

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/307868230>

ASSESSMENT OF POSTURAL STABILITY IN YOUNG, PHYSICALLY ACTIVE MEN WITH THE HISTORY OF ANKLE SPRAIN

Article · February 2016

DOI: 10.5604/1232406X.1200698

CITATIONS

0

READS

16

6 authors, including:



[Agata Masłoń](#)

Akademia Wychowania Fizycznego im. Broni...

4 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



[Joanna Golec](#)

Akademia Wychowania Fizycznego im. Broni...

40 PUBLICATIONS 57 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Elżbieta Szczygieł](#)

Akademia Wychowania Fizycznego im. Broni...

39 PUBLICATIONS 43 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Zaangażowanie Autorów

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

Author's Contribution

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

**Agata Masłoń^{1(A,B,C,D,E,F)}, Marcin Burdacki^{1(A,B,C,D,E,F)},
Dorota Czechowska^{1(D,E)}, Joanna Golec^{2(D,E)},
Elżbieta Szczygieł^{1(D,E)}, Edward Golec^{1,3(D,E)}**

¹ Zakład Rehabilitacji w Ortopedii, Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Kraków, Polska

² Zakład Rehabilitacji w Traumatologii, Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Kraków, Polska

³ Klinika Chirurgii Urazowej i Ortopedii, 5. Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką, Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej, Kraków, Polska

¹ Section of Rehabilitation and Orthopedics, Faculty of Motor Rehabilitation, University School of Physical Education of Cracow, Poland

² Section of Rehabilitation in Traumatology, Faculty of Motor Rehabilitation, University School of Physical Education of Cracow, Poland

³ Department of Trauma Surgery and Orthopedics, 5. Military Research Hospital and Polyclinic, Independent Public Healthcare Center, Cracow, Poland

ANALIZA STABILNOŚCI POSTURALNEJ W GRUPIE MŁODYCH, AKTYWNYCH FIZYCZNIE MĘŻCZYŹN PO PRZEBYTYM URAZIE SKRĘTNYM STAWU SKOKOWO- GOLENIOWEGO

ASSESSMENT OF POSTURAL STABILITY IN YOUNG, PHYSICALLY
ACTIVE MEN WITH THE HISTORY OF ANKLE SPRAIN

Słowa kluczowe: stabilność posturalna, skręcenie stawu skokowo-goleniowego, środek ciężkości ciała

Keywords: postural stability, ankle sprain, center of gravity

Streszczenie

Wstęp. Skręcenie stawu skokowo-goleniowego skutkuje nie tylko uszkodzeniem więzadeł, ale również licznych mechanoreceptorów, które umożliwiają czucie ruchu stawu i jego pozycji. Celem badań własnych była ocena czy w grupie badanych, którzy doznali skręcenia stawu skokowo-goleniowego nieznacznego stopnia, istnieją deficyty w stabilności posturalnej.

Materiał i metody. W badaniu wzięło udział 27 młodych, aktywnych fizycznie mężczyzn. Grupę badaną stanowiło 16 z nich (przebyli oni uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego), a grupę kontrolną pozostałych 14 (nigdy nie doznali tego urazu). Badania zrealizowano w oparciu o dwie metody pomiaru stabilności posturalnej: za pomocą platformy stabilometrycznej (stabilność posturalna statyczna) oraz testu Y-Balance-Test (stabilność posturalna dynamiczna).

Wyniki. Uzyskany wynik ogólny Y-Balance Test oraz średnie wartości odległości sięgania w kierunkach tylny-boczny i tylny-przysrodkowy były wyższe w grupie kontrolnej w porównaniu do grupy badanej, natomiast w kierunku przednim obie grupy uzyskały prawie identyczny wynik średni (brak istotności statystycznej obserwowanych różnic). Odnotowano statystycznie istotnie wyższą długość wychwiał w grupie badanej (o 85,08 mm) w porównaniu z grupą kontrolną, co świadczy o gorszej stabilności posturalnej w tej grupie ($p=0,03708$). Badani, będący po urazie skrętnym stawu skokowo-goleniowego, osiągnęli wyższe wartości maksymalnych wychwiał oraz szybkości wychwiał, co sugerowałoby słabszą kontrolę posturalną w tej grupie, jednak różnice te nie wykazały istotności statystycznej.

Wnioski. W badanej grupie osób uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego skutkowało osłabieniem stabilności posturalnej w statyce, natomiast nie wpłynęło istotnie na stabilność dynamiczną.

Summary

Background. Ankle sprain results in damage, not only to the ligaments, but also to many mechanoreceptors which enable detection of motion and joint position. The aim of the study was to detect deficits in postural stability in the sample of patients with the history of low degree ankle sprains.

Material and methods. The sample comprised 27 young, physically active men. The study group consisted of 16 of subjects, who sustained ankle sprain injuries and the control group, comprised of the remaining 14 subjects with no history of such injuries. The research was carried out using two methods of postural stability measurement, namely: via the stabilographic platform (static postural stability) and the Y-Balance-Test (dynamic postural stability).

Results. The overall Y-Balance Test result and the average values for the reaching tests in the posteromedial and posterolateral directions were higher in the control group compared to the study group, while for the reaching in the forward direction both groups achieved almost identical results (no statistically significant differences observed). The mean value of sway path length was statistically significantly higher (by 85.08 mm) in the study group as compared with the control group, which is indicative of the impaired postural stability in the latter group ($p=0.03708$). A higher maximum sway length and higher average speed values were noted in subjects with the history of ankle sprain, suggesting a weaker postural control in this group, but these differences were statistically insignificant.

Conclusions. In the study group, ankle sprain injury resulted in the weakening of postural stability under static conditions, but did not significantly affect the dynamic stability.

Word count: 10065
Tables: 3
Figures: 2
References: 44

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Agata Masłoń

Zakład Rehabilitacji w Ortopedii, Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Wydział Rehabilitacji Ruchowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha 30-571 Kraków, Al. Jana Pawła II 78, e-mail: agata_maslon@yahoo.com, tel.: 509 353 055

Otrzymano / Received

18.11.2015 r.

Zaakceptowano / Accepted

20.04.2016 r.

Wstęp

Skręcenie stawu skokowo-goleniowego jest jednym z najczęstszych urazów sportowych. W grupie wszystkich dyscyplin sportowych częstość jego występowania wynosi od 15 do 20% [1]. Skutkuje ono nie tylko uszkodzeniem więzadeł, ale również licznych mechanoreceptorów znajdujących się w obrębie torebki stawowej, więzadeł czy też ścięgien kompleksu stawu skokowego [2-4]. Receptory te współdziałając, umożliwiają czucie ruchu stawu i jego pozycji. Uszkodzenie mechanoreceptorów otaczających staw skokowo-goleniowy może przyczynić się do zaburzeń funkcjonalnych tego stawu lub też jego przewlekłej niestabilności, jak również powodować zaburzenie prawidłowego przebiegu procesu kontroli posturalnej [2,4-15].

Stabilność posturalna jest procesem złożonym, który do swego prawidłowego przebiegu wymaga skutecznej integracji bodźców proprioceptywnych odbieranych przez receptory narządu wzroku, słuchu, układu przedsionkowego, receptory stawowe i mięśniowe, a następnie przetworzenia uzyskanych informacji przez centralny system nerwowy oraz wygenerowania odpowiedniej odpowiedzi ruchowej [16]. Odpowiedź ta polega na takim ustawieniu ciała, żeby niezależnie od pozycji jego środek ciężkości pozostawał zawsze ponad płaszczyzną podparcia [17,18]. U osób zdrowych, za utrzymanie stabilnej postawy ciała w swobodnej pozycji stojącej zarówno obunóż, jak i jednonóż odpowiada tzw. strategia stawu skokowego, nazywana strategią dystalno-proksymalną [10,19,20]. Polega ona na skoordynowanej, naprzemiennie aktywności mięśni stabilizujących staw skokowo-goleniowy, wywołujących kompensacyjne ruchy gwarantujące utrzymanie środka ciężkości ciała nad płaszczyzną podparcia. U osób z niestabilnością stawu skokowo-goleniowego zauważa się zmianę sposobu odzyskania stabilności ciała na, uważany za mniej skuteczny, mechanizm kontroli posturalnej, tzw. strategię stawu biodrowego, kiedy to głównym mechanizmem utrzymania stabilnej pozycji ciała są generowane wskutek aktywności mięśni tułowia i ud siły horyzontalne [6,10,19].

Stabilność posturalna ciała może być definiowana jako statyczna (próba utrzymania środka ciężkości ciała nad płaszczyzną podparcia przy użyciu minimalnej liczby ruchów w statycznej pozycji, np. stania jednonóż) lub dynamiczna (próba utrzymania środka ciężkości ciała nad płaszczyzną podparcia podczas wykonywania zadania ruchowego). Niektórzy badacze uważają, że test utrzymania statycznej postawy ciała może być niewystarczająco wymagającym zadaniem w celu wykrycia deficytów posturalnych związanych z uszkodzeniem stawu skokowo-goleniowego [21]. Ponadto, jak twierdzi Olmsted i wsp., analiza wychyleń posturalnych w statyce wymusza konieczność posiadania sprzętu pomiarowego (np. platformy sił reakcji podłoża), który nie zawsze jest dostępny w warunkach klinicznych [21]. Stąd testy dynamiczne, w tym Y-Balance Test, mogą stanowić prostą, wiarygodną i tanią alternatywę dla pomiaru statycznego [21]. Y-Balance Test (YBT) jest modyfikacją testu „gwiazdy” (ang. *Star Excursion Balance Test – SEBT*) [22]. Jako pierwszy, alternatywy dla SEBT, w postaci oceniającego wartości sięgania w 3 kierunkach testu YBT, użył w badaniach przesiewowych grających w koszy-

Background

Ankle sprain is one of the most frequent sport-related injuries. In all sport disciplines the prevalence of this type of injury ranges from 15 to 20% [1]. It causes damage not only to ligaments, but also to numerous mechanoreceptors located within the joint capsule, ligaments, or tendons of the ankle joint complex [2-4]. These receptors, acting in cooperation, enable detection of joint movement and position. Damage to mechanoreceptors surrounding the ankle joint may contribute to functional disorders in this joint or chronic instability, and disturb the normal course of postural control process [2,4-15].

