

**ROZKŁAD SIŁ NACISKU STÓP  
ORAZ DROGA RZUTU ŚRODKA CIĘŻKOŚCI  
NA PLATFORMIE STABILOGRAFICZNEJ  
U PACJENTÓW Z KRĘGOZMYKIEM**

**Grzegorz MAGOŃ<sup>1</sup>, Berenika ZAWIŁO<sup>1</sup>, Filip GEORGIEW<sup>2</sup>,  
Adrian KUŹDŻAŁ<sup>1</sup>, Grzegorz TROJAN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Rzeszowski*

<sup>2</sup>*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie (Polska)*

**ПОКАЗНИК СИЛИ НАТИСКУ СТОП ТА ПРОЕКЦІЯ ЦЕНТРУ МАСИ ТІЛА НА СТАБІЛІЗУЮЧУ ПЛАТФОРМУ В ПАЦІЄНТІВ З СПОНДИЛОЛІСТЕЗОМ** Гжегож МАГОН<sup>1</sup> Береніка ЗАВІЛО<sup>1</sup>, Філіп ГЕОРГІЄВ<sup>2</sup>, Адріан КУЖДЖАЛ<sup>1</sup>, Гжегож ТРОЯН<sup>1</sup> (<sup>1</sup>*Жешівський університет, <sup>2</sup>Державна Вища професійна школа в Тарнові, Польща*)

**Анотація.** Головна мета дослідження, полягала у оцінці симетрії розподілу сили натиску стоп, у хворих на спондилітез. Також, в роботі висвітлений зв'язок між стабілографічними результатами обох стоп, ВМІ (індексом маси тіла) та інтенсивністю болю за шкалою VAS. Окрім цього, ми спробували оцінити бічні та фронтальні відхилення при закритих та відкритих очах.

**Ключові слова:** спондилітез, баланс, BMI, COP, постава

**Wstęp.** Kręgozmyk określa się jako przemieszczenie kręgu położonego względem kręgu niższego. Najczęściej dotyczy piątego kręgu lędźwiowego, rzadziej czwartego lub trzeciego. Występuje u 2 – 6 % populacji.

Człowiek tylko pozornie zachowuje stabilną postawę, ponieważ jego ciało podlega nieustannym wychwianiom. Ciało jest podparte na dwóch punktach i stale dąży do położenia równowagi. Utrzymanie równowagi wymaga jednak precyzyjnej współpracy wszystkich segmentów ciała w wyniku działania procesów dynamicznych przebiegających poza świadomością. Wymaga to również ciągłej współpracy układów sensorycznych, między innymi wzrokowego. Ten stan stabilności układu równowagi może zostać zaburzony. Mogą do tego przyczyniać się dolegliwości kręgosłupowe, a kręgozmyk również może być tego przyczyną. Także rwa kulszowa, która może być następstwem wspomnianych dolegliwości ze strony kręgosłupa, może znacznie wpłynąć na postawę ciała człowieka i na sposób obciążania kończyn dolnych w pozycji stojącej.

Jedną z dostępnych metod pomiarowych jest stabilografia, bazująca na rejestracji przemieszczeń punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku stopami na podłoże (COP – *center of pressure*). Tutaj wykorzystano platformę PDM Zebris. Rejestrowanie przemieszczeń COP odbywa się z częstotliwością 30 Hz, a czas trwania każdej próby wynosił 30 sekund. Podczas prób rejestrowano zachowanie się środka ciężkości w pozycji stojącej na platformie, z kontrolą wzroku i bez tej kontroli. Obliczona została, między innymi, całkowita długość drogi rzutu środka ciężkości, wartość wychwian boczných oraz przód-tył, rozkład siły obciążenia dla stopy lewej i prawej. Ponadto dokonano oceny subiektywnego czucia bólu wykorzystując Analogową Skalę Wizualną (*Visual Analogue Scale –VAS.*)

**Cel pracy.** Głównym celem niniejszej pracy jest ocena symetryczności obciążenia kończyn dolnych u pacjentów z kręgozmykiem. Sprawdzenie związków jakie zachodzą między przebiegiem stabilogramów dla obu kończyn dolnych, a intensywnością bólu (skala VAS) i wskaźnikiem masy ciała (BMI). Porównanie wielkości wychwian ciała w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej przy oczach otwartych i zamkniętych zarejestrowanych w trakcie badań siły nacisku stóp na platformę.

**Materiał i metoda.** Materiał kliniczny obejmował grupę 32 pacjentów, 19 kobiet i 13 mężczyzn w wieku od 30 do 76 lat (średnia wieku 51 lat) ze stwierdzonym kręgozmykiem wężinowym i zwyrodnieniowym I, II i III stopnia w odcinku L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub>, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> oraz L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> poddanych leczeniu w poradni neurologicznej i rehabilitacyjnej w Tarnowie i Rzeszowie w okresie od V 2008 do IV 2009.

