation in patients between trainees and not trainees on the balance platform to six months after the stroke, and a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) in patients over

Udział współautorów / Participation of co-authors: A. autor koncepcji i założeń pracy / author of the concept and objectives of paper; B. zbieranie materiału / collection of data; C. realizacja badań / implementation of research; D. opracowanie, analiza i interpretacja wyników / elaborate, analysis and interpretation of data; E. analiza statystyczna danych / statistical analysis; F. przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; G. opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; H. pozyskanie funduszy / obtaining funds

Artykuł otrzymano / recived: 24.09.2012 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 4.12.2013

statystycznie różnicę ( $p < 0,05$ ) u pacjentów powyżej pół roku od udaru mózgu. Zaobserwowano również wysoce istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,01$ ) w prędkości chodu na dystansie 10 metrów po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej do pół roku od udaru mózgu oraz istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,05$ ) u pacjentów powyżej pół roku od udaru mózgu.

**Wnioski:** Wyniki badań potwierdzają przydatność ćwiczeń na platformie balansowej z wykorzystaniem zastępczego sprzężenia zwrotnego u chorych z niedowładem połowicznym po udarze niedokrwiennym mózgu. Trening na platformie balansowej wpływa na poprawę symetryczności obciążania kończyn dolnych oraz na zwiększenie prędkości chodu na dystansie 10 metrów.

**Słowa kluczowe:** udar mózgu, fizjoterapia, platforma balansowa, biologiczne sprzężenie zwrotne

## Wstęp

Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO 1983 r.) udar mózgu to „zespół kliniczny charakteryzujący się nagłym wystąpieniem ogniskowego lub uogólnionego zaburzenia czynności mózgowia, które jeżeli nie doprowadzą wcześniej do zgonu, utrzymują się dłużej niż 24 godziny i nie mają innej przyczyny niż naczyniowa”. Udar mózgu stanowiący jedną z głównych chorób układu sercowo-naczyniowego jest trzecią przyczyną zgonów w krajach rozwiniętych ekonomicznie, a w krajach rozwijających się drugą oraz główną przyczyną niepełnosprawności w populacji osób dorosłych. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2009 roku w Polsce żyje 381 600 osób dorosłych po udarze mózgu, z czego około 80% uznano za osoby niepełnosprawne [1].

Pacjenci po udarze mózgu szczególnie wymagają wczesnej i kompleksowej rehabilitacji. Jedną z metod fizjoterapii chorych po udarze mózgu są ćwiczenia na platformie balansowej oparte na zjawisku biologicznego sprzężenia zwrotnego (biofeedback). Ośrodkowy układ nerwowy (OUN), który odgrywa główną rolę w tym zjawisku przyjmuje i analizuje bodźce dopływające z proprioceptorów. Podstawową regulacją wszystkich funkcji fizjologicznych organizmu kontrolowanych przez OUN jest fizjologiczny mechanizm biologicznych sprzężeń zwrotnych oparty na neuromechanizmie odruchu nerwowego. W przypadku, gdy ruch dowolny jest zaburzony, ale istnieje choćby w niewielkiej szczątkowej formie, wówczas do nauki odtworzenia prawidłowego wzorca ruchowego można wykorzystać zewnętrzny łańcuch sensorycznych sprzężeń zwrotnych. Pozytywne wyniki fizjoterapii z wykorzystaniem opisywanej metody są możliwe jedynie przy pełnym, świadomym uczestnictwie chorego w rehabilitacji [2–4].

Jednym z objawów udaru mózgu są zaburzenia równowagi, które są wskazaniem do treningu na platformie balansowej. Równowagę ciała należy rozpatrywać w dwóch aspektach: jako statyczną i dynamiczną. Równo-

six months after stroke. There was also observed a highly statistically significant difference ( $p < 0,01$ ) in gait speed on 10 meters distance after three weeks of rehabilitation in patients between trainees and not trainees on the balance platform to six months after the stroke, and a statistically significant difference ( $p < 0,05$ ) in patients over six months after the stroke.

