

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO im. POLSKICH
OLIMPIJCZYKÓW WE WROCŁAWIU
WYDZIAŁ FIZJOTERAPII

Karolina Mojza

OCENA STANU FUNKCJONALNEGO I JAKOŚCI
RUCHU ARTROKINEMATYCZNEGO
U SPORTOWCÓW Z PRZEWLEKŁĄ
NIESTABILNOŚCIĄ STAWU SKOKOWEGO

Autoreferat rozprawy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Fizjoterapii
w Neurologii i Pediatrii Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich
Olimpijczyków we Wrocławiu

Promotor:

Prof. dr hab. inż. Michał Kuczyński

Promotor pomocniczy:

dr hab. Dawid Bączkiewicz, prof. Uczelni

Recenzenci:

dr hab. n. med. Piotr Morasiewicz, prof. UO

dr hab. Ida Wiszomirska, prof. AWF

WROCŁAW 2023

Spis treści

I	WSTĘP	3
II	CEL PRACY	6
III	PYTANIA BADAWCZE	6
IV	MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	7
	IV 1. Materiał badawczy	7
	IV 2. Metody badawcze	9
	IV 3. Metody statystyczne	13
V	WYNIKI	15
	V 1. Równowaga w warunkach statycznych	15
	V 2. Równowaga w warunkach dynamicznych	15
	V 3. Ocena jakości ruchu artrokinematycznego	16
	V 4. Subiektywna ocena stanu funkcjonalnego	23
	V 5. Związki występujące między równowagą, subiektywną oceną jakości ruchu artrokinematycznego oraz sygnałem wibroartrograficznego	27
VI	WNIOSKI	30
VII	PIŚMIENICTWO	31

I WSTĘP

Skręcenia stawu skokowego są jednym z najczęstszych urazów w obrębie kończyny dolnej i dotyczą całego kompleksu stawu skokowego (staw skokowo-goleniowy oraz staw skokowo-piętowo-lódkowy) (Delahunt i wsp., 2018; Elsotohy i wsp., 2021; Golditz i wsp., 2016; Gribble i wsp., 2016; Pawik i wsp., 2022; Watabe i wsp., 2022; Watanabe i wsp., 2023). Występują zarówno u sportowców jak i osób rekreacyjnie podejmujących aktywność fizyczną. Szacuje się, że skręcenia stawu skokowego doświadczyło nawet do 70% populacji (Delahunt i wsp., 2018; Herzog i wsp., 2019; Lin i wsp., 2022). Uraz ten ma tendencję do nawracania nawet u 34% osób, a u sportowców, szczególnie w sportach wysokiego ryzyka (np. koszykówka), ryzyko ponownego skręcenia wzrasta nawet do 73% (Delahunt, 2007; Martin i wsp., 2013; Watabe i wsp., 2022). Niestety uraz ten często bywa bagatelizowany i nieleczony, a to z kolei prowadzi do zaburzeń biomechaniki stawu, powtarzających się mikrourazów chrząstki, dolegliwości bólowych oraz może prowadzić do szybszego wystąpienia choroby zwyrodnieniowej stawu (Dallinga i wsp., 2016; Delahunt i wsp., 2018; Herzog i wsp., 2019; Hoch i wsp., 2023; Ikoma i wsp., 2020; Kim i wsp., 2019; Kobayashi i Gamada, 2014; Lee i wsp., 2015; Wijnhoud i wsp., 2022).

Boczne skręcenie stawu skokowego, zwane również inwersyjnym, jest najczęstszym typem skręcenia. W wyniku urazu dochodzi do uszkodzenia biernych stabilizatorów stawu, tj. więzadeł oraz torebki stawu. (Al-Mohrej i Al-Kenani, 2017; Delahunt i wsp., 2018; Hertel, 2002; Gribble i wsp., 2016; Richie, 2001; Stefaniak i wsp., 2022). Ponadto dochodzi do uszkodzenia mechanoreceptorów znajdujących się w torebce stawu i więzadłach. Uszkodzenie tych struktur prowadzi do zaburzeń w przekazywaniu informacji proprioceptywnych, a to z kolei może wiązać się z nieprawidłową lub niedostateczną reakcją na działający bodziec destabilizujący oraz skutkuje pogorszeniem czucia pozycji stawu (Al-Mohrej i Al-Kenani, 2017; Delahunt, 2007; Delahunt i wsp., 2018; Gribble i wsp., 2016; Hertel, 2002; Richie, 2001). Kolejne deficyty związane są z mięśniami odpowiedzialnymi za stabilizację stawu. W wyniku urazu dochodzi do zmiany ich właściwości mechanicznych (napięcia i sztywności) oraz opóźnienia czasu reakcji mięśni strzałkowych, które pełnią kluczową rolę w prewencji kolejnych skręceń (Serra-Añó i wsp., 2021; Gribble i wsp., 2016; Hertel, 2002; Stefaniak i wsp., 2022). Opisane deficyty powodują zaburzenia w procesie utrzymywania równowagi, zwiększają ryzyko ponownego urazu i wystąpienia przewlekłej

niestabilności stawu skokowego (CAI) (Delahunt, 2007; Delahunt i wsp., 2018; Gribble i wsp., 2016; Hertel, 2002; Hung, 2015; Martin i wsp., 2013; Richie, 2001; Watanabe i wsp., 2023).

Na przestrzeni ostatnich lat kryteria włączania osób z CAI do badań różniły się pomiędzy badaczami i obejmowały: „uciekanie stawu”, niestabilność mechaniczną, ból, obrzęk, osłabienie siły mięśniowej, nawracające skręcenia oraz obniżenie poziomu podejmowanej aktywności fizycznej. Skutkowało to rozbieżnościami w doborze badanych grup, ponieważ nie zawsze uwzględniano wszystkie z wymienionych symptomów (Delahunt, 2007; Huurnink i wsp., 2014; Kobayashi i Gamada, 2014; McKeon i wsp., 2008; Wikstrom i wsp., 2012). Te wydawałoby się niewielkie rozbieżności powodowały jednak uzyskiwanie odmiennych wyników, co wiązało się z trudnościami w porównywaniu badań. Dopiero w 2014 r. International Ankle Consortium wprowadziło ujednoczone kryteria diagnostyczne przewlekłej niestabilności stawu skokowego na potrzeby prowadzenia badań naukowych (Gribble i wsp., 2014). Biorą one pod uwagę heterogeniczność grupy jaką tworzą osoby z CAI i możliwość występowania szerokiego spektrum zaburzeń. Uwzględniają także historię urazów uczestnika badań, nawracanie skręceń, uczucie niestabilności czy „uciekania stawu”, objawy stanu zapalnego (tj. ból czy obrzęk) oraz subiektywną ocenę uczestników. Tak dobrane kryteria pozwalają na ujednoczenie badanej grupy.

Deficyty występujące u osób z CAI można testować na wiele sposobów. Szeroko pojęte zaburzenia mechaniczne można oceniać przy pomocy zdjęć rentgenowskich, rezonansu magnetycznego, badania ultrasonograficznego, czy testów manualnych. Jednym z najnowszych sposobów oceny tych deficytów jest wibroartrografia (VAG) – nieinwazyjna metoda pozwalająca ocenić jakość ruchu artrokinematycznego, a pośrednio szacować zaburzenia w obrębie środowiska biomechanicznego stawu. Do oceny deficytów funkcjonalnych (obejmujących szerokie spektrum zaburzeń) stosuje się metody zarówno subiektywne, jak i obiektywne. Jedną z obiektywnych metod jest ocena równowagi, która może być badana w warunkach statycznych i dynamicznych oraz z wykorzystaniem różnych platform. Badania te wykonywane są zazwyczaj w staniu jednoonóż, gdyż jest to jedna z czynności pozwalających na ocenę kontroli nerwowo-mięśniowej w obrębie stawu skokowego (Delahunt i wsp., 2018; Leumann i wsp., 2010; Linens i wsp., 2014). Do metod

subiektywnych zalicza się natomiast kwestionariusze, w których badany sam ocenia swój stan funkcjonalny. Przykładami takich kwestionariuszy są: Foot and Ankle Disability Index, Cumberland Ankle Instability Tool, Foot and Ankle Ability Measure, Ankle Instability Instrument (Delahunt i wsp., 2018; Hale i Hertel, 2005; Hiller i wsp., 2006; McKeon i wsp., 2008; Mojza i wsp., 2018). Odpowiednia diagnostyka deficytów występujących u osób z CAI jest niezwykle ważna. Jak pokazują badania osoby z tej grupy (szczególnie w średnim i starszym wieku) często zmagają się z zaburzeniami funkcjonalnymi, co powoduje zmiany w podejmowanej aktywności, a to zaś przekłada się na pogorszenie jakości ich życia (Al Mahrouqi i wsp., 2020; Kosik i wsp., 2020).

Ze względu na szczególne narażenie na nawracające skręcenia stawu skokowego i predyspozycję do występowania CAI kompleksowymi badaniami powinni zostać objęci sportowcy, szczególnie trenujący sporty skocznościowe (Delahunt, 2007; Martin i wsp., 2013; Mohamadi i wsp., 2020; Watabe i wsp., 2022). CAI wiąże się z mniejszą dyspozycyjnością zawodników do udziału w zawodach oraz z ryzykiem przedwczesnego zakończenia kariery. Dodatkowo koszty związane z leczeniem CAI oraz mogącym wiązać się z tym przedwczesnym wystąpieniem choroby zwyrodnieniowej są znacznym obciążeniem finansowym dla systemu ochrony zdrowia (Delahunt i wsp., 2018; Gribble i wsp., 2016). Kompleksowa ocena pozwoli na uzyskanie całościowego obrazu zaburzeń występujących u osób z CAI, a to umożliwi dobranie odpowiedniej formy terapii ukierunkowanej na deficyty obserwowane w tej grupie pacjentów.