Zmienna	Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	Odch. Std.
Wiek	30	77	50,5	49,5	10
Wysokość ciała [cm]	150	182	164	162	8
Masa ciała [kg]	48	106	76,5	77,5	15,7
BMI	20,5	36	28	28,5	4
Poch. tułowia [°]	1	17,3	5,5	5	3
Droga COP– Oczy otwarte [mm]	528	1566	935	898	245
Droga COP– Oczy zamknięte [mm]	641	2003	1109	1045	347

Tab. 1. Charakterystyka poszczególnych parametrów w badanej grupie (n=32)

Tabela liczebności (KRKGOZMYK) Liczebność oznacz. koryrek > 10 (Nie oznaczono sum brzegowych)					
	Piech	Poziom K. L5/S1	Poziom K. L4/L5	Poziom K. L3/L4	Wiersz Razem
Liczba	M	8	4	1	13
% z kolumny		38,10%	40,00%	100,00%	
% z wiersza		61,54%	30,77%	7,69%	
Liczba	K	13	6	0	19
% z kolumny		61,90%	60,00%	0,00%	
% z wiersza		68,42%	31,58%	0,00%	
Liczba	Ogyi grp	21	10	1	32

Tab. 2. Charakterystyka badanych ze względu na poziom kręgozmyku

Tabela liczebności (KRKGOZMYK) Liczebność oznacz. koryrek > 10 (Nie oznaczono sum brzegowych)					
	Piech	Stopień K. II	Stopień K. I	Stopień K. III	Wiersz Razem
Liczba	M	9	3	1	13
% z kolumny		50,00%	27,27%	33,33%	
% z wiersza		69,23%	23,08%	7,69%	
Liczba	K	9	8	2	19
% z kolumny		50,00%	72,73%	66,67%	
% z wiersza		47,37%	42,11%	10,53%	
Liczba	Ogyi grp	18	11	3	32

Tab. 3. Charakterystyka badanych ze względu na stopień kręgozmyku

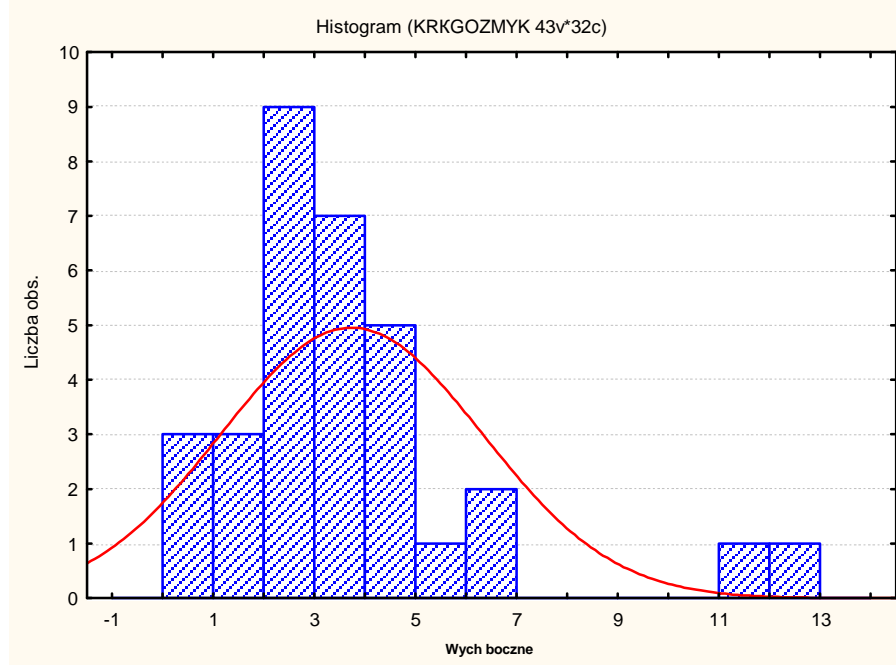
Badanie pacjentów przeprowadzono jednorazowo w pracowni Antropometrycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego. Do badania wykorzystano platformę PDM Zebris.

#### Sposób wykonania badania:

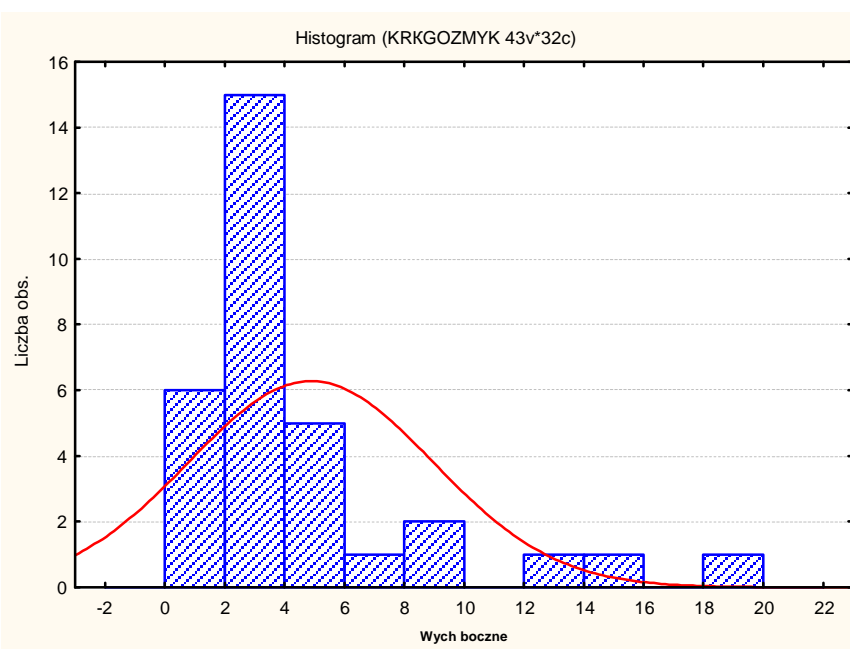
Przed przystąpieniem do badania każda osoba miała wykonaną próbę Romberga, która była ujemna. Badani uczestniczyli w dwóch próbach na platformie stabilograficznej: z oczami otwartymi

