

**Author's Contribution**

A – Study Design  
B – Data Collection  
C – Statistical Analysis  
D – Data Interpretation  
E – Manuscript Preparation  
F – Literature Search  
G – Funds Collection

**Zaangażowanie Autorów**

A – Przygotowanie projektu badawczego  
B – Zbieranie danych  
C – Analiza statystyczna  
D – Interpretacja danych  
E – Przygotowanie manuskryptu  
F – Opracowanie piśmiennictwa  
G – Pozyskanie funduszy

# Iwona Sihinkiewicz<sup>(A-F)</sup>, Joanna Golec<sup>(A,D)</sup>, Elżbieta Szczygieł<sup>(A,D)</sup>

University of Physical Education in Krakow, Poland  
Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, Polska

## THE EFFECT OF STRENGTH TRAINING ON MOTOR CONTROL AND THE LEVEL OF BACK PAIN

### WPŁYW TRENINGU SIŁOWEGO NA KONTROLĘ MOTORYCZNĄ I POZIOM DOLEGLIWOŚCI BÓLOWYCH KRĘGOSŁUPA

**Key words:** motor control, strength training, back pain, movement patterns

**Słowa kluczowe:** kontrola motoryczna, trening siłowy, dolegliwości bólowe kręgosłupa, wzorce ruchowe

#### Summary

**Background.** Physical activity is an integral part of a healthy lifestyle. Properly developed training leads to many beneficial changes affecting the functional capabilities of people of all ages and with varying degrees of training. The aim of the study was to assess the impact of strength training on motor control and back pain.

**Material and methods.** The study involved 60 healthy people who were assigned to one of two groups, taking into account their level of physical activity. Motor control was assessed by analyzing movement patterns, balance and activation of the transverse abdominal muscle. Spinal pain was assessed on the basis of the author's questionnaire and Oswestry questionnaire.

**Results.** Subjects in Group II spent more time during the day in a sitting position and more often experienced back pain. In Group I statistically better results were recorded in the FMS assessment. In both groups the distribution of the foot load was correct. In the posturographic study, better results of most stabilometric parameters were observed in Group I. Better activation of the transverse abdominal muscle was noted in the subjects in Group II. According to the Oswestry questionnaire, the subjects of Group II were more likely to experience back pain, especially when lifting heavy objects.

**Conclusions.** In physically active people better motor control and balance were observed, as well as less frequent back pain.

#### Streszczenie

**Wstęp.** Aktywność fizyczna jest nieodłącznym elementem zdrowego stylu życia. Prawidłowo zaprogramowany trening prowadzi do wielu korzystnych zmian wpływających na możliwości funkcjonalne osób w każdym wieku i o różnym stopniu wytrenowania. Celem pracy była ocena wpływu treningu siłowego na kontrolę motoryczną i dolegliwości bólowe kręgosłupa.

**Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 60 zdrowych osób, które zostały podzielone do jednej z dwóch grup, biorąc pod uwagę poziom aktywności fizycznej. Kontrolę motoryczną oceniono poprzez analizę wzorców ruchowych, równowagi i aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha. Dolegliwości bólowe kręgosłupa oceniono na podstawie autor-skiej ankiety i kwestionariusza Oswestry.

**Wyniki.** Badani w grupie II więcej czasu spędzali w ciągu dnia w pozycji siedzącej i częściej doświadczali dolegliwości bólowych kręgosłupa. W grupie I odnotowano istotnie statystycznie lepsze wyniki w ocenie FMS. W obydwu grupach dystrybucja obciążenia stóp była prawidłowa. W badaniu posturograficznym lepsze wyniki większości parametrów stabilometrycznych zaobserwowano w grupie I. Odnotowano lepszą aktywację mięśnia poprzecznego brzucha u badanych w grupie II. Według kwestionariusza Oswestry u badanych w grupie II częściej notowano dolegliwości bólowe kręgosłupa.

**Wnioski.** U osób aktywnych fizycznie zaobserwowano lepszą kontrolę motoryczną i równowagę, jak również rzadziej występowały dolegliwości bólowe kręgosłupa.

**Word count:** 7270  
**Tables:** 6  
**Figures:** 0  
**References:** 32

#### Address for correspondence / Adres do korespondencji

Iwona Sihinkiewicz  
Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie  
ul. Dąbska 21A/70, 31-572 Kraków, tel. 603 129 472, e-mail: iwona.sihinkiewicz@gmail.com

Received / Otrzymano 21.09.2022 r.  
Accepted / Zaakceptowano 29.11.2022 r.

## Background

The health benefits of resistance training have a significant impact on the quality of life and functional capabilities of people of all ages [1]. It is practiced not only by athletes but also recommended for general health and rehabilitation [2]. Benefits of resistance training include increased muscle strength and endurance, improved balance and coordination [1]. General strength training also has benefits in the form of increased muscle mass, reduced risk of soft tissue injuries and improved core stability [3].

The strengthening of trunk and core stabilizing muscles is an important factor affecting the performance of activities of daily living, results in sports and reduction of low back pain. A strong and stable trunk provides a solid basis for generating strength for the limbs [2,4] and minimize joint loads [5]. Static stabilization of the trunk is a foundation for postural control during sports activities [6]. Poor lumbopelvic control affects the kinematics and muscle activity of the lower extremities and may be a risk factor for injuries [7]. The muscles stabilizing the trunk include: internal oblique muscle, transversus abdominis and multifidus muscle. The Pressure Biofeedback Unit (PBU) is used to assess abdominal muscle function, including transversus abdominis activation during an abdominal drawing-in maneuver (ADIM) [8]. ADIM is effective in activating the transversus abdominis muscle to stabilize the trunk [9]. The contraction of the transversus abdominis muscle contribute to the dynamic stabilization of the lumbar spine via improving motor control, increasing intra-abdominal pressure and tensioning the thoracolumbar fascia. In people with lumbar pain the activation of the transversus abdominis is reduced therefore ADIM is a commonly used exercise in low back pain [8] and also as a stabilization technique to recover neuromuscular control after damage to the muscles that stabilize the trunk in athletes [10].

Balance control plays an important role in daily activities as well as in sports activities [11]. Balance is a basic motor skill and is especially important in athletes [12]. Loss of balance can affect athletic performance and increase the risk of injury [13]. In clinical practice there are many methods to evaluate postural control, including static and dynamic posturography [14]. Posturographic examination records and analyzes the displacement of the projection of the center of gravity to the surface [15]. The information needed to maintain balance is monitored by the vestibular system, proprioception and visual systems [16,17].

Functional movement screen (FMS) evaluates functional movement patterns. FMS was developed as a screening assessment before the sports season and is used to assess the risk of injury. Five of the seven FMS tests are assessed separately for the right and left sides of the body and show asymmetries that are identified as a risk factor for injury. An FMS score of 14 points and less may suggest an increased risk of injury [18,19].

The aim of this study was to compare the assessment of movement patterns, balance, the occurrence of back pain and trunk stabilization in active and physically inactive people.