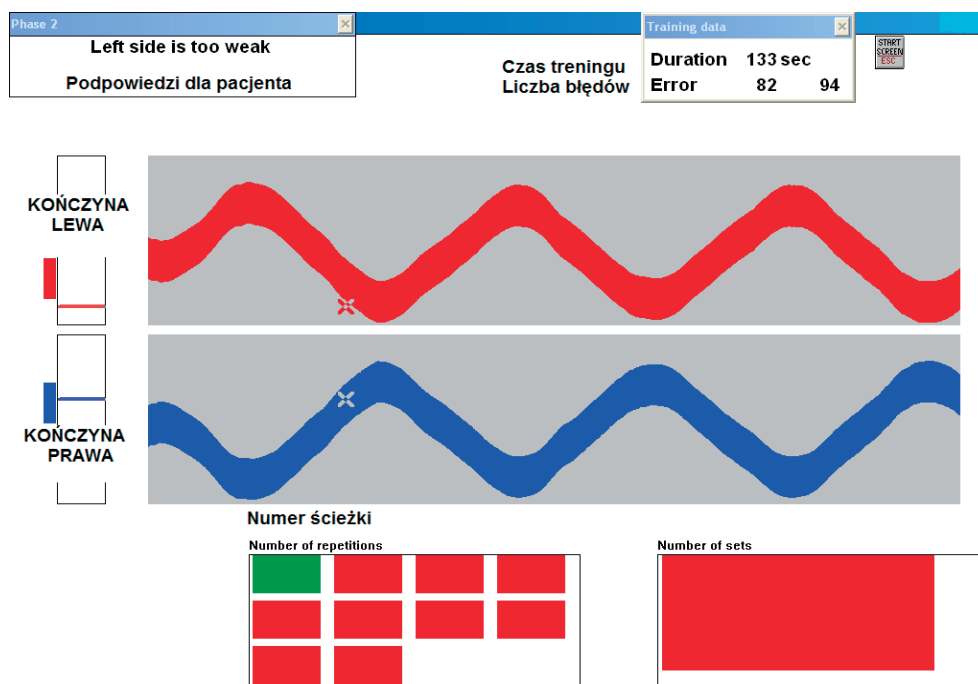
**Conclusion:** The study was performed in patients with hemiparesis after ischemic stroke confirmed the usefulness of exercises on the balance platform with the use of substitute feedback. Training on the balance platform improves the symmetry of both loading of the lower limbs as well as to increase the speed of walking.

**Key words:** stroke, physiotherapy, balance platform, biofeedback

## Introduction

The World Health Organization (WHO 1983) has defined stroke as “a clinical syndrome characterized by the sudden onset of partial or general brain dysfunction which if it does not lead to death earlier lasts longer than 24 hours and has no other cause than vascular”. A stroke is one of the most common diseases of the cardiovascular system and is the third reason of death in economically developed countries, the second in developing countries and main cause of disability in population of adults. According to the Central Statistical Office in Poland in 2009 there were 381 600 people after stroke, 80 percent of them with disabilities. Patients after stroke need an early and comprehensive rehabilitation. One of the methods of physiotherapy at patients after stroke is doing exercises on the balance platform based on biofeedback. Central nervous system, which plays a major role in this phenomenon, receives and analyzes the impulses coming from proprioceptors. All physiological functions of the body are controlled by the central nervous system. This physiological mechanism is based on feedback that rests on neuromechanism of nervous impulse. In case when any movement is unsettled but still exists we may use the external sensory feedback to restore the proper movement pattern. The positive results of physiotherapy with the use of the described method are possible only with the full and conscious participation of a patient in the rehabilitation process [2–4].

One of the symptoms of a stroke is a problem with balance which is an indication for the training on the balance platform. We may differentiate two kinds of body balance: static and dynamic one. The static balance allows us to get correct body posture with possible small side swings. The dynamic balance means the ability to keep standing posture combined with movement without falling. The static and dynamic balance is a result of proper functioning of the human balance system. It keeps the body within its base of support and is able to counteract external forces that could destabilize the posture. In this



Ryc. 1 Program do treningu na platformie balansowej [opracowanie własne]

Fig. 1. Program for training on balance platform [own description]

waga statyczna pozwala utrzymać ciało znajdującemu się w bezruchu prawidłową postawę z możliwymi niewielkimi wychyleniami bocznymi. Równowaga dynamiczna oznacza zdolność organizmu do utrzymania się w postawie stojącej połączonej z wychyleniami i umiejętnością poruszania się bez upadania. Utrzymanie równowagi statycznej i dynamicznej możliwe jest dzięki prawidłowemu funkcjonowaniu systemu kontroli postawy utrzymującego rzut środka ciężkości ciała w obrębie pola podparcia oraz zdolnego przeciwdziałać siłom zewnętrznym mogącym destabilizować postawę. W tym złożonym systemie sprzężeń zwrotnych główną rolę odgrywają ośrodkowe przetwarzanie i koordynacja napływających z obwodu informacji wzrokowych, z przedsionkowego narządu równowagi i proprioceptorów skóry, mięśni i ścięgien [5, 6].