i zamkniętymi. Pojedyncza próba polegała na staniu w swobodnej pozycji ciała przez 30 sekund na platformie, a zatem w pozycji stojącej bez obuwia, ze stopami równolegle ustawionymi do siebie pomiędzy liniami wyznaczającymi środek platformy. W trakcie próby z otwartymi oczami osoba badana prosiła była o wprost przed siebie, w dany punkt umieszczony w odległości o ok. 3 m od platformy. W próbach z oczami zamkniętymi badana osoba prosiła była o zamknięcie oczu po wejściu na platformę, a o otwarcie oczu po zakończeniu pomiaru. Rejestrowanie przemieszczeń środka ciężkości odbywało się z częstotliwością 30 Hz. Obliczone zostały parametry: długość drogi rzutu środka ciężkości (COP), wartość wychwian bocznych oraz przód-tył, rozkład siły obciążenia dla stopy lewej i prawej.

**Wyniki badań.** Wartości wychwian bocznych u pacjentów z oczami otwartymi i zamkniętymi nie różnią się znacząco. Najliczniejszą grupę stanowi 16-stu badanych w przedziale od 2 – 4 mm (oczy otwarte) i podobnie – przy oczach zamkniętych – 15 osób w tym samym przedziale. Wyniki te sugerują brak wpływu zamknięcia oczu na wychwiania w płaszczyźnie czołowej w badanej grupie.

