

Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Wydział Nauk o Zdrowiu

Agnieszka Wnuk-Scardaccione

Wpływ ukształtowania guza piętowego na występowanie
zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób
trenujących bieganie

Praca doktorska

Promotor: dr hab. med. Jan Bilski, prof. UJ

Promotor pomocniczy: dr n. med. Ewa Mizia

Pracę wykonano w Zakładzie Ergonomii i Fizjologii Wysiłku Fizycznego
Instytutu Fizjoterapii, Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum

Kierownik jednostki: dr hab. med. Jan Bilski, prof. UJ

Kraków, 2019

Składam podziękowania

Promotorowi dr hab. med. Janowi Bilskiemu, prof. UJ

za opiekę naukową i cenne uwagi,

Promotorowi pomocniczemu dr n. med. Ewie Mizia

za pomoc merytoryczną i poświęcony mi czas,

mojej rodzinie,

za cierpliwość i wiarę w moje możliwości.

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP.....	5
1.1.	Bieganie jako dyscyplina sportu i hobby.....	5
1.2.	Kaletka głęboka ścięgna Achillesa.....	8
1.2.1.	Anatomiczne położenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa	8
1.2.2.	Epidemiologia i czynniki ryzyka zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa	9
1.2.3.	Diagnostyka zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.....	11
1.2.4.	Badanie przedmiotowe pacjenta	12
1.2.5.	Badania obrazowe	13
1.3.	Kość piętowa	15
1.3.1.	Anatomia kości piętowej.....	15
1.3.2.	Obrazowe metody oceny kości piętowej	16
1.3.3.	Biomechanika stawu skokowego dolnego	17
1.3.4.	Pięta Haglunda	20
1.4.	Pedobarograficzne metody oceny chodu i biegu	22
1.4.1.	Typy systemów pomiarowych	24
1.4.2.	Pomiar w warunkach statycznych i dynamicznych	25
2.	Cel pracy i hipotezy badawcze.....	27
3.	Materiał i metody.....	28
3.1.	Materiał badań	28
3.1.1.	Teren zbierania danych i okres trwania badań	28
3.1.2.	Organizacja badań	28
3.1.3.	Grupa badana.....	29
3.1.4.	Charakterystyka grupy kontrolnej.....	30
3.2.	Metodyka.....	31
3.2.1.	Metody zbierania danych.....	31
3.2.2.	Badanie kliniczne.....	31
3.2.3.	Kwestionariusz ankiety.....	32
3.2.4.	Procedury pomiarowe.....	32
3.2.5.	Badanie radiologiczne	33
3.2.6.	Badanie ultrasonograficzne	37
3.2.7.	Badanie pedobarograficzne.....	38
3.3.	Przebieg analizy statystycznej	43
3.3.1.	Cel analizy	43
3.3.2.	Plan analizy	43
3.3.3.	Dostępne dane oraz zmienne wybrane do analizy.....	44

3.3.4. Szczegółowa analiza zmiennych.....	44
4. Wyniki.....	47
4.1. Charakterystyka badanej grupy.....	47
4.2. Charakterystyka wyników badania rentgenowskiego.....	48
4.3. Charakterystyka wyników badania ultrasonograficznego.....	49
4.4. Charakterystyka wyników badania pedobarograficznego.....	50
4.5. Ocena zależności pomiędzy grubością ścięgna Achillesa, nachyleniem kości piętowej, długością stopy przyczepu ścięgna piętowego i powierzchnią kaletkową w grupie kontrolnej i badanej.....	54
4.6. Ocena zależności pomiędzy grubością ścięgna Achillesa, wielkością powierzchni kaletkowej i procentowym rozkładem obciążenia w regionie pięt w grupie kontrolnej i badanej.....	57
4.7. Analiza prawdopodobieństwa wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa na podstawie ilorazu szans	58
4.8. Ocena istotności zmiennych wybranych do modelu regresji logistycznej	59
4.9. Model regresji logistycznej	59
5. Dyskusja	61
6. Ograniczenia badania	71
7. Wnioski	72
8. Bibliografia	73
9. Spis rycin	85
10. Spis tabel.....	86
11. ANEKS.....	87
12. STRESZCZENIE.....	89
13. SUMMARY.....	91

1. WSTĘP

1.1. Bieganie jako dyscyplina sportu i hobby

„Bieganie jako forma treningu może wzmocnić kończyny, rozwinąć płuca, ćwiczyć silną wolę i poprawić krążenie krwi. Ubranie powinno być lekkie, głowa i szyja odkryta. Szczególna uwaga musi zostać zachowana, aby nie przedobrzyć.”

- Amerykański naukowiec, 1883 r.

Bieganie to forma aktywności ruchowej, która istnieje tak długo, jak istnieje ludzkość. Jej popularność znacząco wzrosła jednak w latach 70. XX wieku w Stanach Zjednoczonych. Wpłynęły na to dwa ważne wydarzenia. Po pierwsze wydanie książki „Aerobics” autorstwa dr. Kennetha Coopera [1], opublikowanej po raz pierwszy w 1968 roku, która wprowadziła podstawową wiedzę teoretyczną na temat możliwości zwiększenia swojego poziomu sportowego. Temu autorowi zawdzięczamy również najbardziej znany test do oceny wytrzymałości sportowców [2]. Po drugie, zwycięstwo Franka Shortera w 1972 roku w biegu na dystansie maratońskim na Mistrzostwach Olimpijskich w Monachium. Złoty medal zainspirował miliony ludzi do biegania i spowodował znaczący wzrost uczestników imprez sportowych o tym charakterze.

Lokomocja to najbardziej spektakularna forma ludzkiej aktywności ruchowej. Z punktu widzenia „realizacji” jest to wyjątkowo skomplikowane zadanie ruchowe. Dodatkowo raz wyuczone staje się czynnością automatyczną, która nie wymaga od nas ciągłej analizy. Jedyne w warunkach patologicznie zmienionych uwidacznia się złożoność systemu nerwowo-mięśniowo-szkieletowego i jego wpływ na biomechanikę lokomocji. Ewolucyjnie wykształcona pionowa postawa człowieka jest wyznacznikiem typowej sylwetki lokomocyjnej. W odróżnieniu jednak od kontroli statycznej postawy ciała, w lokomocji jeszcze bardziej wzmacnia się problem kontroli stabilności. Głównym zadaniem sterowania ruchem kończyn jest dostarczenie energii mechanicznej koniecznej do utrzymania zadanej prędkości lokomocji lub niezbędnej do jej zwiększenia. Jednocześnie kontrola poruszania musi zapewnić stabilne podparcie dla górnej części ciała. Ważnym zadaniem kończyn dolnych jest absorpcja energii kinetycznej w celu minimalizacji impulsowych przeciążeń w obrębie kręgosłupa oraz stabilizacja głowy. Prawidłowy chód charakteryzuje 5 cech nazwanych atrybutami chodu. Zalicza się do nich [3]:

1. Stabilność podparcia.
2. Prawidłowy prześwit pod stopą w fazie wymachu kończyny.
3. Odpowiednie ustawienie stopy poprzedzającej jej kontakt z podłożem.
4. Prawidłową długość kroku.
5. Minimalny wydatek energetyczny.

Nie należy zapominać, że chód można rozpatrywać jako kombinację wielu złożonych procesów, takich jak zdolność utrzymania równowagi, wytwarzanie i przekazywanie energii czy koordynację ruchów. Jednocześnie lokomocja każdego człowieka ma indywidualny charakter. Chód według definicji to cykliczna aktywność ruchowa, co oznacza powtarzanie określonych wzorców koordynacyjnych kończyn dolnych i innych części ciała [4].

Cykl ruchu w trakcie biegu dzieli się odpowiednio na fazy przenoszenia kończyny, gdy stopa znajduje się w powietrzu oraz podparcia, gdy stopa opiera się na podłożu. W trakcie biegu czas pojedynczego podparcia kończyny oddzielony jest fazą lotu, w której żadna kończyna nie ma kontaktu z podłożem. Nie występuje również faza podwójnego podparcia. Podczas biegu stosunek fazy podparcia do fazy przenoszenia rośnie do 40% podparcia i 60% przenoszenia. Jest to wartość zmienna, zależna od prędkości biegu. Dla ułatwienia oceny kinezyologicznej, cykl chodu w trakcie biegu można podzielić na analogiczne fazy, jak podczas chodu. Najważniejsze obserwowane różnice dotyczą trzech głównych stawów wyznaczających oś kończyny dolnej (staw biodrowy – staw kolanowy – staw skokowy). Dla przykładu, staw biodrowy w chwili dotknięcia podłoża stopą jest zgięty pod kątem około 45° (w chodzie wynosi on zaledwie 30°). Staw kolanowy w chwili kontaktu stopy z podłożem jest zgięty jedynie do 25° (w chodzie zgięcie wynosi jedynie 10°). W fazie przenoszenia kąt ugięcia kolana sięga nawet do 90° (w chodzie – 60°). Staw skokowy osiąga maksymalne zgięcie grzbietowe około 30° w fazie pełnego obciążenia. Ruch zgięcia grzbietowego podczas oderwania palców od podłoża jest zdecydowanie większy niż w chodzie, osiąga 20° (podczas chodu wynosi jedynie 5°) [5].

Uwagę wielu naukowców przykuwają ruchy w obrębie samego stawu skokowego dolnego, ponieważ odgrywają one znaczną rolę w etiologii urazów. Szczególnie ważny wydaje się być staw skokowo-piętowo-lódkowy, gdzie zachodzą ruchy inwersji i ewersji.

Do Polski moda na bieganie dotarła z początkiem XXI wieku. Według najnowszych danych Centrum Badania Opinii Publicznej, bieganie uprawia 18% Polaków i jest to trzecia pod względem popularności forma rekreacji ruchowej w naszym kraju [6]. Koroną biegów

ulicznych są maratony. W 2018 roku, 10 najdłuższych biegów na 42 km i 195 m ukończyło ponad 33 tysiące ludzi. Dyscyplina ta jest łatwo dostępna. Młodzi, aktywni zawodowo ludzie, mogą sobie pozwolić na relatywnie mało czasu na trening. Decydują się więc na bieganie, ponieważ jest ono mniej czasochłonne niż inne aktywności ruchowe. Z badań Stempnia [7] wynika, że około 70 proc. biegaczy legitymuje się dyplomem wyższej uczelni i mniej więcej tyle samo deklaruje zadowolenie z własnej sytuacji materialnej. Zdaniem autora wyżej przytoczonego badania, moda na bieganie rozwija się dwukierunkowo. Z jednej strony spontanicznie powstają zrzeszenia osób trenujących bieganie, z drugiej następuje komercjalizacja tej aktywności.

W innych polskich badaniach sprawdzano motywy uczestnictwa w zorganizowanych biegach ulicznych [8]. Badani deklarowali, że głównym powodem podejmowania przez nich treningu biegowego jest dbałość o swoje zdrowie. Ciekawym jest jednak fakt, że wraz z długością stażu treningowego rośnie obawa o pojawienie się negatywnych konsekwencji zdrowotnych.

Powszechnie przyjmuje się, iż nowoczesne obuwie sportowe ma za zadanie zmniejszyć siłę uderzeń pojawiających się podczas biegu. Technologia wprowadzana w podeszwy butów ma na celu wydłużenie czasu narastania siły i zmniejszyć naprężenia w układzie mięśniowo-szkieletowym. Powierzchnia, po której odbywa się trening też nie jest bez znaczenia. Im twardsze podłoże tym siła uderzenia większa. Bieganie po miękkim podłożu wymaga jednak większego nakładu energii, obniża prędkość biegu i może powodować szybsze zmęczenie.

Wraz ze wzrostem popularności biegania wzrosła również liczba kontuzji, które dotyczą osoby trenujące tę dyscyplinę sportu. Według aktualnych badań naukowych, przerwa w treningu najczęściej spowodowana jest bólami piszczeli, zapaleniem rozciągniętej podeszwowej lub ścięgna Achillesa. Dolegliwości bólowe najczęściej mają charakter przewlekły i wynikają w większości ze zmian przeciążeniowych [9]. Wielu naukowców poszukuje przyczyn tych kontuzji. Aktualne badania nie potwierdziły na przykład, wpływu ustawienia osi biomechanicznej kończyn dolnych, na częstsze występowanie kontuzji u biegaczy [10]. Systematyczny przegląd literatury przeprowadzony przez australijskich naukowców nie znalazł również żadnych istotnych dowodów na wpływ różnego rodzaju obuwia na zwiększenie ryzyka urazu [11]. Oceniono również wpływ ukształtowania wysklepienia podłużnego stopy, na możliwie większe przeciążenie w tym regionie podczas biegania. Ponownie stwierdzono, iż wysokość łuku przyśrodkowego stopy nie ma definitywnego wpływu na ryzyko pojawienia się kontuzji [12].