Postural stability is a complex process requiring an effective integration of proprioceptive stimuli, received by the receptors of the visual and auditory organs, vestibular system, joint and muscle receptors and next, processing of the information obtained by the Central Nervous System and generating an adequate movement response [16]. Such a response involves assuming a body position so that the gravity center was always beyond the base of support [17, 18]. In healthy individuals the so called “ankle joint strategy” or distal-proximal strategy, is responsible for maintaining body stability in a free standing position, either on both legs or on one leg [10,19,20]. It involves a coordinate, alternate activity of the stabilizing muscles, evoking compensatory movements that allow maintaining the gravity center beyond the base of support. In patients with ankle joint instability an altered mechanism of regaining body stability is observed, the so called “hip joint strategy”, generally believed to be less effective. This strategy involves generating horizontal forces through the trunk and thigh muscle activity as the main underlying mechanisms of maintaining a stable body position [6,10,19].

Postural stability is either static (attempt to maintain the center of gravity over the base of support using a minimal number of movements in a static position (e.g. while standing on one leg) or dynamic (an attempt to maintain the center of gravity over the base of support when performing a movement task). Some researchers believe that testing the subjects' ability to maintain a static body posture may be insufficient for the detection of postural deficits due to ankle joint injury [21]. Moreover, according to Olmsted et al., the analysis of postural sway under static conditions requires a measuring equipment (e.g. ground reaction force platform), which is not always available in clinical conditions [21]. Hence dynamic tests including Y-Balance Test may be a simple, reliable and cheap alternative for static measurements [21]. Y-Balance Test (YBT) is a modified version of the *Star Excursion Balance Test – SEBT* [22]. Plisky et al. was first to use the YBT, assessing the values of reaching in 3 directions as an alternative for SEBT in a sample of high school basketball players, which resulted in the development and propagation of this method [23]. The test is the resultant of joint mobility range, elasticity and muscle strength, proprioception and neuromuscular control and is used for the assessment of functional postural stability, ability to maintain balance and assessment of the risk of contusion [24-26]. The advantages of YBT are a short time of test performance, a standardized protocol and high reliability of measurements, both in terms of repeatability

kówkę licealistów Plisky i wsp., co doprowadziło do rozwoju i rozpowszechnienia wykorzystania tej metody [23]. Test ten jest wypadkową zakresu ruchomości stawów, elastyczności i siły mięśniowej, propriocepcji oraz kontroli nerwowo-mięśniowej i służy do pomiaru funkcjonalnej stabilności posturalnej, zdolności utrzymania równowagi oraz oceny ryzyka wystąpienia kontuzji [24-26]. Uważa się, że zaletami testu YBT jest krótki czas jego wykonania, standaryzowany protokół i wysoka wiarygodność pomiaru, zarówno w zakresie powtarzalności wyników uzyskanych przez różnych badaczy (0,99-1,00), jak i pomiędzy próbami (0,85-0,91) [22].

W literaturze istnieją liczne doniesienia odnoszące się osobno do oceny stabilności posturalnej statycznej [5,6,8,20] bądź dynamicznej [7,8,12,13,21, 27-29] osób, które doznały urazu skrętnego stawu skokowo-goleniowego, natomiast niewiele badań odnosi się do oceny i porównania obu typów stabilności [3,5,8,14,31]. Nieliczne badania odnoszące się zarówno do oceny stabilności posturalnej statycznej, jak i dynamicznej w grupie osób z historią urazową stawu skokowo-goleniowego przynoszą zróżnicowane wnioski. W części z nich odnotowano deficyty stabilności posturalnej w statyce, a ich brak w ocenie dynamicznej [8, 30], w części odwrotną zależność [3], a Nakagawa i wsp. zaobserwowali osłabienie zarówno stabilności posturalnej statycznej, jak i dynamicznej [14]. Stąd celem badań własnych była ocena czy w grupie badanych, którzy doznali skręcenia stawu skokowo-goleniowego nieznacznego stopnia, istnieją deficyty w stabilności posturalnej statycznej bądź dynamicznej i który ze sposobów oceny stabilności posturalnej okaże się bardziej skuteczny w wykryciu ewentualnych odstępstw od normy. Badania zrealizowano w oparciu o dwie metody pomiaru stabilności posturalnej: za pomocą platformy stabilometrycznej (stabilność posturalna statyczna) oraz testu Y-Balance-Test (stabilność posturalna dynamiczna).

Material i metody

Material

W badaniu wzięto udział 27 aktywnych fizycznie mężczyzn: studentów Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie oraz zawodników podkrakowskich, amatorskich klubów piłkarskich.

Grupę badaną (GB) stanowiło 16 z nich, którzy przebyli uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego I lub II stopnia jednej z kończyn dolnych. W przypadku urazu obustronnego, obie kończyny dolne były osobno włączane do grupy badanej. Łącznie w analizie uwzględniono 22 kończyny dolne po przebytym skręceniu stawu skokowo-goleniowego. Wiek badanych mieścił się w przedziale od 20 do 29 lat, średnio wynosił 22,31 lat ($\pm 2,27$). Wysokość ciała w grupie badanej mieściła się w zakresie od 172 cm do 190 cm i wynosiła średnio 179,81 cm ($\pm 6,04$), a masa ciała badanych wynosiła średnio 76,75 kg ($\pm 8,7$). Wskaźnik BMI badanych wyniósł średnio 23,7 ($\pm 2,03$) (Tab. 1).

Grupę kontrolną (GK) stanowiło 11 osób, bez historii urazu skrętnego stawu skokowo-goleniowego. Wiek osób z grupy kontrolnej mieścił się w przedziale od 18 do 27 lat, średnio wynosił 22,46 lat ($\pm 2,54$). Wysokość ciała w tej grupie mieściła się w zakresie od 171 cm do 191 cm i wyniosła średnio 180,36 cm ($\pm 6,67$), a masa ciała badanych wynosiła średnio

of the results obtained by different researchers (0.99-1.00) and between samples (0.85-0.91) [22].

The reference sources include numerous reports, referring separately to the assessment of static postural stability [5,6,8,20] or dynamic postural stability [7,8,12,13,21,27-29] in patients after ankle joint injuries, however, there are few reports on the assessment and comparison of both types of stability [3,5,8, 14,31]. The few reports on the studies assessing both static and dynamic postural stability in samples with the history of ankle joint injuries present various conclusions. Some of the authors report postural stability deficits under static conditions and the lack of stability deficits under dynamic conditions [8,30] while the others report an inverse correlation [3]. Nakagawa et al., in turn, noted weakening of both static and dynamic postural stability in their study [14]. Hence the goal of this study was to detect the deficits of static or dynamic postural stability in the sample of patients with the history of low degree ankle sprain and to decide which method of postural stability assessment is more effective in detecting the possible abnormalities. The study was based on the two methods of postural stability measurement: using a stabilographic platform (static postural stability) and Y-Balance-Test (dynamic postural stability).

Material and methods

Material

27 physically active males, the students of the University School of Physical Education in Cracow and the competitors from amateur football clubs near Cracow.

The study group (GB) included 16 participants who sustained first or second degree ankle sprains of the in one of the lower limbs. In the case of bilateral injuries, both patient's lower limbs were separately subjected to analysis in the study group. Overall, 22 lower limbs with the history of ankle sprain were analyzed. The participants' age ranged from 20 to 29 years (the mean age = 22.31 \pm 2.27 years). The body height of study group participants ranged from 172 cm to 190 cm (the mean value = 179.81 cm \pm 6.04) and the mean body mass in this group was 76.75 kg \pm 8.7). The mean BMI index in this group was 23.7 \pm 2.03 (Tab. 1).

The control group (GK) comprised 11 participants with no history of ankle sprain. The age in this group ranged from 18 to 27 years (the mean age = 22.46 \pm 2.54 years). The body height in this group ranged from 171 cm to 191 cm (the mean body height = 180.36 \pm 6.67 cm) while the subjects' average body mass was 75.91 kg \pm 4.37. The mean BMI index in the control group was 23.36 \pm 1.27) (Tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyka ogólna grupy badanej i kontrolnej
 Tab. 1. General characteristics of the study and control group

Parametr Parameter	Grupa badana Study group				Grupa kontrolna Control group			
	\bar{x}	SD	min	max	\bar{x}	SD	min	max
Wiek [lata]/ Age [years]	22,31	2,27	20	29	22,46	2,54	18	27
Wysokość ciała [cm]/ Body height [cm]	179,81	6,04	172	190	180,36	6,67	171	191
Masa ciała [kg]/ Body mass [kg]	76,75	8,7	66	99	75,91	4,37	67	82
Wskaźnik BMI [kg/m ²]/ BMI index [kg/m ²]	23,7	2,03	20,59	28,73	23,36	1,27	21,39	24,77

SD – odchylenie standardowe
 SD – standard deviation

75,91 kg ($\pm 4,37$). Wskaźnik BMI grupy kontrolnej wyniósł średnio 23,36 ($\pm 1,27$) (Tab. 1).