II CEL PRACY

Celem pracy jest analiza równowagi ciała, subiektywnej oceny stanu funkcjonalnego oraz jakości ruchu artrokinematycznego u sportowców z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego.

III PYTANIA BADAWCZE

1. Jakie są różnice w równowadze w warunkach statycznych oraz dynamicznych pomiędzy badanymi grupami?
2. Czy i w jaki sposób CAI wpływa na jakość ruchu artrokinematycznego?
3. Czy i jakie różnice obserwuje się w subiektywnej ocenie stanu funkcjonalnego pomiędzy osobami z CAI a grupą kontrolną?
4. Jakie różnice zostaną zaobserwowane w równowadze oraz w sygnale wibroartrograficznym pomiędzy kończyną, w której doszło do urazów a kończyną przeciwną?
5. Czy i jakie związki będą występować między równowagą, subiektywną oceną stanu funkcjonalnego badanych a sygnałem wibroartrograficznym?

IV MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

IV 1. Materiał badawczy

Badaniem objęci zostali sportowcy w wieku 20-30 lat, trenujący w klubie sportowym (głównie siatkarze, koszykarze, szczypiorniści) co najmniej 3 lata oraz przeznaczający minimum 7 godzin tygodniowo na aktywność ruchową. Wyżej wymienione osoby (501 sportowców) wypełniły ankietę kwalifikującą do kolejnych etapów badania. Następnie, na podstawie udzielonych odpowiedzi, przydzieleni zostali do dwóch grup – grupy kontrolnej (CON) oraz grupy osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI).

Do grupy CAI zakwalifikowano uczestników z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, którzy spełniali kryteria wyznaczone przez International Ankle Consortium (Gribble i wsp., 2014). Kryteria włączenia obejmowały:

- co najmniej 2 skręcenia tego samego stawu skokowego w ciągu roku objawiające się obrzękiem oraz bólem, powodujące ograniczenie aktywności fizycznej przez co najmniej 3 dni,
- uczucie „uciekania”, niestabilności stawu,
- wynik < 24 punktów uzyskany w Cumberland Ankle Instability Tool lub 5 odpowiedzi „tak” uzyskanych w Ankle Instability Instrument.

Natomiast kryteria wyłączenia w tejże grupie obejmowały:

- wcześniejsze operacje związane ze strukturami mięśniowo-szkieletowymi (np. kości, elementów stawowych, nerwów) w obrębie kończyn dolnych,
- złamania w obrębie kończyn dolnych,
- ostre urazy mięśniowo-szkieletowe jakichkolwiek struktur w obrębie kończyn dolnych w okresie ostatnich 3 miesięcy powodujące co najmniej 1 dzień przerwy w podejmowaniu aktywności ruchowej.

Dodatkowo z badań wyłączone zostały osoby, u których dolegliwości bólowe stawu skokowego wynosiły powyżej 4 w skali wizualno-analogowej (VAS). Ostatecznie, do grupy CAI zakwalifikowało się 36 sportowców, jednak tylko 33 osoby ukończyły badania (3 uczestników nie ukończyło badań ze względu na pojawienie się silnych dolegliwości bólowych uniemożliwiających kontynuowanie testów). Osoby w grupie CAI bezpośrednio po skręceniu miały prowadzoną indywidualną terapię obejmującą zabiegi z zakresu

fizykoterapii oraz terapii manualnej. Ponadto na stałe do ich treningu włączone zostały ćwiczenia wzmacniające mięśnie okolicy stawu skokowego oraz ćwiczenia równoważne.

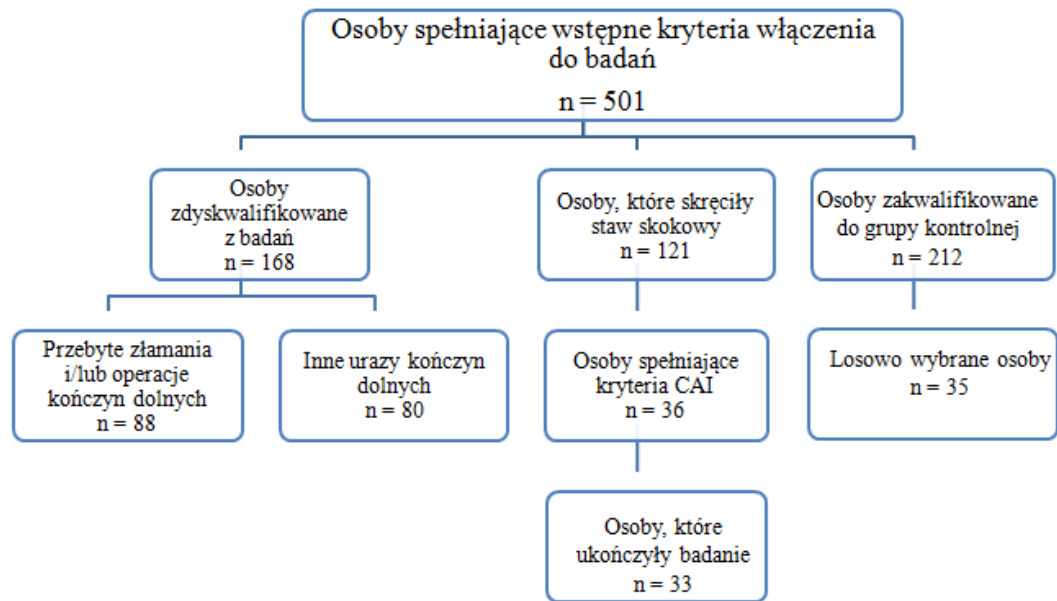
Grupę CON stanowiły osoby bez historii urazu w obu kończynach dolnych. Do grupy tej zakwalifikowano 212 uczestników – do udziału w eksperymencie wybrano losowo 35 osób w proporcjach odpowiadających rozkładowi płci w grupie badanej. Schemat kwalifikacji sportowców do badań przedstawiony został na rycinie 1.

W obu grupach, przy pomocy testu kopnięcia piłki, wyznaczona została kończyna dominująca (Bączkowicz i wsp., 2017; Delahunt i wsp., 2018; Mojza i wsp., 2018). Charakterystyka antropometryczna uczestników przedstawiona została w tabeli 1.

Tabela 1. Dane antropometryczne grupy badanej (CAI) oraz kontrolnej (CON)

	CAI	CON	p
liczba uczestników	33	35	-
liczba kobiet	12	12	-
liczba mężczyzn	21	23	-
wiek [lata]	23,66±2,62	24,15±3,26	0,130
wysokość ciała [m]	1,80±0,10	1,79±0,10	0,193
masa ciała [kg]	77,54±12,20	80,58±13,11	0,825
BMI	23,64±1,96	24,95±2,70	0,054
aktywność ruchowa [h/tydz.]	11,20±4,60	12,45±5,61	0,729
aktywność sportowa [lata]	8,80±3,86	10,36±3,63	0,062

CAI – osoby z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, CON – grupa kontrolna, BMI – Body Mass Index



Rycina 1. Schemat kwalifikacji do badań

IV 2. Metody badawcze

Do oceny równowagi w warunkach statycznych wykorzystana została platforma Kistler (model 9286 AA), która pozwalała na ocenę reakcji sił podłoża. Test polegał na trzykrotnym staniu jednoonóż (bez obuwia) przy oczach otwartych na platformie w czasie 30 sekund. Badane były obie kończyny dolne. Przerwa pomiędzy próbami wynosiła 30 sekund. W czasie testu kończyny górne ułożone były wzdłuż ciała, kończyna dolna niebadana lekko ugięta w stawach biodrowym i kolanowym. Częstotliwość próbkowania ustalona została na 100 Hz. Do analizy wyników wykorzystana została średnia wartość z 3 prób. Zarejestrowane dane pozwoliły na określenie parametrów liniowych oraz nieliniowych (Błaszczuk i Klonowski, 2001; Borzucka i wsp., 2020; Doherty i wsp., 2014; Kuczyński i wsp., 2012; Sipko i Kuczyński, 2013; Wojciechowska-Maszkowska i wsp., 2016). Do analizowanych parametrów liniowych należą:

- amplituda (sd) [mm] – określająca średni rozrzut wychwiał wykresu COP od jego linii środkowej. Wraz ze wzrostem amplitudy pogarsza się jakość wykonywanego zadania,

- zakres (ra) [mm] – określa różnicę między największą i najmniejszą wartością badanego szeregu czasowego, który tworzy wykres sygnału COP. Większe wartości zakresu wskazują na pogorszenie jakości wykonywanego zadania,
- średnia prędkość (mv) [mm/s] – obliczana jest na podstawie ilorazu długości drogi, którą przebył sygnał COP i czasu pomiaru. Pozwala na określenie aktywności układu równowagi ciała. Im trudniejsze zadanie, tym wartość będzie większa,
- częstotliwość (fr) [Hz] – obliczana jest na podstawie średniej prędkości oraz amplitudy sygnału COP. Wzrost wartości tego parametru wiąże się ze zwiększoną trudnością zadania lub deficytami równowagi.

Do analizowanych parametrów nieliniowych należą:

- wymiar fraktalny (fd) [-] – jest miarą złożoności i adaptacyjności sygnału COP. Charakteryzuje chaos, który występuje w przypadku sygnałów biologicznych. Przy wzroście jego wartości można mówić o spadku stabilności oraz jednoczesnym zwiększeniu się adaptacyjności układu równowagi,
- entropia (se) [-] – odnosi się do *sample entropy* i obrazuje regularność lub przewidywalność sygnału COP. Osiągnięcie niższych wartości wskazuje na poświęcanie większej uwagi kontroli równowagi i świadczy o mniejszym automatyzmie.