Regularne uprawianie sportu ma pozytywny wpływ na działanie prewencyjne przeciwko tzw. chorobom cywilizacyjnym. Nawet 5-10 minut dziennie spokojnego truchtu wiąże się z obniżeniem ryzyka śmierci z powodu chorób układu krążenia [13]. Trzeba rozróżnić jednak ogólnoustrojowe działanie sportu od możliwości odniesienia kontuzji. Osoby biegające rekreacyjnie, planujące starty w zawodach kilka razy w roku, odnoszą kontuzje sportowe częściej niż profesjonalni sportowcy [14]. W większości przypadków spowodowane to jest nieodpowiednim doбором obciążeń treningowych, najczęściej zbyt dużym w stosunku do aktualnego poziomu wytrenowania. Powoduje to szereg kontuzji, które wymuszają przerwę w cyklu treningowym. Ponadto badania potwierdzają, iż biegacze zawodowi biorą udział w specjalistycznych treningach, które uwzględniają wzmocnienie takich elementów, jak siła dynamiczna i stabilizacja mięśniowa. Osoby trenujące bieganie profesjonalnie mają także zaplanowane przerwy na sesje odnowy biologicznej. W związku z tym ich układ więzadłowo-mięśniowy jest lepiej przygotowany na przyjmowanie coraz to większych obciążeń treningowych [15,16].

Analiza badań epidemiologicznych pokazuje, iż w populacji mieszkańców Unii Europejskiej, średnio co minutę jedna osoba doznaje kontuzji spowodowanej aktywnością ruchową. EU Injury Database przedstawiło dane, z których wynika, że rocznie około 5,2 miliona ludzi ma problemy z urazami aparatu ruchu, a u 18% z nich konieczna była co najmniej jednodniowa hospitalizacja [17].

1.2. Kaletka głęboka ścięgna Achillesa

1.2.1. Anatomiczne położenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa

Kaletka głęboka ścięgna Achillesa jest umiejscowiona w tylnogórnej części wyniosłości kości piętowej, poniżej ścięgna Achillesa i jego bocznej krawędzi. Budowa kaletki jest heterogeniczna: jej przednia ściana jest pochodzenia chrząstkowego, a jej proksymalna ściana składa się z ciała tłuszczowego otoczonego błoną maziową. Mała ilość bardzo lepkiego płynu bogatego w hialuronian jest ciągle obecna w środku kaletki [18].

W trakcie badań sekcyjnych grzbietowego regionu kości piętowej odkryto, iż powierzchnia kaletki jest ściśle przykryta tkanką tłuszczową dystalnej części trójkąta Kagera. Najłatwiejszy dostęp do tej struktury daje podłużne cięcie pomiędzy bocznym marginesem guza piętowego a ścięgiem Achillesa. Badania te potwierdziły również, że powierzchnia

kaletki wyraźnie dosięga boczne krawędzie dwóch struktur - kości i ścięgna. Objętość kaletki wynosi od 1 do 1,5 ml. Te same badania umożliwiły dokładną ocenę strukturalną. Na całej powierzchni, przednia ściana kaletki zbudowana jest z chrząstki włóknistej, która pokrywa warstwę korową kości piętowej. Grubość chrząstki jest większa w części środkowej ściany kaletki (500 μm). Rozciąga się ona w kierunku grzbietowym aż do przyczepu ścięgna Achillesa na guzowatości kości piętowej. Bardziej proksymalnie warstwa chrząstki jest cieńsza (200-170 μm) [19].

W badaniach histologicznych uwidoczniono, że cała wewnętrzna część kaletki pokryta jest przez bardzo cienkie warstwy pojedynczej błony maziowej. Powierzchnia fałdu maziowego jest silnie pofałdowana i zawiera bogate w komórki kosmki różnego kształtu i wielkości. Fałd maziowy obfituje w naczynia krwionośne, które zaopatrują duże kosmki, małe pozostają jednak w strefie awaskularnej [20].

Główna funkcja kaletki polega na zmniejszaniu tarcia związanego z aktywnością ścięgna Achillesa i otaczających go tkanek miękkich. Trzy główne mechanizmy brane były pod uwagę w celu wyjaśnienia tego zjawiska:

1. Ruch jest pasywną konsekwencją ruchu kości piętowej.
2. Poduszczonek tłuszczowy jest „zasysany” (pociągany) wewnątrz kaletki, aby zminimalizować zmiany ciśnienia.
3. Poduszczonek tłuszczowy jest „wpychany” wewnątrz kaletki poprzez działanie mięśni (głównie mięsień zginacz długi palucha) [21].

1.2.2. Epidemiologia i czynniki ryzyka zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa

W XIX wieku terminologia medyczna opierała się głównie na lokalizacji anatomicznej, stąd wszystkie zmiany dotyczące ścięgna Achillesa nazywane były tendinopatiami [22]. Później nomenklatura zaczęła uwzględniać również aspekty histopatologiczne. Pierwsze zmiany nazewnictwa spowodowały wprowadzenie terminu „związany z przyczepem” i „nie związany z przyczepem” ścięgna. Ciągle jednak pojawiały się nieścisłości. Z tego powodu nowa definicja zmian, dotycząca ścięgna Achillesa, połączyła ze sobą lokalizację anatomiczną, symptomy, zmiany kliniczne i histopatologię. Aktualny, powszechnie zaakceptowany podział to:

- Tendinopatie dotyczące środkowej części ścięgna (mid-portion).
- Paratendinopatie (ostre lub przewlekłe).
- Tendinopatie dotyczące przyczepu.

- Zapalenie kaletki głębokiej.
- Zapalenie kaletki powierzchownej [23].

Zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa pojawia się w zagłębieniu pomiędzy przednio-dolną częścią ścięgna a tylną-górną krawędzią guza piętowego. W tym miejscu widoczna jest opuchlizna i występuje bolesność dotykowa - przyśrodkowo i bocznie od ścięgna Achillesa na poziomie kaletki. Często tylną-górną krawędź guza piętowego może być zidentyfikowana na zwykłym zdjęciu rentgenowskim. Histopatologicznie włóknisto-chrzęstne ściany kaletki ujawniają zmiany degeneracyjne i/lub pewien stopień kalcyfikacji z hipertrofią błony włóknistej i akumulacją płynu wewnątrz kaletki [24,25].

Dane epidemiologiczne nie są proste to ustalenia. Podział na nowoczesne nazewnictwo został przyjęty przez większość zainteresowanych, jednak nie przez wszystkich naukowców. Z tego powodu część informacji dotyczących zapalenia kaletki głębokiej przypisana jest ogólnej nazwie tendinopatia ścięgna Achillesa. Nie można zapominać także o fakcie, że problemy te mogą ze sobą współistnieć. Ogólnie zapalenie w tym regionie jest bardzo częstą dolegliwością zarówno dla osób uprawiających sport, jak i osób, które nie podejmują żadnej aktywności ruchowej. Ustalono, iż co najmniej 24% osób aktywnych fizycznie, przynajmniej raz w ciągu swojego życia, dotknie problem ze ścięgnem Achillesa, który wymusza przerwę treningową [26]. Występowanie stanu zapalnego w tej części kończyny dolnej to od 6-17% wszystkich urazów osób trenujących bieganie [9,27]. Dodatkowo największy odsetek dotyczy osób które uczestniczą w biegach na średnim lub długim dystansie. W tej grupie występuje rocznie od 7% do 9% przypadków zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa [28].

Ze statystyk przygotowanych przez amerykańskich lekarzy rodzinnych wynika, że dolegliwości bólowe w obrębie ścięgna Achillesa dotyczą, przynajmniej raz w życiu, 52 % osób biegających na długich dystansach (co najmniej 42,2 km), rocznie 2,34 osób na 100 dorosłych pacjentów zgłasza się z tym problemem do lekarza. W badaniach populacyjnych nie potwierdzono żadnej korelacji z płcią ani wskaźnikiem BMI [29].

Dolegliwości bólowe związane z przyczepem ścięgna Achillesa najczęściej powstają na skutek kilku czynników obciążających. Sprawia to trudności diagnostyczne w tym zakresie. Potwierdzono jednak fakt, iż główną rolę będą w tym przypadku odgrywać czynniki modyfikowalne. Podstawowe czynniki ryzyka wyróżnione przez naukowców to:

- nagłe zwiększenie tygodniowego czasu ogólnej aktywności fizycznej;
- zmiana obuwia i/lub nawierzchni treningowej (biegi górskie);
- niepoprawna technika biegu (np. duża pronacja, asymetria obciążania kończyn);

- historia wystąpienia podobnego zapalenia w rodzinie (ryzyko zwiększa się 5-krotnie);
- historia poprzednich urazów danej kończyny dolnej,
- cukrzyca;
- choroby o podłożu reumatologicznym, takie jak: zwyrodnieniowe zapalenie stawów kręgosłupa (ZZSK), reumatoidalne zapalenie stawów (RZS), łuszczycowe zapalenie stawów (ŁZS) [28,30].

Bardzo rzadką przyczyną powstania zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa jest nowotwórkość, kostniakokochrzęstniak (osteochondroma). Diagnoza ta dotyczy od 2% do 3% całej populacji. Przypadki objęcia procesem chorobowym guza piętowego, a w wyniku tego wystąpienie objawów zapalenia kaletki, są pojedyncze. Nie mogą one jednak zostać zbagatelizowane i zawsze powinny być wzięte pod uwagę w trakcie procesu diagnostycznego [31].

1.2.3. Diagnostyka zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa

Osoby, u których pojawiają się dolegliwości bólowe w obrębie ścięgna Achillesa, swoje pierwsze kroki w poszukiwaniu pomocy, kierują najczęściej do lekarza rodzinnego. Lekarz pierwszego kontaktu, sprawując całościową, ogólną opiekę nad pacjentem i jego rodziną, spotyka się w swojej codziennej pracy z bardzo szeroką gamą najróżniejszych schorzeń i problemów. Średnia miesięczna liczba porad, której udziela, to ok. 908 [32]. Część pacjentów zdecyduje się od razu na wizytę u lekarza ortopedy, a tylko niewielki odsetek osób – jako osobę pierwszej konsultacji wybierze wizytę u fizjoterapeuty. Zadaniem badania diagnostycznego powinno być możliwie jak najszybsze zdiagnozowanie głównego problemu pacjenta, tak aby jak najszybciej rozpocząć leczenie. W przypadku osoby aktywnej fizycznie, jak najszybszy powrót do treningów będzie kluczowym elementem planowania terapii. Na podstawie metaanalizy dotychczasowych badań udowodnione zostało, iż inicjująca część wizyty – wywiad, ma decydujący wpływ na dalsze losy pacjenta [33]. Głównym powodem jest fakt, iż na podstawie rozmowy z pacjentem przechodzimy do dalszego badania fizykalnego i proponujemy dodatkowe badania obrazowe. W wielu publikacjach można znaleźć dowody, że tylko dobrze przeprowadzony wywiad i dokonana na jego podstawie inspekcja, przynosi spodziewane, pozytywne efekty. Nie bez znaczenia jest również podejście samego badającego. Jego postawa ma znamieny wpływ na zaangażowanie pacjenta w proces leczenia [34,35].

Podczas pierwszej wizyty należy więc ustalić pewne ważne fakty, tak aby poprawnie zdiagnozować zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa i/lub inne zmiany chorobowe. Wywiad powinien być przeprowadzony w skupieniu na historii objawów i musi zawierać

informację na temat momentu rozpoczęcia dolegliwości bólowych, czasu występowania objawów i ich nasilenie, aktywność życia codziennego pacjenta i/lub aktywność sportową, dotychczasowe leczenie (przyjmowane leki, maści, stosowane zabiegi, iniekcje sterydowe), informację o innych urazach w obrębie tej samej kończyny, nagłej zmianie ciężaru ciała [36].

Pacjenci z ostrymi zmianami w przebiegu ścięgna Achillesa będą zgłaszać nagły początek dolegliwości najczęściej podczas aktywności o wysokiej intensywności. Stany przewlekłe, takie jak zapalenie kaletki głębokiej, będzie charakteryzowało powolne narastanie objawów z zaostrzeniem najczęściej po zwiększeniu intensywności treningu lub powoli bez prowokacji u osób prowadzących siedzący tryb życia i u osób starszych [37].

