

Prospektywna ocena korelacji wyników posturografii, natężenia bólu i możliwości funkcjonalnych u osób z chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego – badanie pilotażowe

Prospective Evaluation of the Correlation of Posturographic Data, Pain Intensity and Functional Capacity in Patients with Osteoarthritis of the Lumbosacral Spine – Pilot Study

Bartosz Słomka^{1,3(A,B,C,D,E,F)}, Witold Rongies^{1,4(A,D,E)}, Janusz Sierdziński^{2(C,D)}

¹ Zakład Rehabilitacji Oddział Fizjoterapii, II Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Polska

² Zakład Informatyki Medycznej i Telemedycyny, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Polska

³ Studium Doktoranckie, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Polska

⁴ Zakład Rehabilitacji, Samodzielny Publiczny Centralny Szpital Kliniczny w Warszawie, Polska

¹ Department of Physiotherapy, Rehabilitation Division, 2nd Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Poland

² Department of Medical Informatics and Telemedicine, Medical University of Warsaw, Poland

³ PhD student, Medical University of Warsaw, Poland

⁴ Division of Rehabilitation, Independent Public Central Teaching Hospital in Warsaw, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp. W ostatnich latach wykazano istotny wpływ choroby zwyrodnieniowej stawów kończyn dolnych i kręgosłupa na pogorszenie stabilności ciała człowieka. Brak jednak doniesień wykazujących korelację pomiędzy wartościami określającymi stabilność ciała a możliwościami funkcjonalnymi tych chorych.

Cel pracy. 1. Ocena wybranych parametrów posturograficznych w grupie kobiet z podostрым bólem okolicy lędźwiowo-krzyżowej. 2. Określenie korelacji pomiędzy wartościami określającymi stabilność ciała, natężeniem bólu oraz możliwościami funkcjonalnymi, u kobiet z chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa, w okolicy L-S.

Materiał i metody. Badaniem objęto wybraną w sposób losowy grupę 20 kobiet (średni wiek 62,2±8,6), leczonych z powodu dolegliwości bólowych okolicy L-S kręgosłupa. Oceny posturograficznej dokonywano bezpośrednio przed i po przeprowadzonej rehabilitacji oraz po trzech miesiącach od zakończonego leczenia. Do badania wykorzystano podometr elektroniczny WIN-POD typu Pel 38. Do oceny statystycznej otrzymanych wyników zastosowano pakiet statystyczny Statistica 10.0, wykorzystując analizę wariancji ANOVA Friedmana, test Wilcoxon'a i korelację Spearmana. Za poziom istotności przyjęto wartość $p < 0,05$.

Wyniki. 1. Kobiety z dolegliwościami bólowymi kręgosłupa L-S, charakteryzowały się znacznym zaburzeniem stabilności ciała w warunkach wyłączenia kontroli wzrokowej. 2. Po zakończonej rehabilitacji zaobserwowano istotne obniżenie natężenia odczuwanego bólu, poprawę stabilności ciała oraz możliwości funkcjonalnych w badanej grupie. 3. Wykazano korelację pomiędzy natężeniem bólu (VAS) a wartościami określającymi możliwości funkcjonalne badanych (WOMAC).

Wnioski. 1. Obiektywna ocena posturograficzna korelowała z wynikami uznanych, subiektywnych testów klinicznych. 2. Obserwowane zaburzenia stabilności ciała u kobiet z bólem podostрым ok. L-S, mogą być następstwem pogorszenia propriocepcji w tej grupie chorych. 3. Otrzymane wyniki zachęcają do kontynuowania badań w oparciu o większą grupę osób.

Słowa kluczowe: fizjoterapia, stabilność, równowaga, spondyloartroza

SUMMARY

Background. A significant effect of osteoarthritis of the lower limbs and spine on deterioration of the stability of the human body has been demonstrated in recent years. However, no reports have investigated the correlation between indices of body stability and functional capabilities of such patients.

Aim. 1. To evaluate selected posturographic parameters in women with subacute low back pain. 2. To determine the correlation between the indices of body stability, pain intensity and functional capabilities in women with osteoarthritis of the lumbosacral spine.

Materials and methods. The study involved a randomly selected group of 20 women (mean age 62.2 ± 8.6 years) treated on an outpatient basis for low back pain. A posturographic evaluation was performed immediately before and after rehabilitation and at three months after completion of the treatment. The study used a WIN-POD PEL 38 electronic podometer. The Statistica 10.0 statistical package was used for statistical assessment of the study data, which was based on Friedman's ANOVA, Wilcoxon test and Spearman's correlation, with the level of significance set at $p < 0.05$.

Results. 1. The women with lumbosacral pain experienced significantly impaired postural stability in the absence of visual control. 2. After rehabilitation, there was a significant reduction in pain intensity and improved body stability and functional capability of the subjects. 3. A correlation was found between pain intensity (VAS), and the parameters of the respondents' functional capabilities (WOMAC).

Conclusions. 1. Objective posturographic assessment correlated with the results of recognized subjective clinical tests. 2. The observed abnormal postural stability in women with subacute lumbosacral pain may be a consequence of an impairment of proprioception in this group of patients. 3. The results encourage further research of larger study populations.

Key words: physiotherapy, stability, postural balance, spondyloarthrosis

WSTĘP

Zespół bólowy dolnego odcinka kręgosłupa stanowi jedną z najczęstszych dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego. W większości przypadków są to bóle przewlekłe (utrzymujące się dłużej niż trzy miesiące) o niespecyficznym charakterze. Prawie 60% osób, które doświadczyły bólu ok. L-S kręgosłupa, powraca do wcześniejszej sprawności już po kilku tygodniach leczenia zachowawczego. Pozostałe 40% wymaga, zwykle, dłuższej rekonwalescencji, a ryzyko pojawienia się dolegliwości o charakterze przewlekłym jest wysokie [1-3]. Czynnikiem predysponującym dla wystąpienia tego zespołu bólowego, mogą być zarówno nadwaga, otyłość, wysoki wzrost (kobiety powyżej 170 cm, mężczyźni powyżej 180 cm), osłabienie mięśni posturalnych, przebyte urazy w obrębie narządu ruchu, skolioza, wady rozwojowe, charakter wykonywanej pracy, brak znajomości zasad ergonomii, siedzący tryb życia, nieprawidłowa postawa ciała, jak również pewne stany psychiczne: stres, depresja [4-7]. Etiopatogeneza związana jest głównie z mechanizmem zwyrodnieniowo-przeciążeniowym w obrębie krążka międzykręgowego oraz w stawach i więzadłach tej części kręgosłupa. Niezależnie od etiopatogenezy dolegliwości bólowych, zmiany patologiczne obejmują wszystkie struktury w obrębie danego segmentu ruchowego. W obrazie klinicznym stwierdza się objawy neurologiczne jak ból, ubytki czucia, porażenia, niedowłady lub objawy korzeniowe [8-10]. Pomimo licznych przyczyn dolegliwości bólowych okolicy L-S kręgosłupa, łączy je wspólna lokalizacja oraz charakterystyczna analgetyczna postawa ciała. Poszukując nowych sposobów objektivizacji, rozpoznawania i leczenia rehabilitacyjnego osób z zespołem bólowym dolnego odcinka kręgosłupa, wykorzystano nowoczesne badanie pedobarograficzne pozwalające ocenić ślad wychwiania rzutu ogólnego środka ciężkości ciała.

