

Cisowski P, Piontek T, Ciemniewska-Gorzela K, Grygorowicz M. Assessment of postural strategies and subjective sensations of patients with lateral ankle instability after rehabilitation. *Issue Rehabil. Orthop. Neurophysiol. Sport Promot.* 2015; 13: 49–68.

#### ASSESSMENT OF POSTURAL STRATEGIES AND SUBJECTIVE SENSATIONS OF PATIENTS WITH LATERAL ANKLE INSTABILITY AFTER REHABILITATION

Paweł Cisowski

Tomasz Piontek

Kinga Ciemniewska-Gorzela

Monika Grygorowicz

Rehasport Clinic, Poznan, Poland

#### OCENA STRATEGII POSTURALNEJ I SUBIEKTYWNYCH ODCZUĆ PACJENTÓW Z NIESTABILNOŚCIĄ BOCZNĄ STAWU SKOKOWEGO PO PROCESIE REHABILITACJI

Paweł Cisowski

Tomasz Piontek

Kinga Ciemniewska-Gorzela

Monika Grygorowicz

Rehasport Clinic, Poznań, Polska

#### SUMMARY

##### Introduction

A high risk of lateral instability among people after inversion ankle sprain is the reason why it is important to ascertain the possible factors contributing to that risk in comparison with the control group and to introduce an intensive rehabilitation programme counteracting the negative effects of this disorder.

##### Aim

The aim of the present study was to evaluate postural control in people with lateral ankle instability and their subjective sensations concerning the functional condition of the ankle immediately after rehabilitation in comparison with a control group. Our research hypothesis was that after rehabilitation the parameters of patients with lateral ankle instability would not be significantly different from those of healthy individuals.

##### Material and methods

Forty-two participants in the study were 14 women and 29 men aged between 19 and 56 and divided into the control group (N = 22) with chronic lateral ankle instability after rehabilitation and the control group (N = 21) made up of individuals without a history of ankle sprains.

#### STRESZCZENIE

##### Wprowadzenie

Duże ryzyko wystąpienia niestabilności bocznej wśród osób po skręceniach inwersyjnych stawu skokowego jest powodem, dla którego ważne jest określenie możliwych czynników predysponujących do tego stanu w porównaniu z grupą kontrolną oraz wdrożenie intensywnego procesu rehabilitacyjnego przeciwdziałającego negatywnym skutkom tego schorzenia.

##### Cel

Celem pracy jest sprawdzenie poziomu kontroli posturalnej osób z niestabilnością bocznią stawu skokowego oraz ich subiektywnych odczuć dotyczących stanu funkcjonalnego stawu skokowego bezpośrednio po zakończonym procesie rehabilitacji w porównaniu z grupą kontrolną. Sformułowano hipotezę badawczą, że parametry pacjentów z niestabilnością bocznią stawu skokowego nie różnią się znacząco po przebytych procesie rehabilitacji od osób zdrowych.

##### Materiał i metody

Czterdzieści dwie osoby biorące udział w badaniu stanowiło 14 kobiet i 29 mężczyzn w wieku od 19 do 56 lat, podzielonych na grupę badawczą (N = 22) z przewlekłą niestabilnością bocznią stawu skokowego będącą po zakończeniu procesu rehabilitacji oraz grupę kontrolną (N = 21), w której znajdowały się osoby bez wcześniejszych skręceń

The study was conducted by means of an instrumental test using the DELOS Postural Proprioceptive System based on Riva's concept and testing postural strategy both in static and dynamic conditions. The participants were also asked to fill out questionnaires which were helpful to assess the subjective functional conditions of ankle joints.

### Results

Differences in favour of the study group were found in the static test with the eyes closed and in the dynamic Riva test in a comparison between the injured leg and the subsequent healthy legs in the control group.

The participants from the control group had higher scores in most questions in comparison with the study group, however, the differences were not significant in the clinical evaluation.

### Conclusions

Patients with lateral ankle instability had better control, displaying a higher level of postural strategy in the injured leg in comparison with the control group, which may confirm the relevance of intensive proprioception and stability training during the rehabilitation process. However, subjectively, the participants from the study group see themselves as being in a worse condition than those in the control group, which may confirm the existence of some other important factors that may affect the functioning of patients with lateral ankle instability.

**Keywords:** lateral ankle instability, functional assessment, rehabilitation, postural strategy

*Date received: January 13, 2016*

*Date accepted: February 7, 2016*

stawów skokowych. Badania przeprowadzane były przy użyciu instrumentalnego testu z wykorzystaniem DELOS Postural Proprioceptive System według koncepcji Rivy, sprawdzającego wykorzystywaną strategię posturalną zarówno w warunkach statycznych, jak i dynamicznych. Uczestnicy badania proszeni byli również o wypełnienie ankiet, mających określić subiektywny stan funkcjonalny stawów skokowych.

### Wyniki

Stwierdzono różnice na korzyść grupy badawczej w statycznym teście z oczami zamkniętymi oraz w teście dynamicznym wg koncepcji Rivy w przypadku porównania kończyny po urazie z odpowiednią zdrową kończyną w grupie kontrolnej.

W zebranych ankietach osoby w grupie kontrolnej uzyskiwały wyższe wyniki w większości zadawanych pytań, w porównaniu z grupą badawczą, jednakże nie były to duże różnice w badaniu klinicznym.

### Wnioski

Osoby z niestabilnością boczną stawu skokowego wykazywały lepszą kontrolę, używając wyższy poziom wykorzystywanej strategii posturalnej stojąc na kończynie po urazie w porównaniu z grupą kontrolną, co świadczyć może o zasadności intensywnego treningu propriocepcji i stabilizacji w czasie procesu rehabilitacyjnego. Jednakże subiektywnie osoby w grupie badawczej oceniały siebie gorzej aniżeli osoby w grupie kontrolnej, co może świadczyć o istnieniu jeszcze innych istotnych czynników mogących wpływać na funkcję osób z niestabilnością boczną stawu skokowego.

**Słowa kluczowe:** niestabilność boczna stawu skokowego, ocena funkcjonalna, rehabilitacja, strategia posturalna

*Data otrzymania: 13 stycznia, 2016*

*Data zaakceptowania: 7 lutego, 2016*

## Introduction

Ankle sprain is a frequent injury both among professional athletes and people practising sport as a leisure activity. According to various authors, between 30% and 85% of patients will eventually develop chronic ankle instability (Gerber *et al.* 1998; Hertel 2000). This condition is defined as recurring inversion sprain of the ankle with episodes of the ankle “giving way” usually through a combination of mechanical factors (insufficient healing of damaged ligaments, reduced range of dorsal flexion of the ankle) as well as functional factors (reduced proprioception, postural control and nerve-muscle control). Repeated injuries very often lead to subjective, long-term symptoms of instability, increased stiffness, pain and swelling that may persist from 1.5 up to even 7 years after ankle sprain (Hertel 2000; Hertel 2002; Konradsen *et al.* 2002; Anandacoomarasamy and Barnsley 2005; Brown and Mynark 2007). In the long run all this may cause strain or injury of the peroneal muscle tendons and cartilage, impingement of soft tissues as well as emergence of osteochondral loose bodies in the joint (Konradsen *et al.* 2002; Valderrabano *et al.* 2006; Wikstrom *et al.* 2009). Given such a complex nature of chronic lateral ankle instability, there is a need for, in addition to intensive rehabilitation, comprehensive patient examination, encompassing all risk factors, before the patient is advised by the physician to return to sports practice.