U osób po udarze mózgu zaburzenia równowagi spowodowane są nieprawidłową siłą nacisku strony porażonej na podłoże w stosunku do strony „zdrowej” oraz zaburzeniami wzrokowo-przestrzennymi. Trening na platformie balansowej ma na celu wyrównanie tych dysproporcji [ryc. 1] [7–9].

**Celem pracy** była ocena skuteczności ćwiczeń na platformie balansowej z wykorzystaniem wzrokowego i słuchowego biologicznego sprzężenia zwrotnego u osób po udarze niedokrwiennym mózgu. Dla oceny skuteczności tych ćwiczeń obliczono czas chodu na dystansie 10 metrów oraz Wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych (Ws).

**Materiał i metody:** Badania wykonano u 55 chorych po udarze niedokrwiennym mózgu, w tym 33 kobiet i 22 mężczyzn w wieku od 44 do 79 lat, (średnia wieku

complex feedback system the main role is played by the brain which processes and coordinates incoming data from eyes, from the peripheral vestibular organ of balance and proprioceptors in skin, muscles and tendons [5, 6].

Problems with balance at people after stroke are caused by abnormal pressure force of paralysed side of the body on the ground in comparison with the healthy side, and visual and spatial disorders. Training on the balance platform is supposed to compensate these disproportions [Fig. 1] [7–9].

**The aim of study:** The aim of study was the evaluation of effectiveness of exercises on the balance platform with using visual and auditory biofeedback at patients after ischemic stroke. To assess the effectiveness of these exercises the walking time on a 10-meter distance and *lower limbs' load symmetry rate* (Ws) were calculated.

**Material and Methods:** The research was carried out on 55 patients after ischemic stroke, including 33 women and 22 men at the age of from 44 to 79 (an average age  $59.9 \pm 11.1$ ). Taking into consideration the age of the patients, tested subgroups should be treated as homogeneous. The study was approved by the Bioethics Committee of the Medical University in Łódź – the agreement number - RNN/241/10/KB with the date of 20<sup>th</sup> April 2010. The study included only patients after the first stroke, with neurological deficiency who had received from 10 to 19 points in the Barthel Index what, according to Jorgensen, is the equivalent of an average disability (10–14 points) and a slight disability (15–19 points) [19]. The patients qualified for the research could walk the distance of 10 meters on their own (could use orthopedic appliances)

59,9±11,1). Uwzględniając wiek pacjentów, zarówno ćwiczących jak i niećwiczących na platformie balansowej, badane podgrupy należy uznać za jednorodne. Na wykonanie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi – numer RNN/241/10/KB z dnia 20.04.2010 r. Do badań kwalifikowanych włączono pacjentów tylko po pierwszym udarze, z występującymi deficytami neurologicznymi, którzy uzyskali od 10 do 19 punktów w Indeksie Barthel, co odpowiada wg Jorgensena średniemu nasileniu niepełnosprawności (10–14 punktów) i lekkiej niepełnosprawności (15–19 punktów) [19]. Chorzy kwalifikowani do badań potrafili samodzielnie pokonać dystans 10 metrów (mogli korzystać ze sprzętu ortopedycznego) i nie mieli problemów ze wzrokiem, co uniemożliwiałoby im trening na platformie balansowej. Dobór do poszczególnych grup był randomizowany. Ze względu na czas, który upłynął od udaru, chorych podzielono na dwie grupy: grupa I – do 6 miesięcy, grupa II – powyżej 6 miesięcy. W każdej z tych grup wyróżniono podgrupy chorych. W podgrupie A stosowano ćwiczenia na platformie balansowej (grupa badana), w podgrupie B tych ćwiczeń nie stosowano (grupa porównawcza). Trening na platformie balansowej trwał od kilku do kilkunastu minut. Czas i stopień trudności ustalany był indywidualnie dla każdego pacjenta w zależności od jego wydolności fizycznej, siły mięśniowej, od numeru kolejnego zabiegu, masy ciała oraz poprawy w trakcie fizjoterapii. Osoba ćwicząca, zmieniając siłę nacisku z jednej kończyny na drugą pokonywała przedstawiony na ekranie monitora program. Wykorzystywane jest tu zjawisko wzrokowego sprzężenia zwrotnego. Każdorazowe opuszczenie kursora poza pokonywaną „ścieżkę” sygnalizowane jest dźwiękiem – tu z kolei wykorzystywane jest zjawisko akustycznego (dźwiękowego) sprzężenia zwrotnego.