Wśród kryteriów włączenia do badania wyodrębniono: wiek od 18 do 29 lat, przebyty uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego I lub II stopnia, minimum 3 miesiące po przebytych urazie, podejmowanie przynajmniej 2 razy w tygodniu rekreacyjnej aktywności fizycznej, wskaźnik BMI nieprzekraczający 30. Jako kryteria wyłączenia z badania ustalono: wyczynowe uprawianie sportu, III i IV stopień skręcenia stawu skokowo-goleniowego, zaburzenia równowagi, nieprawidłowe funkcjonowanie układu przedsionkowego oraz znaczny stopień zaburzenia wzroku lub słuchu.

Metody

Badania przeprowadzono w okresie od stycznia do kwietnia 2015 roku, w jednej z pracowni Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie oraz w placówce treningowej krakowskiego klubu piłkarskiego KS Prądniczanka Kraków. Uczestnicy zostali powiadomieni, aby w okresie 48 godzin przed przeprowadzeniem badania nie podejmowali nadmiernego wysiłku fizycznego oraz nie spożywali napojów alkoholowych. Przed wykonaniem badania uczestnicy zostali poinformowani o przebiegu poszczególnych części badania oraz podpisali zgodę na udział w nim. Uczestnicy przystąpili do badania w strojach sportowych, rozumianych jako krótkie, niekrępujące ruchów spodenki oraz luźna koszulka. Próby testowe były wykonywane boso, w celu wyeliminowania wpływu obuwia na oceniane parametry.

Zastosowano dwie metody badania stabilności posturalnej: pomiar z wykorzystaniem Y-Balance Test oraz za pomocą platformy sił reakcji podłoża Free Med Posture.

Y-Balance Test

Pomysłodawcy Y-Balance Test zalecają wykorzystanie do celów pomiarowych specjalnie skonstruowanego przyrządu Y-Balance Test Kit [31]. Urządzenie to składa się z centralnej plastikowej płytki oraz trzech, przymocowanych do niej rur usytuowanych w kierunku przednim, tylnoprzódowym i tylnobocznym. Kąt utworzony między przednią rurą a tylnymi rurami wynosi 135°, natomiast między obiema tylnymi rurami wynosi 45°. Na każdej z rur umieszczona jest miarka, ze skalą o dokładności do 0,5 cm. Na potrzeby prowadzonych badań własnych wykonano instrument, odwzorowany na oryginalnym przy-

The following inclusion criteria were applied: age from 18 to 29 years, the history of first or second degree ankle sprain of the, minimum 3 month elapsed from the injury, participation in recreational physical activities twice weekly and BMI index below 30. The exclusion criteria were: involvement in professional sport, third and fourth degree ankle sprain, balance disorders, disturbed function of the vestibular system and severe vision or hearing disorders.

Methods

The study was carried out between January and April 2015 in one of the laboratories of the University School of Physical Education in Cracow and at the football club – KS Prądniczanka Kraków. The participants were told not to make any excessive physical effort 48 prior to the study and not to drink any alcoholic beverages. Prior to the study, the participants were informed about the course of each stage of the study and signed their informed consent to participate in the study. Each participant wore sports clothes – shorts and a T-shirt. They performed the tests barefoot to eliminate the effect of shoes on the assessed parameters. Two methods of postural stability testing were applied: the measurement using Y-Balance Test and the measurement using FreeMed Posture ground reaction force platform.

Y-Balance Test

The followers of Y-Balance Test recommend using Y-Balance Test Kit for measurements [31]. This device consists of a stance platform with three pipes attached to it in the anterior (AN), posteromedial (PM) and posterolateral (PL) directions. The angle between the front pipe and the rear pipes is 135° while the angle between both rear pipes is 45°. Each part is marked for measurement with the accuracy of 0.5 cm. For the purpose of this study an instrument was constructed, based on the original instrument proposed by Y-Balance Test kit manufacturer. The measuring device, unlike the original one, consisted of wood-

rzędzie proponowanym przez twórcę Y-Balance Test. Urządzenie pomiarowe, w odróżnieniu od oryginalnego, wykonane było z drewnianych elementów. Wielkość wskaźników i centralnej płytki oraz długość i kąt utworzony między wysięgnikami były identyczne, jak w przyrządzie Y-Balance Test Kit (Ryc. 1).

Badani, podczas stania jedno nogą w centralnym miejscu na przyrządzie, z dłońmi ułożonymi na talerzach biodrowych, mieli za zadanie przesunąć wskaźnik jak najdalej kończyną dolną przeciwną do podporowej, w trzech kierunkach: przednim (anterior), tylnoprzódowym (posteromedial) i tylnobocznym (posterolateral) (Ryc. 2 a-d).

Ustalono następującą procedurę pomiarową:

- przeprowadzenie testu próbnego, który miał na celu zapoznanie badanego z procedurą wykonania testu – wykonanie sześciu prób, w każdym kierunku, podczas stania zarówno na prawej, jak i na lewej kończynie dolnej [22];
- przeprowadzenie testu właściwego, na który składało się wykonanie trzech prób dla każdego kierunku. W przypadku grupy badanej, będącej po skręceniu jednego stawu skokowo-goleniowego, test wykonywano tylko po stronie uszkodzonego stawu. W przypadku osób ze skręceniem obustronnym oraz w grupie kontrolnej, badanie wykonywano obustronnie, rozpoczynając od lewego stawu skokowo-goleniowego;
- po każdej próbie wykonywano pomiar oddalenia najbliższego punktu wskaźnika od centralnej płytki, z dokładnością do 0,5 centymetra.

Próbie uznawano za poprawną w sytuacji, gdy badany po wykonaniu ruchu był w stanie wrócić do pozycji wyjściowej, w pełni kontrolując ruch. Jako nieprawidłowe uznano takie próby, podczas wykonania których uczestnik badania: podparł się kończyną wykroczną na górnej powierzchni wskaźnika w celu utrzymania równowagi, popchnął wskaźnik w celu uzyskania większego dystansu lub zmienił pozycję wyjściową, odrywając ręce od talerzy biodrowych. W takiej sytuacji wynik nie był zapisywany, a badany musiał powtórzyć

en elements. The size of the indicators and the stance platform as well as the length and angle between the reach indicators were identical to those of the original Y-Balance Test Kit (Fig. 1).

The participants standing on one leg on the center foot plate with their hands on the iliac ala, had to move the indicator as far as possible with the lower limb in three directions: anterior (AN), posteromedial (PM) and posterolateral (PL), maintaining the single leg stance (Fig. 2 a-d).

The following measuring procedure was accepted:

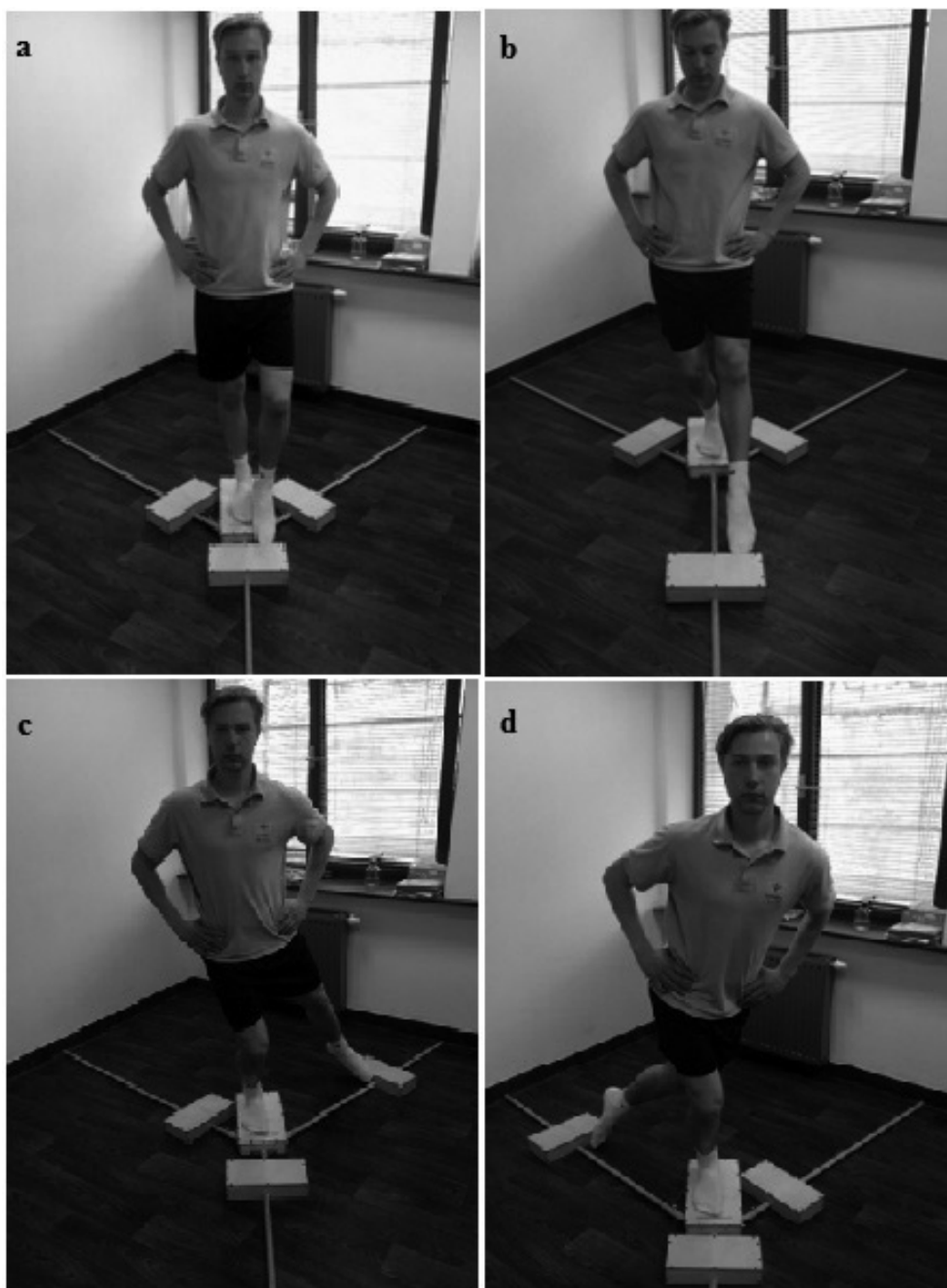
- the goal of the trial test was to acquaint the participant with the testing procedure involving six trials in each direction while standing on the right and on the left leg [22];
- the test comprising three trials for each direction. In the case of the study group including subjects with the history of one ankle sprain, the test was performed only at the involved side. In the case of subjects with bilateral sprain and control group subjects the test was bilateral and started with the left ankle joint;
- after each trial the distance between the nearest indicator point and the plate indicator was measured with the accuracy of 0.5 cm.