Celem pracy była ocena wybranych parametrów posturograficznych w grupie kobiet z podoстрыm bólem okolicy lędźwiowo-krzyżowej i określenie korelacji pomiędzy wartościami określającymi stabilność ciała, natężeniem bólu oraz możliwościami funkcjonalnymi, u kobiet z chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa, w okolicy L-S.

MATERIAŁ I METODY

Badaniem objęto, wybraną w sposób przypadkowy, grupę 20 kobiet w wieku od 50 do 75 lat (średni wiek $62,2 \pm 8,6$ lat), leczonych w Zakładzie Rehabilitacji Samodzielnego Publicznego Centralnego Szpitala Klinicznego w Warszawie. Podstawowym kryterium włączenia było rozpoznanie bólu okolicy L-S

BACKGROUND

Low back pain is one of the most common musculoskeletal conditions. Most of the patients experience chronic (lasting more than three months) non-specific pain. Almost 60% of patients who experienced low back pain recover their previous ability after just a few weeks of conservative treatment. The remaining 40% usually require longer convalescence and are at high risk of chronic pain [1-3]. Factors predisposing to low back pain include overweight, obesity, tallness (women over 170 cm and men over 180 cm), weakening of postural muscles, history of injuries to the musculoskeletal system, scoliosis, developmental defects, type of occupation, unawareness of the principles of ergonomics, sedentary lifestyle, incorrect body posture as well as certain mental states, such as stress or depression [4-7]. The etiopathogenesis is predominantly associated with degeneration and overload within the intervertebral disk as well as the joints and ligaments of this segment of the spine. Regardless of the origin of pain, there are lesions in all structures within a given motor segment. Clinically, there are neurologic symptoms such as pain, sensory defects, paralysis, paresis or radicular symptoms [8-10]. Despite the large number of possible causes of low back pain, patients with this syndrome share a common location of the pain and a particular analgesic body posture. In search of new methods for objective assessment, diagnosis and rehabilitation of patients with low back pain, this study used a novel pedobarographic examination to assess the deviation of projections of the overall center of gravity. The aim of this paper was to evaluate selected posturographic parameters in women with subacute low back pain. The study also aimed to determine the correlation between the indices of body stability, pain intensity and functional capabilities in women with osteoarthritis of the lumbosacral spine.

MATERIAL AND METHODS

The study involved a randomly selected group of 20 women aged 50 to 75 years (mean age 62.2 ± 8.6 years) treated in the Rehabilitation Division of the Independent Public Central Teaching Hospital in Warsaw. The basic inclusion criterion was diagnosis of lumbosacral pain associated with degenerative dise-

kręgosłupa, w przebiegu zmian zwyrodnieniowych. Diagnozy dokonano na podstawie badania podmiotowego i przedmiotowego oraz analizy wyników badań obrazowych (rtg, MR, TK). Kwalifikacji dokonał lekarz specjalista rehabilitacji medycznej. Średnia wartość wskaźnika masy ciała BMI (Body Mass Index) dla badanej grupy wyniosła $26 \pm 3,0 \text{ kg/m}^2$ (dokładna charakterystyka grupy badanej Tab. 1). Zastosowany 15-dniowy program leczenia fizjoterapeutycznego był porównywalny dla wszystkich badanych i obejmował: zastosowanie pozycji relaksacyjnej (odciążenie kręgosłupa L-S w systemie podwieszek), magnetoterapię wolnozmiennym polem magnetycznym o częstotliwości $f=2\text{-}50\text{ Hz}$, intensywności pola $2,5\text{-}5\text{ mT}$ i czasie trwania 15 minut, jonoforezę z *Hydrocortizonum* na ok. punktu spustowego w ok. kręgosłupa L-S, prądy interferencyjne z modulacją od 1 Hz do 100 Hz, ćwiczenia specjalne, fleksyjne na bóle krzyża (wg Zakładu Rehabilitacji SP CSK), ćwiczenia propriocepcji kończyn dolnych i kręgosłupa, ćwiczenia w wodzie (basenie leczniczym) oraz instruktaż w zakresie profilaktyki przeciążeń dolnego odcinka kręgosłupa. Pierwszym badaniem oceniającym chorych z bólami kręgosłupa L-S była posturografia. Do badania wykorzystano nowoczesny podometr elektroniczny WIN-POD typu Pel 38 z komputerowym analizatorem obrazu i oprogramowaniem WIN – POD w wersji 3.81. Wyniki rejestrowano przy częstotliwości (f) 100 Hz w czasie 30 sekund. Analizie poddano wartości określające długość (mm), powierzchnię (mm^2) oraz średnią prędkość (mm/s) wychwiał rzutu ogólnego środka ciężkości Center of Gravity – COG. Wszystkie badania posturograficzne wykonywano zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką. Celem obiektywizacji wyników uzyskanych z badania posturograficznego, przed jego wykonaniem uczestnicy byli oceniani w zakresie ogólnego samopoczucia, zażywania leków, liczby godzin snu, spożywania alkoholu, wykonywania wzmózonych wysiłków fizycznych poprzedzających próbę oraz odczuwanych dolegliwości bólowych w innych częściach ciała, mogących niekorzystnie wpływać na ich stabilność. W celu redukcji czynników zakłócających rzetelność i powtarzalność badania posturo-