## Wstęp

Korzyści zdrowotne związane z treningiem oporowym mają znaczący wpływ na jakość życia i możliwości funkcjonalne osób w każdym wieku [1]. Jest on praktykowany nie tylko przez sportowców, ale też zalecany dla ogólnego zdrowia i w rehabilitacji [2]. Korzyści treningu oporowego to między innymi zwiększenie siły i wytrzymałości mięśni, poprawa równowagi oraz koordynacji [1]. Ogólny trening siłowy przynosi także korzyści w postaci zwiększenia masy mięśniowej, zmniejszenia ryzyka urazów tkanek miękkich oraz poprawy stabilizacji tułowia [3].

Wzmacnianie tułowia i mięśni stabilizujących tułów jest ważnym czynnikiem wpływającym na wykonywanie aktywności dnia codziennego, wyniki w sporcie oraz zmniejszenie dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. Silny i stabilny tułów dostarcza solidnej podstawy do generowania siły dla kończyn [2,4] i minimalizuje obciążenie stawów [5]. Statyczna stabilizacja tułowia jest fundamentem dla kontroli posturalnej podczas aktywności sportowych [6]. Słaba kontrola kompleksu miedniczno-łędźwiowego wpływa na kinematykę i aktywność mięśni kończyn dolnych i może być czynnikiem ryzyka urazów [7]. Do mięśni stabilizujących tułów zaliczamy: mięsień skośny wewnętrzny, poprzeczny brzucha i wielodzielny. Do oceny funkcji mięśni brzucha, w tym aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha podczas manewru „wciskania pępka do kręgosłupa” (abdominal drawing-in maneuver – ADIM) służy Pressure Biofeedback Unit (PBU) [8]. ADIM jest efektywny w aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha w celu stabilizacji tułowia [9]. Uważa się, że skurcz mięśnia poprzecznego przyczynia się do dynamicznej stabilizacji kręgosłupa lędźwiowego poprzez poprawę kontroli motorycznej, zwiększenie ciśnienia śródbrzusznego i napięcie powięzi piersiowo-łędźwiowej. U osób z bólem odcinka lędźwiowego aktywacja mięśnia poprzecznego jest zmniejszona, w związku z tym ADIM jest powszechnie stosowanym ćwiczeniem w dolegliwościach bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa [8], a także jako technika stabilizacyjna w celu odzyskania kontroli nerwo-mięśniowej po uszkodzeniu mięśni stabilizujących tułów u sportowców [10].

Kontrola równowagi odgrywa ważną rolę w codziennych czynnościach, jak i w aktywnościach sportowych [11]. Równowaga jest podstawową umiejętnością motoryczną i jest szczególnie ważna u sportowców [12]. Utrata równowagi może wpływać na wyniki sportowe oraz zwiększać ryzyko urazów [13]. W praktyce klinicznej istnieje wiele metod oceniających kontrolę posturalną, w tym statyczna i dynamiczna posturografia [14]. Badanie posturograficzne rejestruje i analizuje przemieszczenia rzutu środka ciężkości na powierzchnię [15]. Informacje potrzebne do utrzymania równowagi są monitorowane przez układ przedsionkowy, propriocepcję i kontrolę wzrokową [16,17].

Functional movement screen (FMS) ocenia funkcjonalne wzorce ruchowe. FMS został opracowany jako ocena przesiewowa przed sezonem sportowym oraz wykorzystywany jest do oceny ryzyka urazu. Pięć z siedmiu testów FMS jest ocenianych oddzielnie dla prawej i lewej strony ciała i ukazuje asymetrie, które są identyfikowane jako czynnik ryzyka urazu. Wynik FMS 14 punktów i mniej może sugerować zwiększone ryzyko urazu [18,19].

## Material and methods

The study involved 60 healthy people who were assigned to one of two groups, taking into account their level of physical activity. Group I included subjects exercising in the gym, consisting of 15 women and 15 men (average age  $27.86 \pm 5.79$  years, average body height  $173.98 \pm 8.87$  cm, average body weight  $73.13 \pm 16.72$  kg). Group II included subjects who did not exercise in the gym, consisting of 13 and 17 men (average age  $28.83 \pm 6.53$  years, average body height  $174.96 \pm 8.77$  cm, average body weight  $74.98 \pm 15.98$  kg). The subjects were recruited to group I at a fitness club in Krakow. The tests were performed before training, without warming up. Criteria for inclusion in the studies: age between 18 and 45 years of age, use of regular strength training at least 2 times a week, training experience not less than 6 months.

Exclusion criteria: fresh injuries of the musculoskeletal system, pregnancy.

For group II people who do not perform regular physical activity and within the designated age range were selected, and meet the same exclusion criteria as group I.

The following research tools were used: author's survey, FMS test, baropodometry platform, PBU, Oswestry questionnaire.

The survey included questions about the training experience, frequency and type of training, past injuries and the occurrence of back pain.

FMS was used to assess movement patterns, which consists of 7 functional tests and 3 provocative tests – excluding more serious pathologies. The tests were assessed on a scale from 0 to 3 points, a maximum of 21 points could be obtained [20].

The posturographic assessment was carried out on the FreeMED Base baropodometric platform (Sensor Medica®; Guidonia Montecelio, Roma, Italia) with freeStep software. A baropodometric test was performed to measure foot pressure and plantar surface, and a stabilometric test assessing the coordinates of the center of pressure (CoP). During the baropodometric examination, the subject stood with his eyes open on the platform for 5 seconds. Parameters such as the percentage distribution of the load of each rate, the percentage load of the forefoot and the rear-foot were measured.

The stabilometric examination was performed in various conditions: standing feet with the eyes open (30 seconds), standing with the eyes closed (30 seconds), standing on the right foot and on the left foot with the eyes open (20 seconds) and with the eyes closed (10 seconds). During the measurements, the subject stood with his arms along the trunk, feet placed side-by-side and the head in neutral position facing forward. During the equilibrium test, such parameters as the length of sway (mm), the ellipse sway area ( $\text{mm}^2$ ), the average CoP velocity of sway (mm/s), the maximum sway of the CoP (mm) were recorded.

The trunk stabilization study was performed by assessing the activity of the transversus abdominis muscle using the Pressure Biofeedback Unit (Chat-

Celem pracy było porównanie oceny wzorców ruchowych, równowagi, występowania dolegliwości bólowych kręgosłupa oraz stabilizacji tułowia u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie.

## Materiał i metody

W badaniach wzięło udział 60 zdrowych osób, które zostały przydzielone do jednej z dwóch grup, biorąc pod uwagę poziom aktywności fizycznej. Grupa I obejmowała osoby ćwiczące w siłowni, składała się z 15 kobiet i 15 mężczyzn (średnia wieku  $27,86 \pm 5,79$  lat, średnia wysokość ciała  $173,98 \pm 8,87$  cm, średnia masa ciała  $73,13 \pm 16,72$  kg). Grupa II obejmowała osoby niećwiczące w siłowni, składała się z 13 kobiet i 17 mężczyzn (średnia wieku  $28,83 \pm 6,53$  lat, średnia wysokość ciała  $174,96 \pm 8,77$  cm, średnia masa ciała  $74,98 \pm 15,98$  kg).

Do grupy I badanych rekrutowano na terenie klubu fitness w Krakowie. Badania wykonywano przed treningiem, bez rozgrzewki. Kryteria włączenia do badań: wiek między 18 a 45 rokiem życia, stosowanie regularnego treningu siłowego co najmniej 2 razy w tygodniu, staż treningowy nie krótszy niż 6 miesięcy.