The test performance was regarded correct if the subject, after performing movement, was able to return to the baseline position with full movement control. It was regarded incorrect when the participant supported with the front leg on the top surface of the indicator to maintain balance, pushed the indicator to obtain greater distance or changed the baseline position, detaching their hands from the iliac ala. In such cases the result wasn't recorded and the participant had to repeat the trial to obtain three correct trials for both lower limbs.

After the main test, the length of the tested leg was measured using a measuring centimeter tape. The relative length of the lower limb was measured from the anterosuperior iliac spine to the medial malleolus of the crus in the standing position. The measurement



Ryci. 1. Przyrząd pomiarowy użyty do przeprowadzenia testu Y-Balance Test
Fig. 1. The measuring device used for the Y-Balance Test



Ryc. 2. YBT (a) Pozycja wyjściowa, (b) Pozycja końcowa w kierunku przednim (AN), (c) Pozycja końcowa w kierunku tylnoprzysiodkowym (PM), (d) Pozycja końcowa w kierunku tylnobocznym (PL)

Fig. 2. YBT (a) Starting position, (b) End position in the anterior reaching test (AN), (c) End position in the posteromedial reaching test (PM), (d) End position in the posterolateral reaching test (PL)

daną próbę tak, by uzyskać trzy prawidłowe próby dla każdego kierunku, dla obu kończyn dolnych.

Po wykonaniu testu właściwego dokonywano pomiaru długości testowanej kończyny dolnej, wykorzystując w tym celu taśmę centymetrową. Mierzono długość względną kończyny dolnej – od kolca biodrowego przedniego górnego do kostki przyśrodkowej goleni, w pozycji stojącej. Pomiar ten umożliwił wyliczenie zależności procentowej osiągniętego dystansu, z uwzględnieniem wpływu długości kończyny dol-

allowed calculating the percentage value reflecting the relationship between the obtained distance considering the effect of the leg length on the obtained reach distance. Normalized results of dynamic postural stability test are recommended by Gribble et al., who noted a strong correlation between the length of the lower limb and the reach distance obtained in YBT test [11,32]. The result analysis included the comparison of the maximal results of reach distance in each direction in subjects standing on one leg with

nej na osiągniętą długość sięgnięcia. Normalizowane wyniki w teście dynamicznej stabilności posturalnej są zalecane przez Gribble i wsp., którzy zaobserwowali silną korelację pomiędzy długością kończyny dolnej a odległością sięgnięcia w teście YBT [11,32]. W analizie wyników zestawiano maksymalny wynik osiągniętej długości sięgnięcia w każdym kierunku, podczas stania na jednej kończynie dolnej z jej długością, stosując formułę [23]:

$$\text{długość sięgnięcia/długość kończyny dolnej} \times 100\% = \% \text{ maksymalnego osiągniętego dystansu}$$

Platforma stabilometryczna FreeMed Posture

Badanie stabilometryczne wykonano za pomocą platformy sił reakcji podłoża FreeMed Posture. Platforma zbudowana jest z przewodzącego materiału gumowego o wymiarach 50 cm na 50 cm oraz wbudowanych czujników rezystancyjnych o częstotliwości próbkowania do 400 Hz w czasie rzeczywistym. Urządzenie podłączone było do kompatybilnego komputera PC z oprogramowaniem do pozyskiwania i przetwarzania otrzymanych danych. Platforma znajdowała się w odległości 2 metrów od ściany z zaznaczonym punktem, na który skierowany był wzrok badanego. Badani proszeni byli o to, by nie wykonywać zbędnych ruchów oraz nie rozmawiać podczas wykonywania próby.

Badanie wykonano w pozycji stania jedno nogi, z przeciwną do podporowej kończyną dolną zgiętą w stawie kolanowym (ok. 90°). Czas trwania pomiaru wynosił 30 sekund. W przypadku utraty równowagi, zejścia z platformy bądź upadku, badanie wykonywane było powtórnie.

W celu analizy porównawczej stabilności posturalnej w próbie stania jedno nogi, zanalizowano przemieszczenie centrum nacisku stóp na podłoże (ang. CoP – *Center of Pressure*) w układzie współrzędnych, w którym:

- oś X odnosi się do wychwian w kierunku prawo – lewo (płaszczyzna czołowa),
- oś Y odnosi się do wychwian w kierunku przód – tył (płaszczyzna strzałkowa).

Zanalizowano następujące parametry:

- długość wychwian (mm) – określająca długość trajektorii centrum nacisku,
- delta X (mm) – wypadkowa długość ścieżki wychwian w płaszczyźnie czołowej,
- delta Y (mm) – wypadkowa długość ścieżki wychwian w płaszczyźnie strzałkowej,
- max. wychwiania (mm) – maksymalna wartość wychwian,
- średnia szybkość (mm/s) – średnia prędkość oscylacji w przód, tył i na boki.

Wyniki

W próbie stania jedno nogi na platformie stabilometrycznej największą różnicę między średnimi obu grup odnotowano dla parametru długości wychwian, który w grupie badanej był o 85,08 mm wyższy niż w grupie kontrolnej (GB-614,84 mm, GK-529,76 mm). Różnica ta wykazała istotność statystyczną ($p=0,03708$) (Tab. 2).

Wartość średnia parametru delta X była nieznacznie wyższa w grupie osób zdrowych (19,12 mm) niż w grupie badanej (18,12 mm), natomiast wartość

the length of this leg using the following formula [23]:

$$\text{reach distance/limb length} \times 100\% = \% \text{ of maximal obtained distance}$$

FreeMed Posture stabilographic platform

The stabilographic test was performed using the FreeMed Posture ground reaction force platform. The platform is made of the conducting rubber material of 50 cm x 50 cm dimensions and built-in resistance sensors with sampling frequency up to 400 Hz during real time. The device is connected to the compatible PC with the program for data collection and processing. The platform was placed at 2 m distance from the wall with the marked point where the subjects fixed their sight. The subjects were asked not to perform unnecessary movements and not to talk during the trial.

During the trial the subject stood on one leg with the other leg flexed in the knee joint (about 90 degrees). The duration of the measurement was 30 seconds. If the subject lost balance, stepped off the platform or fell, the trial was repeated.

For the comparative analysis of postural stability, both while standing on one leg the shift of the center pressure (CoP) exerted on the ground was analyzed in the coordinate system, where:

- X axis represents the right-left sways (the frontal plane),
- Y axis represents the forward – backward sways (the sagittal plane).

The following parameters were analyzed:

- sway length (mm) – determining the length of CoP trajectory,
- delta X (mm) – the resultant length of sway path in the frontal plane,
- delta Y (mm) – the resultant length of sway path in the sagittal plane,
- max. sway (mm) – maximal sway value,
- mean velocity (mm/s) – mean velocity of anterior, posterior and lateral oscillations.

Results

In the test involving standing on one leg on the stabilographic platform, the biggest differences between the men values obtained from both groups were noted for sway length parameter, which was 85.08 bigger in the study group than in the control group (GB-614.84 mm, GK-529.76 mm). This difference was statistically significant ($p=0.03708$) (Tab. 2).