Po pierwszej części oceny diagnostycznej pacjenta, osoba badająca przechodzi do badania fizykalnego.

1.2.4. Badanie przedmiotowe pacjenta

Szerokie spektrum dolegliwości, które mogą współistnieć z zapaleniem kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, wymagają dokładnej oceny fizykalnej. Podczas tej części ważne jest, aby pacjent poddany był całościowej obserwacji obu kończyn dolnych.

Podczas obserwacji należy zwracać szczególną uwagę na symetrię ustawienia ciała, ustawienie miednicy, kolan, stóp. Udowodniono bowiem, że są to kluczowe elementy biomechaniczne, które mogą prowadzić do przeciążenia w obrębie ścięgna Achillesa [38]. Warto przeprowadzić ten etap badania bez informowania o tym pacjenta np. podczas jego wejścia do gabinetu. Dokładniejszej oceny wymaga skóra pacjenta wokół guza piętowego. W tej okolicy szukamy ewentualnej opuchlizny, wybroczyn, zmian w ukształtowaniu kości. Prosimy pacjenta o samodzielne wykonanie zgięcia grzbietowego i podeszwowego stóp, następnie sprawdzamy te ruchy biernie, porównując zakres ruchomości symetrycznie w obu kończynach. Ograniczenie zgięcia grzbietowego zostało potwierdzone badaniami jako jeden z czynników ryzyka wystąpienia przeciążeń w obrębie ścięgna Achillesa, podobnie jak zgięcie podeszwowe z dodatkowym oporem [39,40,41]. Jeśli na podstawie wywiadu i badania fizykalnego ustalone zostało, iż problem pacjenta może stanowić zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, należy przeprowadzić palpację tego rejonu. Naciskamy jedną ręką przyśrodkową i boczną część ścięgna Achillesa powyżej wyniosłości guza piętowego. Obszar ten będzie charakteryzował się tkliwością dotykową jak również delikatną, wyczuwalną, opuchlizną [42]. Palpacja wykonana w tym przypadku jest dokładną metodą oceny potwierdzoną w badaniach na poziomie 78% czułości i 77% swoistości [43].

Rzetelnie przeprowadzony wywiad i badanie przedmiotowe w większości przypadków źródło bólu trafnie określają jako zapalenie kaletki. Bardzo ważne jest jednak, aby w przypadkach, które budzą wątpliwości, skierować pacjenta na dodatkowe badania obrazowe, także w przypadku braku poprawy, po zastosowanym już leczeniu. Złożoność problemu jakim jest ból w okolicy ścięgna Achillesa powoduje, że możliwe jest nakładanie się objawów. W tej sytuacji szybkie wyleczenie problemu, staje się bardzo trudne.

1.2.5. Badania obrazowe

Najbardziej dostępną metodą obrazową jest badanie radiologiczne. W niektórych przypadkach pacjenci, którzy cierpią z powodu bólu w okolicy pięty, są kierowani na badanie promieniami rentgenowskimi, aby ocenić ukształtowanie okolicy guza piętowego.

Poszukiwanie jednak na zdjęciu powierzchni kaletki głębokiej ścięgna Achillesa nie jest czynnością zwyczajową. Wiadomo jednak, że obniżenie energii fotonów może być wykorzystane do wyostrenia obrazu tkanek miękkich w badaniu radiologicznym [44]. Projekt holenderskich naukowców, przeprowadzony na zdjęciach rentgenowskich osób badanych (w projekcji bocznej, w pełnym obciążeniu, z delikatną rotacją wewnętrzną, tak aby mieć pewność, że kostki boczna i przyśrodkowa ułożone są równolegle, a aspekt boczny i przyśrodkowy kości piętowej zachodzą na siebie) pokazał, iż możliwa jest ocena kaletki głębokiej ścięgna Achillesa także na obrazie RTG. Potwierdzono, że w tym ustawieniu można stwierdzić obecność stanu zapalnego [45]. Nie jest to jednak konwencjonalna projekcja. W przypadku, w którym inne badania obrazowe są jednak niedostępne (tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny), można z powodzeniem wykorzystać tę metodę oceny. Proponowanym sposobem na wyostrenie struktury kaletki jest podanie kontrastu do jej wnętrza [46]. Bursografia nie znalazła jednak szerokiego zastosowania w diagnostyce. Aktualnie istnieją już mniej inwazyjne metody, które nie wymuszają ingerencji w ciągłość tkanek pacjenta.

Dokładną, relatywnie tanią i łatwo dostępną metodą oceny struktur okolicy ścięgna Achillesa w okolicy jego wcięcia na powierzchnię guza piętowego, jest badanie ultrasonograficzne. Dzięki niemu możliwa jest dokładna ocena zarówno samego ścięgna Achillesa na całym jego przebiegu, jak i struktur rejonu górnio-tylnego kości piętowej. Główną zaletą jest fakt, iż przy ruchach zgięcia i wyprostu w stawie skokowym górnym ocenić można wsuwanie i wysuwanie się kaletki głębokiej z przestrzeni między przednim zarysem ścięgna a kością piętową. Oczywiście w przypadkach chorobowych, ruch ten nie będzie obserwowany.

Dobrze widoczna będzie również obecność stanu zapalnego. Cechami tego procesu jest wysięk w stawie, obrzęk lub przerost błony maziowej, patologiczne unaczynienie w obrębie i/lub okolicy kaletki oraz zrosty powodujące zaburzenie ruchomości fałdu tłuszczowo-maziowego kaletki. Dodatkowo ze względu na obecność ściany kostnej można obserwować nadżerki warstwy chrzęstnej lub chrzęstnej i kostnej [47,48].

W trudnych i niejasnych przypadkach, szczególnie, gdy w wywiadzie pojawi się incydent dużej traumy lub gdy badanie ultrasonograficzne nie wyjaśnia przyczyny dolegliwości bólowych, warto rozważyć badanie rezonansem magnetycznym. Wykonanie jednak tego badania, gdy wywiad i objawy przedmiotowe wskazują wyraźnie na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, nie jest „złotym standardem”. Na obrazie rezonansu możemy zobaczyć dokładną dystrybucję płynu w kaletce oraz grubość błony maziowej. Cechą charakterystyczną tego badania jest również możliwość oceny wielkości kaletki we wszystkich jej wymiarach. Rozmiar kaletki większy niż 1 mm w wymiarze przednio-tylnym, 11 mm w wymiarze poprzecznym lub 7 mm w wymiarze górno-dolnym jest diagnozowany jako nieprawidłowy [49].

Najnowsze badania dotyczące kaletki rozwinęły się również w kierunku oceny ciśnienia wewnątrz tej struktury anatomicznej. Hipotetycznie pomiar ten pomoże w diagnostyce, polegającej na różnicowaniu dolegliwości pochodzących z rejonu ścięgna Achillesa [50]. Zaawansowane badania niemieckich naukowców potwierdziły, że zwiększone ciśnienie w kaletce głębokiej jest charakterystyczne tylko dla pacjentów cierpiących z powodu przewlekłego zapalenia. Wyniki te mogą być przydane w przyszłości, jednak ze względu na fakt ingerencji w tkanki pacjenta, nie są one stosowane [51].

1.3. Kość piętowa

1.3.1. Anatomia kości piętowej

Kość piętowa to największa kość spośród wszystkich pozostałych kości stępu. Jest umiejscowiona w dolnej i tylnej części stopy. Jej kształt jest nieregularny, przypomina wydłużony sześciąt z długą osią skierowaną do przodu i bocznie. Anatomicznie umiejscowiona jest pod kością skokową, z którą tworzą biomechanicznie staw skokowy dolny. Powierzchnia górna kości piętowej jest uwypuklona w kierunku poprzecznym i delikatnie wklęsła w kierunku przednio-tylnym. Znajdują się na niej trzy powierzchnie stawowe dla kości skokowej, największa z nich umiejscowiona jest mniej więcej pośrodku i zwana jest powierzchnią stawową skokową tylną. Oddzielone strukturalnie bruzdą kości piętowej, do przodu i przyśrodkowo, znajdują się dwie powierzchnie stawowe: środkowa (położona na podpórcie kości skokowej) i przednia. Wszystkie te powierzchnie kości piętowej komplementarnie łączą się z odpowiadającymi im powierzchniami stawowymi na kości skokowej. Część tylną kości piętowej tworzy guz piętowy. Dolny i chropowaty odcinek guza pokryty jest tkanką tłuszczową i włóknistą piętą. Powierzchnia przednia o trójkątnym kształcie pokryta jest chrząstką szklistą i odpowiada za połączenie stawowe z kością sześciennej. Ciekawie ukształtowana powierzchnia boczna kości piętowej jest szeroka z tyłu i wąska z przodu i znajduje się na niej tzw. bloczek strzałkowy [52,53].

Kość piętowa, podobnie jak wszystkie kości stępu, zbudowana jest w większym stopniu z istoty gąbczastej. Struktura ta formuje porowatą sieć we wszystkich nasadach kości długich, wewnątrz kości płaskich, wielokształtnych. Właściwości elastyczne struktury gąbczastej mają wiele cech charakterystycznych, takich jak między innymi: średnia grubość pojedynczej beleczki, całkowita ilość beleczek w całej kości, ich orientacja i wzajemne połączenia. Tomografia komputerowa lub zdjęcie rentgenowskie pozwalają na dokładną, nieinwazyjną metodę oceny tej skomplikowanej struktury [54]. Co ciekawe beleczki ułożone są zwykle zgodnie z zasadą obciążenia, a ich stopień nachylenia jest pozytywnie skorelowany z mechaniczną wytrzymałością samej kości [55].

Na szczególną uwagę zasługuje również sam guz piętowy. Jest to miejsce przyczepu ścięgna Achillesa, które wraz z otaczającymi go strukturami jest najbardziej narażone na urazy przeciążeniowe. Badania naukowców zgłębiły dokładnie budowę tej struktury, uwidaczniając, że najbardziej prominentną częścią guza piętowego jest nierówna kresa oddzielająca środkową i dolną powierzchnię, która jednocześnie reprezentuje dalszy obwód przyczepu ścięgna

Achillesa. W większości przebadanych materiałów dolna część guza piętowego okazała się być prawie prostopadła do podłoża. Górna część guza piętowego wykazywała duże zróżnicowanie kształtu [56]. Dzięki tym samym badaniom dokładnie zmierzono grubość chrząstki włóknistej. Górna i środkowa powierzchnia stawowa pokryta jest 200 μm warstwą chrząstki, jej grubość maleje proksymalnie i zlewa się z ciekłą warstwą kolagenowej tkanki łącznej i okostną. Dla porównania, środkowa część kaletki głębokiej ścięgna Achillesa i region bezpośredniego przyczepu ścięgien jest złożona z chrząstki włóknistej o grubości 500 μm .

Od kiedy bieganie stało się popularną dyscypliną sportu, a wraz z tą popularnością wzrosła liczba kontuzji, naukowcy zastanawiają się, czy istnieją jakieś anatomiczne czynniki, które mogą stanowić zwiększenie ryzyka urazu. Amerykańscy badacze poddali ocenie kość piętową i z wykorzystaniem badania rezonansem magnetycznym, zmierzili średnią długość kości u osób trenujących bieganie. W wynikach jasno określili, że długość guza piętowego i ramię siły ścięgna Achillesa są ściśle skorelowane. Krótszy guz piętowy pozwala na większe rozciągnięcie ścięgna, a tym samym może zamienić więcej energii kinetycznej w energię elastyczną, co zmniejsza ogólne koszty energetyczne potrzebne do biegu [57].

1.3.2. Obrazowe metody oceny kości piętowej

Ocena obrazowa kości piętowej jest niezwykle ważna dla rozwoju anatomii z powodu klinicznego diagnozowania i leczenia stanów chorobowych związanych z tyłostopem, a także postępowania rehabilitacyjnego. Zdjęcia rentgenowskie tej okolicy standardowo wykonywane są również przed planowanymi zabiegami operacyjnymi w obrębie stawów i kości stopy. W tym celu najczęściej robione jest zdjęcie w projekcji bocznej. Dzięki wielu badaniom odnaleziono już istotne różnice w ukształtowaniu antropometrycznym kości piętowej, ze względu na wiek, płeć, a nawet pochodzenie etniczne [58,59,60].