Kryteria wyłączenia: świeże urazy narządu ruchu, ciąża.

Do grupy II wybrano osoby w wyznaczonym zakresie wiekowym, które nie korzystają z regularnej aktywności fizycznej, nie stosują treningu siłowego i spełniają te same kryteria wyłączenia co grupa I.

Wykorzystano następujące narzędzia badawcze: autorska ankieta, test FMS, platforma baropodometryczna, PBU, kwestionariusz Oswestry.

Ankieta zawierała pytania na temat stażu treningowego, częstotliwości i rodzaju treningów, przebytych urazów oraz występowania dolegliwości bólowych kręgosłupa.

Do oceny wzorców ruchowych wykorzystano FMS, który składa się z 7 testów funkcjonalnych i 3 testów prowokacyjnych – wykluczających poważniejsze patologie. Testy oceniano w skali od 0 do 3 punktów, maksymalnie można było uzyskać 21 punktów [20].

Ocenę posturograficzną przeprowadzono na platformie baropodometrycznej FreeMED Base (Sensor Medica®; Guidonia Montecelio, Roma, Italia) z oprogramowaniem freeStep. Wykonano badanie baropodometryczne w celu pomiaru nacisku stóp oraz badanie stabilometryczne oceniające współrzędne środka nacisku stóp (CoP). Podczas badania baropodometrycznego badany stał obunóż z oczami otwartymi na platformie przez 5 sekund. Dokonano pomiaru takich parametrów jak: procentowy rozkład obciążenia każdej ze stóp, procentowe obciążenie przodostopia i tylostopia.

Badanie stabilometryczne wykonywano w różnych warunkach: w staniu obunóż z oczami otwartymi (30 sekund), w staniu obunóż z oczami zamkniętymi (30 sekund), w staniu na kończynie dolnej prawej i na kończynie dolnej lewej z oczami otwartymi (20 sekund) oraz z oczami zamkniętymi (10 sekund). W trakcie pomiarów obunóż badany stał z kończynami górnymi wzdłuż ciała, stopami rozstawionymi na szerokość bioder i wzrokiem skierowanym przed siebie. W trakcie badania równowagi dokonano zapisu takich parametrów jak: długość wychwiał (mm), powierzchnia elipsy ( $\text{mm}^2$ ), średnia szybkość wychwiał CoP (mm/s), maksymalne wahania CoP (mm).

tanooga Group Inc. Hixson, TN). PBU consists of an inflatable cuff connected to a pressure gauge, which is used to record and monitor pressure changes during the movement of the lumbar spine and pelvis. Excessive pressure changes indicate uncontrolled movements in the lumbar spine or pelvis [20].

Three tests were performed, each test was repeated 2 times, choosing a better result. The starting position of each test was lying back with the lower limbs flexed, the feet spacing hip-width apart, and the upper limbs crossed at the chest. Between the ground and the lumbar spine, the cuff of the device was placed (the lower edge of the cuff above the Posterior Superior Iliac Spines) and inflated to the level of 40 mmHg [9]. During the tests, the participants were asked not to tighten their buttocks, move their pelvis or spine.

In test I, the subject inhaled and then exhaled with a slight navel press towards the spine [8] and maintaining the tension of the transversus abdominis for 5 seconds. Test II consisted of exhaling with pressing the navel towards the spine and slowly straightening and then bending the right lower limb, moving the foot on the ground with maintaining abdominal tension during the movement. Then the test was performed for the lower left limb. In test III, the subject was asked to inhale, exhale the navel towards the spine and slowly straighten both lower limbs in the knee joints and return after the initial position. With each test, the maximum pressure deviation was recorded for further analysis.

Abnormal activation of the transversus abdominis and thus abnormal stabilization in the lumbar region was considered when the change in pressure in the cuff in test I was above 5 mmHg, in tests II and III above 10 mmHg [6].

The Oswestry questionnaire consists of 10 questions assessing the degree of disability caused by pain in the thoracolumbar spine. The questions concern the severity of pain at a given moment and during specific activities of everyday life. Each question is rated on a scale from 0 to 5 points, where 0 means to perform an activity without pain and 5 points are assigned when the person is unable to perform the activity due to pain [21].

Statistical analysis was performed using Statistica. To calculate the changes between the groups, a two-tailed and one-tailed T-test for independent samples was used. The Pearson correlation coefficient was used to calculate the correlation between the tested parameters. The level for statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

## Results

Group I consisted of subjects exercising at the gym (Tab. 1).

The groups differed significantly in terms of time spent sitting ( $p=0.01$ ). There were 15 subjects with more than 6 hours a day in a sitting position in gr. I, and in gr. II-24. Spinal pain was reported in a total of

Badanie stabilizacji tułowia wykonano oceniając aktywność mięśnia poprzecznego brzucha używając urządzenia Pressure Biofeedback Unit (Chattanooga Group Inc, Hixson, TN). PBU składa się z nadmuchiwanego mankietu połączonego z manometrem, który służy do rejestrowania i monitorowania zmian ciśnienia podczas ruchu odcinka lędźwiowego kręgosłupa i miednicy. Nagłe zmiany ciśnienia świadczą o niekontrolowanych ruchach w odcinku lędźwiowym kręgosłupa lub miednicy [20].

Wykonywano 3 testy, każdy test powtarzano 2 krotnie, wybierając lepszy wynik. Pozycją początkową każdego testu było leżenie tyłem z ugiętymi kończynami dolnymi, stopami rozstawionymi na szerokość bioder i kończynami górnymi skrzyżowanymi na klatce piersiowej. Między podłożem a odcinkiem lędźwiowym kręgosłupa umieszczano mankiety urządzenia (dolna krawędź mankietu nad kolcami biodrowymi tylnymi górnymi) i pompowano go do poziomu 40 mmHg [9]. Podczas testów proszono badanego, aby nie napinał pośladków, nie poruszał miednicą ani kręgosłupem.

W teście I osoba badana wykonywała wdech a następnie wydech z niewielkim wciśnięciem pępka w kierunku kręgosłupa [8] i utrzymaniem napięcia mięśnia poprzecznego brzucha przez 5 sekund. Test II polegał na wykonaniu wydechu z wciśnięciem pępka w kierunku kręgosłupa i powolnym wyprostowaniu a następnie zgięciu prawej kończyny dolnej, przesuując stopą po podłożu z utrzymaniem podczas ruchu napięcia brzucha. Następnie test wykonywano dla kończyny dolnej lewej. W teście III proszono badanego by wykonał wdech, z wydechem wcisnął pępek w kierunku kręgosłupa i powoli wyprostował obydwie kończyny dolne w stawach kolanowych i powrócił po pozycji początkowej. Przy każdym teście notowano maksymalne odchylenie ciśnienia, w celu dalszej analizy.

Za nieprawidłową aktywację mięśnia poprzecznego brzucha a tym samym nieprawidłową stabilizację w odcinku lędźwiowym uznawano, kiedy zmiana ciśnienia w mankiecie w teście I wynosiła powyżej 5 mmHg, w teście II i III powyżej 10 mmHg [6].