The mean value of delta X parameter was slightly higher in the group of healthy individuals (19.12 mm) compared with the study group (18.12 mm), while the

Tab. 2. Wyniki badanych parametrów dla próby stania jednoż na platformie stabilometrycznej
 Tab. 2. The results of the tested parameters for the one-leg standing test on the stabilographic platform

Parametr Parameter	Grupa badana Study group				Grupa kontrolna Control group				Różnica średnich Average values difference	P (test t-Studenta) P (t-Student test)
	\bar{x}	SD	min	max	\bar{x}	SD	min	max		
Dł. wychwiał [mm]/Sway path total length [mm]	614,84	150,68	357,33	1009,93	529,76	107,89	371,32	708,28	85,08	0,03708*
Delta X [mm]/ Delta X [mm]	18,12	3,67	10,13	24,84	19,12	6,8	7,92	39,1	1	0,55005 NS
Delta Y [mm]/ Delta Y [mm]	24,07	7,06	6,91	35,87	21,65	8,5	8,15	43,08	2,42	0,31015 NS
Maksymalne wychwiania [mm]/ Maximal sway length [mm]	66,13	46,81	3,65	166,8	59,7	38,29	7,05	129,31	6,43	0,62074 NS
Średnia szybkość [mm/s]/Average speed [mm/s]	18,49	5,31	8,73	32,48	15,88	3,83	10,3	22,28	2,61	0,06822 NS

Poziom istotności (p): *istotny statystycznie dla $p \leq 0,05$; NS – nieistotne statystycznie
 Level of significance (p): *statistically significant for $p \leq 0,05$; NS – statistically insignificant

Tab. 3. Wyniki testu Y-Balance Test
 Tab. 3. Y-Balance Test results

Parametr Parameter	Grupa badana Study group				Grupa kontrolna Control group				Różnica średnich Average values difference	P (test t-Studenta) P (t-Student test)
	\bar{x}	SD	min	max	\bar{x}	SD	min	max		
AN-%MAXD	71,2	5,79	61,54	83,7	71,55	7,43	54,92	88,46	0,35	0,86074 NS
PM- %MAXD	112,13	7,75	100	129,17	115,5	8,63	98,04	139,36	3,37	0,18081 NS
PL- %MAXD	108,34	9,78	87,36	137,5	114,13	10,33	101,02	141,49	5,79	0,06343 NS
Wynik YBT Result YBT	97,22	6,57	82,97	116,32	100,39	7,07	89,54	117,02	3,17	0,13092 NS

Poziom istotności (p): *istotny statystycznie dla $p \leq 0,05$; NS – nieistotne statystycznie. Oznaczenia: AN-%MAXD – wartość sięgnięcia w kierunku przednim w procentach; PM-%MAXD – wartość sięgnięcia w kierunku tylnoprzódowym w procentach; PL-%MAXD – wartość sięgnięcia w kierunku tylnobocznym w procentach; Wynik YBT – wynik ogólny testu Y-Balance Test, obliczany na podstawie wzoru $[(AN+PM+PL)/(LL \times 3)] \times 100$, gdzie: AN – anterior (kierunek przedni), PM – posteromedial (kierunek tylnoprzódowy), PL – posterolateral (kierunek tylnoboczny), LL – limb length (długość kończyny)

Level of significance (p): *statistically significant for $p \leq 0,05$; NS – statistically insignificant. Abbreviations: AN-%MAXD – value achieved in the anterior direction reaching test in percent; PM-%MAXD – value achieved in the posteromedial direction reaching test in percent; PL-%MAXD – value achieved in the posterolateral direction reaching test in percent; YBT result – overall YBT result calculated using the formula $[(AN+PM+PL)/(LL \times 3)] \times 100$, where: AN – anterior, PM – posteromedial, PL – posterolateral, LL – limb length

średnia parametru delta Y była większa w grupie osób po skręceniu stawu skokowo-goleniowego (24,07 mm) niż w grupie kontrolnej (21,65 mm). Nie wykazano jednak istotności statystycznej dla żadnej z obu wymienionych wyżej różnic średnich (p równe odpowiednio 0,55 i 0,31) (Tab. 2).

Dla parametru maksymalnych wychwiał odnotowano większe wartości w grupie badanej (66,13 mm) aniżeli w grupie kontrolnej (59,7 mm), jednak nie wykazano istotności statystycznej odnotowanej różnicy (p=0,62). Również nieistotna statystycznie (p=0,09) okazała się różnica w średniej szybkości wychwiał, która w grupie badanych, będących po skręceniu sta-

mean value of delta Y parameter was bigger in patients with the history of ankle sprain (24.07 mm) compared with the control group (21.65 mm). However, no statistical significance was found in the two above mentioned mean differences (p=0.55 and 0.31 respectively) (Tab. 2).

For the maximal sway parameter, higher values were noted in the study group (66.13 mm) than in the control group (59.7 mm), the difference, however, was statistically insignificant (p=0.62). The difference of mean sway velocity was also statistically insignificant (p=0.09). The difference was bigger in the group of patients with the history of ankle sprain (18.49

wu skokowo-goleniowego, była większa (18,49 mm/s) niż w grupie osób zdrowych (15,88 mm/s) (Tab. 2).

W teście Y-Balance Test największą różnicę między średnimi wynikami obu grup odnotowano dla kierunku sięgnięcia tylnobocznego (PL-%MAXD), która w grupie kontrolnej była o 5,34% wyższa niż w grupie badanej (GB-108,34%, GK-114,13%). Różnica ta nie okazała się jednak istotna statystycznie. W kierunku przednim (AN-%MAXD) wartości uzyskane dla obu grup były zbliżone (GB-71,2%, GK-71,55%). Uzyskany wynik w kierunku tylnoprzódowym (PM-%MAXD) był wyższy o 3% w grupie kontrolnej (GB-112,13%, GK-115,5%), co nie stanowiło jednak statystycznie istotnej różnicy. Wynik ogólny testu YBT obliczono na podstawie wzoru $[(AN+PM+PL)/(LL \times 3)] \times 100$, gdzie: AN – anterior (kierunek przedni), PM – posteromedial (kierunek tylnoprzódowy), PL – posterolateral (kierunek tylnoboczny), LL – limb length (długość kończyny). Grupa kontrolna osiągnęła wyższy wynik ogólny YBT od grupy badanej w wysokości 3,17 punktów (GB-97,22, GK-100,39) (Tab. 3).

Dyskusja

W literaturze istnieją doniesienia odnoszące się osobno do oceny stabilności posturalnej statycznej bądź dynamicznej osób, które doznały urazu skrętnego stawu skokowo-goleniowego [5-8,12,20,21,27-29]. Przeprowadzono jednak niewiele badań odnoszących się do oceny obu typów stabilności w przypadku badanych po uszkodzeniu skrętnym stawu skokowo-goleniowego [5,8,14,34,30]. Uzyskane przez Seftona i wsp. wyniki pozwoliły mu na stwierdzenie, że ocena stabilności posturalnej w statyce jest ważniejsza klinicznie niż ocena funkcjonalna [8]. Podobnie z badań dos Santos'a i wsp. wynika, że osoby z osłabioną stabilnością stawu skokowo-goleniowego charakteryzują się większymi wychyleniami CoP w stanie jednonóż, tj. w statyce, natomiast w dynamice (kopnięcie piłki) zaobserwował on zmniejszone wychylenia [30]. Odwrotnie twierdzą De Vries i wsp., których badania obejmujące grupę osób zdrowych, pacjentów w krótkim okresie po urazie skrętnym stawu skokowo-goleniowego i pacjentów z przewlekłą niestabilnością tego stawu, wykazały brak istotnych różnic pomiędzy badanymi grupami w stabilności posturalnej statycznej, podczas gdy zaobserwowali statystycznie istotne różnice w wyniku testu funkcjonalnego [3]. McKeon i wsp. natomiast uważają, że badanie kontroli posturalnej w statyce na platformie w większym stopniu umożliwia wykrycie deficytów, które mogą przyczynić się do zwiększonego zagrożenia skręceniem stawu skokowo-goleniowego, czy tych obserwowanych bezpośrednio po uszkodzeniu skrętnym, natomiast w mniejszym stopniu tych związanych z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego (CAI) [5]. Nakagawa jako jedyny z cytowanych autorów odnotował osłabienie zarówno stabilności posturalnej statycznej (większe wychylenia COP), jak i dynamicznej (gorsze wyniki w teście SEBT), w grupie osób z nawracającymi skręczeniami stawu skokowo-goleniowego [14].

Biorąc pod uwagę niewielką liczbę informacji w literaturze naukowej dotyczącej analizy jednocześnie stabilności statycznej i dynamicznej w grupie osób z historią urazową stawu skokowo-goleniowego, w niniejszej pracy oceniono oba typy stabilności posturalnej

mm/s) than in the group of healthy individuals (15.88 mm/s) (Tab. 2)].

In Y-Balance Test, the biggest difference between the mean values obtained from both groups was noted for the direction of posterolateral (PL-%MAXD), which 5.34% bigger than in the study group (GB-108.34%, GK-114.13%). This difference, however, was statistically insignificant. As for the anterior direction (AN-%MAXD) the values obtained from both groups were similar (GB-71.2%, GK-71.55%). The result obtained for the posteromedial direction (PM-%MAXD) was 3% higher in the control group (GB-112.13%, GK-115.5%), but the difference was statistically insignificant. The total result of YBT test was calculated using the formula $[(AN+PM+PL)/(LL \times 3)] \times 100$, where: AN – anterior direction, PM – posteromedial direction, PL – posterolateral direction and LL – limb length. The control group obtained a higher general score in YBT test than the study group by 3.17 points (GB-97.22, GK-100.39) (Tab. 3).