Równowaga w warunkach dynamicznych oceniana była przy pomocy platformy Biodex Balance System SD. Umożliwia ona jednoczesne 20° odchylenie w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej. Poziom wychwiał regulowany jest w 12-stopniowej skali, gdzie poziom 1 jest najbardziej niestabilny. W badaniach wykorzystany został zmodyfikowany Test Stabilności Posturalnej. Test w staniu jednonóż (bez obuwia) składał się z trzech prób trwających po 30 sekund, w których poziom niestabilności platformy ustalony został na 1, a wynikiem końcowym była średnia wartość trzech prób. Przerwa pomiędzy próbami wynosiła 30 sekund. Testowane były obie kończyny dolne. W czasie testu kończyny górne były ułożone wzdłuż ciała, kończyna dolna niebadana była lekko ugięta w stawach biodrowym i kolanowym (Bączkowicz i wsp., 2017). Po zakończeniu badania otrzymano następujące wskaźniki:

- APSI [st.] – określający wychwiania w płaszczyźnie strzałkowej,

- MLSI [st.] – określający wychwiania w płaszczyźnie czołowej,
- OVSI [st.] – będący wypadkową powyższych wskaźników i określający ogólny wskaźnik stabilności.

Niższe wartości opisanych powyżej wskaźników świadczą o lepszej równowadze.

Jakość ruchu artrokinematycznego oceniana była przy pomocy metody wibroartrograficznej. Do rejestracji sygnału wykorzystano czujnik akcelerometryczny typu 4513B-002 (Bruel & Kjaer Sound Vibration Measurement A/S, Dania) połączony ze wzmacniaczem sygnału – model 1704-A-002, Brüel&Kjær. Wzmacniacz połączony był z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (TiePie Handyscope HS4), a sygnał, w postaci szeregu czasowego, rejestrowany był przy użyciu oprogramowania TiePie Multi Chanel. Surowy sygnał zarejestrowany został w przedziale 0,7-1000 Hz, częstotliwość próbkowania wynosiła 10 kHz. Następnie sygnał poddany został filtrowaniu górnoprzepustowemu, w którym próg odcięcia wynosił 50 Hz. Uzyskany sygnał był podstawą do wyliczenia parametrów opisujących przebieg sygnału, które obliczone zostały w programie MATLAB. Do wyliczonych parametrów amplitudowych należą:

- VMS [V] – wariancja średnich kwadratów w 5 milisekundowych oknach czasowych. Jest on miarą zmienności sygnału i wskazuje na jego złożoność. Wyższa wartość parametru świadczy o pogorszeniu jakości ruchu artrokinematycznego,
- R4 [V] – średnia z czterech wartości minimalnych i maksymalnych sygnału. Reprezentuje amplitudę przebiegu sygnału, pokazuje nam jak duże są zmiany sygnału. Wysokie wartości parametru zazwyczaj świadczą o obecności cyklicznych, wysokich wartości szczytowych sygnału, co wydaje się być związane z dużymi zmianami makroskopowymi chrząstki stawowej i/lub niezbornością ruchu powierzchni stawowych.

Natomiast charakterystyki częstotliwościowe sygnału wyrażono za pomocą parametrów:

- P1 [V²/Hz] – suma widmowych gęstości mocy krótkoczasowej transformaty Fouriera w przedziale częstotliwości 50-250 Hz. Wzrost wartości parametru świadczy o dużym udziale drgań w tymże przedziale, co jest typowe dla zwiększenia tarcia kinematycznego mogącego być rezultatem pogorszonej lubrykacji i/lub zmian degeneracyjnych chrząstki stawowej;

- P2 [V^2/Hz] – suma widmowych gęstości mocy krótkoczasowej transformaty Fouriera w przedziale częstotliwości 250-450 Hz. Wzrost wartości parametru świadczy o dużym udziale drgań w tymże przedziale, co związane jest ze zmianami mikroskopowymi chrząstki szklistej.

W pozycji leżenia na plecach czujnik akcelerometryczny, przy pomocy dwustronnej taśmy klejącej, mocowany był do wyniosłości kostki bocznej kości strzałkowej (rycina 8). W trakcie badania uczestnik znajdował się w pozycji siedzącej na kozetce (plecy wyprostowane, niepodparte), z kończynami dolnymi zgiętymi w stawach biodrowych oraz kolanowych do 90° oraz podudziami swobodnie zwisającymi poza kozetką. Kończyny górne były ułożone swobodnie wzdłuż tułowia. Zadaniem badanego było naprzemienne wykonanie 4 ruchów maksymalnego zgięcia podszwowego oraz maksymalnego zgięcia grzbietowego w czasie 6 sekund. Ruch wykonywany był zgodnie z taktowaniem metronomu wynoszącym 82 uderzenia na minutę. Pomiar rozpoczynał się, kiedy uczestnik wykonywał ruchy w odpowiednim tempie. W przypadku, gdy badany wykonywał ruchy zbyt wolno lub zbyt szybko pomiar był powtarzany. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano zapis 60 000 próbek, na podstawie których wyliczono opisane powyżej parametry (Bączkowicz i Kręcisz, 2013; Bączkowicz i wsp., 2017).

Do subiektywnej oceny stanu funkcjonalnego badanych wykorzystane zostały kwestionariusze Foot and Ankle Disability Index (FADI) oraz Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT). FADI pozwala na subiektywną ocenę stanu funkcjonalnego badanego oraz wskazuje na występowanie ewentualnych deficytów u osób po przebytych urazach w obrębie stopy oraz stawu skokowego. Kwestionariusz podzielony jest na 3 części pozwalające na ocenę ewentualnych ograniczeń związanych z aktywnością dnia codziennego (FADI ADL), sportem (FADI SPORT) oraz dolegliwościami bólowymi (FADI PAIN). Badany oceniał każdą z czynności w skali 0-4, gdzie 0 było czynnością niemożliwą do wykonania, a 4 oznaczało czynność wykonywaną bez problemu. Łącznie (FADI TOTAL) możliwe było do zdobycia 136 punktów (FADI ADL=88, FADI SPORT=32, FADI PAIN=16). Wyższy wynik wskazywał na lepszy stan funkcjonalny badanego. Kwestionariusz CAIT pozwala na subiektywną ocenę niestabilności obu stawów skokowych. Maksymalny wynik, możliwy do uzyskania dla każdej kończyny to 30 punktów. Z racji jednoczesnej oceny obu stawów można

porównać ewentualne zaburzenia pomiędzy nimi. Niższa wartość końcowa dla danej kończyny będzie świadczyć o większym poziomie jej niestabilności (Hale i Hertel, 2005; Hiller i wsp., 2006; Mojza i wsp., 2018).

IV 3. Metody statystyczne

Do analizy statystycznej wykorzystany został program Statistica 13 (StatSoft, USA). Poziom istotności statystycznej ustalony został dla $p \leq 0,05$. W analizie wyników wykorzystane zostały statystyki opisowe: średnia i odchylenia standardowe (dane parametryczne) oraz mediana i rozstęp kwartyłowy (dane nieparametryczne). Do określania normalności rozkładu wykorzystany został test Shapiro-Wilka.

Testy parametryczne – test t-Studenta dla prób zależnych oraz test t-Studenta dla prób niezależnych – zostały wykorzystane do:

- porównania części danych antropometrycznych badanych grup (wiek, masa i wysokość ciała),
- analizy wartości parametrów osiągniętych w badaniu równowagi w warunkach statycznych pomiędzy kończyną urazową i nieurazową (grupa CAI) w płaszczyźnie strzałkowej,
- porównania wartości osiągniętych przez kończynę urazową i nieurazową (grupa CAI) w badaniu równowagi w warunkach dynamicznych,
- porównania wartości osiągniętych przez kończynę urazową i nieurazową (grupa CAI) w kwestionariuszu Cumberland Ankle Instability Tool.

Testy nieparametryczne – test kolejności par Wilcoxon oraz test U Manna-Whitney’a – wykorzystane zostały do:

- porównywania części danych antropometrycznych badanych grup (tygodniowy czas treningu oraz lata aktywności sportowej),
- analizy wartości uzyskanych w badaniu wibroartrograficznym przez kończynę urazową i nieurazową (grupa CAI),
- porównania wartości parametrów uzyskanych w badaniu równowagi w warunkach statycznych pomiędzy kończyną urazową i nieurazową (grupa CAI) w płaszczyźnie czołowej,

- analizy wartości osiągniętych w kwestionariuszu Foot and Ankle Disability Index,
- analizy wartości osiągniętych przez kończynę urazową i nieurazową (grupa CAI) w porównaniu do grupy CON podczas badania równowagi w warunkach statycznych oraz dynamicznych, w badaniu jakości ruchu w stawie oraz subiektywnej oceny stanu funkcjonalnego.

Do oceny występowania związków pomiędzy równowagą, subiektywną oceną stanu funkcjonalnego a sygnałem wibroartrograficznym oraz oceny zależności pomiędzy parametrami badanymi w kończynie urazowej i nieurazowej wykorzystany został współczynnik korelacji Pearsona (dane o rozkładzie zbliżonym do normalnego) oraz współczynnik korelacji rang Spearmana (dane o rozkładzie odbiegającym od normalnego).

V WYNIKI

W analizie nie wykazano statystycznie istotnych różnic w danych antropometrycznych pomiędzy grupą CAI a grupą CON. Nie zaobserwowano również statystycznie istotnych różnic między kończyną dominującą i niedominującą w badanych grupach (wyniki nie zostały przedstawione w pracy), dlatego podział ten nie będzie uwzględniany w dalszej analizie wyników.