In assessing the ankle instability, investigators use objective instrumental tests as well as non-instrumental, the objectivised functional tests. The former comprise tests on the force platforms measuring the placement of the centre of foot pressure

## Wprowadzenie

Skręcenie stawu skokowego jest bardzo częstym urazem zarówno w populacji sportowców, jak i wśród ludzi rekreacyjnie uprawiających sport. Różni autorzy podają, iż u 30% do 85% chorych rozwinię się w przyszłości niestabilność przewlekła stawu skokowego (Gerber i wsp. 1998; Hertel 2000). Stan ten określa się jako nawrotowe skręcenia inwersyjne stawu skokowego z epizodami „uciekania” kończyny, spowodowane najczęściej kombinacją czynników mechanicznych (niedostateczne wygojenie uszkodzonych więzadeł, zmniejszenie zakresu zgięcia grzbietowego stawu skokowego), jak i czynników funkcjonalnych (obniżona zdolność propriocepcji, kontroli posturalnej i nerwowo-mięśniowej). Powtarzające się urazy bardzo często prowadzą do subiektywnie odczuwanych długotrwałych objawów niestabilności, zwiększonej sztywności, bólu i obrzęku mogących utrzymywać się od 1,5 do nawet 7 lat po skręceniu stawu skokowego (Hertel 2000; Hertel 2002; Konradsen i wsp. 2002; Anandacoomarasamy i Barnsley 2005; Brown i Mynark 2007). Wszystko to może po dłuższym okresie spowodować przeciążenia lub uszkodzenia ścięgien mięśni strzałkowych oraz chrząstki, doprowadzić do zespołu wklinowania tkanek miękkich, a także powstania chrzęstnokostnych ciał wolnych w stawie (Konradsen i wsp. 2002; Valderrabano i wsp. 2006, Wikstrom i wsp. 2009). Z racji tak skomplikowanej natury przewlekłej niestabilności bocznej stawu skokowego, oprócz potrzeby wdrażania intensywnego procesu rehabilitacyjnego, istnieje konieczność przeprowadzania kompleksowych badań pacjentów, obejmujących wszystkie czynniki ryzyka przed wyrażeniem zgody przez lekarza na powrót do uprawiania sportu.

W ocenie niestabilności stawu skokowego wykorzystuje się testy instrumentalne, będące formą najbardziej obiektywną, jak i zobiektywizowane testy funkcjonalne, nieinstrumentalne. Do pierwszej grupy należą testy na platformach dynamometrycznych

and ground reaction forces, evaluating, in static or dynamic conditions, how the subjects control the projection of the centre of mass pattern and how quickly they recover the stability after landing (Ross *et al.* 2005; Brown and Mynark 2007). Various dynamometers or propiometers are used also to assess the subjects' joint position sense (Konradsen and Magnusson 2000; Konradsen 2002; Lim and Tan 2009). Non-instrumental tests, on the other hand, may assess balance and stability both in simple movement patterns, such as standing on one leg with the eyes open or closed with the examiner counting the number of times the subject uses the other leg to recover balance (BESS), and when testing the dynamic use of the full range of motion (SEBT), or ankle stability when performing various jumps (Olmsted *et al.* 2002; Docherty *et al.* 2006; Wikstrom *et al.* 2009; Munn *et al.* 2010).

In the present study the researchers used an instrumental test assessing the placement of the centre of mass and the strategies used in the recovering balance during tests performed in static conditions with the eyes open and closed, as well as in dynamic conditions.

Proprioception and ability to maintain the correct postural strategy are impaired in lateral ankle instability, e.g. due to damaged mechanoreceptors in the ligaments and joint capsule (Hertel 2002; Munn *et al.* 2010). In Riva's concept, the most important unconscious component ensuring stability and balance is the so-called archeoproprioception, i.e. all information reaching the oldest structures of the central nervous system, that is spinal cord, mesencephalon and vestibulocerebellum. Signals generated by mechanoreceptors from lower extremity structures are combined with those from the retina and the vestibular system of the

badające położenie środka nacisku stóp i reakcje sił podłoża na nacisk, sprawdzając w warunkach statycznych lub dynamicznych jak badany kontroluje odwzorowany rzut środka ciężkości oraz jak szybko stabilizuje się on zaraz po lądowaniu (Ross i wsp. 2005; Brown i Mynark 2007). Różnego rodzaju dynamometry lub propriometry są używane również do oceny czucia pozycji własnego stawu (Konradsen i Magnusson 2000; Konradsen 2002; Lim i Tan 2009). Natomiast testy nieinstrumentalne mogą oceniać równowagę i stabilność zarówno w prostych wzorcach ruchowych, takich jak stanie na jednej nodze z otwartymi i zamkniętymi oczami, gdzie liczona jest ilość podporów wykonanych drugą nogą w celu odzyskania równowagi (test BESS), jak również sprawdzając dynamiczne wykorzystanie pełnego zakresu ruchu (test SEBT) lub stabilizację stawu skokowego podczas wykonywania skoków w różnych formach (Olmsted i wsp. 2002; Docherty i wsp. 2006; Wikstrom i wsp. 2009; Munn i wsp. 2010).

W niniejszej pracy wykorzystano instrumentalny test oceniający zarówno położenie środka ciężkości jak również rozróżniający wykorzystywaną strategię odzyskiwania równowagi podczas testów wykonywanych w warunkach statycznych z otwartymi i zamkniętymi oczami oraz w warunkach dynamicznych.

Zdolność propriocepcji i utrzymania prawidłowej strategii posturalnej ulega zaburzeniu przy niestabilności bocznej stawu skokowego m.in. z powodu uszkodzenia mechanoreceptorów w więzadłach i torebce stawowej (Hertel 2002; Munn i wsp. 2010). Według koncepcji Rivy, najważniejszą nieświadomą komponentą dającą odpowiednią stabilność i równowagę jest tzw. archeopropriocepja, a więc wszelkie informacje docierające do najstarszych struktur centralnego układu nerwowego, czyli rdzenia kręgowego, śródmózgowia i przedśionkowo-mózdzkowia. Sygnały generowane przez mechanoreceptory ze struktur kończyny

middle ear, activating one of the three main postural control systems (Riva i Soardo 1999; Riva 2000; Riva and Trevisson 2000; Piontek *et al.* 2009). According to Riva, the most precise among them is the archeoproprioceptive system, activated first and using signals from receptors in ligaments, tendons and muscles. The visual control system, on the other hand, reacts to all changes in the position of the head with reference to the fixation point. When the visual control system detects a tilt of the body, there is an attempt to return to the previous image by generating a muscular reflex, which improves the functioning of the archeoproprioceptive system. The last system to be activated is the vestibular system with a much longer reaction time in response to an extreme tilt of the head and the body caused by inefficiency of the other two systems. This was the basis of Riva's test, which was to tell which postural control system was the main system used in a static (with the eyes open and closed) and dynamic conditions. In the case of the former, what is assessed is the deviation of the trunk from the vertical line:

- 0°–1° deviation – very good control,
- 1.1°–2.5° deviation – good control,
- 2.6°–5° deviation – satisfactory control,
- 5.1°–9° deviation – poor control,
- >9° deviation – insufficient control.