Kwestionariusz Oswestry składa się z 10 pytań oceniających stopień niepełnosprawności spowodowany dolegliwościami bólowymi odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa. Pytania dotyczą nasilenia bólu w danym momencie i podczas konkretnych czynności dnia codziennego. Każde pytanie ocenia się w skali od 0 do 5 punktów, gdzie 0 oznacza wykonanie czynności bez bólu a 5 punktów przyznaje się, gdy osoba nie jest w stanie wykonać danej aktywności z powodu bólu [21].

Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistica. Do obliczenia zmian między grupami użyto t-test dwustronny i jednostronny dla prób niezależnych. Do obliczeń korelacji między badanymi parametrami wykorzystano współczynnik korelacji Pearsona. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Grupę I stanowiły osoby ćwiczące w siłowni (Tab. 1).

Grupy różniły się istotnie statystycznie pod względem czasu spędzanego w pozycji siedzącej ( $p=0,01$ ). Powyżej 6 godzin dziennie w pozycji siedzącej w gr. I przebywało 15 badanych, zaś w gr. II 24. Dolegliwości bólowe kręgosłupa odnotowano łącznie u 45 bada-

Tab. 1. Description of group I training

Tab. 1. Opis treningu grupy I

Training internship (years) / Staż treningowy (lata)	Number of persons / Liczba osób/
> 3	22
2-3	2
1-2	4
0,5-1	2
Frequency of training per week / Częstotliwość treningów w tygodniu/	
4	14
3	12
2	4

Tab. 2. Comparison of FMS results between groups and between gender in individual groups. A two-sided t-test for independent samples was used to calculate the statistical significance (statistical significance is marked \*)

Tab. 2. Porównanie wyników oceny FMS między grupami oraz między płcią w poszczególnych grupach. Do obliczenia istotności statystycznej wykorzystano t-test dwustronny dla prób niezależnych (istotność statystyczną zaznaczono \*)

	Scoring / Punkcja	Gr. I	Gr. II	Women / Kobiety		Men / Mężczyźni	
				Gr. I	Gr. II	Gr. I	Gr. II
Deep squat / Głęboki przysiad	3	20	10	10	7	10	3
	2	10	20	5	6	5	14
	1	-	-	-	-	-	-
	0	-	-	-	-	-	-
			p = 0,009*		p = 0,508		p = 0,004*
Hurdle step / Przeniesienie kończyny dolnej nad poprzeczką	3	28	22	15	10	13	12
	2	2	7	-	2	2	5
	1	-	1	-	1	-	-
	0	-	-	-	-	-	-
			p = 0,036*		p = 0,103		p = 0,278
In-line lunge / Przysiad w wyroku	3	27	22	15	12	12	10
	2	3	8	-	1	3	7
	1	-	-	-	-	-	-
	0	-	-	-	-	-	-
			p = 0,099		p = 0,337		p = 0,203
Shoulder mobility / Mobilność obręczy barkowej	3	19	20	13	9	6	11
	2	8	8	-	3	8	5
	1	-	1	-	1	-	-
	0	3	1	2	-	1	1
			p = 0,540		p = 0,96		p = 0,36
ASLR	3	23	13	13	8	10	5
	2	3	1	-	-	3	1
	1	4	16	2	5	2	11
	0	-	-	-	-	-	-
			p = 0,0018*		p = 0,147		p = 0,005*
Trunk stability push-up / Pompka w podporze	3	20	9	7	-	13	9
	2	1	8	-	4	1	4
	1	7	10	6	7	1	3
	0	2	3	2	2	-	1
			p = 0,049*		p = 0,09		p = 0,05
Rotary stability / Stabilność rotacyjna tułowia/	3	1	1	-	-	1	1
	2	28	23	14	10	14	13
	1	-	5	-	3	-	2
	0	1	1	1	-	-	1
			p = 0,1907		p = 0,59		p = 0,16

45 subjects from both groups. More subjects felt back pain in gr. II (gr. I-19, gr. II-26). There was a statistically significant difference between the groups in the pain of the cervical spine ( $p=0.03$ ) and thoracic spine ( $p=0.04$ ). In some people, the occurrence of pain at the same time in different sections of the spine has been observed. There were no significant differences between the groups given the number and type of injuries suffered.

nych z obydwu grup. Więcej badanych odczuwało ból kręgosłupa w gr. II (gr. I-19, gr. II-26). Występowała istotna statystycznie różnica pomiędzy grupami w odczuwaniu dolegliwości bólowych kręgosłupa szyjnego ( $p=0,03$ ) i piersiowego ( $p=0,04$ ). U niektórych osób zaobserwowano występowanie dolegliwości bólowych jednocześnie w różnych odcinkach kręgosłupa. Nie odnotowano istotnych różnic między grupami biorąc pod uwagę liczbę i rodzaj przebytych urazów.

In the FMS assessment, significant differences were observed between the groups (Tab. 2). The groups differed in the mean total FMS scores ( $p=0.0005$ ). In gr. I both women and men achieved better results. The average score in gr. I was 17.8 points, including 17.6 for women and 18 for men. In gr. II, the average number of points was 15.8, for women 15.9 and for men 15.7 points. The minimum number of points in gr. I was 14, the maximum was 21, and in gr. II the minimum was 11, the maximum was 19 points. In gr. I, one person scored 14 points, while in gr. II, 14 points and less were scored by eight subjects. The largest differences in scores between the groups were observed in the deep squat test ( $p=0.009$ ), ASLR ( $p=0.0018$ ), hurdle step ( $p=0.036$ ) and trunk stability push-up ( $p=0.049$ ). Men in gr. I performed better in the deep squat test ( $p=0.002$ ), ASLR ( $p=0.0027$ ) and trunk stability push-up ( $p=0.025$ ) compared to men in gr. II. There were no significant differences between the women. Statistically significant better results in the performance of the trunk stability push-up were obtained by women from gr. I ( $p=0.045$ ). In this test, none of the women in gr. II scored 3 points.

Baropodometric study on the FreeMED Base platform showed normal foot load in both groups (Tab. 3).

The results of stabilometric parameters are presented in Table 4. In the tests of standing feet with open and closed eyes, better results were obtained by sub-

W ocenie FMS między grupami zaobserwowano istotne różnice (Tab. 2). Grupy różniły się w średnich łącznych wynikach oceny FMS ( $p=0,0005$ ). W gr. I zarówno kobiety jak i mężczyźni osiągnęli lepsze wyniki. Średni wynik w gr. I wyniósł 17,8 punktu, w tym dla kobiet 17,6 i dla mężczyzn 18. W gr. II średnia ilość punktów wyniosła 15,8, dla kobiet 15,9 a dla mężczyzn 15,7 punktu. Minimalna liczba punktów w gr. I wyniosła 14, maksymalna 21, zaś w gr. II minimum wyniosło 11, maksimum 19 punktów. W gr. I jedna osoba uzyskała 14 punktów, zaś w gr. II 14 punktów i mniej uzyskało ośmiu badanych. Największe różnice w wynikach pomiędzy grupami zaobserwowano w teście głębokiego przysiadu ( $p=0,009$ ), ASLR ( $p=0,0018$ ), przeniesieniu kończyny dolnej nad poprzeczką ( $p=0,036$ ) i w pompce w podporze ( $p=0,049$ ). Mężczyźni w gr. I osiągnęli lepsze wyniki w teście głębokiego przysiadu ( $p=0,002$ ), ASLR ( $p=0,0027$ ) i w pompce w podporze ( $p=0,025$ ) w porównaniu do mężczyzn w gr. II. Między kobietami nie było dużych różnic. Istotnie statystycznie lepsze wyniki w wykonaniu pompki w podporze uzyskały kobiety z gr. I ( $p= 0,045$ ). W teście tym żadna z kobiet w gr. II nie uzyskała 3 punktów.