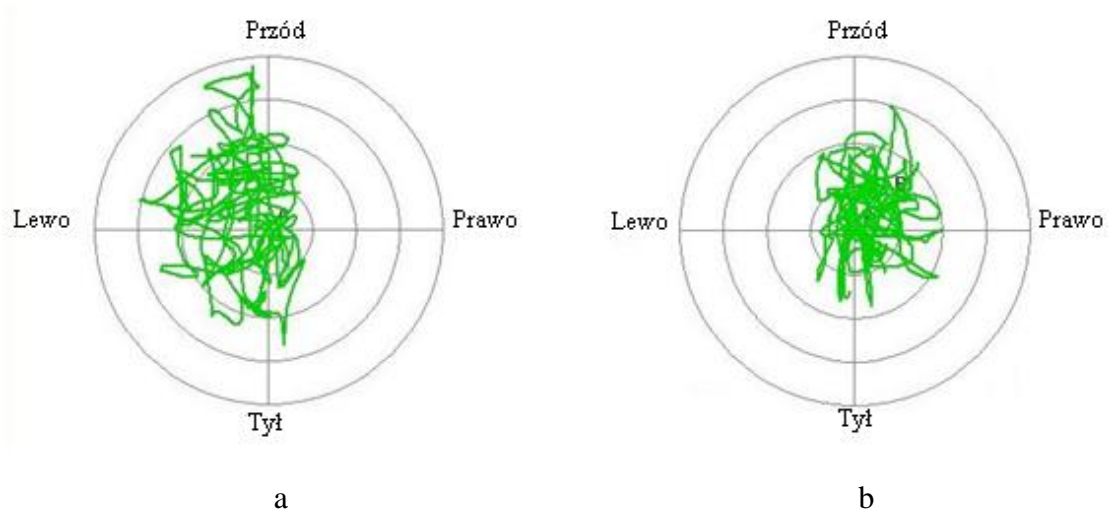
V 1. Równowaga w warunkach statycznych

W badaniu oceniona została równowaga w warunkach statycznych w dwóch płaszczyznach: strzałkowej i czołowej. Wartości poszczególnych parametrów osiągnięte przez uczestników przedstawione zostały w tabelach 2, 3 i 4. W płaszczyźnie strzałkowej zaobserwowano statystycznie istotne różnice porównując wyniki zarejestrowane dla kończyny urazowej w grupie CAI z grupą CON. W kończynie urazowej zarejestrowano wyższe wartości parametrów sd i ra , natomiast dla parametru fd zaobserwowano niższe wartości. W kończynie nieurazowej zarejestrowano istotnie wyższe wartości parametrów ra i mv w porównaniu do grupy CON. W badaniach nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic w osiągniętych wynikach pomiędzy obiema kończynami (urazową i nieurazową) w grupie CAI. Ponadto w płaszczyźnie czołowej nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy badanymi grupami dla żadnego parametru.

V 2. Równowaga w warunkach dynamicznych

Istotne statystycznie różnice w wartościach wszystkich wskaźników (OVSI, APSI, MLSI) wystąpiły podczas porównywania kończyny nieurazowej w grupie CAI z grupą CON. Kończyna nieurazowa uzyskała znacząco niższe wartości dla wszystkich wskaźników. Nie zaobserwowano natomiast statystycznie istotnych różnic w wartościach osiągniętych przez kończynę urazową w grupie CAI w porównaniu do grupy kontrolnej. Istotne statystycznie różnice wystąpiły podczas porównywania obu kończyn dolnych w grupie CAI dla wskaźników OVSI i APSI – kończyna urazowa osiągnęła znacząco wyższe

wartości w porównaniu do kończyny nieurazowej. Wartości uzyskane podczas badania stabilności posturalnej w warunkach dynamicznych przedstawione zostały w tabeli 5. Na rycinie 2 zaprezentowane zostały przykładowe zapisy badania równowagi w testowanych grupach.



Rycina 2. Przykładowy zapis badania równowagi w warunkach dynamicznych w grupie kontrolnej (a) oraz w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (b)

V 3. Ocena jakości ruchu artrokinematycznego

Wartości parametrów uzyskanych podczas badania jakości ruchu artrokinematycznego przedstawione zostały w tabeli 6. W analizie wyników nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic podczas porównywania ze sobą obu kończyn dolnych w grupie CAI. W badaniu nie wystąpiły również istotne różnice podczas porównywania wartości parametrów wibroartrograficznych zarejestrowanych dla kończyny urazowej w grupie CAI z grupą kontrolną oraz podczas porównywania wartości parametrów wibroartrograficznych zarejestrowanych dla kończyny nieurazowej w grupie CAI z grupą CON. Przykładowe obrazy sygnału wibroartrograficznego zarejestrowane dla grupy CAI i grupy CON przedstawione zostały odpowiednio na rycinach 3 i 4.

Tabela 2. Wartości parametrów liniowych osiągnięte podczas badania równowagi w staniu jednożół w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej

	sd [mm]		ra [mm]		mv [mm/s]		fr [Hz]	
	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK
URAZ (n=33)	8,98 \pm 2,25	8,79 \pm 2,51	48,14 \pm 12,93	45,86 \pm 16,34	27,57 \pm 7,19	25,95 \pm 7,90	0,52 \pm 0,14	0,49 \pm 0,16
N-URAZ (n=33)	8,65 \pm 1,75	8,77 \pm 2,51	47,43 \pm 10,93	49,08 \pm 15,78	28,34 \pm 7,28	28,49 \pm 7,49	0,53 \pm 0,14	0,52 \pm 0,19
CON (n=70)	8,02 \pm 1,52	7,83 \pm 1,81	42,13 \pm 7,45	40,42 \pm 9,58	24,80 \pm 5,94	23,82 \pm 6,94	0,52 \pm 0,15	0,49 \pm 0,19
<u>Wartość p dla przeprowadzonych porównań</u>								
URAZ vs. CON	0,041		0,023		0,057		0,921	
N-URAZ vs. CON	0,063		0,016		0,008		0,379	
URAZ vs. N-URAZ	0,250		0,645		0,317		0,229	

\bar{S} – średnia, SD – odchylenie standardowe, M – mediana, RK – rozstęp kwartyłowy, URAZ – kończyna urazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, N-URAZ – kończyna nieurazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, CON – grupa kontrolna, sd – amplituda, ra – zakres, mv – średnia prędkość, fr – częstotliwość

Tabela 3. Wartości parametrów liniowych osiągnięte podczas badania równowagi w staniu jednoź w warunkach statycznych w płaszczyźnie czołowej

	sd [mm]		ra [mm]		mv [mm/s]		fr [Hz]	
	$\bar{S} \pm SD$	M \pm RK	$\bar{S} \pm SD$	M \pm RK	$\bar{S} \pm SD$	M \pm RK	$\bar{S} \pm SD$	M \pm RK
URAZ (n=33)	6,28 \pm 1,02	6,26 \pm 1,55	31,82 \pm 4,85	31,04 \pm 7,35	27,65 \pm 6,62	26,5 \pm 7,77	0,71 \pm 0,13	0,69 \pm 0,13
N-URAZ (n=33)	6,28 \pm 1,04	6,28 \pm 1,18	31,63 \pm 4,66	31,12 \pm 6,56	28,62 \pm 7,42	27,8 \pm 7,59	0,73 \pm 0,15	0,71 \pm 0,15
CON (n=70)	6,01 \pm 0,87	5,88 \pm 0,91	31,08 \pm 4,36	31,18 \pm 4,98	26,47 \pm 6,25	25,8 \pm 9,31	0,71 \pm 0,14	0,71 \pm 0,22
<u>Wartość p dla przeprowadzonych porównań</u>								
URAZ vs. CON	0,276		0,695		0,450		0,932	
N-URAZ vs. CON	0,137		0,623		0,187		0,659	
URAZ vs. N-URAZ	0,874		0,859		0,082		0,256	

\bar{S} – średnia, SD – odchylenie standardowe, M – mediana, RK – rozstęp kwartyłowy, URAZ – kończyna urazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, N-URAZ – kończyna nieurazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, CON – grupa kontrolna, sd – amplituda, ra – zakres, mv – średnia prędkość, fr – częstotliwość

Tabela 4. Wartości parametrów nieliniowych osiągnęte podczas badania równowagi w staniu jednoź w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej

	płaszczyzna strzałkowa				płaszczyzna czołowa			
	fd [-]		se [-]		fd [-]		se [-]	
	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK
URAZ (n=33)	1,52 \pm 0,05	1,51 \pm 0,04	0,71 \pm 0,13	0,69 \pm 0,13	1,59 \pm 0,04	1,59 \pm 0,04	0,71 \pm 0,07	0,7 \pm 0,08
N-URAZ (n=33)	1,52 \pm 0,05	1,51 \pm 0,07	0,73 \pm 0,15	0,71 \pm 0,15	1,6 \pm 0,04	1,59 \pm 0,04	0,72 \pm 0,08	0,7 \pm 0,09
CON (n=70)	1,55 \pm 0,07	1,55 \pm 0,1	0,71 \pm 0,14	0,71 \pm 0,22	1,59 \pm 0,04	1,59 \pm 0,06	0,73 \pm 0,08	0,71 \pm 0,13
<u>Wartość p dla przeprowadzonych porównań</u>								
URAZ vs. CON	0,016		0,687		0,896		0,287	
N-URAZ vs. CON	0,060		0,106		0,467		0,560	
URAZ vs. N-URAZ	0,494		0,402		0,221		0,395	