A dynamic test on a platform with a single degree of movement freedom, moving only on the frontal plane, allows for the use of vestibular (emergency) strategy, impaired

dolnej łączone są z tymi pochodzącymi z siatkówki i układu przedsionkowego ucha środkowego, prowadząc do aktywacji jednego z trzech podstawowych systemów kontroli posturalnej (Riva i Soardo 1999; Riva 2000; Riva i Trevisson 2000; Piontek i wsp. 2009). Najbardziej precyzyjnym z nich jest według Rivy system archeoproprioceptywny, aktywowany jako pierwszy, a bazujący na sygnałach z receptorów z więzadeł, ścięgien i mięśni. System kontroli wzrokowej reaguje z kolei na wszelkie zmiany pozycji głowy w odniesieniu do miejsca skupienia wzroku. W momencie wykrycia przez system kontroli wzrokowej wychylenia ciała, następuje próba powrotu do poprzednio widzianego obrazu poprzez wygenerowanie odruchu mięśniowego, co poprawia działanie systemu archeoproprioceptywnego. Jako ostatni aktywowany jest system przedsionkowy, ze znacznie wydłużonym czasem reakcji będący odpowiedzią na ekstremalne wychylenia głowy i ciała, spowodowane nieefektywnym działaniem poprzednich dwóch systemów. Na tej podstawie Riva stworzył test, mający odpowiedzieć jaki system kontroli posturalnej jest w większości wykorzystywany w sytuacji statycznej (z oczami otwartymi i zamkniętymi), jak i dynamicznej. W pierwszym przypadku oceniana jest wartość odchylenia tułowia od pionu:

- 0°–1° odchylenia – stopień kontroli bardzo dobry,
- 1,1°–2,5° odchylenia – stopień kontroli dobry,
- 2,6°–5° odchylenia – stopień kontroli dostateczny,
- 5,1°–9° odchylenia – stopień kontroli mierny,
- >9° odchylenia – stopień kontroli niedostateczny.

Podczas testu dynamicznego na platformie o jednym stopniu swobody ruchu, poruszającej się jedynie w płaszczyźnie czołowej, możliwe jest wykorzystanie strategii

visual-proprioceptive strategy with upper limb compensation or normal visual-proprioceptive strategy. The emergency strategy with the longest reaction time involves a response to destabilisation by means of excessive movements of the trunk, the lumbo-pelvic-hip complex and the upper limbs which is an inadequate deviation from the vertical. Through the normal visual-proprioceptive strategy balance is restored through hand movements. While the subject uses the normal visual-proprioceptive strategy, the head and the trunk remain relatively still and the lower limb performs high frequency movements on the platform, thus without stimulating the vestibular system. The element analysed in the test is the maintenance of vertical posture (Postural Priority):

- >60 – normal visual-proprioceptive control,
- 40–60 – impaired visual-proprioceptive control,
- <40 – vestibular (emergency) control (Riva i Soardo 1999; Riva 2000).

### Aim

The aim of the present study was to evaluate postural control in subjects with lateral ankle instability and their subjective sensations concerning the functional condition of the ankle immediately after rehabilitation in comparison with a control group. Our research hypothesis was that after rehabilitation the parameters of patients with lateral ankle instability would not be significantly different from those of healthy individuals.

### Material and methods

The study involved 43 subjects divided into two groups. The study group was made up

przedsionkowej (ratunkowej), zaburzonej wzrokowo-proprioceptywnej z kompensacją kończynami górnymi lub prawidłowej wzrokowo-proprioceptywnej. Strategia ratunkowa z najdłuższym czasem reakcji, polega na odpowiedzi na wychylenia od pozycji równowagi poprzez wykorzystanie wygórowanych, nieadekwatnych do stopnia wychylenia od pionu ruchów tułowia, kompleksu biodrowo-miedniczno-lędźwiowego oraz kończyn górnych. Druga strategia, prawidłowa wzrokowo-proprioceptywna powoduje ustabilizowanie pozycji poprzez ruchy rąk. Podczas gdy badany wykorzystuje prawidłową strategię wzrokowo-proprioceptywną głowa i tułów pozostają relatywnie nieruchomo, a kończyna dolna wykonuje na platformie ruchy o wysokiej częstotliwości, nie powodując tym samym pobudzenia układu przedsionkowego. W teście tym analizowany jest wskaźnik sposobu utrzymania postawy pionowej (ang. Postural Priority):

- >60 – prawidłowa kontrola wzrokowo-proprioceptywna,
- 40–60 – zaburzona kontrola wzrokowo-proprioceptywna,
- <40 – kontrola przedsionkowa (ratunkowa) (Riva i Soardo 1999; Riva 2000).

### Cel

Celem pracy jest zweryfikowanie poziomu kontroli posturalnej osób z niestabilnością boczną stawu skokowego oraz ich subiektywnych odczuć dotyczących stanu funkcjonalnego stawu skokowego bezpośrednio po zakończonym procesie rehabilitacji w porównaniu z grupą kontrolną. Postawiliśmy hipotezę badawczą, iż parametry pacjentów z niestabilnością boczną stawu skokowego nie różnią się znacząco po przebytym procesie rehabilitacji od osób zdrowych.

### Materiał i metody

W badaniach uczestniczyły 43 osoby, podzielone na dwie grupy. Grupę badawczą

of 22 patients treated at Rehasport Clinic for ankle sprain resulting from unilateral ankle instability, while the control group comprised 21 physically active students from Poznan higher education institutions.

The inclusion criteria included: diagnosed lateral ankle instability – defined as at least three sprains of the same ankle – and multiple episodes of the ankle giving way during sports activities or activities of the daily living. Another criterion was a conventional rehabilitation programme that finished after 16 weeks. Rehabilitation procedures: included manual therapy aimed at increasing the range of dorsal flexion of the ankle and reducing pain, stabilisation and proprioception training, as well as exercises maintaining the range of motion and increasing the strength of the muscles acting on the ankle.

A requirement for the control group was a lack of any history of ankle sprains and episodes of the limb giving way.

Exclusion from the study or control group was performed when at least one of the following conditions was found: a surgery performed on the lower extremity, symptoms of acute ankle sprain, active infection of the upper respiratory tract or the middle ear as well as history of vestibular disorders.

In order to obtain subjective results of ankle function assessment in the subjects, the researchers used three questionnaires, in which a higher score denoted a better function (Povacz *et al.* 1998; Pijnenburg *et al.* 2003; Thomas *et al.* 2005):

stanowiły 22 osoby, leczone z powodu skręcenia stawu skokowego w wyniku jednostronnej niestabilności bocznej stawu skokowego w Rehasport Clinic, natomiast grupę kontrolną stanowiło pozostałe 21 osób, aktywnych fizycznie studentów poznańskich uczelni.

Kryteriami włączającymi do grupy badawczej były: potwierdzona przewlekła niestabilność boczna stawu skokowego, definiowana jako wystąpienie przynajmniej trzech skręceń tego samego stawu skokowego oraz wielokrotne epizody uciekania (ang. *giving way*) stawu skokowego w czasie aktywności sportowej lub czynności dnia codziennego. Kolejnym kryterium było zakończenie procesu rehabilitacji prowadzonej metodami konwencjonalnymi po 16 tygodniach. Działania usprawniające obejmowały: terapię manualną, mającą za zadanie zwiększyć zakres zgięcia grzbietowego stawu skokowego i zmniejszyć dolegliwości bólowe, trening stabilizacji i propriocepcji, oraz ćwiczenia utrzymujące uzyskany zakres ruchu, a także zwiększające siłę mięśni działających na staw skokowy.

W grupie kontrolnej wymagany był brak jakiegokolwiek historii wcześniejszych skręceń stawu skokowego oraz epizodów uciekania kończyny.

Wyłączenie z grup badawczej lub kontrolnej następowało, gdy spełniony został co najmniej jeden z następujących warunków: przeprowadzony zabieg operacyjny w obrębie kończyny dolnej, występowanie objawów ostrego skręcenia stawu skokowego, aktywna infekcja górnych dróg oddechowych lub ucha środkowego oraz historia wstrząśnięć mózgu lub zaburzeń przedsionkowych w wywiadzie.