Do oceny wyników rehabilitacji zastosowano: test drogi 10 metrów, z którego obliczono prędkość chodu oraz  $Ws$  obliczany przy użyciu platformy balansowej (ERBE) współpracującej z programem komputerowym Physio-Feedback-System, na której prowadzona była kinezyterapia. Test drogi przeprowadzony był na równym podłożu w warunkach szpitalnych, badani pacjenci rozpoczynali go z linii wyznaczającej dystans 10 metrów i pokonywali go z prędkością maksymalną. Jeżeli chory używał sprzętu pomocniczego do chodzenia, to w badaniu drugim również nim się posługiwał. Badanie  $Ws$  wykonywano przy oczach otwartych, a pacjent nie widział monitora, na którym rejestrowane były wyniki. Reakcja podłoża na nacisk kończyn rejestrowana była na ekranie monitora oddzielnie dla kończyny lewej, jak i prawej. Wartość siły nacisku „zdrowej” kończyny podzielona przez wynik niedowładnej (porażonej) oznacza  $Ws$ . Wyniki mieszczące się w granicach od 1,00 do 1,15 uważa się za prawidłowe [8].

Program fizjoterapii realizowany był przez 6 dni w tygodniu. Badania wykonano pierwszego dnia przed rozpoczęciem rehabilitacji i po upływie 3 tygodni.

and had no vision problems that would have made it impossible for them to train on the balance platform. They were assigned to the particulate groups randomly. Due to the time that had passed by since the stroke, patients were divided into two groups: group I – less than 6 months and group II – more than 6 months. Each of the groups was divided into subgroups. In the subgroup A patients exercised on the balance platform (a research group), in the subgroup B patients did not have exercises on the balance platform (a comparative group). Training on the balance platform lasted from a several to over a dozen minutes. The time and degree of difficulty were calculated individually for each patient according to his/her physical efficiency, muscle strength, the number of treatment, body weight, and improvements during the time of physiotherapy. A person who was exercising changed the force of pressure from one limb to another and thanks to that went through the track presented on the screen. There is a visual feedback used here. What is more, every time when you take the cursor out of the track there is a sound signal. This time the acoustic (sound) feedback is used.

To evaluate the effectiveness of rehabilitation process there was used a 10-meter distance test on the basis of which walking speed and  $Ws$  were calculated. The calculation was done thanks to the balance platform (ERBE) cooperating with a computer programme Physio-Feedback-System. The walking test was realized on a flat surface in the hospital environment, the examined patients started with the line defining the distance of 10 meters, and walked with a maximum speed. If a patient used orthopedic equipment for walking, he/she used the equipment during the research. The test was carried out with the eyes open, and the patient could not see the monitor on which the results were shown. The pressure of each limb on the ground was recorded separately. The pressure force of the healthy limb divided by the pressure force of the paralysed one is  $Ws$ . The results within the range of 1.00 to 1.15 are considered to be correct [8]. The physiotherapy programme was realized on 6 days a week. The tests were performed the first day before the rehabilitation and after 3 weeks.

The results were statistically analysed with Microsoft Office Excel 2007 and Statistica 10.1PL. Shapiro-Wilk test was used to analyse distribution of the obtained variables. As the distribution was normal, t-Student test was used to the statistical analysis. The levels of statistical differences were accepted as follows:

\* –  $P < 0.05$  statistically significant difference

\*\* –  $P < 0.01$  statistically highly significant difference

\*\*\* –  $P < 0.001$  statistically very highly significant difference

## Results:

We compared the values of  $Ws$  at patients who were less than and more than 6 months after the stroke - before



Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Microsoft Office Excel 2007 oraz Statistica 10.1PL. Testem Shapiro-Wilka oceniono rozkład uzyskanych zmiennych. Ponieważ rozkład ten był normalny, do oceny statystycznej wykorzystano test t-Studenta. Przyjęto następujące poziomy różnic statystycznie innych:

\* –  $p < 0,05$  różnica istotna statystycznie

\*\* –  $p < 0,01$  różnica wysoce istotna statystycznie

\*\*\* –  $p < 0,001$  różnica bardzo wysoce istotna statystycznie

## Wyniki

Porównano wartości Ws u pacjentów do pół roku i powyżej pół roku od udaru mózgu – przed rehabilitacją i po 3 tygodniach rehabilitacji. Oceniono wyniki uzyskane przez pacjentów ćwiczących i niećwiczących na platformie balansowej. Przed rozpoczęciem rehabilitacji średnie wartości Ws w podgrupie I A wynosiły 1,67, w podgrupie I B 1,65, w podgrupie II A Ws wynosił 1,49, a w podgrupie II B 1,4. Po 3-tygodniowej rehabilitacji wartości Ws zmieniły się na odpowiednio: 1,24 dla podgrupy I A 1,36 dla I B, 1,18 dla IIA i 1,24 dla II B.