Złamania kości piętowej stanowią około 2% wszystkich złamań. Jednakże, są one najczęściej występującym złamaniem w obrębie stawu skokowego (60%) [61]. W wyniku złamania kości piętowej dochodzi do obniżenia tylnej powierzchni stawowej. Bardzo dobrze opisaną i potwierdzoną metodą oceny tego złamania na zdjęciu rentgenowskim jest wyznaczenie kąta Böhlera. Za jego pomocą wyznacza się stopień obniżenia inklinacji piętowej. Jeśli kąt ten jest niższy niż wartość referencyjna, to świadczy on o proksymalnym przemieszczeniu guza piętowego. To najważniejszy wskaźnik diagnostyczny i prognostyczny wyników leczenia pacjentów po przebytym złamaniu kości piętowej. Nie wykazuje on zmienności pomiędzy różnymi populacjami [62].

W ciągu ostatnich dwudziestu lat nastąpiło znaczące udoskonalenie technologii wykonywania zdjęć tomograficznych. Obecnie dostępny wielokanałowy spiralny skaner CT pozwala na szybką ocenę bardzo cienkich fragmentów anatomicznych. Jest to istotny fakt ze względu na możliwość obrazowania złamania z dużą dokładnością, co jest niezmiernie przydatne przy planowaniu zabiegu operacyjnego [63]. Odtworzenie poprawnej morfologii kości piętowej jest kluczowe dla prawidłowej biomechaniki stawu skokowego. Dzięki ścisłej kolaboracji inżynierów medycznych, radiologów i ortopedów możliwe jest dziś stworzenie anatomicznego modelu 3D kości piętowej na podstawie zdjęć tomograficznych [64]. Modelowanie kości piętowej może być również wykorzystane w medycynie geriatrycznej. Być może wykonanie modelu pięty będzie czynnikiem prognostycznym powstawania owrzodzeń u pacjentów leżących. Czas potrzebny na wykonanie takiej symulacji wciąż jest jednak zbyt długi, ale narzędzie to jest bardzo obiecujące i warto śledzenia postępów badawczych [65].

Kość piętowa może okazać się też bardzo istotna w ocenie densytometrycznej. Badania ultrasonometryczne wydają się z pozoru dobrą alternatywą dla tradycyjnego badania gęstości kości (DXA), w diagnozowaniu osteoporozy czy badaniu postępów terapii. Wykorzystanie ultrasonografii jest tańsze, łatwo dostępne i nie wymaga od pacjenta poddawania się promieniowaniu rentgenowskiemu. W badaniach greckich naukowców można znaleźć potwierdzenie, iż ocena kości piętowej wpływa na rozróżnienie osoby z osteoporozą z osób zdrowych [66]. Pojawiają się również badania podające te doniesienia w wątpliwość [67].

1.3.3. Biomechanika stawu skokowego dolnego

Staw skokowy dolny stanowi połączenie pomiędzy kością skokową z jednej strony, a kością piętową i łódkowatą z drugiej. Więzadło skokowo-piętowo międzykostne anatomicznie dzieli ten staw na dwie oddzielne komory: staw skokowy dolny tylny i przedni. Biomechanicznie oba te stawy stanowią całość. Staw skokowy tylny utworzony jest przez wklęsłą powierzchnię stawową piętową tylną na kości skokowej i przez wypukłą powierzchnię stawową skokową tylną kości piętowej. Kapandji [68] podkreśla jednak, aby przed analizą ruchu w tym stawie, dokładnie zapoznać się z kształtem wspomnianych kości. Zwraca uwagę, że tylna piętowa powierzchnia stawowa dla kości skokowej zbliżona jest do elipsy o osi wielkiej skierowanej ukośnie ku przodowi i lateralnie, wzdłuż której jest ona wypukła. Powierzchnia płaska znajduje się wzdłuż drugiej, ortogonalnej osi. Kształtem przypomina zatem wycinek cylindra, którego oś przebiega ukośnie, od tyłu do przodu, z boku – dośrodkowo i lekko od góry ku dołowi. Komplementarna skokowa powierzchnia stawowa także ma cylindryczny kształt o podobnym promieniu i osi, z tą różnicą, iż cylinder ten jest wklęsły, a w przypadku kości

piętowej – wypukły. Nie można zapominać, że piętowe powierzchnie stawowe są jednocześnie częściami większego, wklęsłego, sferycznego stawu, który obejmuje także tylną powierzchnię stawową kości łódkowatej oraz grzbietową powierzchnię więzadła podeszwowego piętowo-łódkowego. Według anatomów niezwykle ważne jest również więzadło trójgraniaste, które układa się w sferyczne zagłębienie dla głowy kości skokowej [69].

Osie stawu skokowego dolnego przebiegają ukośnie, jedna oś biegnie od powierzchni tylnej do przedniej tworząc kąt ok. 40° z drugą osią przebiegającą w płaszczyźnie strzałkowej. Tworzy ona równocześnie kąt ok. 23° z linią pośrodkową w płaszczyźnie poprzecznej. Jednakże wyznaczanie osi wzdłuż stawu skokowego dolnego wykazuje dużą zmienność w różnych publikacjach [70,71]. Może to być wynik zróżnicowanej metody ich oceny. Początkowo jedyną metodą oceny był obraz ze zdjęcia RTG, dopiero później pojawiły się badania oparte na ocenie *in vivo*, dzięki użyciu rezonansu magnetycznego. Klinicznie, ruch w stawie skokowym dolnym klasyfikowany jest jako inwersyjno-ewersyjny. Zakres ruchu inwersji wynosi ok. $25-30^\circ$. Podczas tego badania przedni biegun kości piętowej przemieszcza się dośrodkowo, a cała kość układa się na powierzchni bocznej. Zakres ruchu ewersji wynosi ok. $5-10^\circ$ i podczas tego ruchu przedni koniec kości piętowej, przesuwa się w kierunku bocznym, a cała kość układa się na swej powierzchni przyśrodkowej. Obydwa te ustawienia charakteryzują się zmniejszoną stabilnością, ze względu na brak pełnego dopasowania ze sobą powierzchni stawowych. Sytuacja ta wymaga ze strony systemu więzadłowego dużego zaangażowania w utrzymanie odpowiedniej pozycji.

Istnieje wiele czynników, które mają związek z zakresem i prędkością pronacji w trakcie chodu. Im większy ciężar ciała danej osoby, tym większe obciążenie w fazie podparcia. Nadmierny ciężar ciała skutkuje większym wypłaszczeniem wysklepienia stopy, co skutkuje większą lub szybszą pronacją. Im szybsza staje się prędkość biegu, stopa spotyka się z podłożem w pozycji coraz większej supinacji w czasie, gdy pronacja osiąga mniej więcej ten sam kąt przy każdej prędkości. Dzięki temu możliwy jest większy zakres ruchu.

Kombinacja dwóch rodzajów powierzchni stawowych – sferycznej i cylindrycznej – w ramach jednego stawu wskazują na bardzo interesującą biomechanikę w obszarze danego stawu. W omawianym stawie istnieje tylko jedna pozycja optymalnej kongruencji, co oznacza, że jest tylko jedna pozycja maksymalnego dopasowania do siebie powierzchni stawowych. Tylko w tej pozycji struktury te są najlepiej przystosowane do przejęcia całego ciężaru ciała. To tzw. pozycja pośrednia, gdy stopa spoczywa prosto pod kością skokową, bez komponenty inwersyjnej lub ewersyjnej. Perfekcyjne dopasowanie zachodzi zatem w pozycji, kiedy

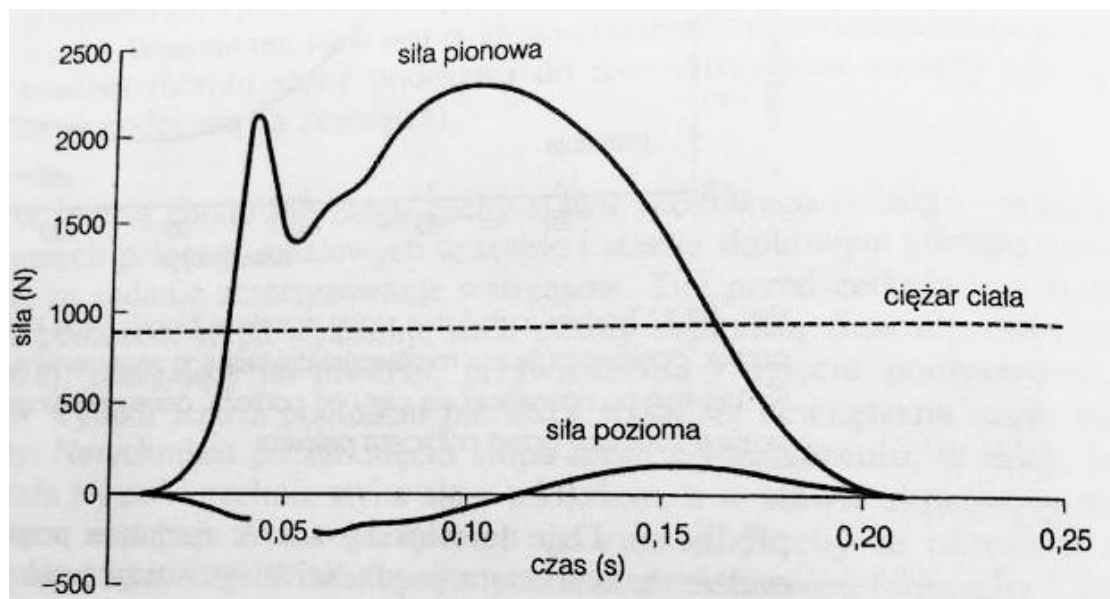
człowiek stoi obunóż na podłożu, równomiernie obciążając obydwie kończyny dolne. W innych ustawieniach pojawia się element dodatkowej gry stawowej, który jest wynikiem niepełnego kontaktu powierzchni stawu. Nie ma to jednak znaczenia z punktu widzenia biomechaniki stawu, ponieważ w tych pozycjach nie dochodzi do transmisji obciążeń [68,72].

Dodatkowym aspektem biomechaniki stawu skokowego dolnego jest jego interesująca zdolność do kompensacji zaburzeń, które powstają powyżej poziomu stawu skokowego górnego. Wytlumaczyć to można biorąc pod uwagę kształt i geometrię tylnej powierzchni kości piętowej. Brytyjscy naukowcy, w swoich badaniach porównują tę powierzchnię do śruby prawoskrętnej. Jeśli zaistnieją deformacje na poziomie powyżej górnego stawu skokowego, to zdrowy staw skokowy dolny powinien teoretycznie ulec pochyleniu w przeciwną stronę – kompensując deformację [73]. Tym samym tyłostopie zostaje zbalansowane. Mechanizm ten może być przyczyną, dzięki której zwyrodnienia stawu skokowego powstają stosunkowo w długim czasie po przebytym urazie. Wiele autorów potwierdza korelację pomiędzy koślawym ustawieniem w stawach kolanowych oraz koślawym ustawieniem tyłostopia [74].

Wszystkie stawy wchodzące w skład tyłostopia tworzą jedną, zintegrowaną funkcjonalnie jednostkę, zwaną kompleksem stawowym tyłostopia. Staw skokowy dolny oraz staw poprzeczny stępu są mechanicznie sprzężone i stanowią ekwiwalent pojedynczego stawu o jednym stopniu swobody ruchu wokół osi Henkego. Oś ta nie jest stała i niezmienna. W istocie jest mobilna i zmienia swoją orientację wraz z przebiegiem ruchu. Wnioskując dalej, można więc wyprowadzić dwie, mobilne, nierównoległe do siebie osie główne tyłostopia (oś stawu skokowego górnego i oś Henkego). Takie ustawienie osi można przenieść na podłoże mechaniki i porównać to ustawienie do przegubu uniwersalnego. Taki typ połączenia przenosi obciążenie rotacyjne jednego członu na drugi, niezależnie od ich aktualnego, wzajemnego ustawienia. Przywołanie tego porównania biomechanicznego, stanowi podstawę do zrozumienia czynności mięśni zaopatrujących stopę i budujących sklepienie podłużne [68].

W trakcie biegu pionowe ruchy ciała są większe niż podczas chodu, dlatego pojawia się faza lotu. Kiedy ciało opada z większej wysokości, ma wyższą prędkość w chwili uderzenia kończyny dolnej o podłoże. Siły działające pionowo pojawiające się w biegu są bezpośrednio związane z ciężarem ciała, który jest proporcjonalny do masy ciała. Podczas truchtu pionowe siły reakcji podłoża wynoszą około 2-2,5 ciężaru ciała. W miarę wzrostu prędkości rośnie również maksymalna siła uderzenia stopy o podłoże, a w raz z nią – szybkość przyrostu obciążenia. Wertykalna składowa siły reakcji podłoża wzrasta o wartość równą ciężarowi ciała (od dwukrotnej do trzykrotnej jego wartości), gdy prędkość biegu rośnie od 3 do 6 m/s [3,68].