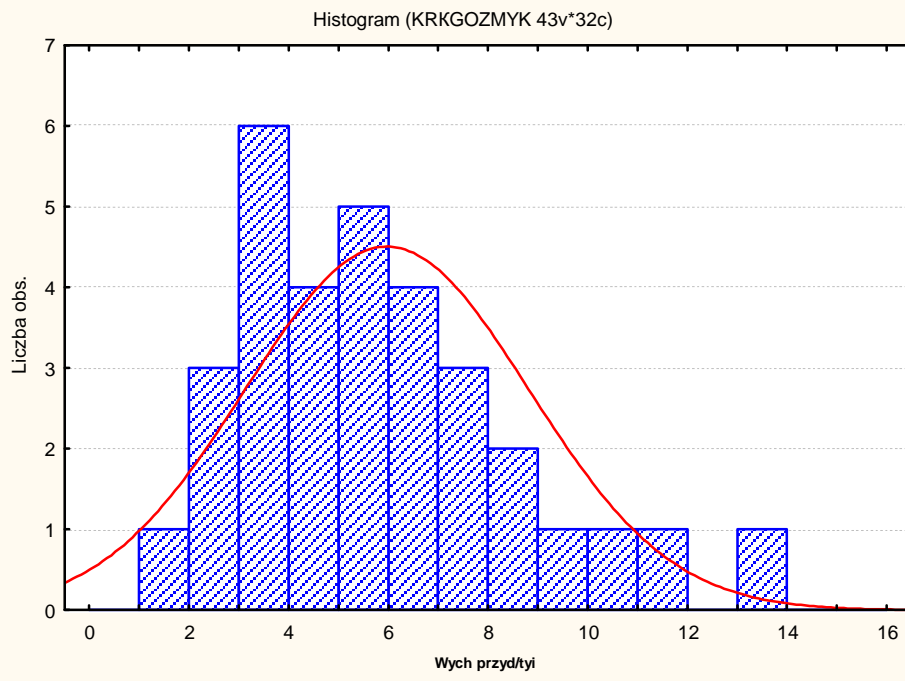


Ryc. 1. Histogram wychwian bocznych COP [mm] z oczami otwartymi

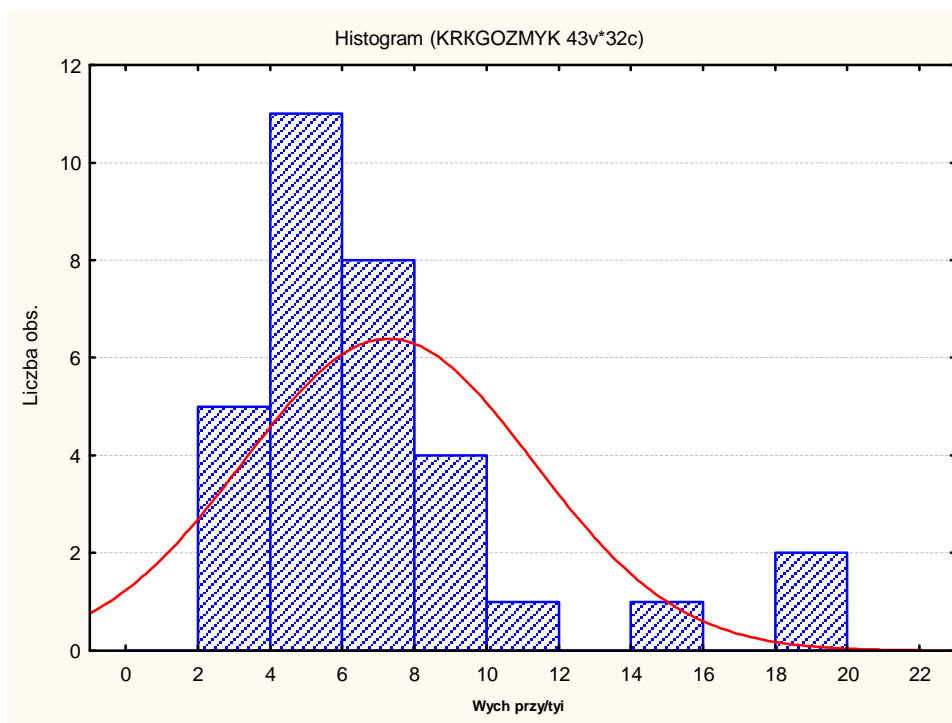


Ryc. 2. Histogram wychwian bocznych COP [mm] z oczami zamkniętymi

Analizując wielkość wychwian w płaszczyźnie strzałkowej możemy zauważyć większe różnice zarówno w rozmiarze wychyleń jak i rozkładzie w badanej grupie. Większość pacjentów (19 osób) podczas badania z oczami otwartymi utrzymywała równowagę przednio-tylną w przedziale 3 do 6 mm drogi rzutu środka ciężkości. Natomiast podczas badania z oczami zamkniętymi wychwiania w płaszczyźnie strzałkowej zwiększyły się i mieściły się w przedziale od 2 do 20 mm, z czego większość (19 osób) między 4 a 8 mm. Trzech pacjentów w badaniu z zamkniętymi oczami prezentowało duże zaburzenie balansu przód-tył osiągając wartości powyżej 14 mm wielkości wychyleń rzutu środka ciężkości.



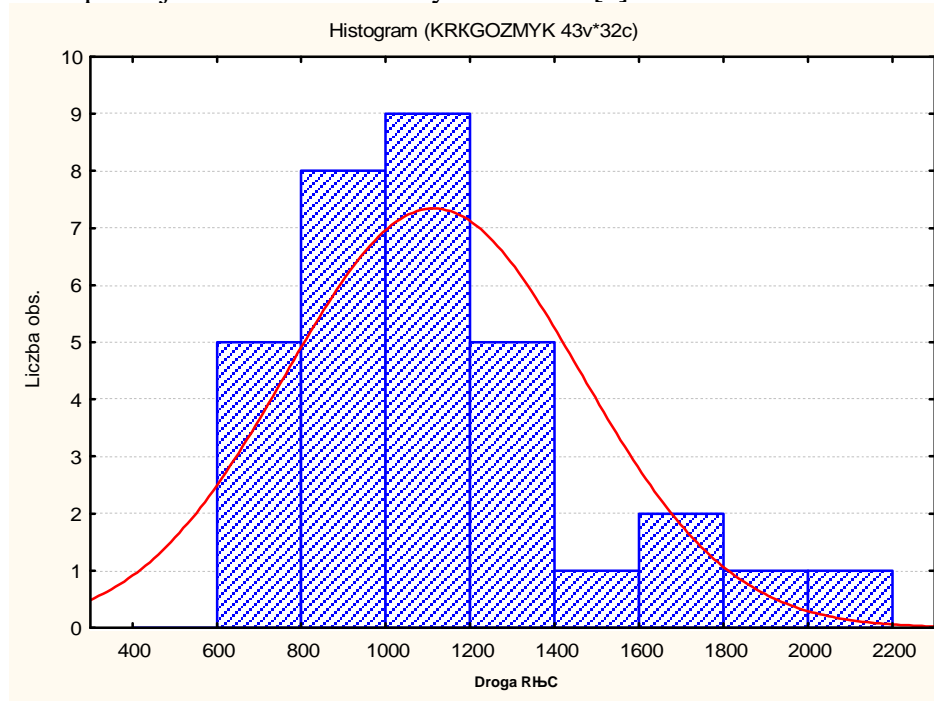
Ryc. 3. Histogram wychwian COP [mm] przód-tył – oczy otwarte