Stwierdzono bardzo wysoce istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,001$ ) w wartościach Ws po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej.

Stwierdzono istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,05$ ) w wartościach Ws po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej powyżej pół roku od udaru mózgu.

Porównano również prędkości chodu na dystansie 10 metrów u pacjentów do pół roku i powyżej pół roku od udaru mózgu – przed rehabilitacją i po 3 tygodniach rehabilitacji. Oceniono wyniki uzyskane przez pacjentów ćwiczących i niećwiczących na platformie balansowej. Przed rozpoczęciem rehabilitacji średnia prędkość chodu

and after 3 weeks of rehabilitation. The results received by the patients exercising and not exercising on the balance platform were analysed. Before rehabilitation an average Ws value in the subgroup IA was 1.67, in the subgroup IB 1.65, in the subgroup IIA was 1.49 and in the subgroup B II 1.4. After a 3-week rehabilitation Ws changed to: 1.24 in the subgroup IA, 1.36 in IB, 1.18 in IIA, 1.24 in IIB.

There was a highly statistically significant difference ( $p < 0.001$ ) in the values of Ws after 3 weeks of rehabilitation between patients exercising and not exercising on the balance platform.

There was a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) in the values of Ws after 3 weeks of rehabilitation between patients exercising and not exercising on the balance platform over half a year after the stroke.

We also compared the gait speed on a 10-meter distance at patients who were less than and more than 6 months after the stroke – before and after 3 weeks of rehabilitation.

The results received by the patients exercising and not exercising on the balance platform were analysed. Before rehabilitation an average gait speed on a 10-meter distance in the subgroup IA was 0.47, in the subgroup IB 0.44, in the subgroup II A 0.5 in the subgroup II B 0.54. After a 3-week rehabilitation a gait speed on a 10-meter distance changed to 0.6 for the subgroup IA 0.49 for IB, 0.6 for IIA, and to 0.59 for the subgroup IIB.

There was a highly statistically significant difference ( $p < 0.01$ ) in gait speed on a 10-meter distance after 3 weeks of rehabilitation between patients exercising and not exercising on the balance platform to half a year after the stroke.

There was a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) in walking speed on a distance of 10 meters after 3 weeks of rehabilitation between patients exercising and not exercising on the balance platform more than half a year after the stroke.

Tab. 1. Porównanie Ws u pacjentów do pół roku od udaru mózgu

Tab. 1. Comparison Ws in patients to six months after the stroke

Wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych Symmetry index of lower limbs	Przed rehabilitacją Before rehabilitation		Po 3 tygodniach After three weeks	
	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform
Liczba badanych Number of patients	16	13	16	13
Minimum / Min	1,24	1,04	1,04	1,02
Maksimum / Max	2,53	2,36	1,88	2,4
Średnia arytmetyczna The arithmetic mean	1,67	1,65	1,24	1,36
Odchylenie standardowe The standard deviation	0,18	0,27	0,28	0,15
Analiza statystyczna Statistical analysis	Test $t_{\text{-studenta}}$ $p > 0,05$		Test $t_{\text{-studenta}}$ $p < 0,001$	

Tab. 2. Porównanie Ws u pacjentów powyżej pół roku od udaru mózgu

Tab. 2. Comparison Ws in patients more than six months after the stroke

Wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych Symmetry index of lower limbs	Przed rehabilitacją Before rehabilitation		Po 3 tygodniach After three weeks	
	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform
Liczba badanych Number of patients	14	12	14	12
Minimum / Min	1,22	1,15	1,05	1,02
Maksimum / Max	1,86	2,36	1,58	2,4
Średnia arytmetyczna The arithmetic mean	1,49	1,4	1,18	1,24
Odchylenie standardowe The standard deviation	0,3	0,21	0,35	0,23
Analiza statystyczna Statistical analysis	Test $t_{\text{-studenta}}$ $p > 0,05$		Test $t_{\text{-studenta}}$ $p < 0,05$	

na dystansie 20 metrów w podgrupie I A wynosiła 0,47, w podgrupie I B 0,44, w podgrupie II A 0,5, a w podgrupie II B 0,54. Po 3-tygodniowej rehabilitacji wartości prędkości chodu na dystansie 10 metrów zmieniły się na odpowiednio: 0,6 dla podgrupy I A 0,49 dla I B, 0,6 dla IIA i 0,59 dla II B.