\bar{S} – średnia, SD – odchylenie standardowe, M – mediana, RK – rozstęp kwartyłowy, URAZ – kończyna urazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, N-URAZ – kończyna nieurazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, CON – grupa kontrolna, fd – wymiar fraktalny, se – entropia

Tabela 5. Wartości osiągane podczas badania równowagi w warunkach dynamicznych

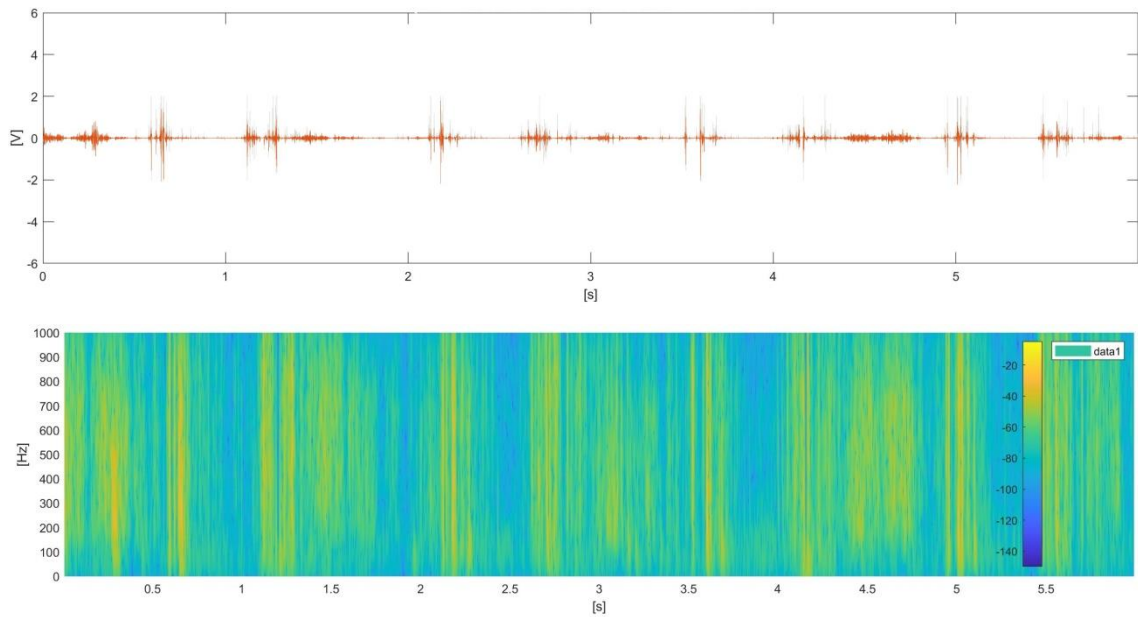
	OVSI [st.]		APSI [st.]		MLSI [st.]	
	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK
URAZ (n=33)	7,86 \pm 2,35	7,60 \pm 2,20	6,19 \pm 2,23	6,10 \pm 2,2	3,55 \pm 1,18	3,40 \pm 1,50
N-URAZ (n=33)	7,12 \pm 1,98	6,90 \pm 2,50	5,54 \pm 1,72	5,50 \pm 2,0	3,22 \pm 1,19	3,10 \pm 1,70
CON (n=70)	8,26 \pm 2,12	8,25 \pm 2,80	6,57 \pm 1,96	6,40 \pm 2,50	3,74 \pm 1,27	3,65 \pm 1,90
<u>Wartość p dla przeprowadzonych porównań</u>						
URAZ vs. CON		0,365		0,319		0,548
N-URAZ vs. CON		0,010		0,011		0,045
URAZ vs. N-URAZ		0,030		0,038		0,085

\bar{S} – średnia, SD – odchylenie standardowe, M – mediana, RK – rozstęp kwartyłowy, URAZ – kończyzna urazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, N-URAZ – kończyzna nieurazowa w grupie osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego, CON – grupa kontrolna, OVSI – ogólny wskaźnik stabilności, APSI – stabilność w płaszczyźnie strzałkowej, MLSI – stabilność w płaszczyźnie czołowej

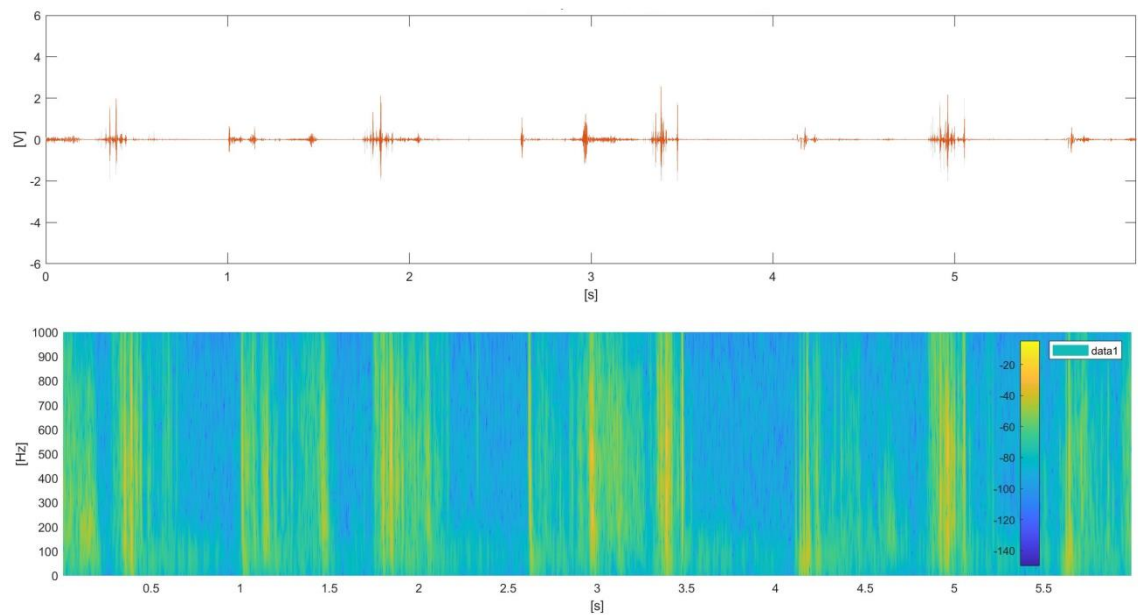
Tabela 6. Wartości sygnału wibroartrograficznego stawu skokowego

	VMS [V]		R4 [V]		P1 [V ² /Hz]		P2 [V ² /Hz]	
	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK	$\bar{S}\pm SD$	M \pm RK
URAZ (n=33)	0,001 \pm 0,002	<0,001 \pm 0,002	1,805 \pm 1,355	1,372 \pm 2,646	0,356 \pm 0,394	0,209 \pm 0,472	0,474 \pm 0,595	0,248 \pm 0,852
N-URAZ (n=33)	0,001 \pm 0,001	<0,001 \pm 0,001	1,583 \pm 1,187	1,170 \pm 1,791	0,282 \pm 0,338	0,131 \pm 0,394	0,298 \pm 0,412	0,093 \pm 0,488
CON (n=70)	0,003 \pm 0,006	<0,001 \pm 0,003	1,923 \pm 1,531	1,457 \pm 2,718	0,512 \pm 1,115	0,143 \pm 0,366	0,532 \pm 0,917	0,153 \pm 0,572
<u>Wartość p dla przeprowadzonych porównań</u>								
URAZ vs. CON	0,980		0,785		0,500		0,896	
N-URAZ vs. CON	0,532		0,379		0,802		0,367	
URAZ vs. N-URAZ	0,102		0,357		0,448		0,140	

\bar{S} – średnia, SD – odchylenie standardowe, M – mediana, RK – rozstęp kwartyłowy, URAZ – kończyna urazowa w grupie badanej, N-URAZ – kończyna nieurazowa w grupie badanej, CON – grupa kontrolna, VMS – wariancja średnich kwadratów, R4 – średnia z czterech wartości minimalnych i maksymalnych sygnału, P1 – sumy widmowych gęstości mocy w przedziałach częstotliwości 50-250 Hz, P2 – sumy widmowych gęstości mocy w przedziałach częstotliwości 250-450 Hz



Rycina 3. Przykładowy przebieg sygnału wibroartrograficznego oraz jego analiza czasowo-częstotliwościowa reprezentatywna dla osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI)



Rycina 4. Przykładowy przebieg sygnału wibroartrograficznego oraz jego analiza czasowo-częstotliwościowa reprezentatywna dla osób z grupy kontrolnej (CON)

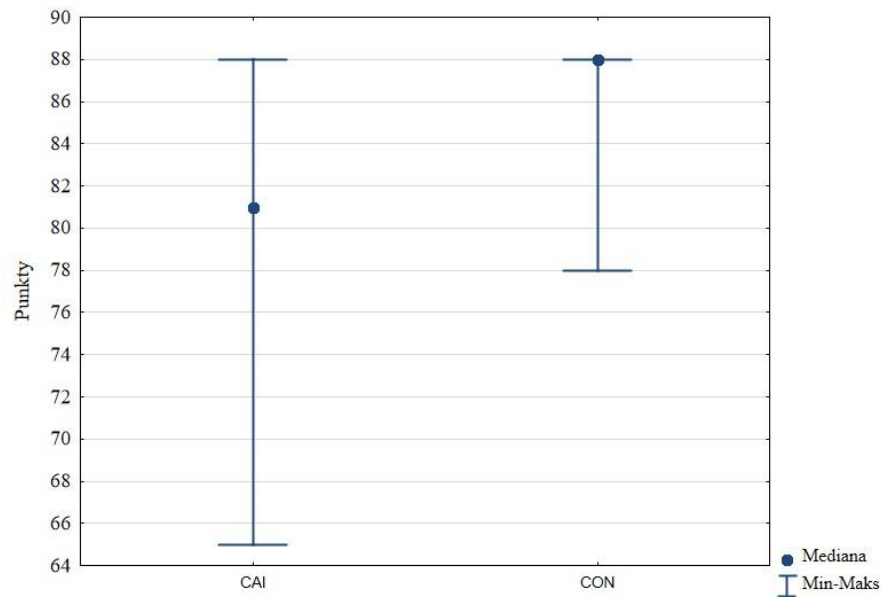
V 4. Subiektywna ocena stanu funkcjonalnego

Subiektywna ocena stanu funkcjonalnego analizowana była przy pomocy dwóch kwestionariuszy: Foot and Ankle Disability Index (FADI) oraz Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT).

