

Andrzej Kwolek<sup>B,E,F</sup>, Justyna Podgórska<sup>B,E,F</sup>, Justyna Rykała<sup>B,E,F</sup>, Justyna Leszczak<sup>B,E,F</sup>

## Zastosowanie biofeedbacku w rehabilitacji neurologicznej

### Use of biofeedback in neurological rehabilitation

Z Instytutu Fizjoterapii Uniwersytetu Rzeszowskiego

#### STRESZCZENIE

Artykuł zawiera przegląd badań i wybranych rozwiązań zastosowania biofeedbacku we współczesnej neurorehabilitacji. Ich problematyka dotyczy osób dotkniętych chorobami neurologicznymi. Badania te wykonywane są coraz częściej, a zatem doniesienia naukowe, które są coraz liczniejsze wskazują na fakt, iż w dziedzinie neurorehabilitacji, w tym również poznawczej, odpowiednio skonstruowane programy terapeutyczne mogą poprawiać wyniki leczenia w przypadku wielu chorób neurologicznych. Dlatego coraz częściej dochodzi do „wzbogacania” tzw. tradycyjnego modelu postępowania o nowe metody terapeutyczne, czy udoskonalony sprzęt rehabilitacyjny. Wszystkie te modyfikacje mają na celu jak najszybszy powrót pacjenta do pełnej sprawności lub pełne wykorzystanie jego szeroko rozumianego potencjału funkcjonalnego. A zatem metoda biofeedbacku z powodzeniem powinna być stosowana nie tylko jako rozszerzenie standardowego postępowania terapeutycznego, ale również w wielu wypadkach powinna stać się jego integralną częścią. Dlatego też można stwierdzić, iż wiele z zaprezentowanych rozwiązań należy wprowadzić do nowoczesnego modelu postępowania z pacjentem neurologicznym.

**Słowa kluczowe:** biofeedback, neurorehabilitacja, udar mózgu, stwardnienie rozsiane, choroba Parkinsona

#### ABSTRACT

This article includes a review of research and chosen solutions of use of biofeedback in contemporary neurorehabilitation. Their subject matter concerns persons suffering from neurological diseases. These kinds of research are performed increasingly, so the scientific reports that are more and more numerous indicate the fact that properly constructed therapeutic programs may improve the treatment results in case of many neurological problems in the field of neurorehabilitation, also the cognitive one. Therefore, so called traditional model of procedure is often “enriched” with new therapeutic methods or improved rehabilitation equipment. All these modifications aim at the faster recovery of patient or full use of his/her widely understood functioning potential. As one can see, the biofeedback method should be successfully used not only as an expansion of standard therapeutic procedure but in many cases also as its integral part. Therefore, one can state that many of the presented solutions shall be implemented to the contemporary model of proceeding with neurological patient.

**Key words:** biofeedback, neurorehabilitation, brain stroke, multiple sclerosis, Parkinson's disease

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

## Wstęp

Rehabilitacja neurologiczna, tzw. neurorehabilitacja jest szczególnym działem rehabilitacji wymagającym wysoko wykwalifikowanej specjalistycznej kadry oraz zastosowania kompleksowych metod pozwalających na leczenie deficytów fizycznych, poznawczych, behawioralnych, a także społecznych, stwierdzanych u pacjentów z chorobami neurologicznymi [1]. Neurorehabilitacja została określona jako zestaw metod, które mają na celu przywrócenie utraconych lub nieprawidłowych funkcji neurologicznych. Stosuje się ją w przypadku urazów bądź chorób w obrębie mózgowia lub rdzenia kręgowego [2].

Neurorehabilitacja zaczęła szczególnie intensywnie rozwijać się, wykorzystując odkrycia neurobiologii. Kluczowe dla tego pola rehabilitacji jest odkrycie dotyczące plastyczności ludzkiego mózgu [3], co wykorzystywane jest w przypadku pacjentów po przebytych udarach. Metody neurorehabilitacji wykorzystują zjawisko plastyczności mózgu w celu poprawy lub normalizacji neurologicznych lub funkcjonalnych deficytów [4].

Należy mieć na uwadze, że neurorehabilitacja często traktowana jest jako oddzielny proces mający jedynie miejsce w danej jednostce organizacyjnej [5], stanowiący istotną i integralną część postępowania terapeutycznego, jakie powinni otrzymać pacjenci z chorobami neurologicznymi. Dzięki zastosowaniu podstawowych zasad stosowanych w rehabilitacji, czyli: rzetelniej i kompleksowej ocenie pacjenta, wyznaczeniu celów oraz wprowadzeniu odpowiednich metod terapii, zaburzone funkcje mogą być optymalizowane przy jednoczesnym zapobieganiu innym komplikacjom oraz minimalizacji nadmiernego stresu zarówno dla pacjenta, jak i jego rodziny [6].

Coraz liczniejsze doniesienia naukowe wskazują na fakt, iż w dziedzinie neurorehabilitacji, w tym również poznawczej, odpowiednio skonstruowane programy terapeutyczne mogą poprawiać wyniki leczenia w przypadku wielu chorób neurologicznych [7]. Dlatego coraz częściej dochodzi do „wzbogacania” tzw. tradycyjnego modelu postępowania o nowe metody terapeutyczne, czy udoskonalony sprzęt rehabilitacyjny. Wszystkie te modyfikacje mają na celu jak najszybszy powrót pacjenta do pełnej sprawności lub pełne wykorzystanie jego szeroko rozumianego potencjału funkcjonalnego.

Jedną z technik często wprowadzaną do neurorehabilitacji jest metoda biofeedbacku. Biofeedback jest techniką wykorzystującą aparaturę elektroniczną, która pozwala jednostce na uczenie się, w jaki sposób zmienić funkcję fizjologiczną organizmu w celu osiągnięcia poprawy zdrowia oraz wydolności/efektywności określonej funkcji organizmu. Biofeedback definiowany jest również jako metoda treningu ciała-umysłu, która pomaga pacjentom osiągnąć świadomość oraz kontrolę procesów fizjologicznych, takich jak: oddychanie, tętno, napięcie mięśniowe, temperaturę skóry, reakcję elektrodermalną, ciśnienie krwi czy zapis hemoencefalograficzny [8–10].