Discussion

In reference sources there are reports presenting either the assessment of static postural stability or dynamic postural stability in patients with the history of ankle sprain [5-8,12,20,21,27-29]. However, few studies dealt with the assessment of both types of stability in this population of patients [5,8,14,34,30]. The results obtained by Sefton et al. let the author conclude that assessment of postural stability under static conditions is more important from clinical point of view than functional assessment [8]. Similarly, the results obtained by Santos et al. indicate that the individuals with impaired stability of the ankle joint are characterized by more significant CoP sways when standing on one leg, that is under static conditions, while in dynamics (ball kicking) the author observed decreased sways [30]. Conversely, De Vries et al. whose study was conducted in a sample of healthy subjects, patients shortly after ankle sprain and patients with chronic instability of this joint, did not find any significant differences between the groups in static postural stability, but there were statistically significant differences between the results of the functional test [3]. McKeon et al., in turn, believes that postural stability tests under static conditions on the G-stabilographic platform, allow detecting deficits which may contribute to a higher risk of ankle sprain or deficits which can be observed immediately after sprain-related damage, and, to a lesser extent, deficits connected with chronic ankle instability (CAI) [5]. Nakagawa, as the only one among the cited authors, noted weakening of both static (bigger COP sways) and dynamic postural stability (worse results obtained in SEBT test) in a sample with recurrent ankle sprains [14].

Given the sparse information in scientific literature, concerning assessment of both static and dynamic stability in samples with the history of ankle joint injuries, this study assessed both types of postural stability in a randomly selected sample of young males after ankle sprain. The study was carried out using two methods of postural stability measurement: stabilographic platform and Y-Balance-Test.

Herrington et al. [33] and Sefton et al. [8] found that low result of SEBT, whose reliable version is YBT

ciała w losowo wybranej grupie młodych mężczyzn po przebyłym skręceniu stawu skokowo-goleniowego. Badania zrealizowano w oparciu o dwie metody pomiaru stabilności posturalnej: za pomocą platformy stabilometrycznej oraz testu Y-Balance-Test.

Badania Herringtona i wsp. [33] oraz Seftona i wsp. [8] wykazały, że niski wynik testu SEBT, którego wiarygodną pochodną jest YBT [22,23] pozwala zidentyfikować osoby z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego, jak również osoby z niewydolnością więzadła krzyżowego przedniego. Podobnie Olmsted i wsp., przy użyciu testu SEBT wykazali osłabioną stabilność posturalną w dynamice oraz asymetrię w zakresie wyników pomiędzy uszkodzoną i zdrową kończyną dolną wśród osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego, w porównaniu z grupą osób bez historii skręceń tego stawu [21]. Plisky i wsp. wykazali ponadto zwiększone ryzyko kontuzji wśród grających w koszykówkę licealistów, którzy charakteryzowali się asymetrią w teście SEBT oraz wśród kobiet, które uzyskiwały niski wynik w tym teście [23]. Smith i wsp. po przeprowadzeniu Y-Balance Test w grupie 184 sportowców akademickich wykazali, że różnica w uzyskanym wyniku w kierunku przednim testu, większa od 4 cm między obiema kończynami, jest powiązana ze zwiększonym ryzykiem bezkontaktowego urazu kończyny dolnej [34].

W części z wymienionych wyżej badań do oceny funkcjonalnej użyto testu SEBT, zwanego testem „gwiazdy”, natomiast w niniejszej pracy wykorzystano test Y-Balance Test. Według Coughlan i wsp. nie istnieją różnice pomiędzy uzyskiwanymi wynikami przez młodych mężczyzn w obu testach w kierunku tylnobocznym (PL) i tylnoprzódowym (PM), jednak odnotowano różnice w wynikach w kierunku przednim (AN). Z tego względu uważają oni, że nie wszystkie wyniki testu SEBT mogą być zamiennie stosowane z wynikami Y-Balance Test [29]. Hertel i wsp. w teście SEBT zaobserwowali największą wrażliwość na deficyty funkcjonalne w przypadku przewlekłej niestabilności stawu skokowo-goleniowego w kierunkach sięgnięcia PM, PL oraz przednio-przódowym i ocenie tych właśnie kierunków rekomendują [28]. Stąd wydaje się, że przeprowadzenie testu sięgnięcia jedynie w trzech kierunkach (AN, PM, PL), którego dokonano wykonując Y-Balance Test, jest wystarczające do analizy funkcjonalnej ocenianej grupy.

Uzyskany w niniejszej pracy wynik ogólny Y-Balance Test był wyższy w grupie kontrolnej w porównaniu do grupy badanej (średni wynik ogólny: GB-97,22, GK-100,39) (Tab. 3). Podobnie wyższe średnie wartości w grupie osób zdrowych odnotowano w odległościach sięgnięcia w kierunkach przednio-przódowym (PM-%MAXD) (GB-112,13%, GK-115,5%) oraz przednio-bocznym (PL-%MAXD) (GB-108,34%, GK-114,13%) (Tab. 3). Odnotowane różnice w zakresie wymienionych wyżej parametrów nie okazały się jednak znamienne statystycznie (Tab. 3). W odróżnieniu od tylnych kierunków sięgnięcia, w kierunku przednim (AN-%MAXD) obie grupy uzyskały prawie identyczny wynik średni (GB-71,2%, GK-71,55%) (Tab. 3). Podobnie jak w badaniach własnych, Martínez-Ramírez i wsp. przy użyciu testu Y-Balance Test nie zaobserwowali istotnych statystycznie różnic w odległościach sięgnięć w kierunkach PM, PL i AN między grupą osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego i bez niej [27]. Hale natomiast zanoto-

[22,23] allows identifying patients with chronic instability of the ankle joint as well as patients with anterior cruciate ligament (ACL) failure. Similarly, Olmsted et al., using SEBT test showed an impaired postural stability under dynamic conditions and asymmetry in the results obtained from the comparison of the involved and the uninvolved lower limb in patients with chronic instability of the ankle joint compared with the subjects with no history of ankle sprain [21]. Moreover, Plisky et al. showed an increased risk of contusion among the high school basketball players, characterized by asymmetry in SEBT test and among the females who obtained low values in this test [23]. Smith et al., after carrying out Y-Balance Test in a sample of 184 academic athletes, showed that the difference between the lower limbs bigger than 4 cm in the results obtained for the anterior reach direction entails the increased risk of non-contact lower limb injuries [34].

In some of the above mentioned studies SEBT test was used for functional assessment called "star test" while in this study Y-Balance Test was applied. According to Coughlan et al. there are no differences between the results obtained by young males in both test for PL and PM reach, however, differences were noted in anterior direction (AN). Therefore, the author believes that not all the results of SEBT test can be applied interchangeably with the results of Y-Balance Test [29]. Hertel et al. noted the highest sensitivity of SEBT test to functional deficits in the case of chronic instability of the ankle joint in posteromedial, posterolateral and anteromedial directions and recommends evaluation of these directions [28]. Hence it seems that the reach test performed only in the three above mentioned directions (AN, PM, PL) as part of Y-Balance Test is sufficient for functional analysis of the studied sample.

The cumulative value obtained from Y-Balance Test was higher in the control group compared with the study group (the mean cumulative value: GB-97.22, GK-100.39) (Tab. 3). Similarly, higher mean values were noted in the group of healthy participants in anteromedial (PM-%MAXD) (GB-112.13%, GK-115.5%) and anterolateral (PL-%MAXD) (GB-108.34%, GK-114.13%) directions (Tab. 3). Contrary to the posterior reach directions (AN-%MAXD), both groups obtained almost identical mean values (GB-71.2%, GK-71.55%) (Tab. 3). Like in this study, Martínez-Ramírez et al. using Y-Balance Test did not note any statistically significant differences in reach distances in PM, PL and AN directions between the subjects with chronic instability of the ankle joint and healthy subjects [27]. Hale, in turn, noted worse results in SEBT test for PM and PL reach directions between the involved and the healthy lower limb in CAI group while, the author did not find any differences in these parameters between the study group and the control group like in this study [15]. Likewise, Doherty noted the biggest difference between the CAI group and the control group for PL reach direction, however, the reduced ranges of reach in the study group were noted for the two remaining reach directions [6]. Martínez-Ramírez et al. found the biggest difference between the results obtained from both groups in anterior direction (AN), contrary to this study, where the biggest difference between the study group and the control group was noted for posterolateral reach direc-

wał gorsze wyniki w teście SEBT dla kierunków sięgania PM i PL pomiędzy uszkodzoną i zdrową kończyną dolną w grupie osób z CAI, natomiast różnic tych, podobnie jak w badaniach własnych, nie wykrył pomiędzy grupą badaną a grupą kontrolną [15]. Podobnie Doherty, największą różnicę między badanymi z CAI i grupą kontrolną zaobserwował dla sięgnięcia w kierunku PL, jednak zmniejszone zakresy sięgnięcia w grupie badanej odnotował również dla pozostałych dwóch kierunków sięgania [6]. Martínez-Ramírez i wsp. największą różnicę pomiędzy wynikami obu grup odnotowali w kierunku przednim (AN), inaczej niż w badaniach własnych, gdzie największą różnicę pomiędzy grupą badaną a kontrolną zanotowano dla sięgnięcia w kierunku tylnobocznym (PL) [27]. Również Hoch i wsp. [7], porównując grupę z CAI i grupę kontrolną, wykazali brak różnic między grupami w odległościach sięgnięcia w kierunku PM i PL ($p>0,07$), natomiast zaobserwowali ich istnienie w przypadku sięgnięcia w kierunku AN ($p=0,01$). Być może różnica ta wynika z tego, że zarówno Martínez-Ramírez i wsp. [27], jak również Hoch i wsp. [7] badali osoby z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego, podczas gdy w badaniach własnych grupę badaną stanowiły osoby po przebytych urazach skrętnym niewielkiego stopnia (skręcenie I lub II stopnia), które, dzięki odpowiedniemu postępowaniu rehabilitacyjnemu, umożliwia powrót do pełnej sprawności u większości pacjentów. Jak twierdzi Gabriner, zakres sięgnięcia w kierunku AN jest silnie skorelowany z zakresem zgięcia grzbietowego w stawie skokowo-goleniowym i czuciem podszwawym [35]. W związku z tym, że uzyskano zbliżone wartości sięgnięcia w kierunku przednim w obu badanych grupach można przypuszczać, że zakres zgięcia grzbietowego i czucie podszwawowe w badanej grupie osób po przebytych skręceniu stawu skokowo-goleniowego są w normie.