W FADI-Q grupa CAI, w porównaniu do grupy CON, osiągnęła istotnie niższe wartości we wszystkich czterech częściach. Różnice te wyniosły odpowiednio:

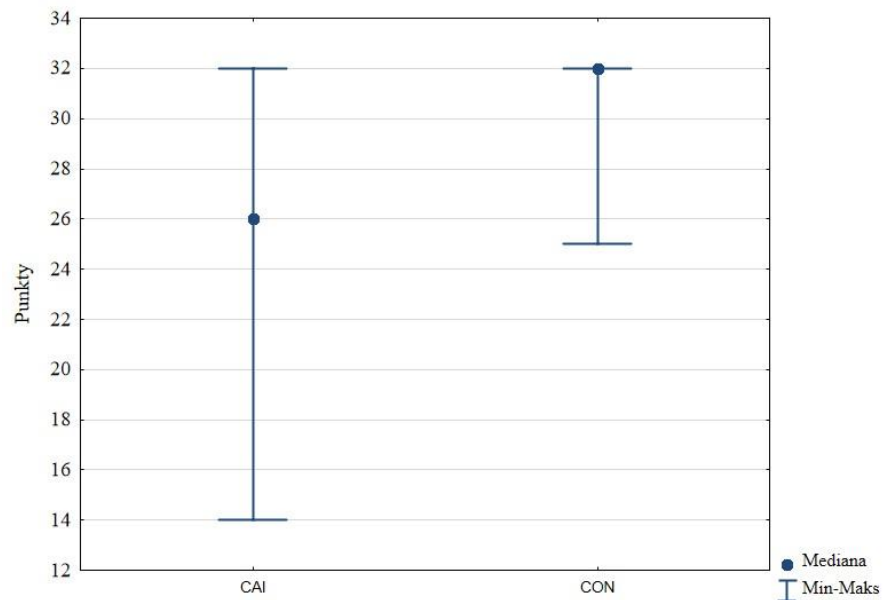
- FADI ADL: $81,0 \pm 13,0$ vs. $88,00 \pm 0,0$ ($p < 0,001$), (rycina 5);
- FADI SPORT: $26,00 \pm 6,0$ vs. $32,00 \pm 1,0$ ($p < 0,001$), (rycina 6);
- FADI PAIN: $15,00 \pm 3,0$ vs. $16,00 \pm 0,0$ ($p < 0,001$), (rycina 7);
- FADI TOTAL: $123,00 \pm 21$ vs. $136,00 \pm 2,0$ ($p < 0,001$), (rycina 8).

Podobnie kształtujące się wyniki zaobserwowano porównując wartości uzyskiwane przez uczestników w kwestionariuszu CAIT. Grupa CAI osiągała znacząco niższe wartości w odniesieniu do grupy CON, odpowiednio: $21,0 \pm 7,0$ vs. $30,0 \pm 0,0$ ($p < 0,001$), (rycina 9). W grupie CAI kończyna nieurazowa otrzymała znacząco więcej punktów w porównaniu do kończyny urazowej, jednak obie kończyny w grupie CAI osiągnęły niższe wartości punktowe w porównaniu do grupy CON. Wartości te wyniosły odpowiednio: $24,0 \pm 6,0$ vs. $18,0 \pm 6,0$ vs. $30,0 \pm 0,0$, wartość p dla wszystkich wymienionych porównań wyniosła $p < 0,001$ (rycina 10).



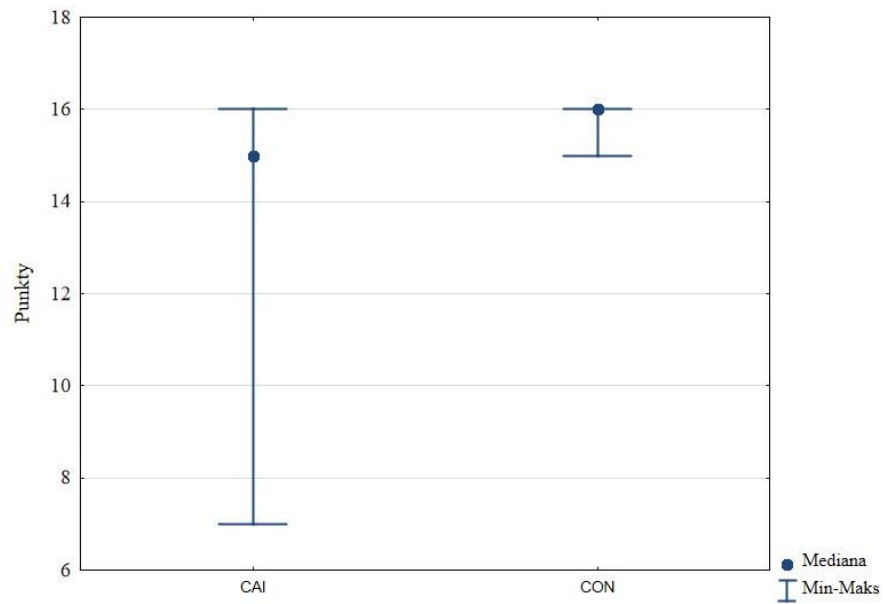
Różnica pomiędzy grupami CAI i CON istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 5. Wartości uzyskiwane w kwestionariuszu Foot and Ankle Disability Index w części dotyczącej codziennej aktywności (FADI ADL) przez grupę osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI) oraz kontrolną (CON)



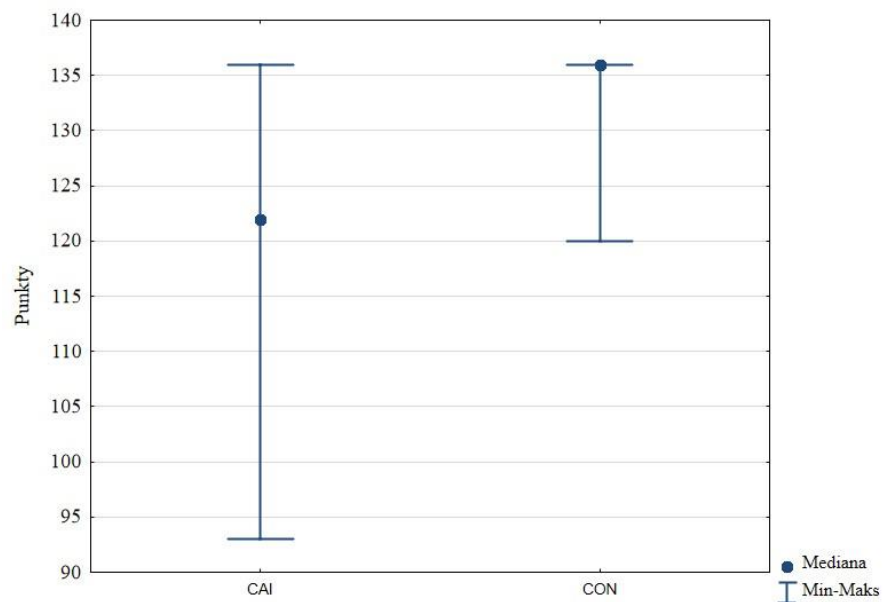
Różnica pomiędzy grupami CAI i CON istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 6. Wartości uzyskiwane w kwestionariuszu Foot and Ankle Disability Index w części sport (FADI SPORT) przez grupę osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI) oraz kontrolną (CON)



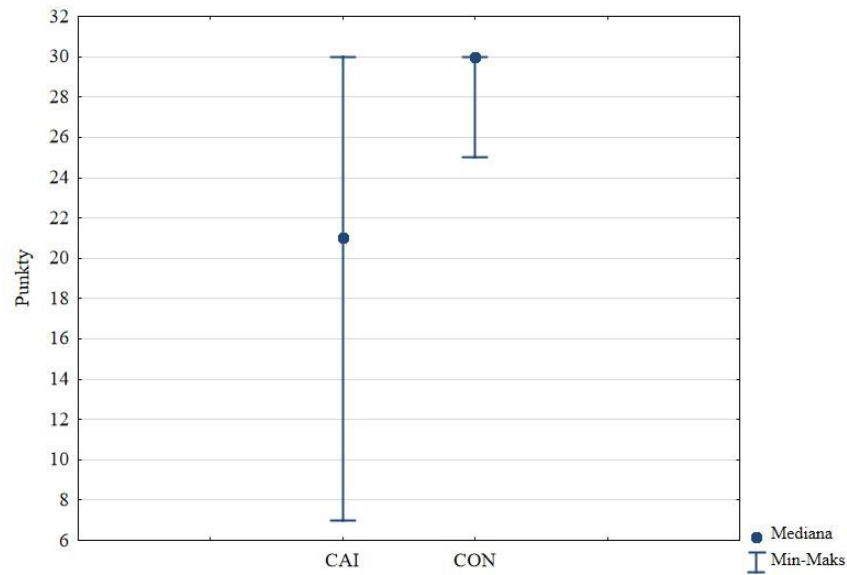
Różnica pomiędzy grupami CAI i CON istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 7. Wartości uzyskiwane przez uzyskiwane w kwestionariuszu Foot and Ankle Disability Index w części dotyczącej dolegliwości bólowych (FADI PAIN) grupę osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI) oraz kontrolną (CON)