## Introduction

Neurological rehabilitation - so called neurorehabilitation - is a special field of rehabilitation that requires highly-qualified specialist personnel and use of complex methods enabling the treatment of physical, cognitive, behavioural and social deficits diagnosed in patients with neurological problems [1]. Neurorehabilitation was defined as a set of methods that aim at restoration of lost or improper neurological functions. It is used in case of injuries or diseases within cerebrum or spinal cord [2].

Neurorehabilitation has started to develop especially intensively by use of neurobiological discoveries. The discovery crucial for this rehabilitation field is connected with plasticity of human brain [3], which is used in case of patients that have experienced a stroke. Neurorehabilitation methods use the phenomenon of brain plasticity in order to improve or normalise the neurological or functional deficits [4].

One should remember that neurorehabilitation is often treated as a separate process performed only in a given organizational unit [5], constituting an important and integral part of therapeutic procedure that should be applied for patients with neurological diseases. Thanks to the application of basic rules used in rehabilitation, i.e. reliable and complex assessment of patient, determination of goals and performance of proper therapy methods, the disordered functions can be optimised with simultaneous prevention of other complications and minimisation of excessive stress both for the patient and his/her family [6].

The more and more numerous scientific reports indicate the fact that properly constructed therapeutic programs may improve the treatment results in case of many neurological problems in the field of neurorehabilitation, also the cognitive one [7]. Therefore, so called traditional model of procedure is often “enriched” with new therapeutic methods or improved rehabilitation equipment. All these modifications aim at the faster recovery of patient or full use of his/her widely understood functioning potential.

One of the techniques that is often introduced to neurorehabilitation is the biofeedback method. Biofeedback is a technique that uses electronic devices, which enables the unit to learn how to change the physiological function of organism in order to improve health and efficiency/effectiveness of a given function of organism. Biofeedback is also defined as a method of body-mind training that helps patients with achievement of awareness and control of physiological processes such as: breathing, pulse, muscle tone, skin temperature, electrodermal reaction, blood pressure or hemoencephalographic record [8–10]. As it is indicated by the analysis of literature of the subject, this method is increasingly introduced into neurological rehabilitation in various ways and in many cases, the test results prove

Jak wykazuje analiza literatury przedmiotu, metoda ta coraz częściej w różny sposób wprowadzana jest do rehabilitacji neurologicznej, a w wielu przypadkach wyniki badań wskazują, że podnosi ona skuteczność dotychczas stosowanych form terapii bądź jest ich alternatywą.

### **Cel pracy**

Celem pracy jest przedstawienie wybranych rozwiązań zastosowania biofeedbacku we współczesnej neurorehabilitacji.

### **Wybrane rozwiązania rehabilitacyjne z zastosowaniem metody biofeedbacku**

Jednym z ciekawszych rozwiązań rehabilitacyjnych z zastosowaniem metody biofeedbacku jest wykorzystanie u pacjentów po udarze mózgu Brain-Machine Interface (BMI), czyli ortezy wyposażonej w EEG elektroencefalografii. BMI służy do treningu realizowanego w przypadku występowania niedowładu w obrębie kończyny górnej pacjenta. Autorzy zastosowali tę metodę w okresie przewlekłym u pacjentów, u których występował zarówno ciężki jak i umiarkowany niedowład. Badana grupa ćwiczyła za pomocą BMI jedną godzinę dziennie, raz lub dwa razy w tygodniu przez okres od 4 do 7 miesięcy. Po treningu, u pacjentów z ciężkim niedowładem pojawiła się, potwierdzona elektromiograficznie, dowolna aktywność prostowników palców [11].

Inny zespół badawczy wykorzystał natomiast rękawicę z systemem biofeedbacku. Działała ona dzięki czujnikom SEMG, które monitorowały pracę 7 mięśni ramienia oraz dłoni [12]. Badanie to nie tylko wykazało wysoką skuteczność tego typu sprzętu rehabilitacyjnego, bowiem nie tylko monitorowało pracę używanych w danym momencie mięśni, ale pacjent na podstawie jasno przekazanych danych miał możliwość wykonania autokorekty [13].

Hsu i wsp. w badaniach skupili się na poprawie zaburzonych zdolności sensorycznych oraz kontroli sensomotorycznej u pacjentów po przebytych udarach. W badaniu zastosowali specjalnie zaprojektowany prototyp CERB (*computerized evaluation and re-education biofeedback*) służący do oceny zdolności chwytnej ręki i monitorowania efektów treningu na koordynację ręki. Autorzy stwierdzili, że prototyp CERB dostarcza chwilowych i interaktywnych informacji o ilościowej ocenie i reedukacji modulacji siły u chorych po udarze z czuciowymi deficytami. Ponadto pacjenci mogą przeniść poznana strategię w celu poprawy funkcji ręki [14].

Zaburzenia równowagi ciała u pacjentów po udarze mózgu są istotnym problemem terapeutycznym [15]. W celu jego rozwiązania podjęto próbę zintensyfikowania ćwiczeń równoważnych poprzez wykorzystanie platformy z techniką biofeedbacku [16]. Wyniki dotychczasowych badań dotyczących wpływu treningu opartego na biologicznym sprzężeniu zwrotnym na stan równowagi

that it increases the efficiency of previously applied forms of therapy or it constitutes an alternative for them.

### **Paper's purpose**

The purpose of this paper is to present the chosen solutions of biofeedback's use in contemporary neurorehabilitation.

### **Chosen rehabilitation solutions with the use of biofeedback method**

One of the interesting rehabilitation solutions with the use of biofeedback method in case of patients after brain stroke is the application of Brain-Machine Interface (BMI), which is an orthosis equipped with electroencephalography (EEG). BMI is used for training conducted in case of occurrence of paresis of the patient's upper limb. Authors used this method in the chronic period in patients with both acute and moderate paresis. The tested group exercised with BMI for one hour a day, once or twice a week for the period of 4 to 7 months. After training, in case of patients with acute paresis, an electromyographically confirmed voluntary activity of extensors of fingers appeared [11].