Badanie baropodometryczne na platformie FreeMED Base wykazało prawidłowe obciążenie kończyn w obydwu grupach (Tab. 3).

Wyniki parametrów stabilometrycznych przedstawia Tabela 4. W testach stania obunóż z oczami otwar-

Tab. 3. Average percentage load on the lower limbs

Tab. 3. Średnie procentowe obciążenie kończyn dolnych

	BAROPODOMETRIC PARAMETERS / PARAMETRY BAROPODOMETRYCZNE/					
	Right lower limb / Kończyna dolna prawa [%]	Left lower limb / Kończyna dolna lewa [%]	Right forefoot / Przdostopie prawe [%]	Right hindfoot / Tyłostopie prawe [%]	Left forefoot / Przdostopie lewe [%]	Left hindfoot / Tyłostopie lewe [%]
Gr. I	51,23	48,76	17,80	33,43	16,70	32,06
Women / Kobiety	50,33	49,66	17,33	33,00	15,46	34,20
Men / Mężczyźni	52,13	47,86	18,26	33,86	17,93	29,93
Gr. II	50,10	49,90	17,16	32,93	16,66	33,23
Women / Kobiety	51,46	48,53	14,53	36,92	15,00	33,53
Men / Mężczyźni	49,06	50,94	19,17	29,88	17,94	33,00

Tab. 4. Comparison of stabilometric parameters between groups

Tab. 4. Porównanie parametrów stabilometrycznych między grupami

Test	Group / Grupa	Długość wychyłań [mm]	Ellipse surface / Powierzchnia elipsy [mm <sup>2</sup> ]	Average speed / Średnia szybkość [mm/s]	Max fluctuations / Max wahania/ [mm]
obunóż OO	I	555,69 ± 238,99	70,37 ± 76,71	19,28 ± 8,21	2,57 ± 1,06
	II	2457,24 ± 10046,07	88,94 ± 94,55	21,62 ± 7,54	3,31 ± 2,09
obunóż OZ	I	578,08 ± 221,45	108,11 ± 9,72	19,80 ± 7,65	9,16 ± 8,62
	II	675,08 ± 266,13	188,38 ± 298,17	23,28 ± 9,18	9,12 ± 7,45
R-F OO	I	739,83 ± 193,33	627,39 ± 588,20	28,71 ± 9,49	171,65 ± 24,97
	II	742,10 ± 228,20	1040,91 ± 2376,95	28,57 ± 11,96	185,60 ± 45,92
L-F OO	I	730,05 ± 472,98	753,62 ± 1365,39	32,30 ± 23,53	96,56 ± 30,50
	II	639,77 ± 259,75	494,21 ± 873,70	27,51 ± 13,16	98,67 ± 26,78
R-F OZ	I	1110,08 ± 569,80	16647,68 ± 37295,98	93,59 ± 57,04	214,90 ± 122,61
	II	926,55 ± 332,84	5370,20 ± 5190,93	76,06 ± 34,36	165,61 ± 36,53
L-F OZ	I	1040,71 ± 492,63	9099,20 ± 22456,14	87,41 ± 49,27	174,25 ± 35,18
	II	1030,50 ± 602,26	9314,24 ± 14851,18	86,06 ± 60,16	169,89 ± 29,53

<sup>1</sup> (Legenda: obunóż OO – obunóż oczu otwarte, obunóż OZ – obunóż oczu zamknięte, R-F OO – prawa kończyna dolna oczu otwarte, L-F OO – lewa kończyna dolna oczu otwarte, R-F OZ – prawa kończyna dolna oczu zamknięte, L-F OZ – lewa kończyna dolna oczu otwarte)

Tab. 5. Comparison of PBU cuff pressure changes during transverse abdominal muscle activation tests

Tab. 5. Porównanie zmian ciśnienia mankietu PBU podczas testów aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha

	TEST I	TEST II	TEST III
Gr. I	11,26 mmHg ± 16,12	13,1 mmHg ± 10,17	22,33 mmHg ± 17,09
Gr. II	5,43 mmHg ± 6,17	11,7 mmHg ± 7,38	18,53 mmHg ± 18,25
p	0,07	0,54	0,408

jects in gr. I. In the test of standing on the right foot with open eyes, a better balance was observed in subjects in gr. I. In other one-legged tests in most parameters, better results were recorded in gr. II. In the assessment of the balance in standing with the eyes open, a much higher average length of sway was recorded in gr. II ( $p=0.154$ ). The results in the maximum sway in gr. I were statistically significant better than in gr. II ( $p=0.047$ ). When standing with both eyes closed, a much lower average length of sway was observed in gr. II compared to the test of standing with open eyes, in gr. I similar results as in gr. II were recorded. Comparing both groups when standing on the right or left foot with open eyes, similar results were observed in gr. I, while in gr. II better results in the length of the sway and the ellipse sway area were obtained by standing on the left foot. In the test of standing on the right foot with the eyes closed, a statistically significant difference between the groups in the maximum sway was observed ( $p=0.04$ ), better results were recorded in gr. II. A significant difference in the ellipse sway area and a very large standard deviation in the results of both groups, greater in gr. I, were noted.

Based on the analysis of the assessment of the transversus abdominis muscle with PBU, better activation of this muscle was found in subjects from gr. II (Tab. 5). In test I, statistically significant better results were observed in the subjects in gr. II ( $p=0.036$ ), in the other tests no serious difference was noted. A significant difference in the activation of the transversus abdominis between females and males was noted. In test I, statistically significant better scored women from gr. II ( $p=0.046$ ).

Based on the results of the Oswestry questionnaire, back pain did not significantly interfere with the performance of daily activities among the subjects. There was an important difference between the groups in the perception of pain when lifting heavy objects ( $p=0.005$ ). In gr. I no subject felt pain during lifting, and in gr. II 9 subjects reported pain. In gr. II in a larger number of subjects sleep was disturbed by pain ( $p=0.027$ ). There was also a significant difference between women from both groups in the level of pain sensation when lifting objects ( $p=0.025$ ), more women from gr. II picked up objects with pain. No important differences were observed among men.