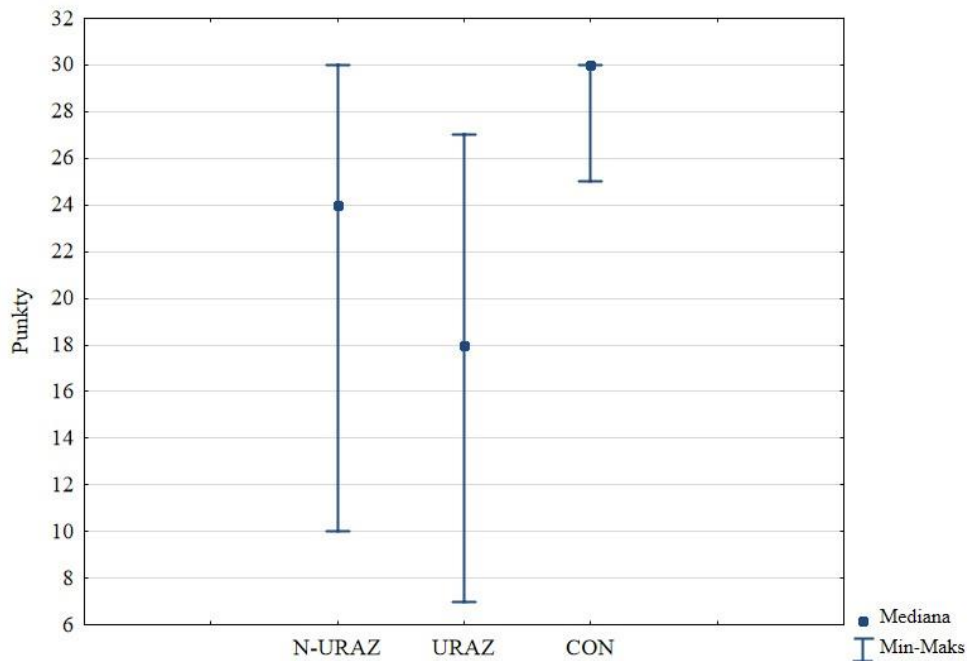
Różnica pomiędzy grupami CAI i CON istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 8. Wartości uzyskiwane w kwestionariuszu Foot and Ankle Disability Index (FADI TOTAL) przez grupę osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI) oraz kontrolną (CON)



Różnica wartości pomiędzy grupami CAI i CON istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 9. Wartości uzyskiwane w kwestionariuszu Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) przez grupę osób z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego (CAI) oraz grupę kontrolną (CON)



Różnice pomiędzy N-URAZ i CON, URAZ i CON oraz N-URAZ i URAZ istotne statystycznie na poziomie $p < 0,001$

Rycina 10. Wartości uzyskiwane w kwestionariuszu Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) przez osoby z przewlekłą niestabilnością stawu skokowego w kończynie urazowej (URAZ) oraz nieurazowej (N-URAZ) w porównaniu do grupy kontrolnej (CON)

V 5. Związki występujące między równowagą, subiektywną oceną stanu funkcjonalnego oraz sygnałem wibroartrograficznym

W niniejszej pracy zbadano występowanie związków pomiędzy równowagą, subiektywną oceną stanu funkcjonalnego a sygnałem wibroartrograficznym. Słabe, dodatnie aczkolwiek istotne statystycznie zależności znaleziono pomiędzy parametrami równowagi mierzonej w warunkach statycznych w płaszczyźnie czołowej i wskaźnikami równowagi ocenianymi w warunkach dynamicznych (tabela 7). Parametr sd korelował ze wskaźnikami OVSI i MLSI, z kolei parametr ra korelował ze wskaźnikami OVSI, APSI i MLSI. Słabe dodatnie zależności zaobserwowano również pomiędzy parametrami równowagi badanej w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej (sd , ra , mv , fd) a wartościami osiąganymi przez uczestników w kwestionariuszu CAIT (tabela 8).

Ponadto w badaniach zaobserwowano występowanie umiarkowanej ujemnej korelacji pomiędzy wartościami osiąganymi przez kończynę urazową w badaniu wibroartrograficznym a wartościami uzyskiwanymi w badaniu równowagi statycznej przez kończynę nieurazową w obu płaszczyznach (tabela 9).

Tabela 7. Zależności występujące pomiędzy parametrami osiąganymi w badaniu równowagi w warunkach statycznych w płaszczyźnie czołowej a wynikami badania równowagi w warunkach dynamicznych

	OVSI	APSI	MLSI
sd	0,18 p=0,037	0,12 p=0,161	0,17 p=0,046
ra	0,21 p=0,014	0,17 p=0,044	0,20 p=0,021
mv	0,05 p=0,537	0,02 p=0,780	0,12 p=0,156
fr	-0,06 p=0,468	-0,07 0,454	0,03 p=0,716
fd	-0,05 p=0,589	-0,03 p=0,754	0,01 p=0,929
se	-0,13 p=0,143	-0,12 p=0,182	-0,06 p=0,497

sd – amplituda, ra – zakres, mv – średnia prędkość, fr – częstotliwość, fd – wymiar fraktalny, se – entropia, OVSI – ogólny wskaźnik stabilności, APSI – stabilność w płaszczyźnie strzałkowej, MLSI – stabilność w płaszczyźnie czołowej

Tabela 8. Zależności występujące między parametrami równowagi badanej w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej a wynikami osiąganymi w kwestionariuszu Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

	CAIT
sd	-0,24 p=0,006
ra	-0,29 p=0,000
mv	-0,24 p=0,006
fr	-0,00 p=0,968
fd	0,22 p=0,011
se	-0,03 p=0,736

sd – amplituda, ra – zakres, mv – średnia prędkość, fr – częstotliwość, fd – wymiar fraktalny, se – entropia, CAIT – kwestionariusz Cumberland Ankle Instability Tool

Tabela 9. Zależności występujące pomiędzy parametrami jakości ruchu artrokinematycznego w kończynie urazowej a parametrami ocenianymi w badaniu równowagi w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej w kończynie nieurazowej

	VMS URAZ	R4 URAZ	P1 URAZ	P2 URAZ
sd AP	0,27	0,27	-0,01	0,28
N-URAZ	p=0,133	p=0,122	p=0,959	p=0,109
ra AP	0,05	0,04	-0,17	0,07
N-URAZ	p=0,803	p=0,846	p=0,339	p=0,690
mv AP	-0,33	-0,32	-0,37	-0,29
N-URAZ	p=0,058	p=0,067	p=0,035	p=0,103
fr AP	-0,46	-0,45	-0,31	-0,43
N-URAZ	p=0,007	p=0,008	0,084	p=0,013
fd AP	-0,38	-0,38	-0,27	-0,38
N-URAZ	p=0,030	p=0,030	p=0,125	p=0,027
se AP	-0,42	-0,44	-0,20	-0,41
N-URAZ	p=0,016	p=0,010	p=0,270	p=0,018
sd ML	-0,19	-0,13	-0,40	-0,10
N-URAZ	p=0,290	p=0,450	p=0,022	p=0,564
ra ML	-0,17	-0,08	-0,42	-0,10
N-URAZ	p=0,353	p=0,665	p=0,014	p=0,583
mv ML	-0,30	-0,29	-0,27	-0,20
N-URAZ	p=0,094	p=0,111	p=0,133	p=0,273
fr ML	-0,29	-0,35	-0,017	-0,25
N-URAZ	p=0,105	p=0,046	p=0,951	p=0,168
fd ML	-0,22	-0,28	0,02	-0,20
N-URAZ	p=0,223	p=0,116	p=0,901	p=0,257
se ML	-0,31	-0,35	0,03	-0,27
N-URAZ	p=0,084	p=0,047	p=0,890	p=0,128

sd – amplituda, ra – zakres, mv – średnia prędkość, fr – częstotliwość, fd – wymiar fraktalny, se – entropia, AP – płaszczyzna strzałkowa, ML – płaszczyzna czołowa, VMS – wariancja średnich kwadratów, R4 – średnia z czterech wartości minimalnych i maksymalnych sygnału, P1 – sumy widmowych gęstości mocy w przedziałach częstotliwości 50-250 Hz, P2 – sumy widmowych gęstości mocy w przedziałach częstotliwości 250-450 Hz, URAZ – kończyna urazowa w grupie badanej, N-URAZ – kończyna nieurazowa w grupie badanej

VI WNIOSKI

1. Osoby z CAI cechowały się gorszą równowagą w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej w porównaniu do grupy kontrolnej.
2. Osoby z CAI charakteryzowały się lepszą równowagą ocenianą w warunkach dynamicznych w porównaniu do osób z grupy kontrolnej. W grupie CAI, w kończynie, w której doszło do urazu zaobserwowano gorszą równowagę w porównaniu do kończyny przeciwnej.
3. U osób z CAI nie zaobserwowano różnic w zapisie sygnału wibroartrograficznego w porównaniu do osób w grupie kontrolnej. W grupie CAI jakość ruchu artrokinematycznego charakteryzowała się podobnym przebiegiem sygnałem w obu kończynach dolnych.
4. Osoby z grupy CAI gorzej oceniały swój stan funkcjonalny w porównaniu do grupy kontrolnej. Kończyna, w której doszło do skręceń oceniana była zdecydowanie gorzej w porównaniu do kończyny nieurazowej.
5. W badaniach zauważono, że gorszy stan funkcjonalny i wyższy poziom niestabilności stawu skokowego (wyrażony skalą CAIT) wiązał się z gorszą równowagą badaną w warunkach statycznych w płaszczyźnie strzałkowej.
6. Zaobserwowano dodatnią korelację pomiędzy parametrami opisującymi równowagę w warunkach statycznych w płaszczyźnie czołowej a wskaźnikami równowagi ocenianej w warunkach dynamicznych.