Stwierdzono wysoce istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,01$ ) w prędkości chodu na dystansie 10 metrów po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej do pół roku od udaru mózgu.

Stwierdzono istotną statystycznie różnicę ( $p < 0,05$ ) w prędkości chodu na dystansie 10 metrów po 3 tygodniach rehabilitacji pomiędzy pacjentami ćwiczącymi i niećwiczącymi na platformie balansowej powyżej pół roku od udaru mózgu.

## Discussion

The patients were divided into groups according to the time which had passed by since the stroke. The time of 6 months was chosen as a significant point in the disease (early stage) [9]. All patients in the initial study results received an abnormal Ws amount ( $Ws > 1.15$ ). However, after three weeks of rehabilitation, Ws improved. The changes in Ws show an improvement of the static balance of the patient.

The obtained results demonstrate the influence of improving the loading of the lower limbs on walking speed (the improvement on the dynamic balance). The results indicate that the rehabilitation of patients with hemiparesis even over 6 months after the stroke brings improvements in Ws and gait speed [8].

Yayuzer et al [10] have shown in their studies that training on the balance platform is beneficial for improving

Tab. 3. Porównanie prędkości chodu na dystansie 10 metrów u pacjentów do pół roku od udaru mózgu

Tab. 3. Comparison of gait speed on 10 meters distance in patients to six months after the stroke

Prędkość pokonania 10 metrów [m/s] 10 meters gait speed [m/s]	Przed rehabilitacją Before rehabilitation		Po 3 tygodniach After three weeks	
	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform
Liczba badanych Number of patients	16	13	16	13
Minimum / Min	0,29	0,29	0,32	0,37
Maksimum / Max	0,71	0,83	1,01	0,91
Średnia arytmetyczna The arithmetic mean	0,47	0,44	0,6	0,49
Odchylenie standardowe The standard deviation	0,16	0,17	0,24	0,25
Analiza statystyczna Statistical analysis	Test $t_{\text{-studenta}}$ $p > 0,05$		Test $t_{\text{-studenta}}$ $p < 0,01$	

**Tab. 4. Porównanie prędkości chodu na dystansie 10 metrów u pacjentów powyżej pół roku od udaru mózgu**  
**Tab. 4. Comparison of gait speed on 10 meters distance in patients more than six months after the stroke**

Prędkość pokonania 10 metrów [m/s] 10 meters gait speed [m/s]	Przed rehabilitacją Before rehabilitation		Po 3 tygodniach After three weeks	
	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform	Ćwiczący na platformie balansowej Exercising on balance platform	Niećwiczący na platformie balansowej Not exercising on balance platform
Liczba badanych Number of patients	14	12	14	12
Minimum / Min	0,37	0,39	0,43	0,45
Maksimum / Max	0,83	0,79	1	81
Średnia arytmetyczna The arithmetic mean	0,5	0,54	0,6	0,59
Odchylenie standardowe The standard deviation	0,16	0,21	0,18	0,25
Analiza statystyczna Statistical analysis	Test t-studenta p>0,05		Test t-studenta P<0,05	

## Dyskusja

Pacjentów przydzielono do grup ze względu na czas, który upłynął od udaru niedokrwiennego. Jako graniczny ustalono czas 6 miesięcy (wczesny okres choroby) [9]. U wszystkich pacjentów w badaniu początkowym  $Ws$  uzyskano wyniki odbiegające od normy ( $Ws > 1,15$ ). Natomiast po upływie 3 tygodni wskaźnik ten uległ poprawie. Zmiany  $Ws$  dowodzą o poprawie równowagi statycznej pacjenta.

Uzyskane wyniki świadczą o wpływie poprawy obciążania kończyn dolnych na prędkość chodu (poprawa równowagi dynamicznej). Wyniki wskazują, że rehabilitacja chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu nawet powyżej pół roku i więcej od wystąpienia udaru przynosi wymierną poprawę [8].

Yayuzer i wsp. [10] w badaniach wykazali, że trening na platformie balansowej wpływa korzystnie na poprawę postawy ciała i symetryczności obciążania kończyn dolnych podczas chodzenia.

Wyniki uzyskane przez de Haart'a i wsp. [11] dowodzą, że nawet chorzy po rozległym udarze mózgu są w stanie poprawić wydolność chodu poprzez wyrównanie symetryczności obciążania kończyn dolnych.

Ćwiczenia na platformie balansowej wpływają też na poprawę równowagi, co ma znaczny wpływ na prędkość chodu [2, 8, 11].