ase of the spine. The diagnosis was based on a physical examination and history as well as analysis of imaging data (X-ray, MRI, CT). The patients were qualified for the study by a medical rehabilitation specialist. The mean Body Mass Index (BMI) in the study group was $26 \pm 3.0 \text{ kg/m}^2$ (see Tab. 1 for the detailed baseline characteristics of the study group). The physiotherapy programme lasted 15 days and was comparable for all the patients. It included: relaxation position (reducing load on the lumbosacral spine by a system of slings), magnetic field therapy using a low-frequency pulsed magnetic field with frequency with $f=2\text{-}50\text{ Hz}$, field intensity of $2.5\text{-}5 \text{ mT}$ and duration of 15 minutes, *Hydrocortizonum* ionophoresis to the area of a trigger point in the lumbosacral spine, interferential currents with a modulation range of $1\text{ Hz}\text{-}100\text{ Hz}$, special flexion exercise for low back pain (designed by the Rehabilitation Division of the Independent Public Central Teaching Hospital in Warsaw), exercises to enhance proprioception in the lower limbs and spine, exercises in water (therapeutic pool) and guidance on prevention of low back overload. The patients with low back pain underwent posturographic assessment as their initial examination. The examination used a state-of-the-art WIN-POD PEL 38 electronic podometer with a WIN-POD computer image analyser and software version 3.81. Data were recorded at a frequency (f) of 100 Hz for 30 seconds. The data comprised the length (mm), surface (mm^2) and mean velocity (mm/s) of deviation of the overall center of gravity (COG). All posturographic examinations were performed in accordance with generally accepted methodology. In order to enhance objectivity of the posturographic results, the participants were assessed before the examination with regard to their general feeling, medicine consumption, duration of sleep, alcohol consumption, strenuous physical exercise before the test and pain in other body parts that could potentially affect their stability. The authors developed their own exclusion criteria to limit factors which could reduce the reliability and repeatability of the posturographic examination, namely: musculoskeletal pain other than low back pain, advanced foot deformity, consump-

Tab. 1. Charakterystyka demograficzna badanej grupy

Tab. 1. Baseline characteristics of participants

Liczba pacjentów / Number of patients n=20	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation
Wiek (w latach)/ Age (years)	62,2	50	75	63,5	8,6
BMI (kg/m^2)	26	22,5	31,2	24,8	3,0

BMI – Body Mass Index

graficznego stworzono własne kryteria wyłączenia: występowanie innych dolegliwości bólowych w obrębie narządu ruchu, zaawansowane deformacje stóp, przyjmowanie leków przeciwbólowych, psychotropowych oraz innych mogących wpływać na reakcje równoważne, skrócenie czynnościowe w obrębie kończyn dolnych powyżej 15 mm, ogólne złe samopoczucie, zaburzenia równowagi, deklaracja spożywania alkoholu w okresie 24 h poprzedzających próbę oraz czas odpoczynku nocnego (snu) < 6 godzin. Badanie posturograficzne polegało na wykonaniu czterech 30-sekundowych prób utrzymywania optymalnie stabilnej pionowej postawy ciała, z 60-sekundowymi przerwami na odpoczynek pomiędzy próbami, w pozycji siedzącej. Dwie pierwsze próby posturograficzne wykonywano przy oczach otwartych, następnie z oczami zamkniętymi. Podczas próby z otwartymi oczami proszono osobę badaną o skupienie wzorku na punkcie odniesienia umieszczonym na ścianie w odległości 2 metrów od badanego. Wszystkie badania pedobarograficzne były wykonywane przez tę samą osobę, w porównywalnych warunkach otoczenia. Poza tym oceniono natężenie bólu okolicy L-S kręgosłupa z wykorzystaniem skali VAS (Visual Analogue Scale) oraz stanu funkcjonalnego badanych pacjentów z użyciem zmodyfikowanego kwestionariusza WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) (Tab. 2). Wszystkie badania wykonano w pierwszym i ostatnim dniu leczenia rehabilitacyjnego oraz po okresie ok. trzech miesięcy od jego zakończenia. Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym KB/36/2013. Wszystkie osoby zakwalifikowane do badania wyraziły świadomą zgodę na udział w nim.

Do oceny statystycznej otrzymanych wyników zastosowano pakiet statystyczny Statistica 10.0. Wykonano analizę opisową wyników przeprowadzonego badania, a następnie przy wykorzystaniu testu Shapiro-Wilka, stwierdzono brak zgodności badanych cech z rozkładem Gaussa. W kolejnym kroku przeprowadzono testy nieparametryczne cech powiązanych wykonując analizę wariancji ANOVA Fried-

tion of analgesic, psychotropic or other medicines that could affect equilibrium responses, functional shortening of the lower limbs of over 15 mm, general malaise, balance disorders, reported alcohol consumption within 24 hours preceding the examination and duration of night sleep below 6 hours. The posturographic examination consisted of four 30-second attempts by the patients to maintain an optimally stable standing position, with 60-second intervals for rest in a sitting position between the tests. The first two tests were performed by the patients with their eyes open and the remaining two were undertaken with their eyes closed. During the tests with open eyes, the patients were asked to focus their sight on a reference point placed on a wall at a 2 meter distance from the patient. All pedobarographic examinations were conducted by the same person, in comparable environmental conditions. Low back pain intensity was also assessed using a Visual Analogue Scale (VAS) and the functional status of the patients was evaluated with the modified WOMAC questionnaire (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) (Tab. 2). All examinations were performed immediately before and after rehabilitation and at three months after completion of the treatment. Consent to conduct the study was granted by the Bioethical Committee at the Medical University of Warsaw No. KB/36/2013. All the patients qualified for the study provided their informed consent to participate.

The statistical analysis was performed using STATISTICA 10.0 software. Following a descriptive analysis of study data, the Shapiro-Wilk test revealed that the parameters did not follow Gaussian distribution. The next step was to perform non-parametric tests of correlations using Friedman's ANOVA and the Wilcoxon tests. The Spearman correlation was employed to study co-dependence of the parameters. In each patient's posturographic examination, the test values characterising the best postural stability were selected for analysis. The significance level was set at $p \leq 0.05$.

Tab. 2. Ocena stanu funkcjonalnego badanych pacjentów z użyciem zmodyfikowanego kwestionariusza WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index)

Tab. 2. Evaluation of the functional capacity of patients according to the modified WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index) questionnaire before and after the rehabilitation (maximum score 120 points)

WOMAC (max. 120 pkt/pts)	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation
Badanie 1 measurement 1	49.5	19	95	43.5	24
Badanie 2 measurement 2	34.6	8	72	34	19.4
Badanie 3 measurement 3	45.9	2	83	40.5	24.3

mana oraz testy Wilcoxon. Do wykazania współzależności badanych cech użyto korelacji Spearmana. W analizie wyników badania posturograficznego, z każdego pomiaru wybrano wartości charakteryzujące najlepszą stabilność ciała. Za poziom istotności przyjęto wartość $p \leq 0,05$.