Prawidłowy wykres siły typowy dla biegaczy obciążających najpierw piętę, potem całą powierzchnię stopy przedstawiono na rycinie 1.



Rycina 1. Rozkład sił pionowych i poziomych u osoby, która biegnie rozpoczynając kontakt z podłożem od pięty. Źródło: Błaszczuk JW. *Biomechanika kliniczna: podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2014, s. 258

Warto zauważyć, że styl ten (lądowanie „na piętę”) można zaobserwować u ok. 80% osób amatorsko trenujących bieganie. Jeśli punktem pierwszego zetknięcia jest środkowa część stopy to styl ten nazywamy lądowaniem „na śródstopiu”, jeśli natomiast inicjujący kontakt ma 1/3 przednia część stopy to „lądowanie na palcach”. Dwa ostatnie style charakteryzuje mniejsza siła uderzenia, ponieważ wstrząs jest tłumiony przez ekscentryczny skurcz mięśnia brzuchatego łydki.

1.3.4. Pięta Haglunda

Od czasu, kiedy termin ten został opisany przez szwedzkiego chirurga Patricka Haglunda w 1928 roku, jednostka ta przez lata, odnosiła się również to takich nazw jak: choroba Alberta, ostroga Haglunda, choroba Haglunda-Severa, *calcaneus altus*, pięta ogórkowa, pięta o kształcie wysokiego dziobu, pięta guzowata, *pump bump heel*, zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, pięta zimowa, a także - Achillodynia [75,76]. Można więc odnieść wrażenie, że choroba ta była bardzo nieprecyzyjnie traktowana w literaturze. Wszelkie zmiany w okolicy guza piętowego (związane z tkanką kostną oraz tkankami miękkimi) zaliczano do tej grupy. Jest to dość popularna dolegliwość, jednak ciągle niewystarczająco opisana.

Etiologia nie została dokładnie określona i potwierdzona rzetelnymi badaniami naukowymi. W dostępnej literaturze możemy znaleźć informację, iż jest to w przeważającej większości problem idiopatyczny, na którego wystąpienie mogą mieć jednak wpływ wymienione czynniki ryzyka takie jak: mocno napięte ścięgno Achillesa, wysokie wysklepienie stopy, sztywność pierwszego promienia, zaburzenia biomechaniki w dolnym stawie skokowym, nieprawidłowo dobrane obuwie czy skłonności genetyczne. Większa częstotliwość występowania została odnotowana u kobiet, najczęściej w średnim wieku. Bardzo często problem objawia się obustronnie [77]. Cechą charakterystyczną jest ból w okolicy guza piętowego, w miejscu wyrosła kostnej, do której przyczepia się ścięgno Achillesa. Nasila się on w momencie, kiedy pacjent inicjuje jakąś aktywność po czasie odpoczynku. Przylegające tkanki miękkie mogą ulec podrażnieniu, podczas ocierania się np. o zbyt sztywne buty. Sytuacja ta zwykle prowadzi do wystąpienia stanu zapalnego w obrębie kaletki ścięgna Achillesa lub samego ścięgna piętowego [78]. Kombinacja tych patologii nazywana jest syndromem Haglunda. Stan zapalny jednak może dotyczyć pojedynczych struktur i tak powinien być diagnozowany, ze względu na różne podejście terapeutyczne. Nie można wykluczyć również ogólnoustrojowych schorzeń, jak reumatoidalne zapalenie stawów (RZS) czy dna moczanowa, które mogą dawać podobny obraz chorobowy.

Ocenę kostnej wyniosłości guza piętowego umożliwia zdjęcie rentgenowskie, wykonane w projekcji bocznej. Widoczna jest kostna zmiana patologiczna w obrębie pięty, obrzęk w przestrzeni kaletki piętowej i zwiększona gęstość w kaletce powierzchownej ścięgna Achillesa. Objawy te mogą być związane z heterotroficzną strukturą guza piętowego w miejscu przyczepu ścięgna Achillesa do struktury kostnej lub w uformowaniu samego ścięgna piętowego. Warto zwrócić uwagę, iż nie istnieją absolutnie żadne normy standaryzujące kryteria oceny i diagnozowania patologicznej zmiany Haglunda, szczególnie w początkowych fazach jej rozwoju. Tylko niektóre parametry zostały opisane w literaturze [79,80]. W kwestiach spornych poleca się pacjentowi wykonanie badania rezonansem magnetycznym. Na tym obrazie w bardzo precyzyjny sposób można ocenić konflikt pomiędzy tylną-górną krawędzią guza piętowego a ścięgnem Achillesa. Widoczne mogą być zarówno zagęszczenia błony maziowej w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, jak również w obrębie samej struktury ścięgna czy opuchlizna w obszarze poduszeczki tłuszczowej tej okolicy. Wszystkie te objawy są cechą charakterystyczną wystąpienia stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej.

Współwystępowanie zwiększonej wyniosłości guza piętowego i zapalenia ścięgna Achillesa, związanego z jego przyczepem do powierzchni kostnej, według niektórych doniesień

wynosi 25% [81]. W każdym przypadku, kiedy te dwie jednostki występują jednocześnie, klinicyści powinni być w stanie je wyodrębnić i zaordynować odpowiednie leczenie.

Dotychczasowe podejście do leczenia syndromu pięty Haglunda opierało się na operacyjnej osteotomii guza piętowego. Najczęściej zabieg taki wykonuje się po wykonaniu cięcia skóry w okolicy pięty po stronie przyśrodkowej lub bocznej. Po zabiegu wymagany jest odpowiedni czas unieruchomienia kończyny w ortezie pneumatycznej. Komplikacje, które mogą pojawić, to między innymi: zaburzenie gojenia skóry, zerwanie ścięgna Achillesa, uszkodzenie nerwu strzałkowego, osłabienie struktury kości piętowej, nawrót dolegliwości z powodu niecałkowitego usunięcia zmiany, bolesność wokół blizny pooperacyjnej i w końcu brzydko wyglądająca blizna [82,83]. Alternatywą dla przedstawionego zabiegu operacyjnego jest podejście endoskopowe. Wymaga ono dwóch niewielkich nacięć, przez które wprowadza się narzędzia potrzebne do usunięcia wyniosłości z powierzchni guza piętowego oraz wyczyszczenia regionu ze zmienionej patologicznie błony maziowej. Także ten zabieg może nieść ze sobą niepożądane komplikacje. Ich liczba jest jednak zdecydowanie mniejsza (infekcje występują do 3% w stosunku do 12% po zabiegu z przecięciem ciągłości skóry i tkanki podskórnej). Wymagane jest jednak zawsze bardzo indywidualne podejście do zabiegu oraz doświadczenie operatora w tego typu zabiegach. Jeśli potwierdzono u pacjenta współistniejące, przewlekłe zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, można w trakcie jednego zabiegu dokonać także jej usunięcia [84].

Z przedstawionej analizy wynika, iż opisana jednostka chorobowa jest problemem bardzo złożonym, co znacznie utrudnia leczenie. Wydaje się jednak, iż każda decyzja o konieczności podjęcia leczenia operacyjnego, powinna być poprzedzona okresem rehabilitacji. W każdym przypadku powinno się spróbować zmiany obuwia, być może wykonanie indywidualnych wkładek ortopedycznych, podjęcie prób terapii manualnej w obrębie tkanek miękkich, stosowanie środków fizykoterapeutycznych lub doustne, okresowe przyjmowanie środków przeciwzapalnych. Jeśli leczenie takie nie przynosi spodziewanych efektów, należy rozważyć konieczność przeprowadzenia zabiegu operacyjnego.

1.4. Pedobarograficzne metody oceny chodu i biegu

Stopa ludzka jako struktura bardzo wyspecjalizowana, pełni szczególną rolę w układzie ruchu człowieka. Jej poprawna budowa anatomiczna warunkuje prawidłową funkcjonalność podczas chodu, amortyzacji oraz w trakcie utrzymywania stabilnej postawy stojącej.

Równocześnie współdziałanie stopy z innymi narządami, poprzez działanie łańcuchów kinematycznych może powodować szereg zmian wtórnych w innych częściach ciała. Z punktu widzenia biomechaniki istotne jest, aby móc ocenić nie tylko anatomiczne ukształtowanie stopy, ale także jej zdolność do przenoszenia obciążeń podczas ruchu.

Najstarszym sposobem oceny podeszwowej powierzchni stóp było badanie plantograficzne i podoskopowe. Najwcześniejszą wzmiankę na ten temat możemy odnaleźć w publikacji z 1929 roku, rosyjskiego autora Bałakiriewa [85]. Metoda ta polegała na wyznaczeniu podanych parametrów z prostej „odbitki” stopy na papierze lub kliszy. Bardzo zbliżone prace, prowadził nieco później w Polsce Wejsflog [86]. Pierwsza połowa XX wieku to czas kolejnych wzmianek o badaniach oceniających dystrybucję nacisku na odpowiednie części stopy, w swobodnej postawie stojącej. Kolejną udokumentowaną metodą była ocena odbitki stopy przeprowadzona przez Forstalla [87]. Badany stał na kartce papieru umieszczonej nad drucianą kratką, pod którą znajdowała się mata wysycona atramentem. Obszary stopy, które były najbardziej obciążone naciągały kratkę i odciskały się w odpowiednich miejscach na powierzchni maty. Pierwsze próby badania dynamicznego także opierały się na odbiciu stopy i zostały opracowane przez Mortona w 1930 roku [88]. Uczestnik badania spacerował wzdłuż maty nasączonej atramentem, z trójkątnymi marszczeniami rozmieszczonymi na jej powierzchni. Odbitki tworzyły równoległe linie, których szerokość była wprost proporcjonalna do nacisku.

Od tego czasu instrumentalne metody obserwacyjne (takie jak podoskop), elektroniczne platformy pomiaru nacisku czy wkładki do butów oceniające dystrybucję sił, zostały wykorzystane w wielu badaniach i doniesieniach naukowych. Metody, które do tej pory dostępne były tylko w specjalistycznych klinikach stały się powszechne i częściej wykorzystywane w codziennej praktyce lekarzy i fizjoterapeutów.

Wyróżniamy trzy główne kierunki wykorzystania pedobarografii w badaniach naukowych. Pierwszym celem jest ocena wyników leczenia operacyjnego. Sprawdzenie funkcji biomechanicznych ułatwia analiza obciążeń na podeszwowej stronie stopy w czasie stania i chodu. Analiza jest płaszczyznowym odwzorowaniem zjawisk mechanicznych zachodzących w przestrzeni. Wektory działających sił w kończynie dolnej odwzorowują się w postaci map obciążeń w badaniu pedobarograficznym [89]. Drugim celem jest ocena postępów działań rehabilitacyjnych. W badanej grupie chorych ewaluację pedobarograficzną stosuje się do wyznaczenia rozkładu nacisków na podeszwowej stronie stopy w trakcie i po zakończeniu leczenia. W grupie badanej oczekuje się normalizacji rozkładu siły nacisków.

Stopniowy powrót pełnej funkcji kończyny pokrywa się najczęściej ze zmianą obrazu pedobraograficznego [90]. Spodziewamy się go średnio po około 3 miesiącach intensywnej rehabilitacji (okres remodelingu struktury ścięgna i włókien kolagenowych). Trzecim celem jest pomoc w projektowaniu indywidualnego zaopatrzenia ortopedycznego. Badanie może być zaawansowane na tyle, na ile pozwala dostępna aparatura. Można dokonać porównania chodu bez obuwia z chodem modelowanym miękkimi orteżami. Istnieje również możliwość wykorzystania miękkich wkładek z sensorami, które oceniają obciążenie podczas chodu w butach. Dzięki temu można sprawdzić dystrybucję sił nacisków w sytuacji bezpośrednio odzwierciedlającej rzeczywistość [91].