In this studies a negative correlation ( $r=-0.42$ ) was observed between the FMS assessment and the results of the Oswestry questionnaire. This means that the better the quality of movement patterns, the less frequent there are back pain. There was also a positive correlation between the activation of the transversus abdominis muscle in tests I and II ( $r=0.51$ ), from which it can be concluded that the better the static stabilization of the trunk, the better the dynamic stabilization. The correlation list is shown in Table 6.

tymi, jak i zamkniętymi lepsze wyniki uzyskali badani w gr. I. W teście stania na kończynie dolnej prawej z oczami otwartymi zaobserwowano lepszą równowagę u badanych w gr. I. W pozostałych testach jednonóż w większości parametrów lepsze wyniki odnotowano w gr. II. W ocenie równowagi w staniu obunóż z oczami otwartymi zanotowano znacznie większą średnią długość wychwiał w gr. II ( $p=0,154$ ). Wyniki w maksymalnych wahanach w gr. I były istotnie statystycznie lepsze niż w gr. II ( $p=0,047$ ). Podczas stania obunóż z oczami zamkniętymi zaobserwowano znacznie niższą średnią długość wychwiał w gr. II w porównaniu do testu stania z oczami otwartymi, w gr. I zanotowano podobne wyniki. Porównując obydwie grupy podczas stania na kończynie dolnej prawej i lewej z oczami otwartymi, w gr. I zaobserwowano zbliżone wyniki, zaś w gr. II lepsze wyniki w długości wychwiał i powierzchni elipsy uzyskano stojąc na kończynie dolnej lewej. W teście stania na kończynie dolnej prawej z oczami zamkniętymi zaobserwowano istotnie statystyczną różnicę między grupami w maksymalnych wahanach ( $p=0,04$ ), lepsze wyniki zanotowano w gr. II. Zauważono znaczną różnicę w powierzchni elipsy oraz bardzo duże odchylenie standardowe w wynikach obydwu grup, większe w gr. I.

Na podstawie analizy oceny mięśnia poprzecznego brzucha za pomocą PBU stwierdzono lepszą aktywację tego mięśnia u badanych z gr. II (Tab. 5). W teście I zaobserwowano istotnie statystycznie lepsze wyniki u badanych w gr. II ( $p=0,036$ ), w pozostałych testach nie zanotowano istotnej różnicy. Zauważono istotną różnicę w aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha pomiędzy płcią. W teście I istotnie statystycznie lepszy wynik uzyskały kobiety z gr. II ( $p=0,046$ ).

W oparciu o uzyskane wyniki kwestionariusza Oswestry ból kręgosłupa nie zaburzał w znaczący sposób wykonywania codziennych czynności wśród badanych. Zanotowano istotną różnicę między grupami w odczuwaniu bólu podczas podnoszenia ciężkich przedmiotów ( $p=0,005$ ). W gr. I żaden badany nie odczuwał bólu podczas podnoszenia, zaś w gr. II 9 badanych zgłosiło ból. W gr. II u większej liczby badanych sen był zaburzony bólem ( $p=0,027$ ). Występowała też istotna statystycznie różnica pomiędzy kobietami z obydwu grup w poziomie odczuwaniu bólu podczas podnoszenia przedmiotów ( $p=0,025$ ), więcej kobiet z gr. II podnosiło przedmioty z bólem. Wśród mężczyzn nie zaobserwowano istotnych różnic.

W badaniach zaobserwowano ujemną korelację ( $r=-0,42$ ) pomiędzy oceną FMS a wynikami kwestionariusza Oswestry. Oznacza to, że im lepsza jakość wzorców ruchowych tym rzadziej występują dolegliwości bólowe kręgosłupa. Zanotowano też dodatnią korelację pomiędzy aktywacją mięśnia poprzecznego brzucha w teście I i II ( $r=0,51$ ) z czego można wnioskować, że im lepsza stabilizacja statyczna tułowia tym lepsza stabilizacja dynamiczna. Wykaz korelacji przedstawia Tabela 6.

Tab. 6. Correlation between selected parameters (\*significant correlations indicated)

Tab. 6. Korelacja między wybranymi parametrami (\*oznaczono istotne korelacje)

	FMS	Kw.Oswetry	PBU test I	PBU test II	PBU test III	Dł. wychwiał test obunóż OO	Dł. wychwiał test obunóż OZ
FMS	1						
Kw.Oswetry	-0,42*	1					
PBU test I	0,19*	-0,09	1				
PBU test II	0,04	-0,09	0,51*	1			
PBU test III	-0,03	-0,05	0,11	0,27*	1		
Dł. wychwiał test obunóż OO	-0,09	-0,11	-0,09	-0,07	-0,13	1	
Dł. wychwiał test obunóż OZ	0,07	-0,18*	-0,07	-0,17*	0,02	0,05	1

## Discussion

Exercises that increase muscle strength are effective in reducing low back pain [22]. Other benefits of strength training include increasing muscle mass, reducing the risk of injury and improving trunk stabilization [3]. Central stabilization exercises include activation of deep abdominal muscles, balance and strength training [23].

The study assessed the influence of strength training on motor control and back pain.

In the FMS assessment in gr. I, higher scores were observed in both men and women. In the research of Schneiders et al. assessing movement patterns in the population of physically active people using endurance training, the average FMS score was 15.7 points, there was no statistically significant difference in average scores between the sexes [18]. It can be suggested that strength training affects the quality of movement patterns to a greater extent than endurance training. In the studies of Chimera et al., which compared the results of the FMS assessment between women and men practicing athletics, similar results were recorded in women and men in the FMS assessment (women 14.3 points, men 14.0 points), but there were differences in the performance of individual movement patterns. In women, better results were observed in patterns related to muscle flexibility and balance (in-line lunge, shoulder mobility, ASLR), and worse in movement patterns requiring torso strength (trunk stability push-up, rotary stability) [19]. Similar observations were noted in the conducted studies. The FMS test assesses, among other things, the risk of injury. It is assumed that a score of 14 points and less indicates an increased risk of injury [18]. The study did not notice any significant difference between the groups in the number of injuries suffered over the past year. The FMS results, on the other hand, suggest an increased risk of injury in gr. II subjects. A longer observation should be made to conclude that the observed relationship is correct.

In the research of Kałużny et al. it was observed that people who properly activated the transverse abdominal muscle obtained better results in the FMS assessment and reported a lower number of injuries [20]. In the conducted studies, the effect of strength training on better activation of the transverse abdominal muscle was not noticed. Grooms et al. in their research, they questioned that maintaining adequate pressure during ADIM test using PBU indicates prop-

## Dyskusja

Ćwiczenia zwiększające siłę mięśniową są skuteczne w zmniejszaniu dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa [22]. Inne zalety treningu siłowego to zwiększenie masy mięśniowej, zmniejszenie ryzyka urazów oraz poprawa stabilizacji tułowia [3]. Ćwiczenia stabilizacji centralnej obejmują aktywację głębokich mięśni brzucha, trening równowagi i siły [23].