WYNIKI

Pierwszym parametrem, który został poddany ocenie, była wartość określająca długość (mm) wychwiał rzutu COG. Analiza ANOVA Friedmana wykonana do oceny zmian długości ścieżki przy otwartych oczach, nie wykazała istotnych różnic pomiędzy trzema pomiarami badanych zmiennych (Chi kwadrat= 2,81 dla $p > 0,25$), pomimo dość wyraźnych różnic liczbowych (121,4 mm vs 116,4 mm vs 140,4 mm). Podobny wynik tego parametru otrzymano w warunkach wyłączenia analizatora wzroku (oczy zamknięte). Stwierdzono skrócenie długości wychwiał w badaniu drugim w stosunku do pozostałych, lecz różnice te nie były istotne statystycznie (168,7 mm vs 140,6 mm vs 170,4 mm) (Chi kwadrat=3,77 dla $p > 0,15$).

Wykonano również analizę porównawczą tego samego parametru, odnosząc do siebie jego wartości uzyskane w odmiennych warunkach utrzymywania pozycji pionowej. We wszystkich pomiarach zaobserwowano przyrost średnich wartości długości ścieżki wychwiał rzutu COG, w sytuacji wyłączenia analizatora wzroku, w stosunku do wartości przy oczach otwartych. Najwyraźniej ta tendencja zaznaczyła się w pomiarze pierwszym (121,4mm vs 168,7 mm), co potwierdził wynik testu Wilcoxon ($T=22$ dla $p < 0,001$). Podobne różnice stwierdzono w pozostałych pomiarach tego parametru i były to różnice

RESULTS

The first parameter assessed was the length (mm) of deviation of the COG projection. Friedman's ANOVA, performed to assess changes of the path length in the test with the patient's eyes open, did not reveal significant differences between the three examinations (Chi square=2.81 for $p > 0.25$) despite considerable differences in the numerical values (121.4 mm vs. 116.4 mm vs. 140.4 mm). A similar result for this parameter was obtained in the absence of visual control (eyes closed). A reduced length of deviation was recorded for the second examination as compared to the others, but the differences were not significant (168.7 mm vs. 140.6 mm vs. 170.4 mm) (Chi square=3.77 for $p > 0.15$). A comparative analysis was also performed for the same parameter, wherein the values obtained with the eyes open vs. closed were compared. In all three examinations, mean values of the deviation path length of the COG projection increased in the absence of visual control in comparison to the test with the patient's eyes open. This trend was most pronounced in the first examination (121.4 mm vs. 168.7 mm), as confirmed by the results of the Wilcoxon test ($T=22$ for $p < 0.001$). Similar differences were found for the other measurements of this parameter, the differences being significant as confirmed by the Wilcoxon test (Tab. 3).

Tab. 3. Wartości określające długość wychwiał rzutu COG przy otwartych i zamkniętych oczach, w badanej grupie osób
Tab. 3. COG deviation length in EO vs. EC tests

Długość Wychwiał (mm) Deviation length (mm)	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation	Test Wilcoxon Wilcoxon test	p-value
Badanie 1 oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 1 Eyes open vs Eyes closed	121.4/168.7	71.9/92.8	181.8/363.1	119.5/153.8	37.3/65.2	22.00	$p < 0.002$
Badanie 2 Oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 2 Eyes open vs Eyes closed	116.4/140.6	74.4/100.2	172.0/214.0	106.7/132.9	28.4/34.6	7.00	$p < 0.001$
Badanie 3 oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 3 Eyes open vs Eyes closed	140.4/170.4	81.5/95.6	211.0/261.7	142.0/177.1	31.5/44.9	24.00	$p < 0.002$

COG – Center of Gravity, EO – eyes open, EC – eyes closed

statystycznie istotne, co potwierdziły testy Wilcoxo-
na (Tab. 3).

Kolejnym ocenianym parametrem była całkowita powierzchnia wychwiał rzutu COG. Wartości średnie oraz medianowe tego parametru były porównywalne w pierwszym i drugim pomiarze (68,9 mm² vs 70,5 mm²). Większą całkowitą powierzchnię wychwiał zaobserwowano w badaniu trzecim (79,7 mm²), lecz wyniki przeprowadzonej analizy ANOVA Friedmana nie potwierdziły znamiennej statystycznych różnic między tymi pomiarami (Chi kwadrat = 1,44 przy p=0,48). Podobne rezultaty uzyskano w warunkach deprywacji wzrokowej. Zaobserwowano różnice pomiędzy kolejnymi pomiarami, zwłaszcza między pierwszym a drugim (111,0 mm² vs 103,7 mm²), lecz wykonany test ANOVA Friedmana, także nie potwierdził statystycznych różnic w uzyskanych wynikach (Chi kwadrat = 3,41 przy p=0,18). Trzecia część tej analizy dotyczyła zależności pomiędzy wartościami uzyskanymi w warunkach otwartych i zamkniętych oczach. Wszystkie stwierdzone różnice pomiędzy poszczególnymi pomiarami były znamienne statystycznie (Tab. 4).

Ostatnim ocenianym parametrem posturograficznym była prędkości wychwiał rzutu COG. W badaniu z oczami otwartymi nie stwierdzono istotnych zmian pomiędzy kolejnymi badaniami (Chi kwadrat = 1,44 przy p=0,48), ale najmniejszą wartość tego parametru zaobserwowano również po zakończonej rehabilitacji (3,5mm/s). W warunkach oczu zamkniętych najniższą prędkości wychwiał zaobserwowano w drugim pomiarze (4,3mm/s). Jednak wyniki testów ANOVA nie potwierdziły istotnych różnic w zmianach prędkości COG w kolejnych pomiarach (Chi kwadrat = 5,11 przy p=0,07). Porównując wartości

Another parameter evaluated was the total surface of deviation of the COG projection. Means and medians of the parameter were comparable between the first and second examination (68.9 mm² vs. 70.5 mm²). A larger total surface of deviation was recorded in the third examination (79.7 mm²) but the results of Friedman's ANOVA did not show significant differences between the three examination time points (Chi square = 1.44 for p=0.48). Comparable results were obtained under visual deprivation. Differences between successive examinations were noted, especially between the first and the second one (111.0 mm² vs. 103.7 mm²), but Friedman's ANOVA also did not confirm significant differences between the results (Chi square = 3.41 for p=0.18). The third part of the analysis concerned correlations between the values recorded for tests with eyes open and closed. All differences between individual measurements were significant (Tab. 4).