Other research team on the other hand used a glove with biofeedback system. It worked thanks to the SEMG (Surface EMG) sensors that monitored the activity of 7 brachial and palmar muscles [12]. This research proved more than just a high effectiveness of such type of rehabilitation equipment, as it not only monitored the activity of muscles used in a given time but it also enabled the patient to correct him/herself on the basis of received data [13].

Hsu et al. focused in their research on the improvement of disordered sensory capabilities and sensorimotor control in patients that have experienced a stroke. In their research, they used a specially designed computerized evaluation and re-education biofeedback (CERB) used for the assessment of grasp performances and monitoring the effects of hand coordination training. The authors found, that the CERB prototype provided momentary and interactive information for quantitative assessing and re-educating force modulation appropriately for stroke patients with sensory deficits. Furthermore, the patients could transfer the learned strategy to improve hand function [14].

Bodily equilibrium disorders in patients after brain stroke are an important therapeutic problem [15]. In order to solve it, an attempt was made to intensify the balance exercises by use of a platform with biofeedback technique [16]. The results of previous research on the influence of training based on biofeedback on the condition of equilibrium and postural bending are ambiguous. There are discrepancies between opinions concerning the effectiveness of BF therapy, resulting from conflicting results of clinical trials. Some of the authors did not observe a considerable difference

i wychwiania posturalne są niejednoznaczne. Istnieją rozbieżności w opiniach dotyczących skuteczności terapii BF wynikające ze sprzecznych rezultatów badań klinicznych. Część autorów nie zaobserwowała istotnej różnicy pomiędzy efektami uzyskanymi w treningu z biofeedbackiem a tradycyjną fizjoterapią. Natomiast w niektórych pracach udowodniono, że trening BF jest korzystniejszy od konwencjonalnej rehabilitacji. Analizy badań prowadzonych przez Rolanda i wsp., Barclay-Goddarda i wsp. oraz Lina i wsp. wskazują na brak istotnej różnicy w poprawie klinicznej oceny wskaźnika równowagi podczas ruchów czy chodu na korzyść BF. Nie zauważyli także istotnego efektu treningu BF na laboratoryjne wskaźniki wychyleń posturalnych zarówno podczas próby z otwartymi, jak i zamkniętymi oczami [16–18]. Jednak zdecydowana większość autorów potwierdza pozytywny wpływ terapii z zastosowaniem BSZ na parametry równowagi ciała. Barclay-Goddard i wsp. w przeprowadzonej meta-analizie siedmiu randomizowanych badań klinicznych (RTC) zaobserwowali znaczną poprawę symetrii postawy ciała w grupie pacjentów usprawnianych metodą wykorzystującą dostarczanie wzrokowych lub/i akustycznych sygnałów [16]. Podobnej obserwacji dokonali Yavuzer i wsp., Yoo i wsp., Krekora i wsp. oraz Srivastava i wsp. Wszyscy autorzy w badaniach uzyskali znamiennej statystycznie poprawę poczucia równowagi. Trening chorych z niedowładem połowicznym na platformie z zastosowaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego wpływał na zmianę rozkładu sił nacisku kończyn dolnych, które osiągały wartości obserwowane u osób zdrowych [15, 19–21]. Yoo i wsp. zaobserwowali, że w badanej grupie obciążenie niedowładnej kończyny dolnej wzrosło średnio o 18% (z 26% do 44%). U wszystkich badanych z tej grupy nastąpiło zwiększenie siły nacisku kończyny dolnej, przy czym wartości siły zbliżyły się do wartości idealnej (50%) [19]. Krekora i wsp. także zwrócili uwagę na stopień przyrostu względnej siły nacisku kończyny niedowładnej, który stanowił w grupie badanej 75%, natomiast w grupie kontrolnej 15% wartości początkowej. Oznacza to, że terapia połączona z ćwiczeniami dostarczającymi BSZ powoduje 5-krotny przyrost siły nacisku niedowładnej kończyny dolnej [20]. Obserwacje dokonane przez powyższych autorów są zgodne z wynikami badań Winzeler-Mercay'a i wsp. oraz Jonsdottira i wsp. Stwierdzili oni, że rozkład nacisku sił w grupach testowanych zbliżał się do rozkładu symetrycznego, podczas gdy w kontrolnych grupach asymetria była nadal obecna. Dodatkowo badacze dokonali oceny rozkładu masy ciała 6 tygodni po zakończonym treningu. Zauważyli, że pozytywne rezultaty treningu w grupach pacjentów otrzymujących BF utrzymywały się przez dłuższy czas w porównaniu z wynikami osiągniętymi przez grupę kontrolną. Powyższe wyniki wskazują na fakt, że efekty treningu wpisały się we wzorce funkcjonalnego chodu [22, 23]. Przeciwnych wyników dostarczają Roland i wsp. Autorzy w swojej pracy nie

between results achieved for biofeedback training and traditional physiotherapy. In other works on the other hand, it was proved that BF training is more beneficial than conventional rehabilitation. The analyses of research conducted by Roland et al., Barclay-Goddard et al. and Lin et al. indicate that there is no significant difference in improvement of clinical assessment of the indicator of balance during movements or gait for the benefit of BF. They also did not notice any considerable effect of BF training on laboratory indicators of postural bending during the trial with both open and closed eyes [16-18]. However, the majority of authors confirm the positive influence of therapy with use of biofeedback on bodily equilibrium parameters. Barclay-Goddard et al. in the conducted meta-analysis of seven randomized clinical trials observed a considerable improvement of symmetry of posture in group of patients treated with method using the provision of visual and/or acoustic signals [16]. Similar observation was made by Yavuzera et al., Yoo et al., Krekora et al. and Srivastava et al. All authors achieved a statistically significant improvement of the sense of equilibrium from their research. Training of patients with hemiparesis on a platform with use of biofeedback had influence on the change of distribution of forces of pressure of the lower limbs, which achieved the values observed for health persons [15,19-21]. Yoo et al. observed that in the studied group, the load of paretic lower limb increased for 18% on the average (from 26% to 44%). In case of all subjects from that group there was an increase of the force of pressure of lower limb, while the force values approached the perfect value (50%) [19]. Krekora et al. also paid attention to the level of increase of the relative force of pressure of the paretic limb which was 75% in case of the studied group, and in the control group it amounted to 15% of the initial value. It means that therapy connected with biofeedback exercises results in a quintuple increase of the force of pressure of the paretic lower limb [20]. Observations made by the above mentioned authors are compliant with the results of research of Winzeler-Mercay et al. and Jonsdottir et al. They stated that the distribution of the pressure of forces in the tested group approached the symmetric distribution, while in control groups the asymmetry was still present. What is more, the researchers evaluated the distribution of body mass 6 weeks after the completed training. They noticed that the positive results of training in group of patients treated with BF remained for a longer time in comparison with results achieved by the control group. The above results indicate the fact that the training effects have become a part of functional gait patterns [22,23]. Contrasting results are provided by Roland et al. These authors did not observe any statistically significant difference between the results of traditional treatment and treatment with use of visual BF aiming at the improvement of symmetry of the body mass distribution in their research. The results