Aby uzyskać subiektywne wyniki funkcjonalnego stanu stawu skokowego osób badanych wykorzystano trzy kwestionariusze, w których większa liczba punktów oznaczała lepszy stan funkcjonalny (Povacz *et al.* 1998; Pijnenburg *et al.* 2003; Thomas *et al.* 2005):

- Module 4 of the American College of Foot and Ankle Surgeons (ACFAS) Scoring Scale with 50 points as the maximum score,
  - Povacz Clinical Ankle Score with a possible maximum of 30 points,
  - Foot and Ankle Visual Analogue Scale (VAS) assessing pain, swelling, range of motion and function in daily living.
- Moduł 4 Skali Oceny Stawu Skokowego i Stopy American College of Foot and Ankle Surgeons (ACFAS) dotyczący stawu skokowego, w którym maksymalnie można uzyskać 50 punktów,
  - Skala Oceny Klinicznej Stawu Skokowego wg Povacz z możliwością uzyskania maksymalnie 30 punktów,
  - Wizualna Analogowa Skala (VAS) Oceny Dolegliwości Stawu Skokowego i Stopy oceniająca ból, obrzęk, zakres ruchu oraz funkcję w życiu codziennym.

In order to assess postural stability, the researchers carried out static (SRT) and dynamic (DRT) Riva tests featuring the Delos Postural Proprioceptive System® comprising an accelerometer (Delos Vertical Controller – DVC) attached to the subject's sternal region by means of a special vest, Delos Postural Assistant (DPA), i.e. a height-adjustable steel structure with an infrared sensor, and an unstable platform (Delos Equilibrium Board – DEB) with one degree of freedom of movement.

The SRT test consists of four attempts: two with the eyes open and two with the eyes closed, each lasting 20 seconds. The patient stands barefoot on one leg. The non-supporting leg is relaxed and touches neither the tested leg nor the ground. The arms rest at the patient's sides in order for the patient to be able to grasp the DPA and avoid falling, when he or she is thrown off balance and return to the starting position. The accelerometer provides information about trunk tilt from the X-Y axis with an accuracy of 0.1 degree, while software linked to the Postural Assistant calculates the duration of the leaning and the frequency with which the subject had use the leaning bar to maintain stable posture. The test makes it possible to assess to what extent the subject relies on visual compensation when maintaining balance, which indirectly indicates the efficiency of the archeoproprioceptive system.

W celu określenia poziomu stabilności posturalnej wykonano testy statyczny (SRT) oraz dynamiczny (DRT) wg koncepcji Rivy z wykorzystaniem urządzenia Delos Postural Proprioceptive System®, składającego się z akcelerometru (DVC) umieszczonego na wysokości mostka osoby badanej za pomocą specjalnej kamizelki, Asystenta Posturalnego (DPA), czyli dostosowywanej do wzrostu stalowej konstrukcji wyposażonej w czujnik podczerwieni oraz niestabilnej platformy (DEB) o jednym stopniu swobody ruchu.

Test SRT składa się z czterech prób: dwóch z oczami otwartymi i dwóch z oczami zamkniętymi, trwającymi każda po 20 sekund. Pacjent stoi bosy naprzemiennie raz na lewej raz na prawej kończynie dolnej. Noga niebędąca podporową jest rozluźniona, nie dotyka nogi testowanej ani podłoża. Ręce ułożone są swobodnie wzdłuż tułowia tak, aby w chwili gdy następuje duże wychylenie równowagi mogące spowodować upadek, możliwy był chwyt DPA i powrót do pozycji wyjściowej. Akcelerometr przekazuje informacje o wychyleniu tułowia od osi x-y z dokładnością do 0,1 stopnia, natomiast za pomocą Asystenta Posturalnego oprogramowanie oblicza czas trwania podporu i częstość z jaką badana osoba musiała go wykorzystywać, aby utrzymać stabilną postawę. Test ten pozwala na ocenę w jakim stopniu badana osoba polega na kompensacji wzrokowej w czasie utrzymywania równowagi stojąc na jednej nodze, dzięki czemu można pośrednio rozróżnić

The dynamic test additionally uses an unstable platform designed to permit only lateral movements. Twelve tests have to be performed divided into four series of four tests with a 1.5-minute break between the series. The first eight tests require standing upright on one leg on the DEB with arms at the sides and the centre of the foot placed in the middle of the platform, while the last four tests require the subject's arms to be joined behind his or her back to minimise attempts to maintain stability by means of the upper limbs. The so-called Postural Priority is then calculated as a product of mean deviation of the DEB platform (in degrees) from the vertical axis and the subject's deviation from a resultant of mean axes (also in degrees, measured by means of the accelerometer). The higher the score, the better the postural control (Riva i Soardo 1999; Riva 2000).

The results were analysed by means of the Statistica software (by StatSoft Polska), using the ANOVA analysis of variance or Student's t-test. The level of statistical significance was accepted at  $p < 0.05$ .

## Results

Table 1 contains descriptive statistics of the two groups examined in the study.

jaka jest wydolność systemu archeoproprioceptywnego.

W teście wykonywanym w warunkach dynamicznych, dodatkowo wykorzystywana jest niestabilna platforma pozwalająca na ruchy lateralne. Konieczne jest wykonanie dwunastu prób, podzielonych na trzy bloki po cztery testy z przerwą trwającą półtorej minuty pomiędzy seriami. Pierwsze osiem testów polega na staniu jednoznacznie na DEB w pozycji wyprostowanej z kończynami górnymi ułożonymi wzdłuż tułowia a środkiem stopy ustawionym na środku platformy, natomiast ostatnie 4 powtórzenia wymagają splecenia rąk za tułowiem, aby zminimalizować próby ustabilizowania się za pomocą kończyn górnych. Obliczany jest tzw. Wskaźnik Postural Priority, czyli iloraz wartości średniej wychylenia platformy DEB (podanej w stopniach) od płaszczyzny pionowej i odchylenia badanego od wypadkowej średnich osi próby (również podany w stopniach, obliczany za pomocą akcelerometru). Im wyższy wynik tym lepszy sposób kontroli postawy (Riva i Soardo 1999; Riva 2000).

Wyniki przeanalizowano wykorzystując pakiet Statistica firmy StatSoft Polska, korzystając z testu analizy wariancji ANOVA lub testu t-studenta. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Tabela 1 przedstawia statystykę opisową charakteryzującą obie grupy poddawane badaniu.

**Table 1.** Description of the study group and control groups

	Number	Sex		Age	Body weight	Height
		Women	Men			
Study group	22	6	16	27.6 (9.8) years	75.5 (15.9) kg	178.2 (8.7) cm
Control group	21	8	13	24.8 (5.2) years	72.1 (12.6) kg	178.5 (9.5) cm

**Tabela 1.** Charakterystyka grupy badawczej i kontrolnej

	Ilość	Płeć		Wiek	Masa ciała	Wysokość ciała
		Kobiety	Mężczyźni			
Grupa badawcza	22	6	16	27,6 (9,8) lat	75,5 (15,9) kg	178,2 (8,7) cm
Grupa kontrolna	21	8	13	24,8 (5,2) lat	72,1 (12,6) kg	178,5 (9,5) cm

There were no statistically significant differences between the groups that could have had a negative impact on result comparison.

Tables 2 and 3 present averaged deviations from the vertical line in the static test and the Postural Priority score defining the vertical posture maintenance method in the Dynamic Riva Test. Statistically significant results, in favour of the study group, were seen when comparing injured and dominant extremities in the static conditions with eyes closed, as well as in dynamic conditions with eyes open.

Nie stwierdzono żadnych statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami, mogących wpłynąć negatywnie na porównanie wyników.

Tabele 2 i 3 przedstawiają wyniki uśrednionych wartości odchylenia od pionu w teście statycznym i wynik Postural Priority określający sposób utrzymania pionowej postawy w dynamicznym teście Rivy. Wyniki istotne statystycznie, na korzyść grupy badawczej, uzyskano porównując kończynę dolną po urazie z dominującą kończyną dolną w grupie kontrolnej w teście statycznym z zamkniętymi oczami oraz w teście dynamicznym z oczami otwartymi.