Marigold i wsp. [12]. wykazali, że wyrównanie obciążania kończyn dolnych u osób po udarze mózgu przekłada się nie tylko na poprawę prędkości chodu, ale również ma wpływ na zmniejszenie ryzyka upadków, na które szczególnie narażeni są pacjenci z niedowładem lewostronnym z powodu zaburzeń wzrokowo-przestrzennych.

Platforma balansowa poza funkcją terapeutyczną służy również jako urządzenie diagnostyczne do oceny zaburzeń symetrycznego obciążania kończyn dolnych [7, 13]. Należy zwrócić uwagę na fakt, że chorzy w trakcie rehabilitacji, oprócz ćwiczeń na platformie balansowej,

posture and symmetry of loading of the lower limbs during walking. The results obtained by de Haart'a et al [11] demonstrated that even patients after extensive stroke are able to improve the efficiency of gait by equalization of symmetry loading of the lower limbs. Exercises on the balance platform also affect the improvement on balance, which has a significant impact on walking speed [2, 8, 11]. Marigold et al [12]. have shown that the equalization of the lower limbs loading on patients after stroke explains not only improvement in gait speed, but also has the effect on reducing the risk of falls which patients with left-sided hemiparesis are particularly exposed to due to the visual and spatial disorders. Apart from the therapeutic function the balance platform might be also used to diagnose the disorders of the lower limbs symmetrical load [7, 13]. It also should be noted that the patients in addition to the exercises on the balance platform participated in the re-education of gait on a flat surface, on a surface with obstacles and on therapeutic stairs. Rehabilitation which starts properly early, and the continuity of this process are major factors of the patients' success. The exercises on the balance platform are an effective form of physiotherapy in rehabilitation of people with hemiparesis after the stroke. The largest improvement of walking was observed among patients whose rehabilitation included exercises on the balance platform.

The test did not make it possible to determine the durability of the results, however, it can be said that rehabilitation can be started at any time after stroke.

We may create a hypothesis that one of the factors affecting the results of the research was the functional state of the patients. A significant improvement was achieved at patients with the biggest disorders of the lower limbs' loading symmetry and gait.

Every motion activity is controlled by the central nervous system which plays a significant role in the phenomenon of biofeedback. It takes and analyzes the

uczestniczyli w reedukacji chodu po terenie płaskim, z przeszkodami i po schodach terapeutycznych. Odpowiednio wcześniej rozpoczęta rehabilitacja, a także ciągłość tego procesu stanowią główny czynnik jej powodzenia. Ćwiczenia na platformie balansowej są skuteczną formą fizjoterapii w rehabilitacji osób z niedowładem połowicznym po udarze mózgu. Największą poprawę w czasie chodu zaobserwowano wśród pacjentów, u których w procesie rehabilitacji włączone zostały ćwiczenia na platformie balansowej.

Badanie nie umożliwiło określenia trwałości uzyskanych wyników, jednak można stwierdzić, że rehabilitację należy podejmować w każdym czasie po zachorowaniu.

Można wysunąć hipotezę, że jednym z czynników mających wpływ na uzyskane wyniki miał wyjściowy stan funkcjonalny pacjentów. Znaczącą poprawę uzyskano u pacjentów z największymi zaburzeniami symetryczności obciążania kończyn dolnych i chodu.

Każda czynność ruchowa sterowana jest przez OUN, który odgrywa główną rolę w zjawisku biologicznego sprzężenia zwrotnego. Przyjmuje on i analizuje bodźce dopływające z proprioceptorów. Uszkodzenie jego powoduje zaburzenie w przekazywaniu tych bodźców. Obecny stan wiedzy medycznej pozwala na stwierdzenie, że uszkodzone komórki nerwowe nie ulegają naprawie [14]. Ćwiczenia na platformie wykorzystują mechanizmy wzrokowego i dźwiękowego biologicznego sprzężenia zwrotnego. Kontrola wzrokowa i słuchowa wykonywanych ćwiczeń pobudza mechanizm neuroplastyczności mózgu. Zjawisko to ma na celu wpływać m.in. na poprawę wydolności chodu [2, 3, 6, 9, 15–17].

### Wnioski:

1. U pacjentów po udarze mózgu ćwiczących na platformie balansowej wykorzystującej zjawisko biologicznego zastępczego sprzężenia zwrotnego stwierdzono normalizację Wskaźnika symetryczności obciążania kończyn dolnych w staniu.
2. Ćwiczenia na platformie balansowej wpływają na poprawę jakości chodu, co wyraża się zwiększeniem prędkości chodu na dystansie 10 metrów.

impulses from proprioceptors. Any damage of this system causes disorders in the transfer of the impulses. The current state of medical knowledge leads to the conclusion that the damaged nerve cells cannot be repaired [14]. The exercises on the platform use mechanisms of visual and audio biofeedback. Visual and audible control over the exercises stimulates the neuroplasticity of the brain. This phenomenon is intended to improve, i.e. gait efficiency [2, 3, 6, 9, 15–17].