zaobserwowali istotnej statystycznie różnicy pomiędzy efektami tradycyjnego usprawniania i usprawniania z wykorzystaniem wzrokowego FB skierowanego na poprawę symetrii rozkładu masy ciała. Wyniki ich badań wskazują, że terapia z BF nie powinna być przedkładana nad konwencjonalne postępowanie terapeutyczne [17]. Opierając się na zaprezentowanych wynikach można stwierdzić, że wzrokowy lub/i akustyczny feedback pozytywnie wpływa na parametry rozkładu nacisku sił oraz wspomaga prawidłową dystrybucję masy ciała. Metoda BSZ połączona z konwencjonalną fizjoterapią dostarcza dodatkowych korzyści prawdopodobnie poprzez lepszą integrację informacji proprioceptywnych. Wskazane jest zatem wprowadzenie nowoczesnych metod terapeutycznych dostarczających sygnałów zwrotnych, umożliwiających wykształcenie pełnej kontroli nad procesami fizjologicznymi w rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu.

Pośród metod rehabilitacji prowadzących do zwiększenia prędkości chodu, długości kroku, miarowości, poprawy równowagi i symetrii postawy ciała u osób po udarze mózgu najbardziej popularne są: tradycyjny trening na bieżni lub trening na bieżni z częściowym odciążeniem, tzw. BWS – *body weight support*, dodatkowo wykorzystujący metodę biologicznego sprzężenia zwrotnego [24, 25]. *Gait machines* również oparte na biofeedbacku- stworzone do reedukacji chodu u pacjentów ze znacznym stopniem upośledzenia ruchowego, pozwalają na wykonywanie powtarzalnych, funkcjonalnych, specyficznych zadań, podczas których fizjoterapeuta nadzoruje czynności pacjenta [26–29]. Zaletą tego typu maszyn jest możliwość dostarczenia ciągłego podparcia dla nóg podczas wykonywania fizjologicznego wzorca chodu, wysoka precyzja powtórzeń oraz dłuższy okres treningu w porównaniu z tradycyjnym treningiem na bieżni [30].

W przypadku pacjentów chorych na stwardnienie rozsiane metodę biofeedbacku zastosowano w przypadku zaburzeń mikcji i defekacji (zarówno nietrzymaniu moczu i kału, jak i w zaparciach). Procedura ta wykorzystywała biofeedback w celu ponownej nauki prawidłowego odbioru bodźców z układu wydalniczego i odbytnicy. W badanej grupie (13 chorych, charakteryzujących się łagodnym przebiegiem stwardnienia rozsianego z lekką lub umiarkowaną niepełnosprawnością ruchową) stwierdzono statystycznie istotną poprawę zarówno w przypadku występowania zaparcia, jak i nietrzymania moczu [31]. Zasadność stosowania biofeedbacku w treningu kontroli zwieracza odbytu potwierdzają również Cooper i Rose [32].

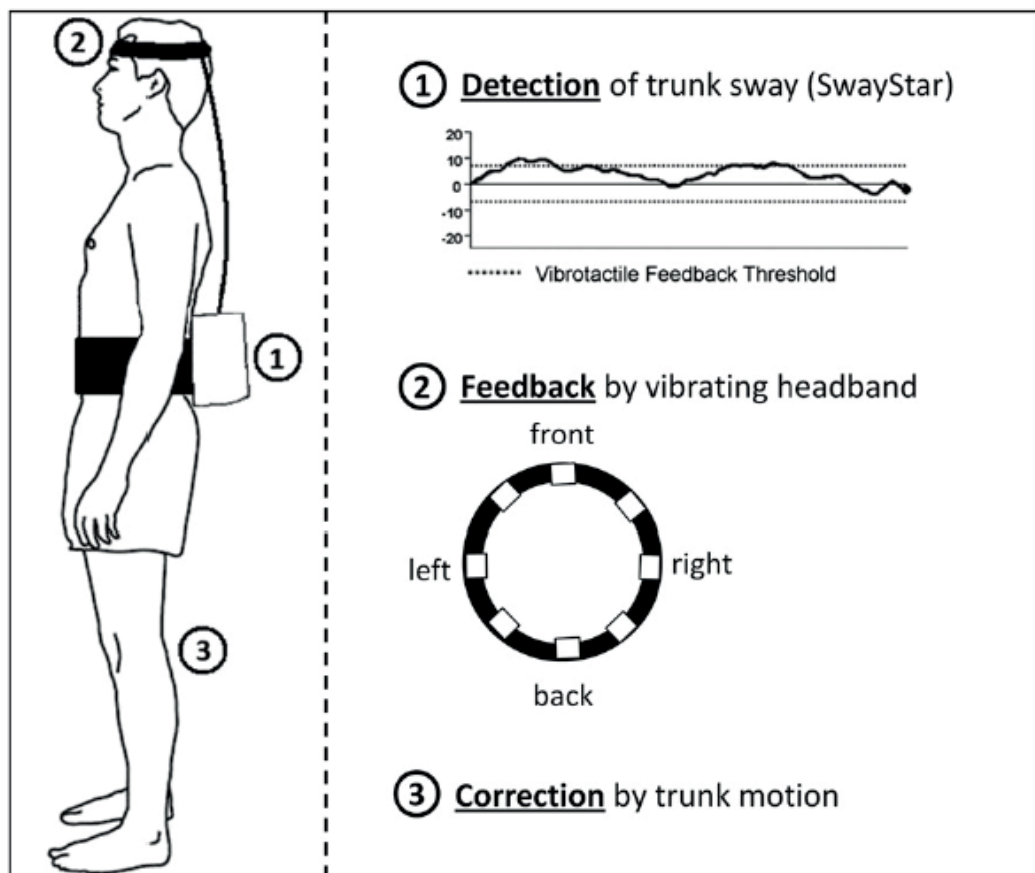
Z kolei w innym projekcie badawczym biofeedback zastosowano w celu poprawy funkcji równowagi u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. W badaniu tym wykorzystano NeroComSlido Master na grupie 20 pacjentów z klinicznie potwierdzonym stwardnieniem rozsianym. Interwencje tę stosowano przez 45 minut, dwa razy w tygodniu, przez okres 5 tygodni. Wyniki porównano