Badanie rozkładu sił na podeszwowej powierzchni stóp możemy podzielić na takie, w którym oceniamy statyczną postawę uczestnika lub jego aktywność dynamiczną. Statyczne obrazowanie sił daje nam informację o stosunku obciążenia prawej do lewej strony ciała w swobodnej postawie stojącej oraz rozkład sił w obrębie jednej stopy. Najprostszym sposobem, lecz najbardziej zawodnym, jest użycie podoskopu. Metoda ta polega na obserwacji podeszwowej części stóp osoby stojącej na przezroczystej, podświetlonej platformie. Próba ta jest jednak obarczona dużym błędem pomiarowym [92]. Rozwój techniki umożliwił rejestrację obrazu w systemie elektronicznym, a także jego późniejszą obróbkę z użyciem technik cyfrowych. Statyczna ocena pedobarograficzna, przy użyciu platform elektronicznych, zaczęła się kształtować we Francji około roku 1966. Skonstruowano tam pierwszy system złożony z matrycy, która zawierała 8 czujników pojemnościowych do rejestracji nacisku na podłoże [93].

1.4.1. Typy systemów pomiarowych

Obecne systemy pomiarowe możemy podzielić na dwa typy. Pierwszy typ to taki, który mierzy siły, czyli interakcję pomiędzy stopą a podłożem. Dzięki niemu jesteśmy w stanie wyznaczyć siły ścinające, przednio-tylne i boczne oraz siły pionowe. Program komputerowy pozwala przeanalizować punkt przyłożenia i dokładnego kierunku działania siły. Ogromną zaletą tego systemu jest bardzo duża częstotliwość odświeżania danych, dzięki czemu pomiar jest dokładny. Znaczną wadą jest jednak fakt, iż urządzenia te nie są w stanie umiejscowić sił względem powierzchni anatomicznych stopy. Drugi typ, mierzy natomiast nacisk, który jest miarą rozkładu sił na podeszwowej stronie stopy (siła/jednostka powierzchni). System ten wykorzystuje przetworniki elektromechaniczne (czujniki). Mierzą one nacisk na określoną jednostkę powierzchni.

Klasyfikacje urządzeń pomiarowych można przeprowadzić na podstawie rodzaju użytych czujników:

1. Czujniki, które skupiają się na pomiarze naprężenia – pod wpływem nacisku dochodzi do odkształcenia przewodnika i zmiany jego długości, a w konsekwencji jego przekroju. Towarzyszy temu zmiana oporności przekroju czujnika, którą rejestruje system.
2. Czujniki opornościowe – pod wpływem nacisku warstwa przewodząca, która łączy dwa obwody drukowane, zbliża się do nich i zwiększa przepływ prądu rejestrowanego przez czujnik. Takie czujniki są cienkie, dzięki czemu można użyć je jako matrycę we wkładkach do butów.
3. Czujniki pojemnościowe, które składają się z dwóch elementów przewodzących, oddzielonych warstwą dielektryka. Pod wpływem mechanicznego odkształcenia dielektryk spłaszcza się i w konsekwencji zmienia pojemność elektryczną czujnika.
4. Czujniki piezoelektryczne wykorzystują materiał piezoelektryczny, który pod wpływem nacisku zmienia rozkład ładunków elektrycznych, co jest wychwytywane przez system i rejestrowane. Duża częstotliwość odświeżania w tych systemach pozwala na rejestrowanie takich czynności, jak np. bieg.

1.4.2. Pomiar w warunkach statycznych i dynamicznych

Badanie pedobarograficzne można wykonać, w zależności od wskazań i potrzeb, w pozycji statycznej lub w warunkach dynamicznych: takich jak chód czy bieg.

W badaniach naukowych bardzo wiele publikacji opisuje zastosowanie oceny rozkładu sił w pozycji statycznej w diabetologii. Dobór odpowiedniego obuwia w tym przypadku jest sprawą bardzo istotną, ponieważ tworzące się na podeszwowej stronie stóp zgrubienia naskórka, mogą prowadzić do powstawania owrzodzeń i ran. W przypadku polineuropatii czuciowej, która jest jednym z objawów cukrzycy, miejsca takie często stają się uporczywe w leczeniu i mogą skutecznie blokować i opóźniać proces działań rehabilitacyjnych [94]. Badanie w tym przypadku może pomóc również w trakcie tworzenia indywidualnego zaopatrzenia ortopedycznego dla pacjenta. Dzięki dokładnej analizie miejsc o zwiększonym nacisku i potencjalnej możliwości wystąpienia owrzodzeń w tym regionie, wykonanie wkładki do buta, która odciąży dany region, zwiększy komfort poruszania się i zmniejszy ryzyko pojawienia się ran [95].

Badanie statyczne jest również często stosowane w przesiewowym wykrywaniu płaskostopia u dzieci [96]. Jest to jednak kontrowersyjna metoda, ponieważ analiza ta nie uwzględnia aktywności mięśni podczas ruchu. Może zatem prowadzić do błędnych wniosków, w których stwierdzenie zaburzenia ukształtowania wysklepienia stóp, w konsekwencji będzie prowadzić do zaordynowania dziecku wkładek, które pogłębią problem. Dodatkowo warto również nadmienić, że nie ma potwierdzonych, ogólnie przyjętych norm odnośnie rozkładu sił na podeszwową stronę stóp. Wyniki i przyjęte normy będą zależeć w dużej mierze od wykorzystanego oprogramowania komputerowego.

Zdecydowaną przewagą badania dynamicznego od statycznego jest możliwość obserwacji rozkładu sił podczas przetoczenia stopy po podłożu. Badanie statyczne ukazuje wydolność stopy jako organu podporowego. Można dzięki niemu zaobserwować strefy nacisku, dokonać prostych pomiarów liniowych i kątowych, umożliwiających ocenę sklepienia podłużnego i poprzecznego stopy podczas obciążeń statycznych. Jednak ważniejszą funkcją stopy jest jej rola w lokomocji człowieka jako aparatu amortyzacyjnego. Dla uzyskania pełnego obrazu sprawności stopy we wszystkich aspektach jej czynności odwołać się należy do wyników badania dynamicznego [97]. W badaniach naukowych można znaleźć wiele dowodów potwierdzających rolę oceny pedobarograficznej przed i po zabiegach operacyjnych w obrębie stopy np. po zabiegu korekcji palucha koślawego [98], osteotomii [99] czy zespoleniu po złamaniu w obrębie kości piętowej [100]. Jasno wynika z nich, że zabieg operacyjny często nie zmienia sposobu obciążania. Co za tym idzie, sytuacja taka może prowadzić do powrotu dolegliwości bólowych i stanu sprzed zabiegu.

Po przeanalizowaniu aktualnej literatury fachowej nie odnaleziono jednak porównania obciążania i przetaczania stóp w różnych typach ukształtowania guza piętowego

2. CEL PRACY I HIPOTEZY BADAWCZE

Celem pracy jest ocena wpływu ukształtowania powierzchni guza piętowego na występowanie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie, w tym udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jaka jest możliwa zmienność anatomiczna ukształtowania guza piętowego?
2. Jaka zależność występuje pomiędzy ruchomością kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, stopą przyczepu ścięgna piętowego, ocenianą na podstawie badania ultrasonograficznego, a przebyłym zapaleniem w obrębie tej struktury?
3. Jaka jest relacja pomiędzy parametrami ocenianymi na podstawie zdjęcia rentgenowskiego, takimi jak: kąt Bohlera czy kąt nachylenia kości piętowej, a przebyłym zapaleniem kaletki głębokiej ścięgna Achillesa?
4. Czy można wyznaczyć powtarzalny schemat statycznego obciążenia stóp oraz ich przetaczania w sytuacji przebytego zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa?
5. Czy możliwe jest wyznaczenie czynników ryzyka wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie na podstawie oceny ultrasonograficznej, rentgenowskiej i pedobarograficznej?

Hipotezy badawcze:

- 1) Istnieje znaczna zmienność ukształtowania guza piętowego, która może być oceniona na podstawie badania ultrasonograficznego lub rentgenowskiego.
- 2) W przypadku nisko schodzącego przyczepu ścięgna Achillesa do powierzchni guza piętowego, wzrasta ryzyko wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.
- 3) Anatomiczne ukształtowanie guza piętowego o płaskim charakterze może powodować konflikt z tkankami miękkimi w tym regionie i przy dodatkowym obciążeniu aktywnością ruchową może, spowodować wystąpienie stanu zapalnego.
- 4) Schemat statycznego obciążenia oraz stereotyp przetoczenia stóp będzie inny u osób, które przebyły zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.
- 5) U osób, u których występuje płaskie ukształtowanie guza piętowego, z nisko schodzącym przyczepem ścięgna Achillesa oraz mniejszą powierzchnią kaletkową, będzie występowała większa szansa zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. Materiał badań

3.1.1. Teren zbierania danych i okres trwania badań

Badania zostały prowadzone na terenie Centrum Medycznego REHABILITANCI.PL oraz Pracowni Diagnostyki Obrazowej Wyrobek Sp. z o.o. w Krakowie. Czas trwania zbierania danych wynosił 2 lata. Na realizację niniejszych badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej UJ (zgoda nr 122.6120.314.201) i zostało ono wypełnione zgodnie z jej ustaleniami.

3.1.2. Organizacja badań

Badania zostały zaprojektowane według etapów, które zostały zamieszczone w tabeli I.

Tabela I. Etapy prowadzonych badań

Etapy badań		Cel i rodzaj podjętych badań
I.	Przygotowanie założeń badawczych	<ul style="list-style-type: none"> - Określenie obszaru i tematu badań. - Przegląd piśmiennictwa celem oceny aktualnego stanu wiedzy dotyczącej tematu. - Sformułowanie celu badań, problemów badawczych, zmiennych oraz hipotez badawczych. - Wybór metod i narzędzi badawczych. - Dobór próby do badań.
II.	Uzyskanie zgody na przeprowadzenie badań	<ul style="list-style-type: none"> - Przygotowanie i złożenie wniosku do Komisji Bioetycznej UJ w Krakowie. - Uzyskanie zgody na przeprowadzenie badań nr 122.6120.314.201. - Zgoda Centrum Medycznego REGABILITANCI.PL na przeprowadzenie badania na terenie placówki. - Zgoda pracowni diagnostyki obrazowej Wyrobek Sp. z o.o. na darmowe wykonanie zdjęć rentgenowskich pacjentom objętym badaniem.
III.	Przeprowadzenie badań pilotażowych	Weryfikacja doboru próby badanej, organizacja przebiegu badania, ocena trafności metod i narzędzi badawczych oraz jasności i jednoznaczności pytań kwestionariuszy.
IV.	Przeprowadzenie badań właściwych	W okresie od grudnia 2016 do sierpnia 2018 roku.
V.	Analiza danych surowych i prezentacja wyników	Opracowanie statystyczne danych przeprowadzono w okresie od września 2018 do listopada 2018 roku.

3.1.3. Grupa badana

Do badania zaproszono 44 osoby, które zgłosiły się do Centrum Medycznego z powodu zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa oraz zadeklarowały jako jedną z uprawianych dyscyplin sportowych – bieganie (minimum 3 razy w tygodniu, ok. 30 km/tydzień). Pozytywną,

świadomą zgodę na udział w badaniu wyraziły 33 osoby. Z grupy tej wyłączono 3 osoby, które spełniały w chwili oceny klinicznej kryteria wyłączenia. U wszystkich potwierdzono aktualne, jednostronne zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa na podstawie badania klinicznego, objawów i badania ultrasonograficznego.

a) kryteria włączenia do badania:

- przebyte i potwierdzone badaniem klinicznym zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa,
- odpowiedni wiek oraz obciążenie treningowe,
- brak występowania aktualnie innych dolegliwości bólowych w obrębie stawu kolanowego lub biodrowego.

b) kryteria wykluczenia z udziału w badaniu:

Celem ujednolicenia grupy badanej i wykluczenia osób, u których inne schorzenia mogłyby mieć wpływ na kształtowanie się nacisku i wzorce obciążania stopy, ustalono kryteria wyłączające:

- brak zgody pacjenta na udział w badaniu;
- przebyte lub aktualnie prezentowane schorzenia neurologiczne, ortopedyczne, reumatologiczne (nowotwory, wady wrodzone, skolioza, asymetria długości kończyn, fibromialgia, reumatoidalne zapalenie stawów, łuszczycowe zapalenie stawów oraz inne choroby układowe przebiegające z zapaleniem stawów);
- przebyty uraz kręgosłupa;
- operacje przeprowadzone w obrębie stawu skokowego i/lub stopy;
- zmiany zwyrodnieniowe stawów biodrowego, kolanowego lub kompleksu podskokowego przebiegające z ograniczeniem ruchomości w tych stawach.