Ryc. 4. Histogram wychwian COP [mm] przód-tył – oczy zamknięte

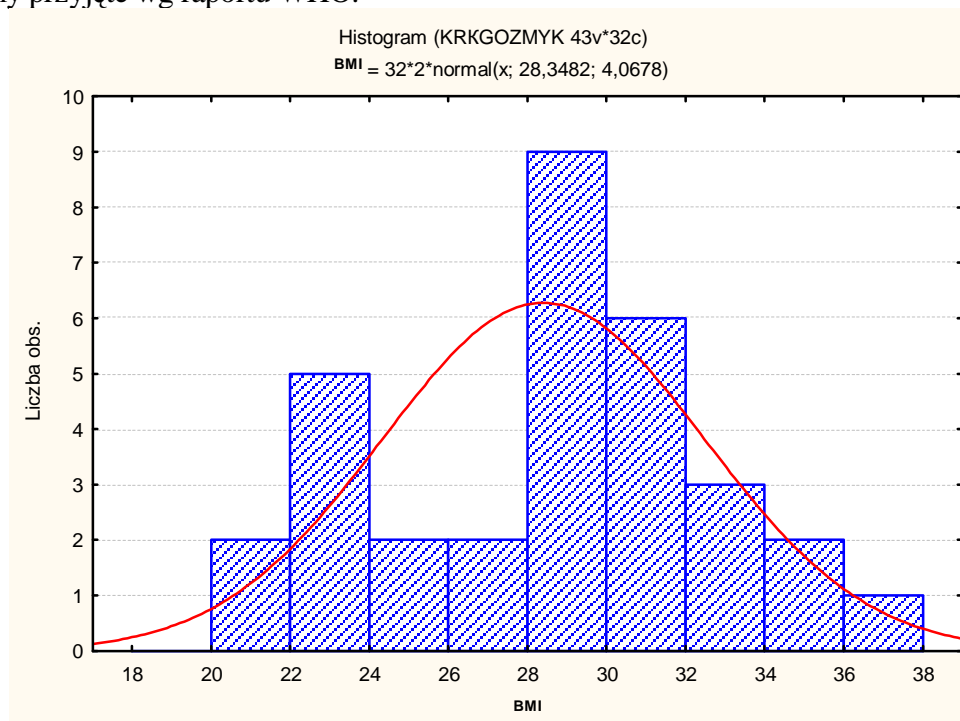
Analizując całkowitą drogę rzutu środka ciężkości, histogram poniżej pokazuje, iż najliczniejsza grupa pacjentów: 17 osób mieści się w przedziale od 800 – 1200 mm.

Według danych umieszczonych w tab. 2 droga rzutu środka ciężkości zwiększyła się od wartości minimalnej o 112,4 mm, a od maksymalnej o 436,7 mm w stosunku do próby z kontrolą wzroku. Zatem, zamknięcie oczu powoduje nieznaczny wzrost odchylenia w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, co koresponduje z doniesieniami innych autorów [2].



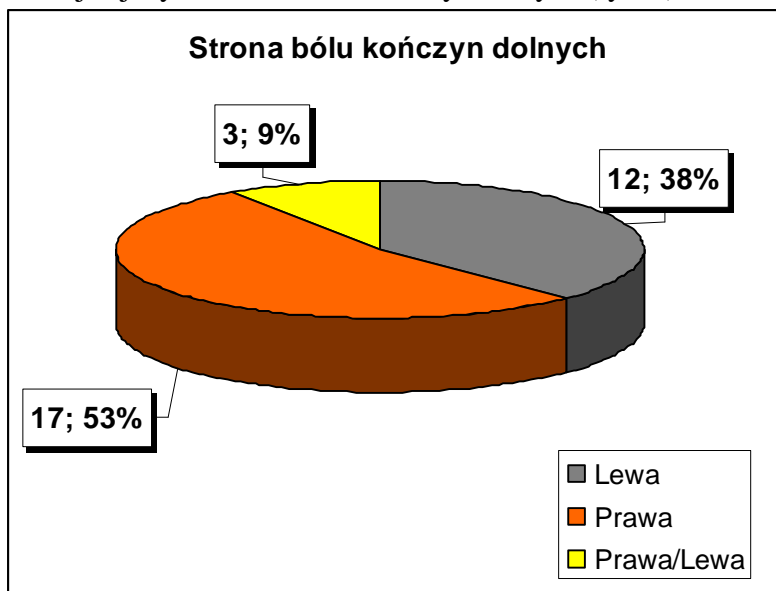
Ryc. 5. Droga COP przy oczach zamkniętych

Wskaźnik masy ciała (BMI), umożliwiający ocenę budowy ciała w aspekcie nadwagi obliczono na podstawie wzoru:  $BMI = \text{waga [kg]} / \text{wzrost}^2 \text{ [m]}^2$ . Podział na poszczególne przedziały BMI zostały przyjęte wg raportu WHO.



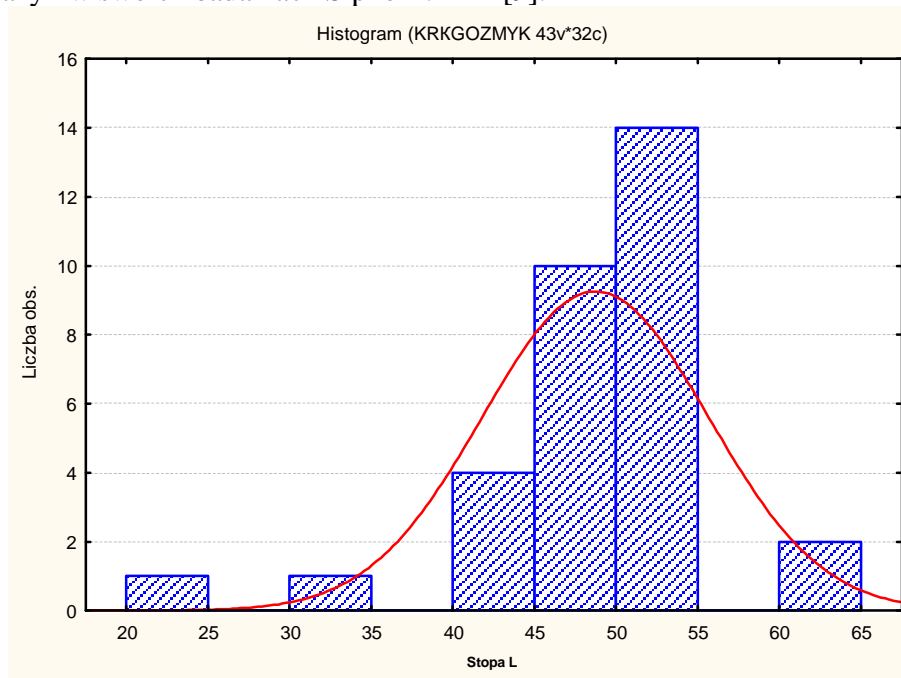
Ryc. 6. Rozkład wskaźnika masy ciała badanych