of their research indicate that the BF therapy shall not be set above conventional therapeutic procedures [17]. On the basis of the presented results, one can state that the visual and/or acoustic feedback has a positive influence on the parameters of the pressure of forces distribution and improves the proper body mass distribution. The BF method combined with conventional physiotherapy provides with additional benefits, probably thanks to the improved integration of proprioceptive information. Therefore, it is recommended to introduce the modern therapeutic BF methods enabling the formation of full control over the physiological process in rehabilitation of patients after brain stroke.

From among the methods of rehabilitation leading to the increase of gait speed, step length, regularity, improvement of balance and symmetry of the persons after brain stroke, the most popular are: traditional training on track or training on track with partial load - so called body weight support (BWS) - that additionally uses the biofeedback method [24,25]. "Gait machines" - also based on biofeedback - created for the re-education of gait in case of patients with considerable level of motor impairment, enable the performance of repetitive, functional, specific tasks during which the patient's activities are supervised by a therapist [26-29]. An advantage of such type of machines is the possibility of provision of constant support of legs during the performance of physiological gait pattern, high precision of repetitions and longer training period in comparison with traditional training on track [30].

In case of patients suffering from multiple sclerosis, biofeedback method was used in case of disorders of miction and defecation (both in case of faecal and urinary incontinence and constipations). This procedure used biofeedback for re-education of proper reception of stimuli from the excretory system and rectum. In the studied group (13 patients characterized with mild course of multiple sclerosis with mild or moderate motor impairment), a statistically considerable improvement was stated both in case of urinary incontinence and constipations [31]. Rationality of biofeedback's use in the training of anal sphincter control is confirmed also by Cooper and Rose [32].

In a different research project on the other hand, biofeedback was used in order to improve the balance function in patients with multiple sclerosis. In this research, NeroComSlido Master was used in a group of 20 patients with clinically confirmed multiple sclerosis. This intervention was used for 45 minutes, twice a week for a period of 5 weeks. The results were compared for a control group subject to standard treatment procedure. Analysis of intervention results proved that the applied therapeutic procedure had influence on the improvement of balance in the tested group of patients. In their conclusions, the authors of experiment emphasize the fact that the use of biofeedback shall be a part of complex



Ryc. 1. Schematyczna ilustracja systemu SwayStar i biofeedback

Fig. 1. Schematic illustration of the SwayStar and biofeedback system.

Źródło/ Source: The effects of vibrotactile biofeedback training on trunk sway in Parkinson's disease patients Original Research Article Parkinsonism & Related Disorders, Volume 18, Issue 9, November 2012, Pages 1017–1021 W. Nanhoe-Mahabier, J.H. Allum, E.P. Pasman, S. Overeem, B.R. Bloem]

do wyników grupy kontrolnej poddanej standardowemu postępowaniu leczniczemu. Analiza wyników interwencji wykazała, że zastosowane postępowanie terapeutyczne miało wpływ na poprawę równowagi w badanej grupie pacjentów. We wnioskach autorzy eksperymentu podkreślili, iż zastosowanie biofeedbacku powinno być częścią kompleksowego postępowania u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym, u których występują zaburzenia równowagi [33].

Badacze donoszą, iż wykorzystanie biofeedbacku w przypadku choroby Parkinsona, może mieć korzystny wpływ na kontrolę dobrowolnych ruchów (które normalnie są wykonywane automatycznie) oraz optymalizowanie prędkości, zakresu czy wydatku energetycznego podczas wykonywania danej czynności ruchowej [34].

Interesujące wyniki badań w przypadku zastosowania metody biofeedbacku w treningu równowagi u pacjentów z chorobą Parkinsona zaprezentowali Nanhoe-Mahabier i wsp. Grupę 20 pacjentów podzielili oni na dwie grupy: badaną oraz kontrolną. Grupa badana, oprócz standardowych zestawów zadań otrzymywała dodatkową informację zwrotną w postaci wibracji na okolice głowy

procedure in case of patients with multiple sclerosis with balance impairment [33].

Researchers state that the use of biofeedback in case of Parkinson's disease may have a positive influence on control of voluntary movements (that are normally performed automatically) and optimisation of the speed, scope or energy expenditure during performance of a given motor activity [34].

Interesting research results for the use of biofeedback method in balance training in patients with Parkinson's disease were presented by Nanhoe-Mahabier et al. They divided a group of 20 patients into two groups: studied and control group. The studied group, besides the standard task sets, was given also an additional feedback in form of vibrations to the head areas – the scheme of device is presented on fig.1. Both groups were instructed to perform two sets of tasks (the first one connected with gait, the second one connected with standing). This was a training part. Then, all participants performed 6 chosen tasks five times. During this exercise, the studied group received additional feedback in form of vibrations to forehead. For final evaluation, both groups performed

– schemat urządzenia przedstawia ryc. 1. W przypadku obu grup zlecono wykonanie dwóch zestawów ćwiczeń (pierwszy dotyczący chodu, drugi dotyczący stania). Była to część treningowa. Następnie wszyscy uczestnicy 5-krotnie wykonywali 6 wybranych zadań. Podczas tego szkolenia grupa badana otrzymywała dodatkowe informacje w postaci wibracji na okolicę czoła. W celu oceny końcowej obie grupy wykonały wszystkie 12 zadań. Analiza wyników badania wykazała, że już jedna sesja treningu równowagi u pacjentów z chorobą Parkinsona z zastosowaniem systemu biofeedbacku pozytywnie wpływa na poprawę stabilności tułowia w badanej grupie [35].