The last posturographic parameter assessed was the velocity of the COG projection deviation. In the test with the patients' eyes open, no significant differences were found between the three examinations (Chi square = 1.44 for p=0.48), but the lowest value of the parameter was also recorded following the rehabilitation (3.5 mm/s). As for the test with eyes closed, the lowest velocity of deviation was recorded in the second examination (4.3 mm/s). However, ANOVA results did not confirm significant differences in changes of COG deviation velocity between the three examinations (Chi square = 5.11 for p= 0.07). Comparison of the values recorded for the velocity of COG projection deviation under different conditions of body balance revealed significant differences for all the measurement points (Tab. 5).

Tab. 4. Wartości określające powierzchnię wychwiał rzutu COG przy otwartych i zamkniętych oczach, w badanej grupie osób
Tab. 4. COG deviation area in EO vs EC tests

Powierzchnia wychwiał (mm ²) Deviation area (mm ²)	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation	Test Wilcoxon Wilcoxon test	p-value
Badanie 1 Oczy otwarte vs Oczy zamknięte measurement 1 Eyes open vs Eyes closed	68.9/111.0	17.0/30.1	281.4/278.4	53.2/99.3	61.6/67.0	33.50	p<0.01
Badanie 2 Oczy otwarte vs Oczy zamknięte measurement 2 Eyes open vs Eyes closed	70.5/103.7	17.1/38.9	190.7/215.0	60.6/97.8	40.6/49.8	21.00	p<0.001
Badanie 3 Oczy otwarte vs Oczy zamknięte measurement 3 Eyes open vs Eyes closed	79.7/118.6	18.9/34.7	188.6/201.5	55.3/116.4	53.4/48.8	25.00	p<0.003

COG – Center of Gravity, EO – eyes open, EC – eyes closed

prędkości wychwiał rzutu COG uzyskanych w odmiennych warunkach równowagi ciała, stwierdzono istotne różnice we wszystkich punktach pomiarowych (Tab. 5).

Oceniane w skali VAS natężenie bólu okolicy kręgosłupa L-S w badanej grupie chorych, zawierało się w przedziale (20-80 mm), wartość średnia i odchylenie standardowe wynosiło ($49,5 \pm 16,7$ mm), a wartość medianowa 55,0 mm. Po zakończonym leczeniu usprawniającym wartości minimalnego i maksymalnego natężenia bólu wyniosły (0-70 mm), średnia i odchylenie standardowe ($16,0 \pm 24,4$ mm), a wartość medianowa 0,0 mm. Obniżone natężenie bólu badanej okolicy, obserwowano także w 90 dniu po zakończonej terapii. Natężenie bólu zawierało się pomiędzy (0-80 mm), natomiast średnia i odchylenie standardowe odpowiednio ($26,5 \pm 26,6$ mm), a wartość medianowa 30,0 mm (Tab. 6). Przeprowadzona analiza wyników wykazała, iż zaobserwowane obniżenie wartości natężenia odczuwanego bólu ok. L-S w kolejnych pomiarach, było statystycznie istotne, co potwierdził test ANOVA Friedmana (Chi kwadrat = 16,08 dla $p < 0,003$) oraz testy Wilcoxon na pomiędzy poszczególnymi pomiarami, pierwszym a drugim ($T = 6,00$ i $p < 0,001$) i pierwszym a trzecim ($T = 14,50$ i $p < 0,01$) oraz drugim i trzecim ($T = 9,50$ i $p < 0,001$).

The intensity of low back pain in the study group, assessed using a VAS, was within the range of 20-80 mm, with a mean and standard deviation of 49.5 ± 16.7 mm and a median of 55.0 mm. Following completion of rehabilitation, the minimum and maximum pain intensity was in the range of 0-70 mm, the mean and standard deviation were 16.0 ± 24.4 mm and the median was 0.0 mm. Reduced low back pain intensity was also noted at 90 days after completion of the therapy, when pain intensity was within 0-80 mm, the mean and standard deviation were 26.5 ± 26.6 mm and the median was 30.0 mm (Tab. 6). Analysis of the results showed that the reduction in low back pain between individual examinations was significant, as confirmed by Friedman's ANOVA (Chi square = 16.08 for $p < 0.003$) and the Wilcoxon tests between individual examinations: the first and the second ($T = 6.00$ and $p < 0.001$), the first and the third ($T = 14.50$ and $p < 0.01$) and the second and the third ($T = 9.50$ and $p < 0.001$).

Spearman's correlation between pain intensity and functional capabilities of the patients was found to be moderate: VAS before rehabilitation – WOMAC before rehabilitation ($r = 0.42$, $p < 0.05$), VAS after rehabilitation – WOMAC after rehabilitation ($r = 0.53$, $p < 0.01$), and VAS at the follow-up examination – WOMAC at the follow-up examination ($r = 0.47$, $p < 0.03$).

Tab. 5. Wartości określające prędkość wychwiał rzutu COG przy otwartych i zamkniętych oczach, w badanej grupie osób

Tab. 5. COG deviation velocity in EO vs EC tests

Prędkość wychwiał (mm/s) Deviation velocity (mm/s)	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation	Test Wilcoxon Wilcoxon test	p-value
Badanie 1							
oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 1	3.6/5.1	2.2/2.8	5.6/11.0	3.2/4.8	1.2/2.0	13.00	$p < 0.001$
Eyes open vs Eyes closed							
Badanie 2							
oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 2	3.5/4.3	2.3/3.0	5.1/6.5	3.2/4.2	0.9/1.1	1.00	$p < 0.001$
Eyes open vs Eyes closed							
Badanie 3							
oczy otwarte vs oczy zamknięte measurement 3	4.3/5.1	2.5/2.7	6.4/7.9	4.4/5.5	0.9/1.5	33.00	$p < 0.007$
Eyes open vs Eyes closed							

COG-Center of Gravity, EO- eyes open, EC- eyes closed

Tab. 6. Średnia wartości natężenia bólu okolicy L-S kręgosłupa

Tab. 6. Mean low back pain intensity according to the VAS (Visual Analogue Scale) before and after the rehabilitation

VAS (mm)	Średnia mean	Minimum minimum	Maksimum maximum	Mediana median	SD standard deviation
Badanie 1 measurement 1	49.5	20	80	55	16.7
Badanie 2 measurement 2	16	0	70	0	24.4
Badanie 3 measurement 3	26.5	0	80	30	26.6

VAS – Visual Analogue Scale

Wykazano również występowanie średniej korelacji Spearmana pomiędzy natężeniem ocenianego bólu a możliwościami funkcjonalnymi badanych VAS przed rehabilitacją-WOMAC przed rehabilitacją ($r=0,42$ dla $p<0,05$), VAS po rehabilitacji-WOMAC po rehabilitacji ($r=0,53$ dla $p<0,01$), VAS badanie kontrolne-WOMAC badanie kontrolne ($r=0,47$ i $p<0,03$).