W przeprowadzonych badaniach oceniono wpływ treningu siłowego na kontrolę motoryczną i dolegliwości bólowe kręgosłupa. W ocenie FMS w gr. I zaobserwowano wyższe wyniki, zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet. W badaniach Schneiders i wsp. oceniających wzorce ruchowe w populacji aktywnych fizycznie osób stosujących trening wytrzymałościowy, średni wynik FMS wyniósł 15,7 punktu, nie zanotowano istotnej statystycznie różnicy w średnich wynikach między płcią [18]. Można zasugerować, że trening siłowy wpływa na jakość wzorców ruchowych w większym stopniu niż trening wytrzymałościowy. W badaniach Chimera i wsp., w których porównywano wyniki oceny FMS między kobietami i mężczyznami uprawiającymi lekkoatletykę zanotowano podobne wyniki u kobiet i u mężczyzn w ocenie końcowej FMS (kobiety 14,3 punktu, mężczyźni 14,0 punktu), widoczne były jednak różnice w wykonaniu poszczególnych wzorców ruchowych. U kobiet zaobserwowano lepsze wyniki we wzorcach związanych z elastycznością mięśni i równowagą (przysiad w wykroku, mobilność obręczy barkowej, ASLR), zaś gorsze we wzorcach ruchowych wymagających siły tułowia (pompka w podporze, stabilność rotacyjna tułowia) [19]. Podobne obserwacje zanotowano w przeprowadzonych badaniach. Test FMS ocenia między innymi ryzyko urazu. Przyjmuje się, że wynik 14 punktów i mniej świadczy o zwiększonym ryzyku urazu [18]. W przeprowadzonych badaniach nie zauważono istotnej różnicy między grupami w liczbie przebytych urazów w przeciągu ostatniego roku. Wyniki FMS sugerują natomiast zwiększone ryzyko urazu u badanych z gr. II. Należy dokonać dłuższej obserwacji, aby stwierdzić, że zaobserwowana zależność jest słuszna.

W badaniach Kałużny i wsp. zaobserwowano, że osoby, które prawidłowo aktywizowały mięsień poprzeczny brzucha uzyskiwały lepsze wyniki w ocenie FMS oraz zgłaszały mniejszą liczbę urazów [20]. W przeprowadzonych badaniach nie zauważono wpływu treningu siłowego na lepszą aktywację mięśnia poprzecznego brzucha. Grooms i wsp. w swoich ba-



er activation of the transverse abdominal muscle [8]. It would be useful to supplement the study with ultrasound imaging to compare changes in muscle thickness at rest and in contraction. Gong in his study evaluated the correlations between the thickness of the transverse abdominal muscle, the stabilization of the trunk and balance in young women and noted that as the thickness of the transverse abdominal muscle increases, static and dynamic stabilization of the trunk and the stability score improves. The thesis that training to increase the mass of the transverse abdominal muscle is necessary to improve torso stabilization and balance can be considered [24].

Balance control is influenced by many factors. In the conducted studies, better results of most stabilometric parameters were observed in standing tests with both eyes open and closed in gr. I. Similarly, in the studies of Pyda-Dulewicz et al. better results of posturography parameters in people active in sports were noted [15]. Studies show that immediately after intense physical exertion, postural control is reduced through large postural sway. However, this effect lasts only a few minutes [25,26]. Studies indicate an improvement in postural control of athletes of various disciplines. In these studies, however, there was no difference in the test of standing with both eyes open and closed between non-athletes and athletes [27]. Postural control disorder is influenced, among other things, by fatigue [11] generated both by short, intense exercises involving the whole body and by exhausting local exercises [28]. Muscle fatigue causes a change in postural control strategies. In one of the studies, efficient static postural stability after exercise was noted, by increasing the share of vestibular system components and reducing the weight of the visual stimulus. These results indicate overall compensation in the central nervous system in response to neuromuscular deficits under fatigue conditions [29]. In the studies conducted in gr. II, a lower average length of sway was observed in standing with both limbs with eyes closed compared to the test of standing with both limbs with eyes open. In the research of Pyda-Dulewicz et al. no correlation was observed between visual balance control and motor activity [15].

Physical activity is important in the prevention and treatment of back pain. Studies have observed an increased risk of chronic back pain in both sedentary and those engaged in intense physical activity [30]. Hurwitz et al. in their research, they observed that participation in recreational physical activity reduces the likelihood of lower back pain, related disability and mental stress, while the use of exercises involving only the back increases the likelihood of lower back pain [31]. In the conducted studies on the basis of the Oswestry questionnaire, a greater problem in everyday functioning was noted due to the occurrence of back pain in the subjects of gr. II. In a systematic review performed by Stubbs et al. significantly lower levels of physical activity were noted in older adults with chronic back pain compared to people of similar age without back pain [32]. The above studies show how important physical activity is in the prevention of back pain.

daniach poddali w wątpliwość, że utrzymanie odpowiedniego ciśnienia podczas testu wciśnięcia pępka do kręgosłupa z wykorzystaniem PBU świadczy o prawidłowej aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha [8]. Warto byłoby uzupełnić badanie o obrazowanie ultrasonograficzne, by porównać zmiany grubości mięśnia w spoczynku i w skurczu. Gong w swoich badaniach oceniał korelacje pomiędzy grubością mięśnia poprzecznego brzucha, stabilizacją tułowia i równowagą u młodych kobiet i zauważył, że wraz ze zwiększeniem grubości mięśnia poprzecznego brzucha poprawia się statyczna i dynamiczna stabilizacja tułowia oraz wynik stabilności. Można rozważyć tezę, że trening zwiększający masę mięśnia poprzecznego brzucha jest konieczny do poprawy stabilizacji tułowia i równowagi [24].

Na kontrolę równowagi wpływa wiele czynników. W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano lepsze wyniki większości parametrów stabilometrycznych w testach stania obunóż z oczami otwartymi, jak i zamkniętymi w gr. I. Podobnie w badaniach Pyda-Dulewicz i wsp. zauważono lepsze wyniki parametrów posturografii u osób aktywnych sportowo [15]. Badania pokazują, że bezpośrednio po intensywnym wysiłku fizycznym dochodzi do zmniejszenia kontroli posturalnej poprzez duże kołysania postawy. Efekt ten jednak utrzymuje się tylko kilka minut [25,26]. Badania wskazują na poprawę kontroli posturalnej sportowców różnych dyscyplin. W badaniach tych nie zanotowano jednak różnicy w teście stania obunóż z oczami otwartymi i zamkniętymi między osobami niebędącymi sportowcami a sportowcami [27]. Na zaburzenie kontroli posturalnej wpływa między innymi zmęczenie [11] generowane zarówno przez krótkie, intensywne ćwiczenia angażujące całe ciało, jak i przez wyczerpujące ćwiczenia lokalne [28]. Zmęczenie mięśni powoduje zmianę strategii kontroli postawy. W jednym z badań zanotowano wydajną statyczną stabilność posturalną po wysiłku, poprzez zwiększenie udziału komponenty układu przedsionkowego a zmniejszenie wagi bodźca wzrokowego. Wyniki te świadczą o ogólnej kompensacji w centralnym układzie nerwowym w odpowiedzi na deficyty nerwowo-mięśniowe w warunkach zmęczenia [29]. W przeprowadzonych badaniach w gr. II zaobserwowano mniejszą średnią długość wychwiał w staniu obunóż z oczami zamkniętymi w porównaniu do testu stania obunóż z oczami otwartymi. W badaniach Pyda-Dulewicz i wsp. nie zaobserwowano korelacji między wzrokową kontrolą równowagi a aktywnością ruchową [15].