Wyniki dotyczące zastosowania biofeedbacku w przypadku traumatycznych uszkodzeń mózgu są niejednoznaczne. Terapia z zastosowaniem EEG biofeedback wykazała pewien wpływ na zmniejszenie dolegliwości bólowych. Jednak wynik końcowy tego typu terapii nie do końca jest jednoznaczny. W innych badaniach analizujących zastosowanie różnych form biofeedbacku (termicznego, elektromiograficznego) połączonego alternatywnie z terapią poznawczo-behawioralną, nie stwierdzono istotnych różnic między grupą badaną a *wait-list control group*. Pozytywny wynik natomiast uzyskano w przypadku zastosowania łączonej terapii biofeedback z *relaxation* w grupie pacjentów po traumatycznym urazie mózgu. Wyniki przeprowadzanych badań wykazały poprawę zarówno w przypadku werbalnej jak i wizualnej formy uczenia się i pamięci pacjenta. Badania te potwierdziły zasadność stosowania biofeedbacku w planowaniu postępowania rehabilitacyjnego w grupie pacjentów po urazie mózgu [36].

Zastosowanie biofeedbacku znalazło również miejsce w przypadku bardzo powszechnie występującej dolegliwości, jaką są bóle głowy (zwłaszcza w występowaniu migren). Rozwiązanie bowiem tego problemu zdrowotnego jest bardzo istotne dla indywidualnych pacjentów, jak i systemów ekonomicznych, socjalnych oraz ochrony zdrowia, bowiem ich leczenie wiąże się z dużymi kosztami pośrednimi i bezpośrednimi [37]. Okazało się bowiem, iż biofeedback z powodzeniem może być stosowany jako jedna z metod w celu złagodzenia tego typu dolegliwości bólowych [38]. Potwierdza to metaanaliza 55 badań potwierdzających skuteczność metody biofeedbacku jako zapobiegającej występowaniu napadów migreny, ale również redukującej lęk i depresję [39–41].

Autorzy donoszą, iż z powodzeniem metoda biofeedbacku może zostać wykorzystana w przypadku występowania zespołu Tourette'a lub padaczki. Biofeedback relaksacyjny może prowadzić do obniżenia poziomu aktywności tikowej. Nagai i wsp. potwierdzili skuteczność metody w aspekcie terapii symptomów ww. zespołu. Obserwacje skuteczności metody GSR (*galvanic skin response*) biofeedbacku w warunkach klinicznych w przypadku padaczki również dowodzą, pewnej skuteczności. Sesje oparte na tym rodzaju biofeedbacku mogą zwiększać kon-

all 12 tasks. The analysis of results proved that even one balance training session with the use of biofeedback in patients with Parkinson's disease has a positive influence on trunk stability in the studied group [35].

Results concerning the use of biofeedback in case of traumatic brain injuries are ambiguous. Therapy with use of the EEG biofeedback indicated certain influence on relief of pain. However, the final result of this type of therapy is not completely unambiguous. Other research analysing the use of various forms of biofeedback (thermal, electromyographic) alternatively combined with cognitive-behavioural therapy did not indicate considerable differences between the studied group and a wait-list control group. However, a positive result was achieved in case of combined therapy of biofeedback and relaxation in patients after traumatic brain injury. The results of conducted tests proved the improvement in case of both verbal and visual form of education and memory of the patient. These research confirmed the justifiability of the biofeedback use in planning of the rehabilitation procedure in patients after brain injury [36].

Biofeedback was also used in case of a common complaint - headache (especially for migraine headache). It is caused by the fact that solving this problem is very important both for individual patients and economic, social, and healthcare systems, as the treatment is connected with high direct and indirect costs [37]. As it turned out, biofeedback can be successfully applied as one of the methods used for relieving such type of pains [38]. This is confirmed by a meta-analysis of 55 research confirming the effectiveness of biofeedback method as a method preventing from migraine attacks and alleviating anxiety and depression [39–41].

Authors report that the biofeedback method may be successfully used in case of Tourette syndrome or epilepsy. Relaxative biofeedback can result in decrease of the tic activity. Nagai et al. confirmed the effectiveness of this method in aspect of therapy of symptoms of the above mentioned syndrome. Observations on the effectiveness of the galvanic skin response biofeedback (GSR) method in clinical conditions in case of epilepsy also prove certain effectiveness. Sessions based on this type of biofeedback may increase the control over epileptic attacks by patients, through development of psychological "remedies" in response to physiological reactions of organism [42–44].

The EEG biofeedback method was also used in therapy of neurodevelopmental disorder – ADHD. Authors of many scientific reports confirm that the application of many additional modifications (introduction of HEG biofeedback, EMG biofeedback or measurement of heart function) in case of this diagnosis may result in the improvement of both attention and control of behaviour [45, 46].

trzęsienia i napadów padaczki przez pacjentów poprzez rozwój psychologicznych „środków zaradczych” w odpowiedzi na reakcje fizjologiczne organizmu [42–44].

Zastosowanie metody EEG biofeedbacku znalazło również miejsce w terapii zaburzenia neurorozwojowego, jakim jest ADHD. Autorzy wielu doniesień naukowych podkreślają, że poprzez zastosowanie wielu dodatkowych modyfikacji (wprowadzenie HEG biofeedbacku, EMG biofeedbacku czy pomiaru czynności serca) w przypadku tego rozpoznania można uzyskać zarówno poprawę w sferze uwagi, jak i kontroli zachowania [45, 46].

## Wnioski

Wyniki wielu badań potwierdzają, iż metoda biofeedbacku z powodzeniem powinna być stosowana nie tylko jako rozszerzenie standardowego postępowania terapeutycznego, ale również w wielu wypadkach powinna stać się jego integralną częścią. Dlatego też można stwierdzić, iż wiele z zaprezentowanych rozwiązań należy wprowadzić do nowoczesnego modelu postępowania z pacjentem neurologicznym.