**Table 2.** Static Riva Test scores – mean deviation from the vertical

Extremity	Eyes open		Eyes closed	
	avg ± SD (min-max)	ANOVA	avg ± SD (min-max)	ANOVA
Study group – injured	1.04 ± 0.49 (0.5–2.6)	NS	3.96 ± 2.85 (1.1–13.7)	p<0.05
Control group – dominant	1.24 ± 0.61 (0.6–2.8)		5.89 ± 5.29 (1.3–18.4)	
Study group – non-injured	1.1 ± 0.56 (0.6–2.8)	NS	4.2 ± 3.21 (1.4–14.3)	NS
Control group – non-dominant	1.38 ± 1.38 (0.7–4.4)		5.94 ± 5.11 (1.1–16.0)	

**Tabela 2.** Wyniki Static Riva Test – średnia wartość odchylenia od pionu

Kończyna	Oczy otwarte		Oczy zamknięte	
	średnia ± SD (min-max)	test analizy wariancji ANOVA	średnia ± SD (min-max)	test analizy wariancji ANOVA
Grupa badawcza – kończyna urazowa	1,04 ± 0,49 (0,5–2,6)	NS	3,96 ± 2,85 (1,1–13,7)	p<0,05
Grupa kontrolna – kończyna dominująca	1,24 ± 0,61 (0,6–2,8)		5,89 ± 5,29 (1,3–18,4)	
Grupa badawcza – kończyna nieurazowa	1,1 ± 0,56 (0,6–2,8)	NS	4,2 ± 3,21 (1,4–14,3)	NS
Grupa kontrolna – kończyna niedominująca	1,38 ± 1,38 (0,7–4,4)		5,94 ± 5,11 (1,1–16,0)	

**Table 3.** Postural Priority scores in Dynamic Riva Test

Extremity	PP Value	
	avg ± SD (min-max)	ANOVA
Study group – injured	44.72 ± 11.17 (25.2–70.0)	p<0.05
Control group – dominant	39.77 ± 7.65 (23.9–58)	
Study group – non-injured	45.1 ± 11.25 (26.5–67.4)	NS
Control group – non-dominant	42 ± 9.42 (21.8–57.6)	

**Tabela 3.** Wyniki Postural Priority w Dynamic Riva Test

Kończyna	Wartość PP	
	średnia ± SD (min-max)	test analizy wariancji ANOVA
Grupa badawcza – kończyna urazowa	44,72 ± 11,17 (25,2–70,0)	p<0,05
Grupa kontrolna – kończyna dominująca	39,77 ± 7,65 (23,9–58)	
Grupa badawcza – kończyna nieurazowa	45,1 ± 11,25 (26,5–67,4)	NS
Grupa kontrolna – kończyna niedominująca	42 ± 9,42 (21,8–57,6)	

Tables 4, 5 and 6 contain only the most statistically significant scores from surveys describing the patients' subjective sensations. All the obtained results are worse in the study group in aspects of pain, lack of range of motion and weakness felt in the affected extremity compared with adapted dominant extremity of the control group. ACFAS and Povacz general scores as well as fear of ankle sprain were also significantly worse in the study group.

W tabelach 4, 5 i 6 zamieszczono jedynie niektóre wyniki najbardziej istotne statystycznie uzyskane z ankiet opisujących subiektywne odczucia pacjentów. Aspekty związane z bólem, ograniczeniem zakresu ruchu i osłabieniem odczuwanym w kończynie dolnej po urazie są oceniane gorzej, w porównaniu z dominującą kończyną dolną u osób w grupie kontrolnej. Wyniki ogólne kwestionariuszy ACFAS i Povacz oraz pytanie dotyczące występowania obawy przed skręceniem stawu skokowego również wskazują na subiektywnie gorsze odczucie osób w grupie badawczej.

**Table 4.** Subjective ankle function assessment in VAS

Group	How often do you feel pain when resting?		How strong is the pain you feel when resting?		How often do you feel pain during physical activity?	
	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test
Study group	9.4 ± 1.0 (9.9)	p<0.05	9.5 ± 0.8 (10)	p<0.05	8.4 ± 1.8 (8.9)	p<0.01
Control group	10.0 ± 0.0 (10.0)		10.0 ± 0.0 (10.0)		9.8 ± 0.6 (10.0)	

**Tabela 4.** Subiektywna ocena funkcji stawu skokowego z użyciem skali VAS

Grupa	Jak często odczuwasz ból w czasie odpoczynku?		Jak silny jest ból w czasie odpoczynku?		Jak często odczuwasz ból w czasie wysiłku fizycznego?	
	średnia ± SD (mediana)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta
Grupa badawcza	9,4 ± 1,0 (9,9)	p<0,05	9,5 ± 0,8 (10)	p<0,05	8,4 ± 1,8 (8,9)	p<0,01
Grupa kontrolna	10,0 ± 0,0 (10,0)		10,0 ± 0,0 (10,0)		9,8 ± 0,6 (10,0)	

**Table 5.** Subjective ankle function assessment in VAS – continued

Group	How strong is the pain you feel during physical activity?		Do you think that your range of motion in the ankle is limited?		Do you feel that the affected leg is weaker than the healthy leg?	
	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test
Study group	8.4 ± 1.6 (8.8)	p<0.01	8.3 ± 2.1 (9.2)	p<0.01	7.5 ± 3.0 (8.8)	p<0.01
Control group	9.9 ± 0.4 (10.0)		10.0 ± 0.0 (10.0)		10.0 ± 0.2 (10.0)	

**Tabela 5.** Subiektywna ocena funkcji stawu skokowego z użyciem skali VAS – ciąg dalszy

Grupa	Jak silny jest ból w czasie wysiłku fizycznego?		Czy wg ciebie masz ograniczony zakres ruchów stawu skokowego?		Czy masz wrażenie, że chora noga jest słabsza od zdrowej?	
	średnia ± SD (mediana)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta
Grupa badawcza	8,4 ± 1,6 (8,8)	p<0,01	8,3 ± 2,1 (9,2)	p<0,01	7,5 ± 3,0 (8,8)	p<0,01
Grupa kontrolna	9,9 ± 0,4 (10,0)		10,0 ± 0,0 (10,0)		10,0 ± 0,2 (10,0)	

**Table 6.** The most significant results from the POVACZ and ACFAS surveys

Group	Are you afraid of sprain?		ACFAS – general score		POVACZ – general score	
	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test	mean ± SD (median)	student's t-test
Study group	-0.4 ± 2.0 (-2.0)	p<0.01	45.0 ± 6.1 (48.0)	p<0.01	21.8 ± 5.4 (23.0)	p<0.01
Control group	1.0 ± 1.8 (2.0)		50.0 ± 0.0 (50.0)		28.7 ± 2.2 (30.0)	

**Tabela 6.** Najistotniejsze wyniki uzyskane z ankiet POVACZ oraz ACFAS

Grupa	Czy występuje u ciebie obawa przed skręceniem?		ACFAS – wynik ogólny		POVACZ – wynik ogólny	
	średnia ± SD (mediana)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta	średnia ± SD (min-max)	test t-studenta
Grupa badawcza	-0,4 ± 2,0 (-2,0)	p<0,01	45,0 ± 6,1 (48,0)	p<0,01	21,8 ± 5,4 (23,0)	p<0,01
Grupa kontrolna	1,0 ± 1,8 (2,0)		50,0 ± 0,0 (50,0)		28,7 ± 2,2 (30,0)	

## Discussion

Many authors confirm findings concerning postural control impairment after inversion ankle injury, both acute and sub-acute. Such impairment may persist for at least the first 4 weeks (Rose *et al.* 2000; Hertel *et al.* 2001; Evans *et al.* 2004). The situation is no different among patients with chronic lateral ankle instability, when the stability level is comparable to that of the control group. Lower postural control has been recorded in both the injured leg and