Na podstawie wskaźnika masy ciała (BMI), u 8 osób (45%) waga była w normie, a u 24 osób (75 %) wystąpiła nadwaga i otyłość. W badaniu statystycznym udowodniono wpływ BMI na wszystkie mierzone na platformie parametry ( $p < 0,006$  –  $p < 0,00001$ ). Z przeprowadzonych badań nad dolegliwościami bólowymi kończyn dolnych wynika, iż u 53 % badanych ból promieniował do prawej kończyny, 38 % do lewej, a jedynie 9 % do obu kończyn dolnych (ryc. 7).

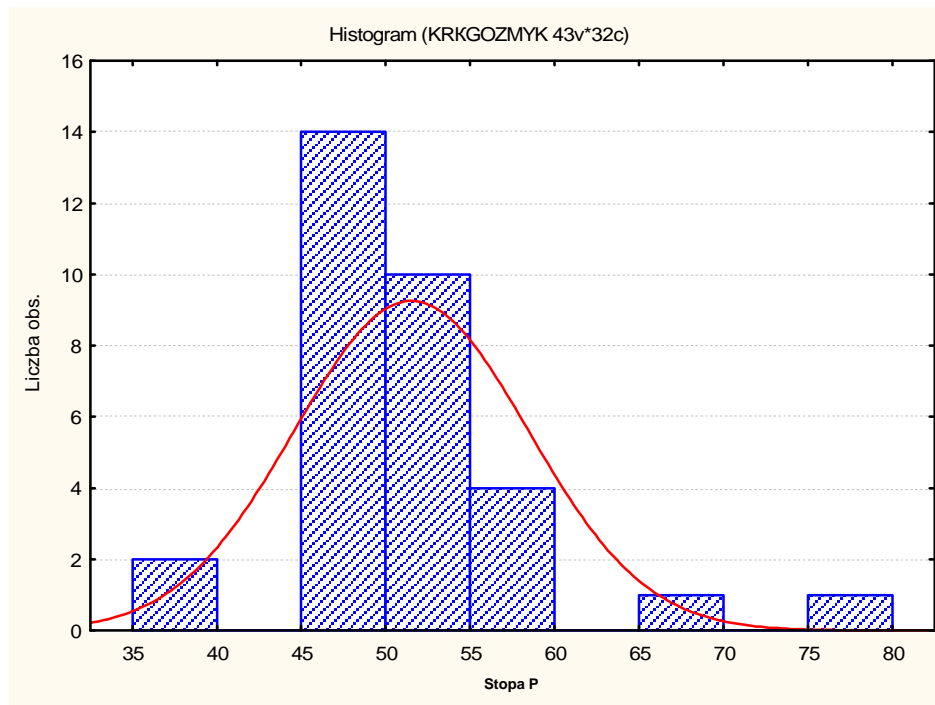


Ryc. 7. Charakterystyka pacjentów ze względu na stronę bólu kończyn dolnych

Rozpatrując z kolei siłę obciążenia kończyny lewej i prawej przy oczach otwartych. W przedziale od 45-55 % siły nacisku stóp na platformie, aż 26 osób (81%) częściej obciążali stopę lewą (ryc. 10.). Zauważyć można większe obciążenie stóp po stronie niebolesnej. Ból promieniujący do kończyny dolnej ma wpływ na nieprawidłowy rozkład sił nacisku stóp na podłoże. Podobną zależność zauważyli w swoich badaniach Sipko T. i inni[9].