Y-Balance Test ocenia dynamiczną stabilność posturalną, będącą wypadkową m.in. zakresu ruchu w stawach, elastyczności i siły mięśniowej oraz kontroli nerwowo-mięśniowej [18,24-26,35]. Lee wykazał zależność między siłą prostowników i odwodźcicieli stawu biodrowego oraz zginaczy i prostowników stawu kolanowego a wynikiem testu Y-Balance w trzech ocenianych kierunkach, w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego [24]. Gabriner zauważył silny związek pomiędzy siłą mięśni ewertorów a zakresem sięgnięcia w kierunku PL i PM [36]. Robinson i wsp. [25] oraz Kang i wsp. [26] dowiedli, że prawidłowy zakres ruchomości w stawie biodrowym jest konieczny do osiągnięcia wysokich wyników w kierunku tylnym w teście Y-Balance Test, a Gribble [12] potwierdził wpływ zgięcia w stawie kolanowym i biodrowym na zakresy sięgania. Również badania Overmoyera [36] wykazały istotny wpływ zakresu ruchu w stawie biodrowym, a także skokowo-goleniowym na uzyskane w teście YBT wyniki. Biorąc pod uwagę wyżej wymienione wyniki badań, brak statystycznie istotnych różnic w odległościach sięgnięć w teście YBT w grupach badanej i kontrolnej w badaniach własnych może świadczyć o tym, że zakresy ruchu i siła mięśni kończyny dolnej po uszkodzeniu skrętnym stawu skokowo-goleniowego w tej grupie są w normie.

Oceniając stabilność posturalną w statyce, poddano analizie sześć parametrów: długość wychwiań (mm), powierzchnię elipsy (mm^2), deltę X (mm), deltę

(PL) [27]. Also Hoch et al. [7], comparing the CAI and control group results, found no between group differences in reaching distances in PM and PL directions ($p>0.07$), but noted the difference for AN direction ($p=0.01$). This difference may be due to the fact that both Martínez-Ramírez et al. [27] and Hoch et al. [7] conducted studies in subjects with chronic instability of the ankle joint while this study sample comprised the subjects after first or second degree sprain, which after adequate rehabilitation procedures enables a complete recovery in most of the patients. According to Gabriner, the range of reach AN is strongly correlated with the range of dorsiflexion in the ankle joint and plantar sensitivity [35]. Given the similar values reflecting anterior reach in both studied groups, we can assume that the range of dorsiflexion and plantar sensitivity in the group of patients with the history of ankle sprain are normal.

Y-Balance test assesses dynamic postural stability which is the resultant of, e.g. joint mobility range, elasticity and muscle strength, and neuromuscular control [18,24-26,35]. Lee showed the relationship between the strength of extensor muscles and hip joint abductor muscles and the result of Y-Balance Test in the three assessed directions, in CAI patients [24], while Gabriner reports a robust relationship between the strength of evertor muscles and the range of reach in PL and PM directions [36]. Robinson et al. [25] and Kang et al. [26] proved that a correct range of motion in the iliac joint is necessary to obtain high values in the posterior direction in Y-Balance Test while Gribble [12] confirmed the effect of flexion in the knee and iliac joints on the ranges of reach. Moreover, Overmoyer [36] showed a significant impact of the range of motion in the iliac joint and the ankle joint on the results obtained in YBT test. Considering the above mentioned results, the lack of statistically significant differences in reach distances obtained from YBT in the study group and the control group may indicate that the values reflecting the ranges of motion and muscle strength in the lower limb after ankle sprain are normal.

The assessment of postural stability under static conditions involved the analysis of 6 parameters, namely: sway length (mm), ellipsis surface (mm^2), delta X (mm), delta Y (mm), maximal sways (mm) and the mean value of CoP movement velocity (mm/s). The lower the amplitude, sway length and mean velocity of CoP movement, the better postural stability is [37]. Statistically significant differences in sway length parameter were found between the results obtained from the study group and these obtained from the control group in the trial involving standing on one leg on the stabilographic platform ($p=0.03708$) (Tab. 2). The value obtained by the study group was 85.08 mm bigger, which is indicative of a poorer postural stability in this group as compared with the control group (Tab. 2). Also Nakagawa, Cornwall and Leanderson noted increased CoP sways in the group of patients with recurrent sprains of the ankle joint [14,38,39]. Likewise, Mitchell et al. in their study conducted in subjects with the history of ankle sprain and functional instability (FAI) noted increased postural sways in the study group as compared with the control group [41]. The results obtained by the author definitely showed a dependency between the range of sways in the study group and reaction time

Y (mm), maksymalne wychwiania (mm) oraz średnią szybkość przemieszczania się CoP (mm/s). Im mniejsza amplituda, długość wychwian i średnia prędkość przemieszczania się CoP, tym lepsza stabilność posturalna [37]. Wykazano statystycznie istotne różnice między grupą badaną a kontrolną w próbie stania jedno nogą na platformie stabilometrycznej w zakresie parametru długości wychwian ($p=0,03708$) (Tab. 2). Grupa badana osiągnęła wynik wyższy o 85,08 mm, co świadczy o gorszej stabilności posturalnej w tej grupie, w porównaniu z grupą kontrolną (Tab. 2). Również Nakagawa, Cornwall i Leanderson zaobserwowali zwiększone wychylenia CoP, w grupie osób z nawracającymi skręceniami stawu skokowo-goleniowego [14,38,39]. Podobnie Mitchell i wsp., badając osoby z historią skręcenia stawu skokowo-goleniowego i jego funkcjonalną niestabilnością (FAI), zaobserwowali zwiększone wychylenia posturalne w grupie badanej, w porównaniu z grupą kontrolną [41]. Wyniki ich badań wykazały jednocześnie zależność pomiędzy zakresem wychyleń w grupie badanej a czasem reakcji mięśni strzałkowych długich i krótkich, zatem, być może, przyczyną uzyskanych w badaniach własnych wyników również może być wydłużony czas reakcji mięśni strzałkowych na wychylenia posturalne [40]. Natomiast Tropp i wsp., odmiennie niż w badaniach własnych, w grupie 127 piłkarzy po przebyłym urazie skrętnym stawu skokowo-goleniowego nie zaobserwowali zwiększenia wychyleń posturalnych [41]. Podobnie Isakov i wsp. nie odnotowali różnic w wielkości wychwian posturalnych w kierunku ML i AN w grupie osób z historią skręcenia stawu skokowo-goleniowego. Uważają oni, że przypuszczalną przyczyną jest fakt, że włókna aferentne mechanoreceptorów stawowych, które w większości stanowią włókna typu II i III, charakteryzują się niską prędkością przewodzenia i niewielką czułością na rozciąganie, stąd wpływ informacji proprioptywnej z torebki stawowej i więzadeł jest na tyle mały, że jej ostateczny wpływ na poziom aktywności mięśniowej jest znikomy [42].

W badaniach własnych, badani będący po urazie skrętnym stawu skokowo-goleniowego osiągnęli średnio wyższe wartości maksymalnych wychwian (GB-66,13 [mm], GK-59,7 [mm]) oraz średniej szybkości wychwian (GB-18,49 [mm/s], GK-15,88 [mm/s]), co sugerowałoby słabszą kontrolę posturalną w tej grupie, jednak różnice te nie wykazały istotności statystycznej (Tab. 2). Wynik ten jest zgodny z wynikami uzyskanymi przez de Vriesa, który wykazał brak statystycznie istotnych różnic w średniej szybkości wychwian oraz w średniej kwadratowej (RMS) przesunięcia CoP względem średniego CoP (RMS-CoP) pomiędzy osobami ze skręceniem stawu skokowo-goleniowego w fazie ostrej, osobami z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego oraz grupą zdrowych osób [43]. Podobnie Baier i Hopf, na podstawie wyników próby stania jedno nogą na platformie stabilometrycznej z oczami otwartymi, nie wykazali statystycznie istotnych różnic w stabilności posturalnej w parametrach szybkości wychwian pomiędzy 22 pacjentami po urazach skrętnych stawu skokowo-goleniowego a grupą kontrolną składającą się z 22 zdrowych osób [44]. Hale, porównując badanych z CAI z grupą kontrolną, nie zaobserwował różnic w szybkości wychwian pomiędzy grupami, zauważył natomiast różnice pomiędzy nieuszkodzoną a uszkodzo-

in the peroneus longus and peroneus brevis muscles, which suggests that the results obtained in this study may be due to the prolonged time of peroneus muscle reaction to postural sways [40]. Tropp et al., in turn, contrary to this study results, did not observe any significant increase in postural sways in 127 football players with the history of ankle sprain [41]. Likewise, Isakov et al. did not note any significant differences in the degree of postural sway in ML and AN directions in subjects with the history of ankle sprain. The author believes that the possible cause of such results is fact that afferent nerve fibers of articular mechanoreceptors which are mainly II and III type muscles, are characterized by a low conducting velocity and low sensitivity to stretching, hence the impact of proprioceptive information from the joint capsule and ligaments is so low that the ultimate impact on the level of muscle activity is negligible [42].