Aktywność fizyczna jest ważna w zapobieganiu i leczeniu dolegliwości bólowych kręgosłupa. W badaniach zaobserwowano zwiększone ryzyko przewlekłego bólu kręgosłupa zarówno u osób prowadzących siedzący tryb życia jak i tych zaangażowanych w intensywną aktywność fizyczną [30]. Hurwitz i wsp. w swoich badaniach zaobserwowali, że udział w rekreacyjnej aktywności fizycznej zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa, związanej z nim niepełnosprawności i stresu psychicznego, natomiast stosowanie ćwiczeń angażujących tylko plecy zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia bólu dolnej części kręgosłupa [31]. W przeprowadzonych badaniach na podstawie kwestionariusza Oswestry odnotowano większy problem w codziennym funkcjonowaniu ze względu na występowanie dolegliwości bólowych kręgosłupa

u badanych z gr. II. W przeglądzie systematycznym wykonanym przez Stubbs i wsp. zanotowano znacznie niższy poziom aktywności fizycznej u osób starszych z przewlekłym bólem kręgosłupa w porównaniu do osób w podobnym wieku bez bólu kręgosłupa [32]. Powyższe badania pokazują jak ważna w zapobieganiu dolegliwościom bólowym kręgosłupa jest aktywność fizyczna.

### Conclusions

In the strength training group better motor control and better balance were observed, as well as less frequent back pain.

### Wnioski

W grupie trenującej siłowo zaobserwowano lepszą kontrolę motoryczną i lepszą równowagę, jak również rzadziej występowały dolegliwości bólowe kręgosłupa.

### References / Piśmiennictwo

1. Kraemer WJ, Ratamess NA, Duncan NF. Resistance Training for Health and Performance. *Current Sports Medicine Reports* 2002; 1: 165-71.
2. Behm DG, Anderson KG. The role of instability with resistance training. *J. Strength Cond. Res.* 2006; 3(20): 716-22.
3. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *International journal of sports physiology and performance* 2006; 1: 74-83.
4. Kaji A, Sasagawa S, Kubo T, Kanehisa H. Transient effect of core stability exercises on postural sway during quiet standing. *J Strength Cond Res* 2010; 24(2): 382-8.
5. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med* 2006; 36(3): 189-98.
6. Lee NG, You JH, Kim TH, Choi BS. Intensive abdominal drawing-in maneuver after unipedal postural stability in nonathletes with core instability. *Journal of Athletic Training* 2015; 50(2): 147-55.
7. Dehcheshmeh F, Gandomi F, Maffulli N. Effect of lumbopelvic control on landing mechanics and lower extremity muscles' activities in female professional athletes: implications for injury prevention. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2021; 13(1).
8. Grooms DR, Grindstaff TL, Croy T, Hart JM, Saliba SA. Clinimetric analysis of pressure biofeedback and transversus abdominis function in individuals with stabilization classification low back pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2013; 43(3): 184-93.
9. Freie JL, Kruse JL, Kvien AM, Rzeszutko KM. Effectiveness of Pressure Biofeedback in Activation of Transversus Abdominis during the Abdominal Draw-In Maneuver. *Physical Therapy Scholarly Projects* 2006; 151.
10. Lee JS, Kim TH, Kim DY, Shim JH, Lim JY. Effects of selective exercise for the deep abdominal muscles and lumbar stabilization exercise on the thickness of the transversus abdominis and postural maintenance. *J. Phys. Ther. Sci.* 2015; 27(2): 367-70.
11. Adlerton AK, Moritz U, Moe-Nilssen R. Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effect of muscle fatigue on postural control during one-legged stance. *Physiother Res Int* 2003; 8(4): 187-99.
12. Pankanin E, Dobosiewicz AM, Miętkowska P. Static posturography as an instrument to assess the balance among athletes. *Journal of Education, Health and Sport* 2018; 8(5): 216-25.
13. Zemková E. Physiological Mechanisms of Exercise and Its Effects on Postural Sway: Does Sport Make a Difference? *Front. Physiol.* 2022; 13(792875).
14. Akkaya N, Doğanlar N, Çelik E, et al. Test-Retest Reliability of Tetrax® Static Posturography System in Young Adults With Low Physical Activity Level. *International Journal of Sports Physical Therapy* 2015; 10(6): 893-900.
15. Pyda-Dulewicz A, Konopka W, Fedorowicz JP, Pepaś R. Wpływ aktywności fizycznej na wyniki badań posturograficznych u osób zdrowych. *Otorynolaryngologia* 2017; 16(3): 125-30.
16. Pyskir M, Pujasz R, Bosek M, Grzegorzewski B, Błach W. Wpływ wybranych ćwiczeń fizycznych na system kontroli postawy człowieka. *Polish J Sport Med* 2004; 20(5): 247-53.
17. Emara A, Mahmoud S, Emira M. Effect of body weight on static and dynamic posturography. *Journal of Otolaryngology* 2020; 36(12).
18. Schneiders AG, Davidsson A, Hörman E, Sullivan SJ. Functional movement screen normative values in young, active population. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2011; 6(2): 75-82.
19. Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury history, sex, and performance on the functional movement screen and Y balance test. *Journal of Athletic Training* 2015; 50(5).
20. Kałużny K, Kocharński B, Szadkowska R, et al. The assessment of the relation between the transverse abdominal muscle (TRA) and the occurrence of injuries and contusions at university students. *Pedagogy and Psychology of Sport* 2020; 6(3): 33-43.
21. Smeets R, Koke A, Lin ChW, Ferreira M, Demoulin CH. Measures of Function in Low Back Pain/Disorders. *Arthritis Care & Research* 2011; 63(11): 158-73.
22. Westcott W. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports* 2012; 11(4).
23. Ulikowski M, Wojciechowski J, Leszczyński R, Lewandowski J. Trening kontroli motorycznej w niskim obciążeniu u kobiet z przewlekłym bólem kręgosłupa lędźwiowego o charakterze zwyrodnieniowym i przeciążeniowym. *Rocznik lubuski* 2018; 44(2A).

24. Gong W. Correlations between Transversus Abdominis Thickness, Lumbar Stability, and Balance of Female University Students. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013; 25(6): 681-3.
25. Demura S, Uchiyama M. Influence of anaerobic and aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture. *J Exerc Sci Fit* 2009; 7(1): 39-47.
26. Thiele RM, Conchola EC, Palmer TB, DeFreitas JM, Thompson BJ. The effects of a high-intensity free-weight back-squat exercise protocol on postural stability in resistance-trained males. *J. Sports Sci* 2015; 33(2): 211-8.
27. Andreeva A, Melnikov A, Skvortsov D, Akhmerova K, Vavaev A, Golov A. Postural stability in athletes: The role of sport direction. *Gait Posture* 2021; 89: 120-5.
28. Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: a review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 2011; 36(1): 162-76.
29. Lyu H, Fan Y, Hao Z, Wang Y. Effect of local and general fatiguing exercises on disturbed and static postural control. *J Electromyogr Kinesiol* 2021; 56.
30. Heneweera H, Vanhees L, Picavet S. Physical activity and low back pain: A U-shaped relation? *Pain* 2009; 143(1-2): 21-5.
31. Hurwitz EL, Morgenstern H, Chiao Ch. Effects of Recreational Physical Activity and Back Exercises on Low Back Pain and Psychological Distress: Findings From the UCLA Low Back Pain Study. *American Journal of Public Health* 2005; 95(10): 1817-24.
32. Stubbs B, Binnekade T, Soundy A, Schofield P, Huijnen I, Eggermont L. Are Older Adults with Chronic Musculoskeletal Pain Less Active than Older Adults Without Pain? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Medicine* 2013; 14(9): 1316-31.