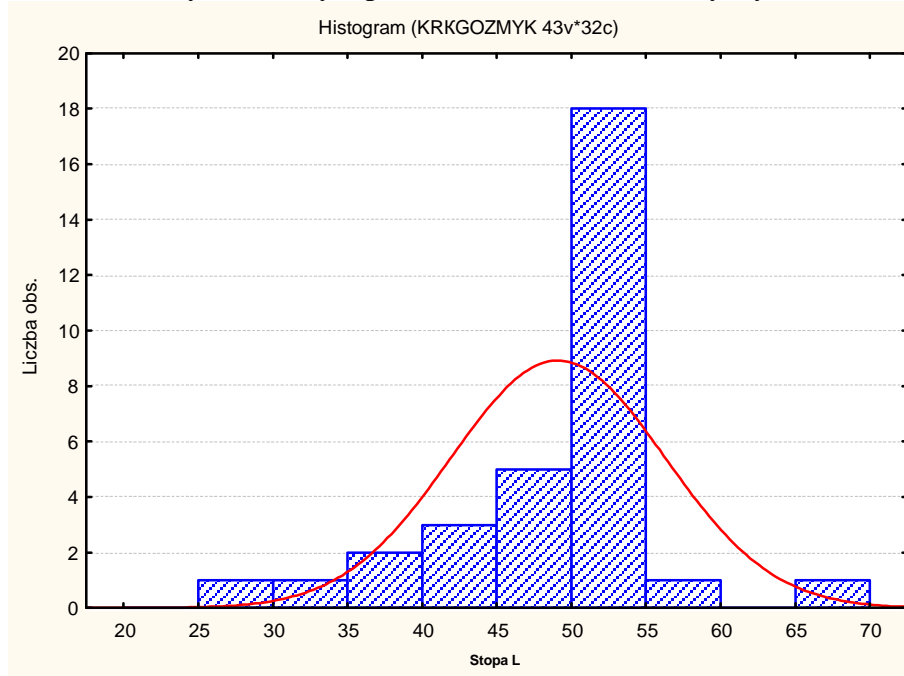


Ryc. 8 Stopa lewa – siła nacisku na platformę przy oczach otwartych



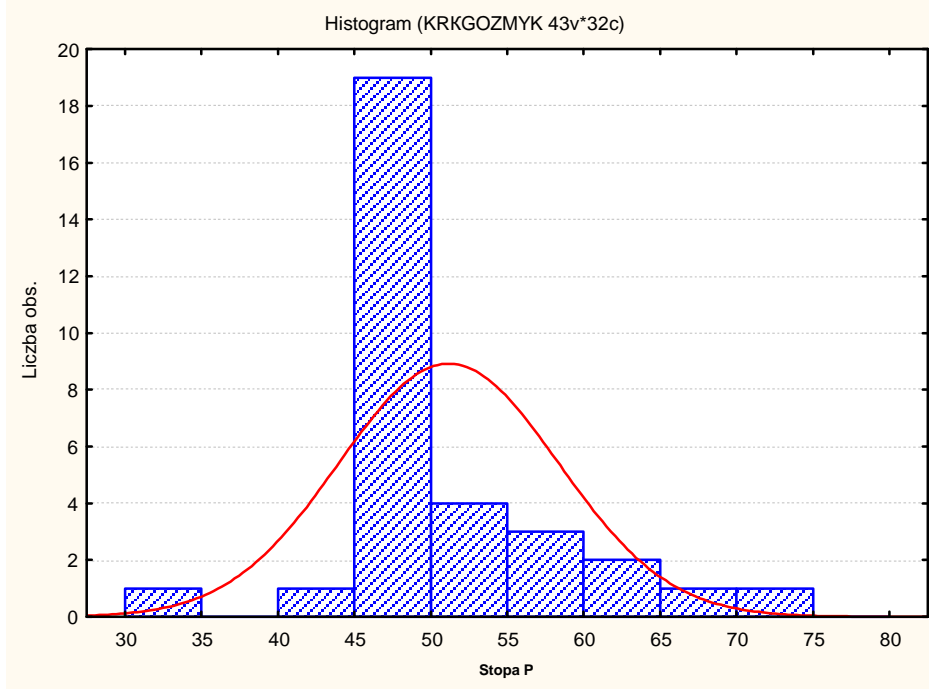
Ryc. 9. Stopa prawa – siła nacisku na platformę przy oczach otwartych

Bardzo podobnie sytuacja przedstawia się podczas próby z oczami zamkniętymi, jedynie zwiększył się odsetek badanych w samym przedziale od 50-55 %, który wyniósł 18 osób.



Ryc. 10 Stopa lewa – siła nacisku na platformę przy oczach zamkniętych

**Dyskusja.** W grupie przebadanych pacjentów podobnie jak u innych badaczy problem kręgosłupowy miał wpływ na parametry osiągane podczas badania na platformie stabilograficznej [4]. Wiek ma istotny wpływ na wszystkie zmienne zarówno przy oczach otwartych jak i zamkniętych oprócz strony odczuwanego bólu [11, 12]. Wyraźnie to widać przy badaniu drogi COP. Parametry takie jak VAS, strona promieniującego bólu oraz obciążenie kończyn również wykazują dużą zależność. Jeśli ból promieniuje do prawej kończyny pacjent bardziej obciąża drugą nogę, szczególnie zauważalne w badani z oczami zamkniętymi ( $p < 0,01$ ), jak również większy ból (VAS) koreluje z większym dociskiem lewej stopy ( $p < 0,0039$ ) [8, 12].



Ryc. 11 Stopa prawa – siła nacisku na platformę przy oczach zamkniętych

### Wnioski

Występowanie jednostronnego bólu w kręgoszmyku ma istotny wpływ na obciążanie nóg w pozycji stojącej.

Wiek oraz BMI pacjentów z kręgoszmykiem mogą być parametrami prognozującymi mniejszą stabilność w pozycji stojącej, szczególnie podczas próby z oczami zamkniętymi.