Wyniki zastosowania biofeedbacku w przypadku niektórych aspektów klinicznych ciągle jeszcze pozostają sprzeczne, dlatego też celowe byłoby przeprowadzanie badań klinicznych obejmujących szerszą grupę pacjentów.

Jednocześnie należy zwrócić uwagę na problem organizacji badań klinicznych z zastosowaniem BSZ. W przypadku biologicznego sprzężenia zwrotnego trudność stanowi skonstruowanie badań tak, aby wykorzystać cenne dane pochodzące z tzw. podwójnie ślepej próby w celu wykluczenia lub potwierdzenia efektu placebo. Bowiem jedynie randomizowane badania o długim czasie trwania, uwzględniające podwójne zaślepienie próby, z grupą kontrolną nieotrzymującą danego postępowania terapeutycznego mogłyby ostatecznie rozstrzygnąć wątpliwości [47] związane z wprowadzeniem nowych metod terapeutycznych do standardowego postępowania. Niestety, długoterminowe badanie z zastosowaniem placebo, w przypadku rehabilitacji często nie są możliwe, generują wysokie koszty i mogą okazać się sprzeczne z etyką.

Dotychczasowe postępowanie lecznicze w przypadku wielu jednostek chorobowych musi obejmować nowoczesną farmakoterapię oraz szeroko rozumianą kompleksową rehabilitację, która powinna obejmować najbardziej efektywne metody fizjoterapeutyczne i nowoczesne sprzęty rehabilitacyjne czyniące ją jeszcze bardziej skuteczną. Dlatego też instytucje odpowiedzialne za organizację i finansowanie służby zdrowia w przypadku rehabilitacji neurologicznej powinny wziąć pod uwagę wprowadzenie pewnych rozwiązań wykorzystujących biologiczne sprzężenie zwrotne, ponieważ zwiększają one skuteczność postępowania terapeutycznego.

## Conclusions

Results of many research confirm the fact that the biofeedback method should be successfully used not only as an expansion of the standard therapeutic procedure but in some cases also as its integral part. Therefore, one can state that many of the presented solutions shall be introduced to the modern model of treatment of neurological patient.

The results of the use of biofeedback in case of certain clinical aspects still remain conflicting, therefore it would be advisable to conduct clinical research on a bigger group of patients.

At the same time, one should pay attention to the problem of organisation of clinical trials with the use of biofeedback. In case of biofeedback, the difficulty consists in construction of research in such way so as to use valuable data from so called double blind trial in order to exclude or confirm the placebo effect, as only randomized research lasting for a long period and considering double blind trials in a control group that does not receive a given therapeutic treatment could finally clarify the doubts [47] connected with implementation of new therapeutic methods to standard procedure. Unfortunately, long-term studies with the use of placebo are often impossible in case of rehabilitation, they generate high costs and may turn out to be unethical.

The current treatment procedure in case of many disease entities has to consist of modern pharmacotherapy and widely understood complex rehabilitation that should include the most effective physiotherapeutic methods and modern rehabilitation devices, making it even more effective. Therefore, institutions responsible for organisation and funding of health service in case of neurological rehabilitation should consider the introduction of certain solutions that use biofeedback, as they increase the efficiency of therapeutic procedure.