## Dyskusja

Wielu autorów potwierdza doniesienia dotyczące istniejącego zaburzenia kontroli posturalnej po urazie inwersyjnym stawu skokowego, zarówno w stanie ostrym jak i podostrym. Takie zaburzenie może się utrzymywać co najmniej przez pierwsze 4 tygodnie (Rose i wsp. 2000; Hertel i wsp. 2001; Evans i wsp. 2004). Nie inaczej jest wśród chorych z przewlekłą niestabilnością boczna stawu skokowego, gdy poziom stabilności jest porównywany z grupą kontrolną.

the healthy leg without any sprain. Tropp *et al.* (1984) believe that this is associated with a reorganisation of the motor programme in the central nervous system in response to numerous ankle sprain injuries in which large difference in stability between the two legs may increase the risk of injury. Statistical tests carried out on plantocontourographic platforms do not confirm postural control impairment in patients with chronic ankle instability, since the analysed studies often contain inconsistent findings (McKeon *et al.* 2008). However, instrumental tests carried out in dynamic conditions point to a reduced ability to stabilise and control the position of the centre of mass in the study groups, which suggests that this type of tests may be more sensitive to differences between people with ankle instability and people without ankle sprains (Hertel 2008; Arnold *et al.* 2009). The test carried out by Rozzi *et al.* (1999), like the Dynamic Riva Test, was conducted on an unstable equilibrium platform, and the results revealed significant differences in posture control by patients with a history of multiple ankle injuries.

In the present study statistically significant differences were found in the case of a static test conducted with the eyes closed on the injured leg or adapted dominant leg, with the study group achieving better results than the control group. On average patients with lateral ankle instability displayed sufficient postural control, while in the control group this level was, in Riva's classification, poor. In the case of the dynamic test on an unstable platform the study group again displayed better stability on the injured leg in comparison with

Znane jest zjawisko obniżenia kontroli posturalnej zarówno w kończynie dolnej urazowej, jak i zdrowej nie mającej za sobą żadnych skręceń. Wg Troppa i wsp. (1984) jest to związane z centralnym przeorganizowaniem programu motorycznego w centralnym układzie nerwowym, w odpowiedzi na liczne urazy skrętne stawu skokowego, gdzie duża różnica w stabilności pomiędzy obiema kończynami mogłaby predysponować do zwiększonego ryzyka urazu. Testy statyczne przeprowadzane na platformach plantokonturograficznych nie pozwalają potwierdzić zaburzeń kontroli posturalnej u chorych z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, gdyż analizowane badania często zawierają niejednoznaczne wnioski (McKeon i wsp. 2008). Jednakże instrumentalne testy wykonywane w warunkach dynamicznych wskazują na występowanie obniżonej zdolności stabilizacji i kontroli położenia środka ciężkości w grupach badawczych, co może oznaczać że ten rodzaj badania może być bardziej czuły na możliwość wykrycia różnic pomiędzy osobami z niestabilnością stawu skokowego a osobami bez skręceń stawu skokowego (Hertel 2008; Arnold i wsp. 2009). Test wykonywany przez Rozzi i wsp. (1999), podobnie jak dynamiczny test Rivy był przeprowadzany na niestabilnej platformie balansowej, a wyniki ujawniły istotne różnice w sposobie kontroli postawy przez pacjentów z wielokrotnymi urazami stawu skokowego w historii.

W niniejszej pracy istotne statystycznie różnice stwierdzono w przypadku statycznego testu przeprowadzanego z oczami zamkniętymi na nodze urazowej lub dopasowanej nodze dominującej, a lepsze wyniki uzyskała grupa badawcza w porównaniu z grupą kontrolną. Osoby z niestabilnością bocznią stawu skokowego średnio przejawiały dostateczny sposób kontroli posturalnej, natomiast w grupie kontrolnej poziom ten, według klasyfikacji wprowadzonej przez Rivę, był mierny. W przypadku testu dynamicznego na niestabilnej platformie

the control group. Importantly, within both groups there were no significant differences between the injured and non-injured limbs, as well as between dominant and non-dominant limbs. The comparable or better results in comparison with the control group obtained in the tests may be a result of intensive balance, stability and proprioception training during rehabilitation. Many authors seem to confirm these conjectures in studies measuring the impact of such training on the results of instrumental dynamic tests, concluding that already after 4–6 weeks there were no visible differences between patients with ankle instability and the control group, despite the presence of considerable deficits before the introduction of exercises (Rozzi *et al.* 1999; Kaminski *et al.* 2003; McKeon *et al.* 2008; Sefton *et al.* 2011).

The negative long-term effect of multiple ankle sprains mentioned earlier prompt researchers to assess also the subjective feelings of the patients, who fill out questionnaires evaluating specific aspects of ankle function. In most studies patients with chronic lateral ankle instability get lower scores in comparison with the control group. In the present study, as well, subjects in the study group had lower scores in comparison with healthy individuals, although the scores as well as problems reported by the patients did not prevent them from engaging in physical activity on a level similar to the one prior to the injury. All subjective functional ankle scores proved to be above 8 out of 10 points on a visual analogue scale, which is an excellent result of rehabilitation, although at the same time it means that efforts must be taken to improve the rehabilitation process to bring the patients even closer to the results of healthy individuals. A very good example of this can be found in the answers to one

grupa badawcza również wykazywała lepszy poziom stabilności na nodze urazowej, w porównaniu z grupą kontrolną. Co ważne, wewnątrz obu grup nie było istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi kończynami urazowymi i nieurazowymi oraz dominującymi i niedominującymi. Uzyskane porównywalne lub lepsze wyniki w przeprowadzonych testach, w porównaniu z grupą kontrolną, mogą być efektem intensywnego treningu równowagi, stabilizacji i propriocepcji w czasie procesu rehabilitacyjnego. Wielu autorów zdaje się potwierdzać te przypuszczenia w badaniach mierzących wpływ stosowania tego rodzaju treningu na wyniki instrumentalnych testów dynamicznych, stwierdzając iż już po 4-6 tygodni u osób w grupie z niestabilnością stawu skokowego nie było widocznych różnic w porównaniu z grupą kontrolną, pomimo występowania znacznych deficytów przed wprowadzeniem ćwiczeń (Rozzi i wsp. 1999; Kaminski i wsp. 2003; McKeon i wsp. 2008; Sefton i wsp. 2011).

Wspomniane już wcześniej negatywne efekty długofalowe wielokrotnych skręceń stawu skokowego, skłaniają do oceniania również subiektywnych odczuć pacjentów, poprzez wypełnianie ankiet oceniających specyficzne aspekty funkcjonowania stawu skokowego. W większości prac badawczych osoby z przewlekłą niestabilnością boczną stawu skokowego uzyskują obniżone wyniki w porównaniu z grupą kontrolną. Również w niniejszej pracy osoby w grupie badawczej w dużej części pytań miały gorsze wyniki od osób zdrowych, jednakże otrzymane wyniki, zgłaszane przez pacjentów ewentualne problemy i dolegliwości nie eliminowały ich z aktywności fizycznej uprawianej na podobnym poziomie jak przed urazem. Wszystkie wyniki subiektywnego stanu funkcjonalnego stawu skokowego okazały się być wyższe od 8 na 10 punktów w wizualnej skali analogowej, co stanowi bardzo dobry rezultat zakończonego procesu rehabilitacji, jednakże równocześnie oznacza iż należy dokonać

of the questions in the Povacz Scale concerning fear of ankle sprain. A significant part of the patients with lateral ankle instability replied in the affirmative, while in the control group all the answers were in the negative. Continued monitoring of the patients appears to be relevant in order to verify whether the functional condition is maintained or whether there are further changes and adaptations of the central postural control programme.