Poprawa stabilności ciała (obniżenie wartości parametrów posturograficznych) i możliwości funkcjonalnych badanych, związana była z obniżeniem natężenia bólu. Największą poprawę stabilności ciała zaobserwowano bezpośrednio po zakończeniu terapii przy oczach zamkniętych. W wykonanym badaniu posturograficznym po ok. trzech miesiącach od zakończenia leczenia, stwierdzono nieznaczne pogorszenie parametrów określających stabilność ciała, zarówno przy oczach otwartych, jak i zamkniętych w stosunku do wartości uzyskanych w badaniu pierwszym i drugim (Tab. 3,4,5).

DYSKUSJA

Postawa ciała, jak i jej stabilność podlegają nieustannym zmianom w przebiegu całego rozwoju osobniczego, od wczesnego dzieciństwa aż do starości. Utrzymanie prawidłowej równowagi jest bardzo złożonym procesem. Uzależnione jest od właściwego działania sprzężonych ze sobą układów: somatosensorycznego, wzrokowego, przedsionkowego, mózdkowego oraz receptorów czucia głębokiego [11,12]. Proces starzenia się organizmu wpływa na pogorszenie funkcji wszystkich elementów odpowiedzialnych za kontrolę postawy. Ponadto wraz z wiekiem słabnie odczuwanie dotyku i wibracji, a przewodnictwo nerwowe staje się wolniejsze, co wydłuża czas reakcji [13]. Zaburzenia kontroli posturalnej mogą być również wynikiem zmian strukturalnych lub funkcjonalnych na poziomie ośrodkowego układu nerwowego, będącego nadrzędnym układem sterującym lub też na poziomie podrzędnego układu mięśniowo-szkieletowego, stanowiącego układ wykonawczy. Niekiedy przyczynami mogą być przyjmowane leki, substancje psychoaktywne, choroby o chronicznym charakterze (zwłaszcza ze współwystępowaniem bólu), niska sprawność fizyczna czy też zmęczenie badanego. W ostatnich latach podkreśla się szczególną rolę sarkopenii, która ma ogromny wpływ na możliwości zachowania w wieku podeszłym równowaznej postawy pionowej [14]. Metodą diagnostyczną pozwalającą obiektywnie ocenić stabilność ciała, jest badanie pedobarograficzne przy użyciu platformy stabilometrycznej. Analizując konkretne parametry ilościowe można ocenić badaną osobę pod kątem progresji zaburzenia czy wpływu zastosowanej terapii [10,15].

Improvement in postural stability (reduced values of posturographic parameters) and functional capabilities of the patients was related to reduction in the intensity of pain. The strongest improvement in postural stability was recorded immediately following completion of the therapy in tests with the patients' eyes closed. The posturographic examination performed approximately three months after completion of treatment revealed a slight deterioration of the indices of postural stability in relation to the values obtained in the first and second tests, both for the eyes open and closed (Tab. 3, 4 and 5).

DISCUSSION

The body posture and its stability undergo constant changes throughout the ontogenesis from early childhood until old age. The maintenance of postural stability is a very complex process that depends on the correct functioning of interrelated systems: somatosensory, visual, atrial, cerebellar and the system of proprioceptive receptors [11,12]. The aging process contributes to deterioration of the function of all the elements responsible for postural control. The sense of touch and perception of vibration also become weaker with age and neural conductivity slows down, which increases response time [13]. Disturbances of postural control may also be the result of structural lesions or functional deficiencies at the level of the central nervous system, which represents the supreme steering system, or in the subordinate musculoskeletal system, which fulfils the executive function. In some cases, postural control may be affected by the consumption of medicines, psychoactive substances or chronic conditions (especially accompanied by pain), poor physical fitness or fatigue of the patient. In the recent years, a special role of sarcopenia has been stressed, as it exerts an immense effect on the possibility of maintaining a balanced standing position in old age [14]. The pedobarographic examination using a stabilometric platform is a diagnostic procedure enabling objective assessment of body stability. Analysis of certain quantitative parameters enables evaluating a patient with regard to progression of an existing disorder or effect of therapy [10,15].

Nies and Sinnott [16] conducted one of the first studies assessing postural disorders in patients with

Jedno z pierwszych badań, które oceniały zaburzenia postawy ciała u osób z zespołem bólowym lędźwiowego odcinka kręgosłupa na podstawie analizy przemieszczeń środka nacisku stóp COP (center of pressure) zostało przeprowadzone przez Nies'a i Sinnott'a [16]. Analizując uzyskane wyniki autorzy tej pracy zaobserwowali, że osoby te charakteryzują się znacznie większymi przemieszczeniami COP przy oczach zamkniętych, w porównaniu z osobami zdrowymi. W późniejszym okresie opublikowano wiele prac potwierdzających te wyniki. Braga i wsp. oceniając równowagę statyczną wyłącznie przy oczach otwartych w grupie kobiet cierpiących na przewlekłe bóle krzyża, zaobserwowali istotny statystycznie wzrost przemieszczeń COP w odniesieniu do grupy kontrolnej [17]. Również Ruhe i wsp. potwierdzili istotną korelację pomiędzy natężeniem bólu ok. L-S kręgosłupa a parametrami określającymi stabilność ciała człowieka [18]. Ci sami badacze, dokonując systematycznego przeglądu piśmiennictwa z lat 1996-2009, dotyczącego oceny stabilności ciała chorych z bólami kręgosłupa L-S, przedstawili wnioski potwierdzające zwiększoną amplitudą powierzchni wychwiał, jak również średniej prędkości rzutu ogólnego środka ciężkości ciała, w tej części populacji [19].