In this study, the subjects after ankle sprain obtained mean higher values of maximal sway (GB-66.13 [mm], GK-59.7 [mm]) and the mean sway velocity (GB-18.49 [mm/s], GK-15.88 [mm/s]), which would suggest a poorer postural control in this group, however, the differences were statistically insignificant (Tab. 2). The result is in conformity with the results obtained by de Vries who showed no statistically significant differences in the mean sway velocity and root mean square (RMS) of a CoP shift in relation to mean CoP (RMS-CoP) between the patients diagnosed with acute joint sprain, the patients with chronic ankle instability and the group of healthy individuals [43]. Similarly, Baier and Hopf, based on the results of the one leg standing trial on the stabilographic platform with the eyes open, did not find any statistically significant differences in postural stability, manifested by sway velocity parameter values between 22 patients with the history of ankle sprain and the control group comprising 22 healthy individuals [44]. Also Hale, comparing the CAI subjects with the control group did not note any significant between-group differences in sway velocity, but found the differences in this parameter between the uninvolved and the involved lower limb with the latter having a higher sway velocity [15].

ną kończyną dolną w zakresie tego parametru, z większą szybkością wychwiał w przypadku tej drugiej [15].

Ograniczenia

Ograniczeniem przeprowadzonych badań jest brak jednorodności grupy badanej pod względem czasu, który minął od przebytego skręcenia stawu skokowo-goleniowego. Stopień skręcenia stawu skokowo-goleniowego, któremu ulegli badani niniejszej pracy, był niewielki i umożliwił powrót do stanu funkcjonalnego po krótkim czasie. Co więcej, badani podejmowali regularną aktywność fizyczną w postaci treningów piłkarskich, zawierających ćwiczenia ogólnorozwojowe oraz specjalistyczne, co mogło mieć wpływ na szybszy powrót ocenianych parametrów do normy. Być może, gdyby zbadano osoby w nieodległym czasie od dokonanego skręcenia, większym stopniu skręcenia czy osoby z przewlekłą niestabilnością stawu skokowo-goleniowego, można byłoby zaobserwować istotne różnice w prezentowanej stabilności posturalnej dla opisanych wyżej parametrów zarówno w teście Y-Balance Test, jak i na platformie stabilometrycznej.

Wnioski

1. W badanej grupie osób uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego I lub II stopnia skutkowało osłabieniem stabilności posturalnej w statyce (statystycznie istotnie większa długość wychwiał w GB w porównaniu z GK).
2. W badanej grupie osób uraz skrętny stawu skokowo-goleniowego I lub II stopnia nie wpłynął istotnie na stabilność dynamiczną (brak istotnych statystycznie różnic w parametrach YBT).
3. Oceniając stabilność posturalną osób będących po uszkodzeniu skrętnym stawu skokowo-goleniowego należy badać zarówno stabilność statyczną, jak i dynamiczną w celu uzyskania pełnego obrazu stanu funkcjonalnego badanej grupy.

Limitations

The lack of uniformity of the studied sample in terms of the time elapsed from the ankle sprain is the limitation of this study. The degree of ankle sprain in the studied sample was slight and enabled return to the baseline functional state in a relatively short period of time. Moreover, the subjects were involved in regular physical activities in a form of football training including general development exercises and specialist exercises, which could result in a faster recovery of the assessed parameters. Perhaps if the time elapsed from sprain episode was shorter and the degree of sprain was higher, and if the patients presented with chronic ankle joint instability, the observed differences in postural stability manifested by the above described parameters, both in Y-Balance Test and in the test on the stabilographic platform, would be statistically significant.

Conclusions

1. In the study group, first or second degree ankle sprain resulted in the weakening of postural stability under static conditions (statistically significant higher value corresponding to sway length in GB compared with GK).
2. In the study group, first or second degree ankle sprain did not significantly affect dynamic stability (no statistically significant differences in YBT parameters).
3. The assessment of postural stability in patients after ankle sprain should include both static and dynamic stability testing in order to obtain a complete picture of the functional status in the studied sample.

Piśmiennictwo / References

1. Petersen W, Rembitzki IV, Koppenburg AG, et al. Treatment of acute ankle ligament injuries: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133(8): 1129-41.
2. Michelson JD, Hutchins C. Mechanoreceptors in human ankle ligaments. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 219-24.
3. de Vries JS, Kingma I, Blankevoort L, van Dijk CN. Difference in balance measures between patients with chronic ankle instability and patients after an acute ankle inversion trauma. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18(5): 601-6.
4. Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Med* 2000; 29: 361-71.
5. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train* 2008; 43(3): 293-304.
6. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Inter-joint coordination strategies during unilateral stance following first-time, acute lateral ankle sprain: a brief report. *Clin Biomech* 2015; 30(6): 636-9.
7. Hoch MC, Staton GS, Medina McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 2012; 15: 574-9.
8. Sefton JM, Hicks-Little C, Hubbard TJ, et al. Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability. *Clin Biomech* 2009; 24 (5): 451-8.
9. Garn SN, Newton RA. Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Phys Ther* 1988; 68: 1667-71.
10. Pintsaar A, Brynhildsen J, Tropp H. Postural corrections after standardized perturbations of single leg stance: effect of training and orthotic devices in patients with ankle instability. *Br J Sports Med* 1996; 30: 151-5.
11. Gribble P, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural-control. *J Athl Train* 2004; 39(4): 321-9.
12. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR. Chronic ankle instability and fatigue create proximal joint alterations during performance of the Star Excursion Balance Test. *Int J Sports Med* 2007; 28(3): 236-42.
13. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Dynamic Balance Deficits 6 Months Following First-Time Acute Lateral Ankle Sprain: A Laboratory Analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015; 45(8): 626-33.

14. Nakagawa L, Hoffman M. Performance in Static, Dynamic, and Clinical Tests of Postural Control in Individuals With Recurrent Ankle Sprains. *JSR* 2004; 13: 255-68.
15. Hale SA, Hertel J, Olmsted-Kramer LC. The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37(6): 303-11.
16. Hiemstra LA, Lo IK, Fowler PJ. Effect of Fatigue on Knee Proprioception: Implications for Dynamic Stabilization. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31(10): 598-605.
17. Garkavenko VV, Garkavenko AV, Kolosova EV, Korneyev VV, Mel'nichouk AV, Vasilenko DA. Modifications of the stabilogram during upright standing posture under conditions of inclines of the support surface. *Neurophysiol* 2012; 44(2): 131-7.
18. Federolf P, Roos L, Nigg BM. Analysis of the multi-segmental postural movement strategies utilized in bipedal, tandem and one-leg stance as quantified by a principal component decomposition of marker coordinates. *J Biomech* 2013; 46(15): 2626-33.
19. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986; 55(6): 1369-81.
20. Tropp H, Odenrick P. Postural control in single-limb stance. *J Orthop Res* 1988; 6: 833-9.
21. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train* 2002; 37(4): 501-6.
22. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther* 2009; 4: 92-9.
23. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36(12): 911-9.
24. Lee DK, Kang MH, Lee TS, Oh JS. Relationships among the Y balance test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Braz J Phys Ther* 2015; 19(3): 227-34.
25. Robinson R, Gribble P. Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. *J Sport Rehabil* 2008; 17: 347-57.
26. Kang MH, Kim GM, Kwon OY, Weon JH, Oh JS, An DH. Relationship Between the Kinematics of the Trunk and Lower Extremity and Performance on the Y-Balance Test. *PM R* 2015, May 12. [Epub- w przygotowaniu do druku]
27. Martínez-Ramírez A, Lecumberri P, Gómez M, Izquierdo M. Wavelet analysis based on time-frequency information discriminate chronic ankle instability. *Clin Biomech* 2010; 25(3): 256-64.
28. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the Star Excursion Balance Test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 131-7.
30. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y-Balance test. *J Athl Train* 2012; 47 (4): 366-371.
31. dos Santos MJ, Gorges AL, Rios JL. Individuals with chronic ankle instability exhibit decreased postural sway while kicking in a single-leg stance. *Gait Posture* 2014; 40 (1): 231-236.
32. Y-Balance Test Kit; www.ybalancetest.com/test-kit/; (access: 15.01.2015).
33. Gribble P, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement Phys Educ Exerc Sci* 2003; 7 (2): 89-100.
34. Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee* 2009; 16 (2): 149-152.
35. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47 (1): 136-141.
36. Gabriner ML, Houston MN, Kirby JL, Hoch MC. Contributing factors to star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability. *Gait Posture* 2015 May; 41 (4): 912-916.
37. Overmoyer GV, Reiser RF. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *J Strength Cond Res* 2015; 29 (5): 1240-1247.
38. Danis CG, Krebs DE, Gill-Body KM, Sahrman S. Relationship between standing posture and stability. *Phys Ther* 1998; 78 (5): 502-517.
39. Cornwall MW, Murrell P. Postural sway following inversion sprain of the ankle. *J Am Podiatr Med Assoc* 1991; 81: 243-247.
40. Leanderson J, Wykman A, Eriksson E. Ankle sprain and postural sway in basketball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1993; 1: 203-205.
41. Mitchell A, Dyson R, Hale T, Abraham C. Biomechanics of ankle instability. Part 2: Postural sway-reaction time relationship. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40 (8): 1522-1528.
42. Tropp H, Ekstrand J, Gillquist J. Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16 (1): 64-66.
43. Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *Br J Sports Med* 1997; 31: 65-67.
44. Baier M, Hopf T. Ankle orthoses effect on single-limb standing balance in athletes with functional ankle instability. *Arch Phys Med Rehabil* 1998.