So far studies examining patients with lateral ankle instability have not reviewed factors that may increase the risk of injury after rehabilitation following ankle sprain. In the present study the researchers examined an important aspect that might increase the risk of another sprain, testing the postural strategy used to maintain balance when standing on one leg.

### Conclusions

Patients with lateral ankle instability after 16 weeks of rehabilitation have similar or even better postural control in the case of the injured leg, both in static and in dynamic conditions. This observation confirms the research hypothesis of the present study. However, despite good results of stability tests in comparison with the control group the patients' subjective functional self-assessment is lower than that of healthy individuals. Shortly after rehabilitation the patients continue to be afraid of another sprain. Eliminating this fear should be an important element in designing the rehabilitation process. Another factor should be a broadening of studies concerning the functional condition of patients with lateral ankle instability in order to establish what

wszelkich starań aby udoskonalić usprawnianie do takiego poziomu, aby pacjenci jeszcze bardziej zbliżyli się do wyników osób zdrowych. Bardzo dobrym tego przykładem jest odpowiedź na jedno z pytań w skali wg Povacz'a, gdzie pytano o istnienie lęku przed skręceniem stawu skokowego. Znaczna część osób z niestabilnością boczną stawu skokowego odpowiedziała pozytywnie podczas gdy w grupie kontrolnej wszystkie odpowiedzi były negatywne. Zasadnym wydaje się dalsze monitorowanie pacjentów i sprawdzanie czy uzyskany stan funkcjonalny utrzymuje się na tym poziomie, czy dochodzi do kolejnych zmian i adaptacji centralnego programu kontroli posturalnej.

Do tej pory prace badające pacjentów z niestabilnością boczną stawu skokowego nie sprawdzały czynników mogących wpływać na zwiększone ryzyko urazu bezpośrednio po przeprowadzonym procesie rehabilitacji po skręceniu stawu skokowego. W niniejszej pracy zbadano istotny aspekt mogący wpłynąć na ewentualny wzrost ryzyka kolejnego urazu sprawdzając strategię posturalną wykorzystywaną w celu utrzymania równowagi w staniu na jednej nodze.

### Wnioski

Osoby z niestabilnością boczną stawu skokowego po przebytych 16 tygodniach procesu rehabilitacji wykazują zbliżoną lub nawet lepszą kontrolę posturalną w przypadku urazowej kończyny dolnej, zarówno w warunkach statycznych jak i dynamicznych. Potwierdza to postawioną hipotezę badawczą. Jednakże, pomimo dobrych wyników testów stabilności w porównaniu z grupą kontrolną pacjenci nadal subiektywnie oceniają swój stan funkcjonalny gorzej niż osoby zdrowe. Pacjenci bezpośrednio po rehabilitacji wciąż przejawiają lęk przed kolejnym urazem. Wyeliminowanie tej obawy powinno stanowić istotny element w czasie projektowania procesu rehabilitacji. Ważnym elementem powinno być poszerzenie badań dotyczące funkcji

else contributes to their subjective lower opinion about their condition, and what therapeutic methods should be used to help them achieve the same results as those of healthy individuals.

osób z niestabilnością boczną stawu skokowego, tak aby ocenić czym jeszcze spowodowane jest wymienione gorsze subiektywne odczucie pacjentów dotyczące ich stanu oraz jakich metod terapeutycznych należy użyć aby uzyskali oni takie same wyniki jak osoby zdrowe.

## REFERENCES

- Anandacoomarasamy A., Barnsley L.** *Long term outcomes of inversion ankle injuries.* British Journal of Sports Medicine 2005; 39, 3: e14.
- Arnold B.L., De La Motte S., Linens S., Ross S.E.** *Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis.* Medicine & Science in Sports & Exercise 2009; 41, 5: 1048–1062.
- Brown C.N., Mynark R.** *Balance deficits in recreational athletes with chronic ankle instability.* Journal of Athletic Training 2007; 42, 3: 367–373.
- Docherty C.L., Valovich McLeod T.C., Shultz S.J.** *Postural control deficits in participants with functional ankle instability as measured by the balance error scoring system.* Clinical Journal of Sport Medicine 2006; 16, 3: 203–208.
- Evans T., Hertel J., Sebastianelli W.** *Bilateral deficits in postural control following lateral ankle sprain.* Foot & Ankle International 2004; 25, 11: 833–839.
- Gerber J.P., Williams G.N., Scoville C.R., Arciero R.A., Taylor D.C.** *Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population.* Foot & Ankle International 1998; 19, 10: 653–660.
- Hertel J.** *Functional instability following lateral ankle sprain.* Sports Medicine 2000; 29, 5: 361–371.
- Hertel J.** *Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 364–375.
- Hertel J.** *Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability.* Clinical Journal of Sport Medicine 2008; 27, 3: 353–370.
- Hertel J., Buckley W.E., Denegar C.R.** *Serial Testing of Postural Control After Acute Lateral Ankle Sprain.* Journal of Athletic Training 2001; 36, 4: 363–368.
- Kaminski T.W., Buckley B.D., Powers M.E., Hubbard T.J., Ortiz C.** *Effect of strength and proprioception training on eversion to*
- PIŚMIENNICTWO**
- Anandacoomarasamy A., Barnsley L.** *Long term outcomes of inversion ankle injuries.* British Journal of Sports Medicine 2005; 39, 3: e14.
- Arnold B.L., De La Motte S., Linens S., Ross S.E.** *Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis.* Medicine & Science in Sports & Exercise 2009; 41, 5: 1048–1062.
- Brown C.N., Mynark R.** *Balance deficits in recreational athletes with chronic ankle instability.* Journal of Athletic Training 2007; 42, 3: 367–373.
- Docherty C.L., Valovich McLeod T.C., Shultz S.J.** *Postural control deficits in participants with functional ankle instability as measured by the balance error scoring system.* Clinical Journal of Sport Medicine 2006; 16, 3: 203–208.
- Evans T., Hertel J., Sebastianelli W.** *Bilateral deficits in postural control following lateral ankle sprain.* Foot & Ankle International 2004; 25, 11: 833–839.
- Gerber J.P., Williams G.N., Scoville C.R., Arciero R.A., Taylor D.C.** *Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population.* Foot & Ankle International 1998; 19, 10: 653–660.
- Hertel J.** *Functional instability following lateral ankle sprain.* Sports Medicine 2000; 29, 5: 361–371.
- Hertel J.** *Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 364–375.
- Hertel J.** *Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability.* Clinical Journal of Sport Medicine 2008; 27, 3: 353–370.
- Hertel J., Buckley W.E., Denegar C.R.** *Serial Testing of Postural Control After Acute Lateral Ankle Sprain.* Journal of Athletic Training 2001; 36, 4: 363–368.
- Kaminski T.W., Buckley B.D., Powers M.E., Hubbard T.J., Ortiz C.** *Effect of strength and proprioception training on eversion to*

*inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability.* British Journal of Sports Medicine 2003; 37, 5: 410–415.

**Konradsen L.** *Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: Kinesthesia and Joint Position Sense.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 381–385.

**Konradsen L., Bech L., Ehrenbjerg M., Nickelsen T.** *Seven years follow-up after ankle inversion trauma.* Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2002; 12, 3: 129–135.

**Konradsen L., Magnusson P.** *Increased inversion angle replication error in functional ankle instability.* Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2000 8, 4: 246–251.

**Lim E. C., Tan M. H.** *Side-to-side difference in joint position sense and kinesthesia in unilateral functional ankle instability.* Foot & Ankle International 2009; 30, 10: 1011–1017.