W tym celu przeprowadzono badanie podmiotowe i przedmiotowe, pod kątem wystąpienia wyżej wymienionych kryteriów.

3.1.4. Charakterystyka grupy kontrolnej

Do grupy tej losowo zakwalifikowano i zbadano 30 osób, które trenują rekreacyjnie lub zawodowo bieganie, w wymiarze odpowiadającym wymaganiom badania. Zaproszenie do udziału w badaniu wystosowano do 56 osób z różnych grup biegowych i klubów sportowych.

a) kryteria włączenia do grupy:

- brak aktualnych dolegliwości bólowych w obrębie stóp, kolan i bioder,
- odpowiedni wiek i obciążenie treningowe,
- nieprzebyte operacje w obrębie stawów skokowych,
- świadoma zgoda na udział w badaniu.

Ocena jednego pacjenta składała się z wywiadu, polegającego na wypełnieniu przez badanego kwestionariusza ankiety, oceny ultrasonograficznej i pedobarograficznej w trakcie jednej wizyty w centrum medycznym oraz badania rentgenowskiego w pracowni diagnostycznej w trakcie kolejnego spotkania.

3.2. Metodyka

3.2.1. Metody zbierania danych

W pracy wykorzystano metodę sondażu diagnostycznego przy użyciu autorskiego kwestionariusza ankiety oraz badanie kliniczne pacjenta przy użyciu takich narzędzi badawczych jak:

- aparat rentgenowski (Q-RAD DS firmy Quantum Medical Imaging),
- aparat ultrasonograficzny (MyLab25Gold, produkcji Esaote, S.p.A),
- platforma do badania pedobarograficznego (Footscan System firmy RS Scan v 9.0).

3.2.2. Badanie kliniczne

Do oceny klinicznej badanych wykorzystano test dotykowy według metodologii amerykańskich autorów publikacji [98]. Polega on na umiejscowieniu, przez osobę wykonującą test, palca wskazującego i kciuka jednej ręki po obu stronach kąta wcięcia ścięgna Achillesa pacjenta i ściśnięciu go. Palcem wskazującym drugiej ręki zadajemy w tym samym momencie, osiowy nacisk na dystalny odcinek ścięgna. Zwiększenie ciśnienia i fluktuacja spowodują wypełnienie się przestrzeni kaletki głębokiej. W przypadku stanu zapalnego w obrębie kaletki wywoła to odruchową reakcję bólową. Dla potwierdzenia diagnozy każdemu pacjentowi zostało wykonane badanie ultrasonograficzne potwierdzające obecność stanu zapalnego. Jednocześnie wykluczono inne, dodatkowe jednostki chorobowe w obszarze przyczepu ścięgna Achillesa do powierzchni guza piętowego.

Jeśli pacjent spełniał kryteria włączenia, fizjoterapeuta przedstawiał mu możliwość wzięcia udziału w badaniu. W dniu przeprowadzania dalszej oceny uczestnicy proszeni byli

o wypełnienie i podpisanie formularza świadomej zgody na udział w badaniu oraz formularza o ochronie danych osobowych.

Właściwe badanie w ramach projektu wykonane było po wyciszeniu stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, tak aby obecny ból w tej okolicy nie zaciemnił wyników badania.

3.2.3. Kwestionariusz ankiety

W przeprowadzonym badaniu kwestionariuszowym ankietowani deklarowali średnią ilość treningów biegowych w ciągu tygodnia oraz średni tygodniowy kilometr. Zostały zebrane podstawowe dane socjodemograficzne (wiek, płeć, stan cywilny, miejsce zamieszkania, rodzaj aktywności zawodowej).

Dodatkowe pytania dotyczyły przebytych kontuzji, które spowodowały istotną przerwę w cyklu przygotowań sportowych oraz samoocenę ogólnego stanu zdrowia. Zwrócono uwagę na charakter i lokalizację ewentualnych dolegliwości bólowych (innych niż zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa) podawanych przez pacjenta, które mogłyby mieć wpływ na wynik badania.

Wymienione narzędzie badawcze zostało zamieszczone w załączniku nr 1 niniejszej pracy.

3.2.4. Procedury pomiarowe

W dniu badania uczestnicy poproszeni zostali o przeczytanie, wypełnienie i podpisanie formularza świadomej zgody na udział w badaniu oraz dokumentu o ochronie danych osobowych. Przed rozpoczęciem badania fizjoterapeuta wyjaśniał przebieg procedur pomiarowych oraz odpowiadał na wszelkie pytania i wątpliwości uczestników.

Każda osoba otrzymała uprzednio dokładne instrukcje, co do przygotowania się do badania. Uczestnicy proszeni byli o niepodejmowanie nadmiernej (większej niż zazwyczaj) aktywności fizycznej dzień przed planowanym spotkaniem w ramach projektu. Proszeni byli o przebranie się w strój sportowy, który nie krępowałby ruchów oraz zabranie ze sobą aktualnego obuwia biegowego (jeśli użytkowane były różne buty, w zależności np. od nawierzchni, należało przynieść ze sobą wszystkie używane pary).

Na każdym etapie badania można było zrezygnować z udziału w projekcie bez żadnych konsekwencji.

3.2.5. Badanie radiologiczne

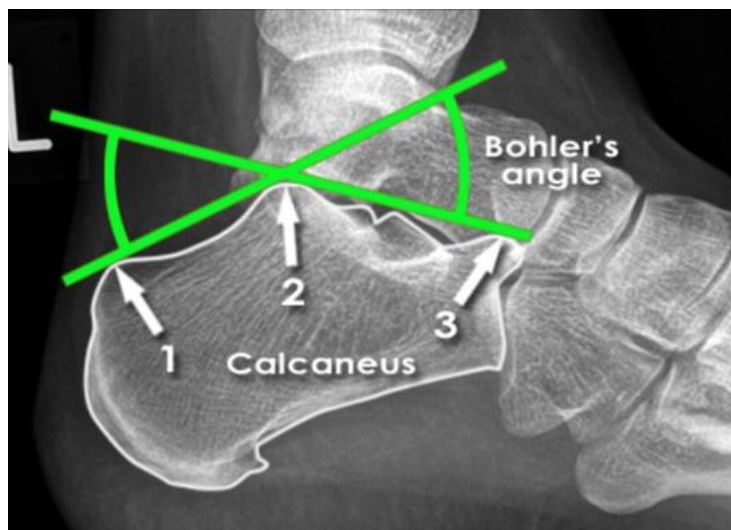
Wszystkim badanym zostało wykonane zdjęcie radiologiczne w pozycji stojącej (w pełnym obciążeniu) w projekcji A-P obu stóp. Procedura badania przeprowadzona została zgodnie ze standardem przyjętym w aktualnej literaturze medycznej [99]. Badani poproszeni byli o wstąpienie na postument i wykonanie wykroku. Ciężar ciała pozostawać miał na nodze wykroczonej, ugiętej w kolanie pod kątem 90° . Ręce opuszczone swobodnie wzdłuż ciała. Radiogramy wykonano przy użyciu aparatu rentgenowskiego Q-RAD DS firmy Quantum Medical Imaging. Analizowano obrazy cyfrowe w formacie DICOM. W celu jak najlepszej oceny parametrów, obrazy zostały wyśrodkowane, a kolory wzmacnione. Opisu zdjęć radiologicznych dokonał wykwalifikowany lekarz radiolog (dwudziestoletnie doświadczenie zawodowe). Przy pomocy dołączonego oprogramowania na wyskalowanym RTG dokonano pomiarów:

- a) kąta guzowo-stawowego tzw. kąta Böhlera,
- b) kąta nachylenia (Calcaneal Pitch),
- c) współczynnika skokowo-piętowego,
- d) oceniono ukształtowanie (morfologia) guza piętowego.

3.2.5.1. Metoda wyznaczenia kąta guzowo-stawowego (Böhlera)

Kąt wyznaczony został zgodnie z metodologią przedstawioną przez autora [103].

Procedura: Na radiogramie w projekcji bocznej wykreślono dwie linie. Pierwsza wyznaczona została od najwyższego punktu na wyrostku przednim (1) do najwyższego punktu tylnej części powierzchni stawowej (2). Druga linia jest styczna do górnej krawędzi guza piętowego (3). Kąt ten służy do pomiaru stosunku pomiędzy poszczególnymi częściami kości piętowej (Rycina 2).



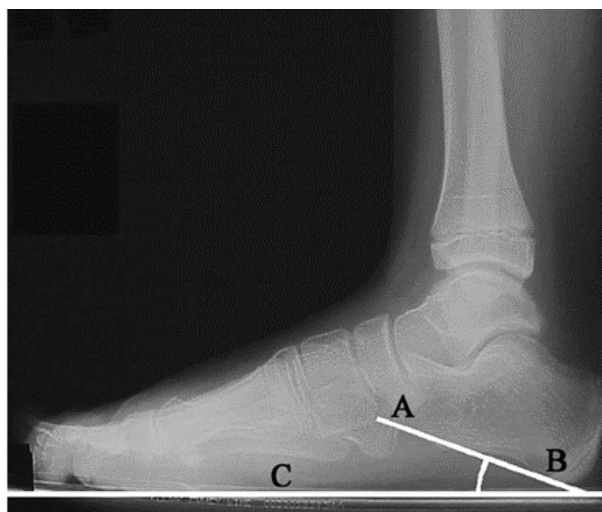
Rycina 2. Obraz RTG przedstawiający sposób wyznaczania kąta stawowo-guzowego.
 1- wyrostek przedni kości piętowej, 2 – najwyższy punkt tylnej części powierzchni stawowej, 3 - górna krawędź kości piętowej. Źródło: Archiwum fotografii własnych

Oceniłone parametry: Wynik podany został w stopniach. Osobno dla prawej i lewej stopy. Prawidłowa wartość przyjęta na podstawie aktualnych badań brytyjskich naukowców dla zdrowej populacji - wynosi 28,2-44,5° [104].

3.2.5.2. Metoda wyznaczenia kąta nachylenia kości piętowej (Calcaneal Pitch)

Metodologia oceniania danego parametru wyznaczona na podstawie publikacji [105].

Procedura: Na radiogramie w projekcji bocznej wyznaczone zostały dwie linie. Pierwsza linia przebiegała poziomo do podłoża, łącząc dwa punkty – podstawę głowy piątej kości śródstopia (C) i dolną część guza piętowego (B). Druga linia przebiegała od dolnej części guza piętowego (B), aż do powierzchni stawowej łączącej kość piętową z kością sześcienną (A) (Rycina 3).



Rycina 3. Obraz RTG przedstawiający sposób oceny nachylenia kości piętowej.

Punkt A – powierzchnia stawowa łącząca kość piętową z kością sześciennej, punkt B – dolna część guza piętowej, C – podstawa V kości śródstopia. Źródło: Archiwum fotografii własnych

Oceniłone parametry: Na przecięciu dwóch wyznaczonych linii został wykreślony kąt, a wynik podany w stopniach. W oparciu o metodologię przedstawioną we wspomnianej wyżej publikacji ocena nachylenia została przyjęta następująco:

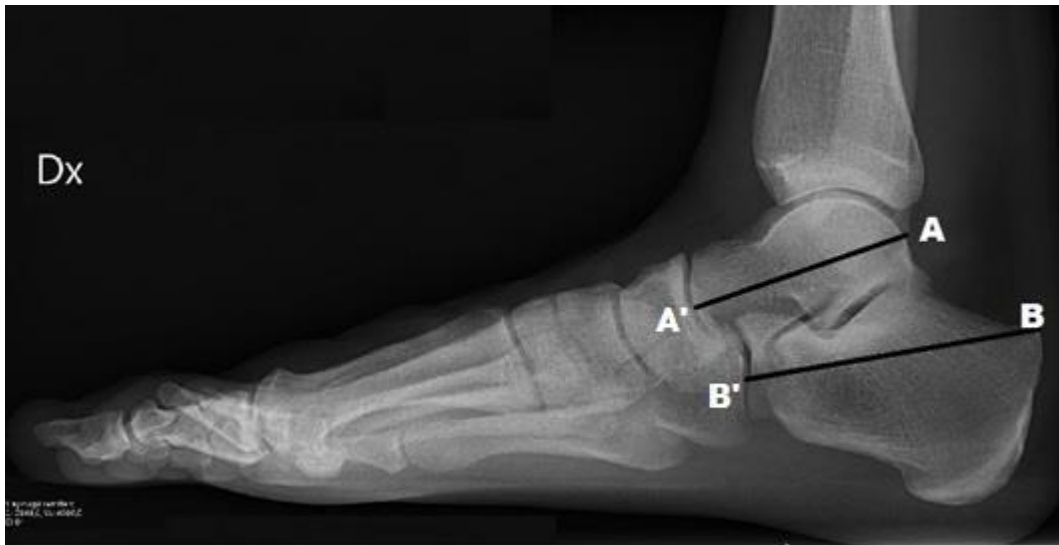
- a) stopa o prawidłowy wysklepieniu ($20-30^\circ$),
- b) stopa płaska ($>20^\circ$),
- c) stopa wydrążona ($<30^\circ$).