### Piśmiennictwo

1. *Błaszczak J. W.* Kontrola stabilności postawy ciała / Błaszczak J. W. // Kosmos. – 1993, - № 42(2).
2. *Sienkiewicz H.* Porównanie przebiegów stabilogramów u człowieka utrzymującego równowagę po wyłączeniu funkcji niektórych receptorów. Sienkiewicz H. // Człowiek i ruch. – 2001. – № 2(4).
3. *Sikora A.* Analiza przebiegu stabilogramów różnicujących udział obu kończyn dolnych w procesie utrzymania równowagi / Sikora A. // Człowiek i ruch. – 2001. – 2(4).
4. Korelacja wskaźnika symetryczności obciążenia kończyn dolnych i nasilenia bólu u pacjentów z zespołem bólowym kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego rehabilitowanych szpitalnie. / Kłodziej K., Kwolek A., Rusek W., Przysada G. / Przegląd Medyczny UR. – 2005. – № 3.
5. *Białachowski J. T.* Analiza wybranych cech antropometrycznych i rodzaju pracy zawodowej u chorych z przepukliną jądra miazdżystego części lędźwiowej kręgosłupa / Białachowski J. T., Stryła W. // Postępy Rehabilitacji. – 2002. – T. XVI. – № 1.
6. *Sierpowska A.* Ocena sprawności funkcjonalnej chorych z kręgoszmykiem / Sierpowska A., Cywińska-Wasilewska G., Warzecha D. / Postępy Rehabilitacji. – 2006. – № 2.
7. Ortopedia, Traumatologia, Zrównoważenie postawy ciała u pacjentów z chorobą dyskową we wczesnym okresie pooperacyjnym / Sipko T., Chantsoulis-Supińska M., Żmuda M., Zwoliński J. / Rehabilitacja. – 2008. – № 10 (3).
8. *Collins J. J.* Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories / Collins J. J., De Luca C. J. / Exp Brain Res. – 1993. – № 95(2).
9. Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. / Collins J. J., De Luca C. J., Burrows A., Lipsitz L. A. / Exp Brain Res. – 1995. – 104(3).



10. The relationship between fear of falling and human postural control / Davis J. R., Campbell A. D., Adkin A. L., Carpenter M. G. / *Gait Posture*. – 2009. – Feb. – № 29(2).
11. *Abrahamová D.* Age-related changes of human balance during quiet stance / *Abrahamová D., Hlavacka F.* / *Physiol Res*. – 2008. – № 57(6)
12. Muscular and centre of pressure response to sudden release of load in symmetric and asymmetric stoop lifting tasks / *Chow D. H., Cheng I. Y., Holmes A D., Evans J. H.* / *Appl Ergon*. – 2005. – Jan. – № 36(1).
13. *Collins J. J.* The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms / *Collins J. J., De Luca C. J.* / *Exp Brain Res*. – 1995. – № 103(1).

**ROZKŁAD SIŁ NACISKU STÓP  
ORAZ DROGA RZUTU ŚRODKA CIĘŻKOŚCI  
NA PLATFORMIE STABILOGRAFICZNEJ  
U PACJENTÓW Z KRĘGOZMYKIEM**

**Grzegorz MAGOŃ<sup>1</sup>, Berenika ZAWIŁO<sup>1</sup>, Filip GEORGIEW<sup>2</sup>,  
Adrian KUŹDŻAŁ<sup>1</sup>, Grzegorz TROJAN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Uniwersytet Rzeszowski*

<sup>2</sup>*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie (Polska)*

**Streszczenie.** Głównym celem niniejszej pracy jest ocena symetryczności obciążenia kończyn dolnych u pacjentów z kręgozmykiem. Sprawdzenie związków jakie zachodzą między przebiegiem stabilogramów dla obu kończyn dolnych, a intensywnością bólu (skala VAS) i wskaźnikiem masy ciała (BMI). Porównanie wielkości wychwiał ciała w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej przy oczach otwartych i zamkniętych zarejestrowanych w trakcie badań siły nacisku stóp na platformę. Przebadano 32 pacjentów z kręgozmykiem więzulinowym i zwyrodnieniowym. Stwierdzono wysoce statystycznie istotną zależność pomiędzy BMI, wiekiem i VAS a parametrami badanymi na platformie stabiligraficznej.

**Słowa kluczowe:** kręgozmyk, równowaga, BMI, rzut środka ciężkości, postawa

**FEET FORCE DISTRIBUTION AND LENGTH  
OF CENTRE OF PRESSURE ROUTE AT STABILOGRAPHIC PLATFORM  
AMONG SPONDYLOLISTHESIS PATIENTS**

**Grzegorz MAGOŃ<sup>1</sup>, Berenika ZAWIŁO<sup>1</sup>, Filip GEORGIEW<sup>2</sup>,  
Adrian KUŹDŻAŁ<sup>1</sup>, Grzegorz TROJAN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Rzeszow University*

<sup>2</sup>*Higher Vocational School in Tarnow (Poland)*

**Annotation.** The main aim of this research was to assess symmetry of feet force distribution among spondylolisthesis patients. Another was to find any connections between stabilographic reports for both legs, BMI and intensity of pain measured by VAS. Moreover we tried to estimate sagittal and frontal deviations with opened and closed eyes. 32 patients with isthmic and degenerative spondylolisthesis were examined. There is strong correlation between BMI, age and VAS and stabilographic parameters.

**Key words:** spondylolisthesis, balance, BMI, COP, posture.