W przytoczonych pracach, autorzy poszukiwali korelacji pomiędzy występowaniem bólu okolicy L-S kręgosłupa a stabilnością ciała. W pracy własnej dokonano próby rozszerzonej, badając związek pomiędzy wzrostem możliwości funkcjonalnych, który był następstwem zmniejszenia się natężenia bólu, a możliwościami posturalnymi człowieka. Podobnie jak u Nies'a i Sinnott'a oraz Ruhe i wsp. zaobserwowano istotny wpływ podostrego bólu kręgosłupa L-S na wybrane parametry posturograficzne. Zależność ta wystąpiła wyłącznie przy oczach zamkniętych, co należy tłumaczyć obniżonymi możliwościami kompensacji ze strony układu propriocepcji. Najgorsze wyniki określające stabilność badanych, obserwowano u chorych z najwyższymi wartościami natężenia bólu, jeszcze przed rozpoczęciem rehabilitacji. Użytkując poprawę stanu pacjenta w postaci redukcji natężenia odczuwanego bólu, zarejestrowano istotne obniżenie wartości posturograficznych – poprawę stabilności ciała, ale tylko przy zamkniętych oczach. Po upływie ok. 3 miesięcy od zakończenia leczenia, w wykonanym ponownie badaniu posturograficznym, stwierdzono pogorszenie parametrów określających stabilność ciała, zbliżonych do wartości początkowych. Również natężenie bólu okolicy L-S kręgosłupa wyraźnie uległo zwiększeniu, co najpewniej było spowodowane brakiem działań terapeutycznych. Badani deklarowali próby powrotu do normalnego życia, jednak bez stosowania się do zaleceń profilak-

low back pain by analysing the foot center of pressure (COP) trajectory. In their study, the patients displayed considerably larger COP translocations with their eyes closed than healthy subjects. Numerous papers confirming the findings have been published subsequently. Braga et al. evaluated static balance among women suffering from low back pain only with the patients' eyes open and recorded a significant increase in COP movement relative to the control group [17]. Ruhe et al. also confirmed a significant correlation between the intensity of low back pain and indices of postural stability [18]. The same authors, following a systematic review of literature concerning assessment of postural stability among patients with low back pain from the period 1996-2009, presented conclusions confirming that this part of the population displayed an increased amplitude of the deviation surface and average velocity of the overall COG projection [19].

The authors of the above cited papers searched for a correlation between low back pain and postural stability. In the present study, an extended investigation was conducted, with the authors exploring the correlation between enhanced functional capabilities following a reduction in pain intensity and the patients' postural capabilities. Similar to Nies and Sinnott and Ruhe et al., the authors observed a significant effect of subacute low back pain on selected posturographic parameters. This correlation was noted only for the test with the patients' eyes closed, which may be attributable to impaired compensation abilities on the part of the proprioceptive system. The poorest stability results were recorded in patients with the most severe pain before commencing rehabilitation. Improvement in the patients' condition, i.e. reduction in pain intensity, led to a significant reduction in posturographic values – enhanced body stability, but only with the patients' eyes closed. Approximately 3 months after completion of the therapy, a follow-up examination revealed deterioration of the indices of postural stability to a level similar to the baseline. The intensity of low back pain also increased considerably, which was probably due to the discontinuation of therapeutic activities. The patients reported attempts to resume their normal lifestyles but without implementing prevention care advice they had been given. These correlations are not confirmed by other authors. Brech et al., using dynamic posturography, did not reveal a significant effect of chronic low back pain on altered postural stability of patients [20]. However, their study group was small, comprising 10 women aged 30-55 years (average age of 46.2 years). Similar results were obtained by Henry et al. [21]. The authors explained

tycznych. Przytoczonych zależności nie potwierdzają wyniki innych badaczy. W obserwacji Brech'a i wsp., wykorzystującej posturoografię dynamiczną, nie zaobserwowano istotnego wpływu przewlekłych dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa na zmianę stabilności ciała badanych osób [20]. Próba jednak dotyczyła mało liczebnej grupy 10 kobiet w wieku 30-55 lat (średni wiek 46,2 lat). Podobne wyniki uzyskali Henry i wsp. [21]. Autorzy tych prac tłumaczyli brak występowania zaburzeń stabilności ciała w tej grupie osób wykorzystywaniem różnych strategii posturalnych (tj. strategii kostek lub bioder). Osoby z zespołem bólowym dolnego odcinka kręgosłupa najczęściej wykorzystują strategię kostek. Działanie tego mechanizmu opiera się o odruch miotacyjny z rozciąganych mięśni dystalnych części kończyn dolnych (stabilizujących staw skokowy głównie mięsień płaszczkowy i piszczelowy przedni) [22]. Osoby bez dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa wykorzystują prawie wyłącznie strategię bioder poprzez aktywację mięśni stabilizujących stawy biodrowe i lędźwiowy odcinek kręgosłupa, co prowadzi do mniejszych przesunięć środka ciężkości. W ujęciu biomechanicznym strategia kostek polega na zmianie położenia działającej siły pionowej CVF (center of the vertical force) poprzez momenty sił wytwarzanych w stawach skokowych, zaś strategia bioder wiąże się z wytwarzaniem poziomych sił ścinających podczas ruchów w stawach biodrowych [23]. Strategia kostek głównie reguluje wychwiania w kierunku przednio-tylnym, podczas gdy strategia bioder w kierunku boczno-przyśrodkowym [24]. Ustalenia te zostały potwierdzone wynikami badań przeprowadzonych przez Brumagne i wsp. [25].

Nie ma wątpliwości, że ból, jako podstawowy objaw kliniczny wpływa na nasze możliwości posturalne. Możliwości techniczne współczesnej medycyny, których przykładem jest pedobarograf, pozwalają na doskonalszą analizę wpływu odczuwanego bólu na zachowania i funkcje człowieka, w różnych schorzeniach i chorobach.