## Piśmiennictwo / References

1. Flanagan SR. *The state of neurorehabilitation: past, present, and future*. PM R 2010;2(6):485-487.
2. Murie-Fernández M, Irimia P, Martínez-Vila E, John Meyer M, Teasell R. *Neuro-rehabilitation after stroke*. Neurología 2010;25(3): 189-196.
3. Warraich Z, Kleim JA, Neural Plasticity. *The biological substrate for neurorehabilitation*. PM R 2010;2(12):208-219.
4. Kleim JA. *Neural plasticity and neurorehabilitation: Teaching the new brain old tricks*. J Commun Disord 2011; 44(5):521-528.
5. Stevenson V, Playford D. *Neurological rehabilitation and the management of spasticity*. Medicine 2012;40(9):513-517.
6. Kwolek A, Drużbicki M. *The Assessment of Lower Limbs' Load Symmetry and Walk' s Speed at Patients Hospitably Rehabilitated with USA of Dynamometric Platform After Stroke*. MEDIMOND 2005;1:51-54.
7. Disbrow EA, Russo KA, Higginson CI et al. *Efficacy of tailored computer-based neurorehabilitation for improvement of movement initiation in Parkinson's disease*. Brain Res 2010;1452:151-164.
8. Training materials from the Workshop: Introduction to the Practice of Neurofeedback: Assesment Leeds to Appropriate Intervention, Lynda Thompson and Michael Thompson At the: 16-th Annual Meeting of the Biofeedback Federation of Europe CIC, Rzeszów, Poland 2012.
9. Jung KW, Yang DH, Myung SJ. *Encyclopedia of Human Behavior*, 2nd Edition [Biofeedback Therapy] 2012: 344-347.
10. Glick RM, Greco CM. *Biofeedback and Primary Care*. Primary Care: Clinics in Office Practice 2010;37:91-103.
11. Shindo K, Ushiba J, Liu M. *Neurorehabilitation with brain-machine interface*. Neurosci Res 2010; 68:e45.
12. Banerji S, Heng J, Pereira BP. *Facilitating early onset of therapy after stroke: An arm glove design for assessment and self-regulation of biomechanics in motor function recovery, accepted at The International Conference on Rehabilitation and Assistive Technology*. iCREATE 2012, Singapore, 2012.
13. Banerji S, Wee Keong Kuah C, Heng J, He Kong K. *A Physio-Neuro Approach to Accelerate Functional Recovery of Impaired Hand after Stroke*. Procedia Engineering 2012;41:257-263.
14. Hsu HY, Lin CF, Su FC, Kuo HT, Chiu HY, Kuo LC. *Clinical application of computerized evaluation and re-education biofeedback prototype for sensorimotor control of the hand in stroke patients*. J Neuroeng Rehabil 2012; 9:26.
15. Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Stam H. *The effect of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial*. Clin Rehabil 2006;20(11):960-969.
16. Barclay-Goddard R, Stevenson T, Poluha W, Moffatt ME, Taback SP. *Force platform feedback for standing balance training after stroke*. Stroke 2005;36(2):412-413.
17. Roland P, Van Peppen M, Kortsmits M, Lindeman E, Kwakkel G. *Effect of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: a systematic review*. J Rehabil Med 2006;38(1): 3-9.
18. Lin C, Chung K, Chang C, Wu C, Liao I. *Gait evaluation of biofeedback balance training for chronic stroke patients*. Journal of the Chinese Institute of Engineers 2003; 26(6):845-852.
19. Yoo EY, Chung BI. *The effect of visual feedback plus mental practice on symmetrical weight-bearing training in people with hemiparesis*. Clin Rehabil 2006;20(5):388-397.
20. Krekora K, Czernicki J. *Biofeedback in rehabilitation of stroke patients*. Rehabil Med 2005;9(3):26-30.
21. Srivastava AB, Taly AB, Gupta A, Kumar S, Murali T. *Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique*. J Neurol Sci 2009; 287(1-2):89-93.
22. Mudie MH, Winzeler-Mercay U, Radwan S, Lee L. *Training symmetry of weight distribution after stroke: a randomized controlled pilot study comparing task-related reach, Bobath and feedback training approaches*. Clin Rehabil 2002;16(6): 582-592.
23. Jonsdottir J, Recalcati M, Rabuffetti M, Ferrarin M, Casiraghi A, Cattaneo D. *Motor learning approach to application of electromyographic biofeedback to improve gait in individuals with chronic stroke*. Gait & Posture 2009;2(1):e30.
24. Lamontagne A, Fung J. *Faster is better: implications for speed-intensive gait training after stroke*. Stroke 2004;35(11): 2543-2548.
25. Miller E, Combs S, Fish C, Bense B, Owens A, Burch A. *Running training after stroke: a single-subject report*. Phys Ther 2008;88(4):511-522.
26. Schmidt H, Werner C, Bernhardt R, Hesse S, Kruger J. *Gait rehabilitation machines based on programmable footplates*. J Neuroeng Rehabil 2007;4:2.
27. Chang S, Rincon D. *Biofeedback controlled ankle foot orthosis for stroke rehabilitation to improve gait symmetry*. Florida Conference on Recent Advances in Robotics 2006; 25-26.
28. Kakou H, Shitama H, Kimura Z, Nakamoto Y, Furuta N, Honda K, Wada F, Hachisuka K. *Walking assist robot and its clinical application*. J UOEH 2009;39(2): 207-218.
29. Stoller O, Waser M, Stammer L, Schuster C. *Evaluation of robot-assisted gait training using integrated biofeedback in neurologic disorders*. Gait & Posture 2012;35(4): 595-600.
30. Lunenburger L, Kolombo G, Reiner R. *Biofeedback for robotic gait rehabilitation*. J Neuroeng Rehabil 2007;4:1.
31. Crayton HJ, Rossman HS. *Managing the symptoms of multiple sclerosis: A multimodal approach*. Clin Ther 2006;28(4): 445-460.
32. Cooper ZR, Rose S. *Fecal incontinence: A clinical approach*. Mt Sinai J Med 2006;67(2): 96-105.
33. Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, Hicks RR. *Balance Treatments in Subjects With Multiple Sclerosis: Effects of physical therapy Interventions with and without biofeedback and/or forceplate training*. Phys Ther 2001;81(4):995-1005.
34. Kiriazov P. *Optimal motor learning strategy in the neurorehabilitation*. Basal Ganglia 2011;1(1):40.
35. Nanhoe-Mahabier W, Allum JH, Pasman EP, Overeem S, Bloem BR. *The effects of vibrotactile biofeedback training*

- on trunk sway in Parkinson's disease patients. *Parkinsonism Relat Disord* 2012;18(9):1017-1021.
36. Watanabe TK, Bell KR, Walker WC, Schomer K. *Systematic review of interventions for post-traumatic headache*. *PM R* 2012;4(2):129-140.
37. Hawkins K, Wang S, Rupnow M. *Direct cost burden among insured US employees with migraine*. *Headache* 2008;48(4):553-563.
38. Weeks RE. *Behavioral management of headache*. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2009;13(1):50-57.
39. Nestoriuc Y, Martin A. *Efficacy of biofeedback for migraine: a meta-analysis*. *Pain* 2007;128(1-2):111-127.
40. Nestoriuc Y, Martin A, Rief W et al. *Biofeedback treatment for headache disorders: a comprehensive efficacy review*. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33:125-140.
41. Gantenbein AR, Afra J, Jenni W, Sando PS. *Complementary and alternative treatments for migraine*. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2012;16(1):76-81.
42. Nagai Y, Critchley HD, Rothwell JC, Duncan JS, Trimble MR. *Changes in cortical potential associated with modulation of peripheral sympathetic activity in patients with epilepsy*. *Psychosom Med* 2009;71(1):84-92.
43. Nagai Y, Goldstein LH, Fenwick PB, Trimble MR. *Clinical efficacy of biofeedback treatment on reducing seizures in adult epilepsy: a preliminary randomized controlled study*. *Epilepsy & Behavior* 2004;5(2):216-223.
44. Nagai Y, Cavanna A, Critchley HD. *Influence of sympathetic autonomic arousal on tics: Implications for a therapeutic behavioral intervention for Tourette syndrome*. *J Psychosom Res* 2009;67(6):599-605.
45. Kleidaria G, Paspalia A, Papavasiliou AS. *The effect of psycho-educational therapy on electroencephalographic biofeedback scores in ADHD*. *European Journal of Paediatric Neurology* 2009;13(1):125-126.
46. Sapina E, Danilenko E. *Biofeedback games usage possibilities as ADHD a diagnostic method*. *Int J Psychophysiol* 2012;85(3):419-420.
47. Preston E, Ada L, Dean CM, Stanton R, Waddington G. *What is the probability of patients who are nonambulatory after stroke regaining independent walking?* *Int J Stroke* 2011;6(6):531-40.

**Adres do korespondencji / Mailing address:**

Andrzej Kwolek  
Instytut Fizjoterapii, Wydział Medyczny,  
Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Warszawska 26A, 35-205 Rzeszów