VII PIŚMIENICTWO

1. Al Mahrouqi M, MacDonald D, Vicenzino B, Smith M. Quality of life, function and disability in individuals with chronic ankle symptoms: a cross-sectional online survey. *J Foot Ankle Res.* 2020, 13(1): 67.
2. Al-Mohrej O, Al-Kenani N. Acute ankle sprain: conservative or surgical approach? *EFORT Open Rev.* 2017, 1(2): 34-44.
3. Bączkiewicz D, Falkowski K, Majorczyk E. Assessment of Relationships Between Joint Motion Quality and Postural Control in Patients With Chronic Ankle Joint Instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017, 47(8): 570-577.
4. Bączkiewicz D, Kręcisz K. Vibroarthrography in the evaluation of musculoskeletal system - a pilot study. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2013, 15(5): 407-416.
5. Błaszczuk J, Klonowski W. Postural stability and fractal dynamics. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2001, 61(2): 105-112.
6. Borzucka D, Kręcisz K, Rektor Z, Kuczyński M. Postural control in top-level female volleyball players. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2020, 12: 65.
7. Dallinga J, van der Does H, Benjaminse A, Lemmink K. Dynamic postural stability differences between male and female players with and without ankle sprain. *Phys Ther Sport.* 2016, 17: 69-75.
8. Delahunt E. Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *J Bodywork Move Ther* 2007, 11: 203–213.
9. Delahunt E, Bleakley C, Bossard D, Caulfield B, Docherty C, Doherty C, Fourchet F, Fong D, Hertel J, Hiller C, Kaminski T, McKeon P, Refshauge K, Remus A, Verhagen E, Vicenzino B, Wikstrom E, Gribble P. Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the International Ankle Consortium. *Br J Sports Med.* 2018, 52(20): 1304-1310.
10. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Balance failure in single limb stance due to ankle sprain injury: an analysis of center of pressure using the fractal dimension method. *Gait Posture.* 2014, 40(1): 172-176.

11. Elsothy N, Salim Y, Nassif N, Hanafy A. Cross-education effect of balance training program in patients with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. *Injury*. 2021, 52(3): 625-632.
12. Golditz T, Welsch G, Pachowsky M, Hennig F, Pfeifer K, Steib S. A multimodal approach to ankle instability: Interrelations between subjective and objective assessments of ankle status in athletes. *J Orthop Res*. 2016, 34(3): 525-32.
13. Gribble P, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F, Fong D, Hertel J, Hiller C, Kaminski T, McKeon P, Refshauge K, Verhagen E, Vicenzino B, Wikstrom E, Delahunt E. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med*. 2016, 50(24): 1496-1505.
14. Gribble P, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F, Fong D, Hertel J, Hiller C, Kaminski T, McKeon P, Refshauge K, van der Wees P, Vicenzino B, Erik Wikstrom E. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Athl Train*. 2014, 49(1): 121-127.
15. Hale S, Hertel J. Reliability and sensitivity of the foot and ankle disability index in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2005, 40(1): 35-40.
16. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train* 2002; 37 (4): 364–375.
17. Herzog M, Kerr Z, Marshall S, Wikstrom E. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2019, 54(6): 603-610.
18. Hiller C, Refshauge K, Bundy A, Herbert R, Kilbreath S. The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006, 87(9): 1235-1241.
19. Hoch M, Hertel J, Gribble P, Heebner N, Hoch J, Kosik K, Long D, Sessoms P, Silder A, Torp D, Thompson K, Fraser J. Effects of foot intensive rehabilitation (FIRE) on clinical outcomes for patients with chronic ankle instability: a randomized controlled trial protocol. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023, 15(1): 54.
20. Hung Y. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. *World J Orthop*. 2015, 6(5): 434-438.

21. Huurnink A, Fransz D, Kingma I, Verhagen E, van Dieën J. Postural stability and ankle sprain history in athletes compared to uninjured controls. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014, 29(2): 183-188.
22. Ikoma K, Kido M, Maki M, Imai K, Hara Y, Ikeda R, Ohashi S, Shirai T, Kubo T. Early stage and small medial osteochondral lesions of the talus in the presence of chronic lateral ankle instability: A retrospective study. *J Orthop Sci*. 2020, 25(1): 178-182.
23. Kim H, Son S, Seeley M, Hopkins J. Altered movement biomechanics in chronic ankle instability, copers, and control groups: energy absorption and distribution implications. *J Athl Train*. 2019, 54(6): 708-717.
24. Kobayashi T, Gamada K, Lateral ankle sprain and chronic ankle instability: a critical review. *Foot Ankle Spec*. 2014, 7(4): 298-326.
25. Kosik K, Johnson N, Terada M, Thomas-Fenwick A, Mattacola C, Gribble P. Health-related quality of life among middle-aged adults with chronic ankle instability, copers, and uninjured controls. *J Athl Train*. 2020, 55(7): 733-738.
26. Kuczyński M, Podbielska M, Bieć D, Paluszak A, Kręcisz K. Podstawa oceny równowagi ciała: czyli co, w jaki sposób i dlaczego powinniśmy mierzyć? *Acta Bio-Opt Inf Med Bomed* 2012, 18(4): 243-249.
27. Lee M, Kwon J, Choi W, Jin Woo Lee J. Comparison of outcomes for osteochondral lesions of the talus with and without chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int*. 2015, 36(9): 1050-1057.
28. Leumann A, Züst P, Valderrabano V, Hintermann B. Chronic ankle instability in the Swiss Orienteering national team. *Sportortho Trauma*. 2010, 26: 20-28.
29. Lin C, Mayer F, Wippert P. The prevalence of chronic ankle instability in basketball athletes: a cross-sectional study. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022, 14(1): 27.
30. Linens S, Ross S, Arnold B, Gayle R, Pidcoe P. Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2014, 49(1): 15-23.
31. Martin R, Davenport T, Paulseth S, Wukich D, Godges J. Ankle stability and movement coordination impairments: ankle ligament sprains. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013, 43(9): A1-A40.

32. McKeon P, 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.
33. McKeon P, Ingersoll C, Kerrigan C, Saliba E, Bennett B, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc.* 2008, 40(10): 1810-1819.
34. Mojza K, Krzak K, Bączkiewicz D. Subjective and objective evaluation of the functional condition after a single lateral sprain of the ankle in athletes. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2018, 20(6): 455-463.
35. Mohamadi S, Ebrahimi I, Salavati M, Dadgoo M, Jafarpisheh A, Rezaeian Z. Attentional demands of postural control in chronic ankle instability, copers and healthy controls: a controlled cross-sectional study. *Gait Posture.* 2020, 79: 183-188.
36. Pawik Ł, Pawik M, Wysoczańska E, Schabowska A, Morasiewicz P, Fink-Lwow F. In Patients with grade I and II ankle sprains, dynamic taping seems to be helpful during certain tasks, exercises and tests in selected phases of the rehabilitation process: a preliminary report. *Int J Environ Res Public Health.* 2022, 19(9): 5291.
37. Richie D. Functional Instability of The Ankle and the Role of Neuromuscular Control: A Comprehensive Review. *J Foot Ankle Surg.* 2001; 40(4): 240-251.
38. Serra-Añó P, Inglés M, Espí-López G, Sempere-Rubio N, Aguilar-Rodríguez M. Biomechanical and viscoelastic properties of the ankle muscles in men with previous history of ankle sprain. *J Biomech.* 2021, 115: 110191.
39. Sipko T, Kuczyński M. The effect of chronic pain intensity on the stability limits in patients with low back pain. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013, 36(9): 612-618.
40. Stefaniak W, Marusiak J, Bączkiewicz D. Heightened tone and stiffness with concurrent lowered elasticity of peroneus longus and tibialis anterior muscles in athletes with chronic ankle instability as measured by myotonometry. *J Biomech.* 2022, 144: 111339.
41. Watanabe K, Koshino Y, Kawahara D, Akimoto M, Mishina M, Nakagawa K, Ishida T, Kasahara S, Samukawa M, Tohyama H. Kinesiophobia, self-reported ankle

- function, and sex are associated with perceived ankle instability in college club sports athletes with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport*. 2023, 61:45-50.
42. Watabe T, Takabayashi T, Tokunaga Y, Kubo M. Copers adopt an altered dynamic postural control compared to individuals with chronic ankle instability and controls in unanticipated single-leg landing. *Gait Posture*. 2022, 92: 378-382.
 43. Wijnhoud E, Rikken Q, Dahmen J, Sierevelt I, Stufkens S, Kerkhoffs G. One in three patients with chronic lateral ankle instability has a cartilage lesion. *Am J Sports Med*. 2022, 3635465221084365.
 44. Wikstrom E, Tillman M, Chmielewski T, Cauraugh J, Naugle K, Borsa P. Discriminating between copers and people with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2012, 47(2): 136-142.
 45. Wojciechowska-Maszkowska B, Borzucka D, Rogowska A, Kuczyński M. The relationship between postural control and self-reported engagement in physical activity in young and older age. *J Aging Phys Act*. 2016, 24(2): 196-200.