**McKeon P.O., Ingersoll C.D., Kerrigan D.C., Saliba E., Bennett B.C., Hertel J.** *Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability.* Medicine & Science in Sports & Exercise 2008; 40, 10: 1810–1819.

**Munn J., Sullivan S. J., Schneiders A.G.** *Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis.* Journal of Science and Medicine in Sport 2010; 13, 1: 2–12.

**Olmsted L. C., Garcia C. R., Hertel J., Shultz S. J.** *Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 501–506.

**Pijnenburg A. C., Bogaard K., Krips R., Marti R. K., Bossuyt P.M., van Dijk C.N.** *Operative and functional treatment of rupture of the lateral ligament of the ankle. A randomised, prospective trial.* The Bone & Joint Journal. British volume 2003; 85, 4: 525–530.

**Piontek, T., Ciemniowska-Gorzela K., Szulc A., Pyda A., Dudzinski W., Hejna R.** *Postural control strategy in patients with*

*inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability.* British Journal of Sports Medicine 2003; 37, 5: 410–415.

**Konradsen L.** *Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: Kinesthesia and Joint Position Sense.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 381–385.

**Konradsen L., Bech L., Ehrenbjerg M., Nickelsen T.** *Seven years follow-up after ankle inversion trauma.* Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2002; 12, 3: 129–135.

**Konradsen L., Magnusson P.** *Increased inversion angle replication error in functional ankle instability.* Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2000 8, 4: 246–251.

**Lim E. C., Tan M. H.** *Side-to-side difference in joint position sense and kinesthesia in unilateral functional ankle instability.* Foot & Ankle International 2009; 30, 10: 1011–1017.

**McKeon P.O., Ingersoll C.D., Kerrigan D.C., Saliba E., Bennett B.C., Hertel J.** *Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability.* Medicine & Science in Sports & Exercise 2008; 40, 10: 1810–1819.

**Munn J., Sullivan S. J., Schneiders A.G.** *Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis.* Journal of Science and Medicine in Sport 2010; 13, 1: 2–12.

**Olmsted L. C., Garcia C. R., Hertel J., Shultz S. J.** *Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability.* Journal of Athletic Training 2002; 37, 4: 501–506.

**Pijnenburg A. C., Bogaard K., Krips R., Marti R. K., Bossuyt P.M., van Dijk C.N.** *Operative and functional treatment of rupture of the lateral ligament of the ankle. A randomised, prospective trial.* The Bone & Joint Journal. British volume 2003; 85, 4: 525–530.

**Piontek, T., Ciemniowska-Gorzela K., Szulc A., Pyda A., Dudzinski W., Hejna R.** *Postural control strategy in patients with*

- anterior cruciate ligament deficiency*. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska 2009; 74, 6: 353–360.
- Povacz P., Unger S. F., Miller W. K., Tockner R., Resch H.** *A randomized, prospective study of operative and non-operative treatment of injuries of the fibular collateral ligaments of the ankle*. The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume 1998; 80, 3: 345–351.
- Riva D., Soardo G. P.** *Per Ritrovare L'equilibrio*. Sports Medicine 1999; 5: 55–58.
- Riva D.** *Archeopropriocezione: cos'è e come si allena*. Sports Medicine 2000; 2: 49–55.
- Riva D., Trevisson P.** *Il controllo posturale*. Sports Medicine 2000; 4: 47–51.
- Rose A., Lee R. J., Williams R. M., Thomson L. C., Forsyth A.** *Functional instability in non-contact ankle ligament injuries*. British Journal of Sports Medicine 2000; 34, 5: 352–358.
- Ross S. E., Guskiewicz K. M., Yu B.** *Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles*. Journal of Athletic Training 2005; 40, 4: 298–304.
- Rozzi S. L., Lephart S. M., Sterner R., Kuligowski L.** *Balance training for persons with functionally unstable ankles*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 1999; 29,8: 478–486.
- Sefton J. M., Yarar C., Hicks-Little C. A., Berry J. W., Cordova M. L.** *Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2011; 41, 2: 81–89.
- Thomas J. L., Christensen J. C., Mendicino R. W., Schuberth J. M., Weil L. S sr, Zlotoff H. J., Roukis T. S., Vanore J. V.** *ACFAS Scoring Scale user guide*. Journal of Foot and Ankle Surgery 2005; 44, 5: 316–335.
- Tropp H., Ekstrand J., Gillquist J.** *Factors affecting stabilometry recordings of single limb stance*. The American Journal of Sports Medicine 1984; 12, 3: 185–188.
- Valderrabano V., Hintermann B., Horisberger M., Fung T. S.** *Ligamentous posttraumatic anterior cruciate ligament deficiency*. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska 2009; 74, 6: 353–360.
- Povacz P., Unger S. F., Miller W. K., Tockner R., Resch H.** *A randomized, prospective study of operative and non-operative treatment of injuries of the fibular collateral ligaments of the ankle*. The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume 1998; 80, 3: 345–351.
- Riva D., Soardo G. P.** *Per Ritrovare L'equilibrio*. Sports Medicine 1999; 5: 55–58.
- Riva D.** *Archeopropriocezione: cos'è e come si allena*. Sports Medicine 2000; 2: 49–55.
- Riva D., Trevisson P.** *Il controllo posturale*. Sports Medicine 2000; 4: 47–51.
- Rose A., Lee R. J., Williams R. M., Thomson L. C., Forsyth A.** *Functional instability in non-contact ankle ligament injuries*. British Journal of Sports Medicine 2000; 34, 5: 352–358.
- Ross S. E., Guskiewicz K. M., Yu B.** *Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles*. Journal of Athletic Training 2005; 40, 4: 298–304.
- Rozzi S. L., Lephart S. M., Sterner R., Kuligowski L.** *Balance training for persons with functionally unstable ankles*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 1999; 29,8: 478–486.
- Sefton J. M., Yarar C., Hicks-Little C. A., Berry J. W., Cordova M. L.** *Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2011; 41, 2: 81–89.
- Thomas J. L., Christensen J. C., Mendicino R. W., Schuberth J. M., Weil L. S sr, Zlotoff H. J., Roukis T. S., Vanore J. V.** *ACFAS Scoring Scale user guide*. Journal of Foot and Ankle Surgery 2005; 44, 5: 316–335.
- Tropp H., Ekstrand J., Gillquist J.** *Factors affecting stabilometry recordings of single limb stance*. The American Journal of Sports Medicine 1984; 12, 3: 185–188.
- Valderrabano V., Hintermann B., Horisberger M., Fung T. S.** *Ligamentous posttraumatic*

*ankle osteoarthritis*. The American Journal of Sports Medicine 2006; 34, 4: 612–620. **Wikstrom E. A., Tillman M. D., Chmielewski T. L., Cauraugh J. H., Naugle K. E., Borsa P.A.** *Self-assessed disability and functional performance in individuals with and without ankle instability: a case control study*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2009; 39, 6: 458–467.

*Authors reported no source of funding.  
Authors declared no conflict of interest.*

*Author responsible for correspondence: Paweł Cisowski, Rehasport Clinic, Górecka Str. 30, 60-201 Poznań, Poland, email: pawel.cisowski@rehasport.pl*

*ankle osteoarthritis*. The American Journal of Sports Medicine 2006; 34, 4: 612–620. **Wikstrom E. A., Tillman M. D., Chmielewski T. L., Cauraugh J. H., Naugle K. E., Borsa P.A.** *Self-assessed disability and functional performance in individuals with and without ankle instability: a case control study*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2009; 39, 6: 458–467.

*Autorzy nie zgłosili źródła finansowania.  
Autorzy nie deklarowali konfliktu interesów.*

*Autor odpowiedzialny za korespondencję: Paweł Cisowski, Rehasport Clinic, ul. Górecka 30, 60-201 Poznań, e-mail: pawel.cisowski@rehasport.pl*