WNIOSKI

1. Występowanie podostrego bólu w okolicy L-S kręgosłupa i związane z nim ograniczenie możliwości funkcjonalnych, mogą negatywnie wpływać na stabilność ciała człowieka.
2. Obserwowane zaburzenia stabilności ciała u badanych osób z bólem ok. L-S, są najpewniej wynikiem pogorszenia propriocepcji, jako następstwo odczuwanego bólu.
3. Otrzymane wyniki zachęcają do kontynuowania badań na większej pod względem liczebności grupie osób.

the absence of impaired stability in the study group by the use of various postural strategies (i.e. ankle or hip postural strategies). Patients with low back pain use the ankle strategy most frequently. The effect of this mechanism is mediated by a myotatic reflex from the stretched muscles in the distal lower limbs (ankle stabilizers; predominantly the soleus muscle and the anterior tibial muscle) [22]. Individuals without low back pain use almost exclusively the hip strategy, i.e. the activation of muscles stabilising the hip joints and the lumbar spine, which leads to less marked dislocation of the center of gravity. From the biomechanical viewpoint, the ankle strategy consists in a change of the center of the vertical force by torques generated in ankles, while the hip strategy is associated with the generation of horizontal shearing forces during movement in the hip joints [23]. The ankle strategy predominantly regulates anteroposterior sway, while the hip strategy focuses on the lateromedial direction [24]. The above is confirmed by the results of a study by Brumagne et al. [25].

Undoubtedly, pain as a basic clinical symptom affects patients' postural capability. Technical opportunities of present-day medicine, as exemplified by the pedobarograph, enable more refined analysis of the effect of pain on human behaviour and function in various conditions and diseases.

CONCLUSIONS

1. Subacute low back pain and the associated functional limitations may affect postural stability of patients.
2. The observed abnormal postural stability in women with subacute lumbosacral pain may be secondary to impaired proprioception in this group of patients.
3. The results encourage further research of larger study populations.

PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Depa A, Wolan A, Przysada G. Wpływ rehabilitacji na zmianę ruchomości kręgosłupa oraz subiektywnego odczuwania bólu u chorych z zespołem bólowym w odcinku lędźwiowym. *Prz Med Uniw Rzesz* 2008; 6(2): 116-24.
2. Kołodziej K, Kwolek A, Rusek W, Przysada G, Szpunar P. Korelacja wskaźnika symetryczności obciążenia kończyn dolnych i nasilenia bólu u pacjentów z zespołem bólowym kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego rehabilitowanych szpitalnie. *Przegląd Prz Med Uniw Rzesz* 2005; 3: 234-6.
3. Traeger AC, Moseley GL, Markus Hübscher M, et al. Pain education to prevent chronic low back pain: a study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2014. Dostępny pod adresem URL: <http://bmjopen.bmj.com/content/4/6/e005505.long>
4. Świerkot J. Bóle krzyża - etiologia, diagnostyka i leczenie. *Przew Lek* 2006; 9: 86-98.
5. Feldman DE, Shrier I, Rossignol M, Abenham L. Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol* 2001; 154(1): 30-6.
6. Sjölie AN, Ljunggren AE. The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine* 2001; 26(23): 2629-36.
7. Sipko T, Janicki K, Barczyk K, Demczuk-Włodarczyk E. Objawy rzekomokorzeniowe u pacjentów z chorobą dyskową kręgosłupa lędźwiowego. *Ortop Traumatol Rehabil* 2006; 6: 663-71.
8. Kwolek A, Korab D, Majka M. Rehabilitacja w zespołach bólowych dolnego odcinka kręgosłupa – zasady postępowania. *Post Rehab* 2004; 18(3): 27-31.
9. Domżał TM. Bóle krzyża. *Przew Lek* 2001; 4: 104-10.
10. Derewiecki T, Duda M, Majcher P. Wpływ dyskopochodnych dolegliwości bólowych kręgosłupa L-S na postawę ciała. *Doniesienie wstępne. Ortop Traumatol Rehabil* 2013; 1: 31-9.
11. Rogers MW, Wardman DL, Lord SR, Fitzpatrick RC. Passive tactile sensory input improves stability during standing. *Exp Brain Res* 2001; 136(4): 514-22.
12. Nasher L. Practical biomechanics and physiology of balance. W: Jacobson G, Newman CW, Kartush JM, editors. *San Diego: Handbook of Balance Function Testing*; 1997. p. 261-79.
13. Błaszczyk JW, Czerwoszl L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. *Gerontol Pol* 2005; 13(1): 25-36.
14. Clark BC., Manini TM. What is dynapenia? *Nutrition* 2012; 28(5): 495-503.
15. Kostiukow A, Rostkowska E, Samborski W. Badanie zdolności zachowania równowagi ciała. *Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie* 2009; 55(3): 102-9.
16. Nies N, Sinnott PL. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine* 1991; 16(3): 325-30.
17. Braga AB, de Mello Alves Rodrigues AC, de Lima GVMP, de Melo LR, de Carvalho AR, Bertolini GRF. Comparison of static postural balance between healthy subjects and those with low back pain. *Acta Ortop Bras* 2012; 20(4): 210-12.
18. Ruhe A, Fejer R, Walker B. Is there a relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific low back pain? *BMC Musculoskelet Disord* 2011; 15(12): 162-70.
19. Ruhe A, Fejer R, Walker B. Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of the literature. *Eur Spine J* 2001; 20(3): 358-68.
20. Brech GC, Andrusaitis SF, Vitale GF, Greve JMD. Correlation of disability and pain with postural balance among women with chronic low back pain. *Clinics* 2012; 67(8): 959-62.
21. Henry SM, Hitt JR, Jones SL, Bunn JY. Decreased limits of stability in response to postural perturbations in subjects with low back pain. *Clin* 2006; 21(9): 881-92.
22. Singh NB, Taylor WR, Madigan ML, Nussbaum MA. The spectral content of postural sway during quiet stance: influences of age, vision and somatosensory inputs. *J Electromyogr Kinesiol* 2012; 22(1): 131-6.
23. Nasher LM. Computerized Dynamic Posturography Clinical Applications. Jacobson GP, Newman CW, Kartush JM, editors. *Handbook of balance function testing*. St. Louis: Mosby Year-Book; 1993. p. 308-34.
24. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986; 55(6): 1369-81.
25. Brumagne S, Janssens L, Knape S, Claeys K, Suuden-Johanson E. Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy. *Eur Spine J* 2008; 17(9): 1177-84.

Liczba słów/Word count: 6488
Tabele/Tables: 6**Ryciny/Figures:** 0**Piśmiennictwo/References:** 25*Adres do korespondencji / Address for correspondence*

mgr Bartosz Słomka

Zakład Rehabilitacji Oddział Fizjoterapii, II Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny
02-091 Warszawa, ul. Żwirki i Wigury 81, tel. +48 508 391 725, e-mail: bartosz.slomka@wum.edu.pl

Otrzymano / Received

12.07.2015 r.

Zaakceptowano / Accepted

18.02.2016 r.