### Conclusions:

1. In patients after stroke exercising on the balance platform using the phenomenon of biofeedback normalization of lower limbs' loading symmetry in standing position has been noticed
2. The exercises on the balance platform improve the quality of gait, which is reflected by the increase in walking speed on a 10-meter distance.

### Piśmiennictwo / References

1. *Stan Zdrowia Ludności Polski 2009*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2011
2. Kwolek A, Druźbicki M. *Wykorzystanie platformy do ćwiczeń równowagi z zastosowaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego u chorych po udarze mózgu*. *Fizjoter Pol* 1999;7(3):3-6.
3. Krekora K, Czernicki J. *Przydatność pomiaru prędkości w monitorowaniu reedukacji chodu u chorych z niedowładem spastycznym po udarze mózgu*. *Balneol Pol* 2009; 1(1): 40-45.
4. Krukowska J. *Wpływ obciążania kończyn dolnych na równowagę (stabilność) ciała i sprawność chodu osób po niedokrwiennym udarze mózgu*. *Balneol Pol* 2009;1(1): 25-34.
5. Kinalski R. *Neurofizjologia kliniczna dla neurorehabilitacji*. Wyd. „MedPharm”, Wrocław 2008.
6. Ocetkiewicz T, Skalska A, Grodzicki T. *Badanie równowagi przy użyciu platformy balansowej – ocena powtarzalności metody*. *Gerontol Pol* 2006;14(3):144-148.
7. Krekora K, Czernicki J. *Ocena rozkładu sił nacisku na podłoże u chorych po udarze niedokrwiennym mózgu*. *Rehabil Med* 2005;9(1):16-20.
8. Kwolek A, Druźbicki M. *Ocena symetrii obciążenia kończyn dolnych i prędkości chodu chorych po udarze mózgu rehabilitacji*



- litowanych szpitalnie z wykorzystaniem platformy dynamometrycznej. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2005;1:52-57.
9. Krekora K, Czernicki J. *Biologiczne sprzężenie zwrotne w rehabilitacji chorych po udarze mózgu*. *Rehabil Med* 2005;9(3):32-36.
  10. Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Karaoglan B, Stam HJ. *The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial*. *Clin Rehabil* 2009;20(11):960-969.
  11. de Haart M, Geurts AC, Dault MC, Nienhuis B, Duysens J. *Restoration of weight-shifting capacity in patients with post-acute stroke: a rehabilitation cohort study*. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(4):755-765.
  12. Marigold DS, Eng JJ, Dawson AS, Inglis JT, Harris JE, Gylfadottir S. *Exercise leads to faster postural reflexes, improved balance and mobility, and fewer falls in older persons with chronic stroke*. *J Am Geriatr Soc* 2005;53(3):416-423.
  13. Barclay-Goddard R. *Force platform feedback for standing balance training after stroke*. *Stroke* 2005;36:412-413.
  14. Karla L, Raijv R, Ratan R. *Advances in Stroke Regenerative Medicine*. *Stroke* 2008;39:273-275.
  15. Opara J. *Neurorehabilitacja*. Wyd. „Elamed”, Katowice 2011
  16. Srokowska A, Srokowski G, Kuczma W, Kuczma M, Hagner M. *Ocena skuteczności biologicznego sprzężenia zwrotnego w ćwiczeniach na Platformie MTD Control jako czynnika wspomagającego fizjoterapię u osób po przebytym udarze mózgu*. *Balneol Pol* 2008;1(2):116-123.
  17. Nichols D.S. *Balance retraining after stroke using platform biofeedback*. *Phys Ther* 1997;77(5):3-8.
  18. Heller F, Beuret-Blanquart F, Weber J. *Postural biofeedback and locomotion reeducation in stroke patients*. *Ann Readapt Med Phys* 2005;48(4):187-195.
  19. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Stoiler M, Olsen TS. *Outcome and time course of recovery in stroke*. The Copenhagen Stroke Study. *Arch. Phys Med Rehabil* 1995;76:399-405.

**Adres do korespondencji / Mailing address:**

Marcin Bugajski  
Klinika Rehabilitacji i Medycyny Fizykalnej USK  
im. WAM-CSW  
m.bugajski83@gmail.com