3.2.5.3. Metoda oceny współczynnika skokowo-piętowego

Badania biomechaniczne wykazały, że długość kości piętowej stanowi bardzo ważny czynnik w wyznaczaniu długości ramienia dźwigni dla ścięgna Achillesa. Przedstawiony współczynnik jest stosunkowo nowym parametrem. Metoda wyznaczania przeprowadzona zgodnie z instrukcją autorów [106].

Procedura: Na radiogramie w projekcji bocznej wyznaczone zostały dwa stałe punkty na kości skokowej, pierwszy przebiegający przez środek stawu skokowo-łódkowego (A') i drugi na najdalej do tyłu umiejscowionym punkcie na tylnej powierzchni stawowej bloczka kości skokowej (A). Analogicznie wyznaczono dwa stałe punkty na powierzchni kości piętowej, pierwszy przebiegający przez środek stawu piętowo-sześciennego (B') oraz drugi znajdujący się na najdalej z przodu wysuniętym punkcie guzka kości piętowej (B), tak jak zaprezentowano

to na rycinie 4. Długość obu linii została zmierzona, a następnie wyznaczony został współczynnik długości pomiędzy nimi.



Rycina 4. Zdjęcie RTG przedstawiające metodę wyznaczania parametrów do obliczenia współczynnika skokowo-piętowego. A' – środek stawu skokowo-lódkowego, A - najdalej umieszczony punkt na tylnej powierzchni stawowej blozka kości skokowej, B' - środek stawu skokowo-sześciennego, B – guzek kości piętowej. Źródło: Archiwum fotografii własnych

Oceniane parametry: Wyznaczony współczynnik został następnie pomnożony przez poddaną estymacji długość kości piętowej. Najlepszy współczynnik, określający najkorzystniejsze ramię dźwigni dla ścięgna Achillesa według autorów tekstu, powinien wynosić 1,3.

3.2.5.4. Ocena ukształtowania guza piętowego na podstawie zdjęcia rentgenowskiego

Po przeanalizowaniu wszystkich radiogramów wyodrębniono trzy najbardziej charakterystyczne i najczęściej powtarzalne rodzaje ukształtowania powierzchni guza piętowego. Analiza miała charakter obserwacyjny i porównawczy. Brak w literaturze porównania tych danych, ponieważ nie prowadzone były do tej pory tego rodzaju badania.

Wyodrębnione następujące typy ukształtowania powierzchni guza piętowego:

- a) zaokrąglona,
- b) płaska,
- c) schodkowa.

3.2.6. Badanie ultrasonograficzne

Ocena struktur miękkich okolicy guza piętowego została wykonana na podstawie badania ultrasonograficznego wykonanego głowicą o częstotliwości 18 MHz.

Procedura: Badani proszeni byli o położenie się na leżance w pozycji leżenia przodem, tak aby stopy pozostawały poza krawędzią łóżka, ułatwiało to badanie w trakcie zgięcia grzbietowego stawu skokowego. Ręce ułożone wzdłuż ciała. Pomiar posiadał dwie formy dokumentacji: papierową oraz cyfrową na nośniku DVD. Każdy pacjent otrzymał wyniki badania opatrzone dokładnym opisem i zdjęciem. Deskrypcji i analizy dokonała wykwalifikowana doktor ortopeda (dwudziestoletnie doświadczenie zawodowe).

Oceniłone parametry:

1. Długość przyczepu końcowego ścięgna Achillesa.
2. Wielkość powierzchni kaletkowej.
3. Grubość ścięgna Achillesa.
4. Ocena ruchomości kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.

3.2.6.1. Metoda wyznaczenia długości przyczepu końcowego ścięgna Achillesa

Metodologia pomiaru na podstawie badania finlandzkich naukowców [107]. Odpowiada ona ocenie różnorodnej grupy pod względem wieku.

Procedura: Zapis ultrasonograficzny końcowej strefy przyczepu ścięgna Achillesa wykonany był w płaszczyźnie poprzecznej, 4 centymetry proksymalnie od dalszego marginesu guza piętowego, co stanowi najcieńszy wolny fragment ścięgna piętowego.

Oceniłone parametry: Długość przyczepu końcowego mierzona była przy pomocy linijki na obrazie cyfrowym ultrasonografu, a wynik podany został w milimetrach. Pomiar wykonany symetrycznie dla obu kończyn dolnych.

3.2.6.2. Metoda wyznaczenia wielkości powierzchni kaletkowej

Procedura: Pomiar obejmował stosunek w linii prostej, długości stopy przyczepu ścięgna Achillesa na powierzchni guza piętowego do tylnej części guza, gdzie przylega kaletka.

Oceniłone parametry: Wynik podany w milimetrach. Pomiar wykonany dla obu stóp.

3.2.6.3. Metoda wyznaczenia grubości ścięgna Achillesa

Procedura: Punkt oceny grubości ścięgna Achillesa oznaczony został w odległości 30 mm od najdalej wysuniętego do tyłu punktu guza piętowego lub w przypadku patologicznego pogrubienia – pomiar został wykonany na wysokości kaletki. Badanie przeprowadzone na podstawie metodologii przedstawionej przez autorów [108].

Ocenięone parametry: Wynik podany będzie w milimetrach, dla każdej kończyny dolnej osobno.

3.2.6.4. Metoda oceny ruchomości kaletki głębokiej ścięgna Achillesa

Region kontaktu pomiędzy ścięgnem Achillesa a guzem piętowym tworzy punkt podparcia, która zapewnia mechaniczne wsparcie ścięgna przez zwiększenie ramienia dźwigni. Kaletka głęboka jest ruchoma, przemieszcza się wraz z ruchem zgięcia podszwowego i grzbietowego wykonywanego w stawie skokowym. Ruch kaletki uzależniony jest od jej anatomicznych predyspozycji (np. limitujące ruchomość otaczające struktury kostne) oraz napięcia sąsiadujących tkanek miękkich (np. ścięgna mięśni brzuchatego i płaszczkowatego).

Procedura: Badający przykładą głowicę ultrasonograficzną w miejscu uwidaczniającym tylną powierzchnię guza piętowego (przyczep końcowy ścięgna), ścięgno Achillesa i kaletkę głęboką. Następnie prosi pacjenta o aktywne wykonanie ruchu, tylko w stawie skokowym, w możliwie pełnym zakresie.

Ocenięone parametry: Ruch kaletki w trakcie aktywnego ruchu pacjenta w stawie skokowym. Wynik podany w trzystopniowej skali:

1. Pełny fizjologiczny ruch kaletki.
2. Limitowany ruch kaletki (ruch istnieje, lecz występują pewne ograniczenia).
3. Brak ruchu kaletki.

3.2.7. Badanie pedobarograficzne

Ocena parametrów biomechanicznych została wykonana przy pomocy półmetrowej platformy Footscan®9 firmy RSscan (4096 czujników, skanowanie do 300 Hz na sekundę) oraz oprogramowania v10 Essentials software, służącego do analizy wyników.

Wykonano zarówno badanie pedobarograficzne statyczne jak i dynamiczne. W celu uniknięcia błędów związanych z próbą celowego, mocniejszego nastąpienia na powierzchnię platformy, wykonane zostało markowanie terenu i przygotowano dwupółmetrowy tor (Rycina 5).

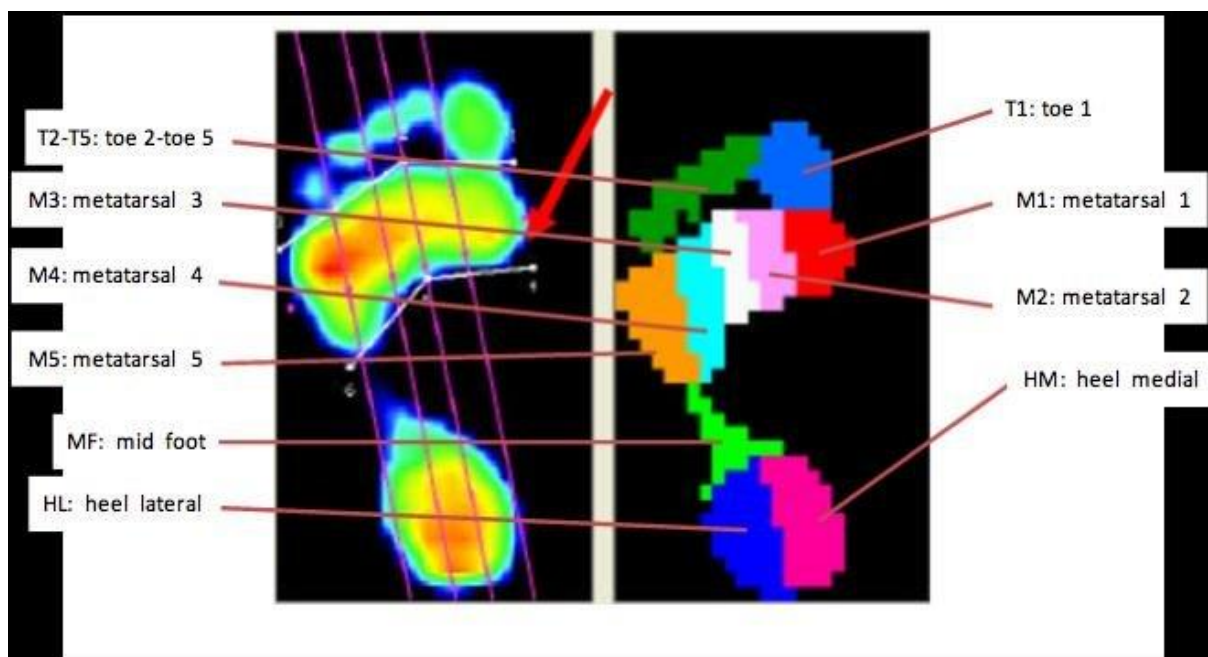


Rycina 5. Tor do wykonania badania przy użyciu platformy Footscan. Źródło: Archiwum fotografii własnych

Osiem anatomicznych stref jest automatycznie identyfikowanych przez oprogramowanie przy użyciu odpowiedniego algorytmu.

Obszary te definiowane są jako (Rycina 6):

- a) przyśrodkowa część pięty (Heel Medial – HM),
- b) boczna część pięty (Heel Lateral – HL),
- c) podstawy kości śródstopia (Metatarsal Heads – M1, M2, M3, M4, M5),
- d) paluch (Toe I – T1).



Rycina 6. Podział podeszwowej części stopy w badaniu pedobarograficznym. Źródło: Archiwum fotografii własnych

Na podstawie anatomicznych wskaźników obciążenia stopy, podczas badania wyznaczono się 4 regiony:

- a) obszar pięty (Heel),
- b) śródstopie część przyśrodkowa (Mid Foot – medial),
- c) śródstopie część boczna (Mid Foot-lateral),
- d) przodostopie (Forefoot).

Badani proszeni byli o ubranie stroju sportowego niekrępującego ruchu. W dniu testu proszeni byli o niewykonywanie długich treningów biegowych lub obciążających ćwiczeń siłowych. Wszelkie dolegliwości bólowe ograniczające wykonanie zadania, pacjent miał obowiązek zgłosić wykonującemu badanie.

3.2.7.1. Ocena statyczna

Podczas pomiaru statycznego nacisku stóp osoba badana stała swobodnie na platformie na obu stopach z możliwie jednakowym naciskiem na obie strony.

Procedura: Badany stawał na platformie obunóż z rękami ułożonymi wzdłuż tułowia, tak aby jego stopy znajdowały się równoległe do wyznaczonej linii. Proszony był o wykonanie kilku kroków w miejscu, tak aby przyjęta pozycja statyczna była możliwie jak najbardziej naturalna. W celu utrzymania pozycji w płaszczyźnie strzałkowej wzrok badanej osoby skierowany był na wyznaczony punkt, znajdujący się na wysokości oczu 1,5 m od osoby badanej. Uczestnik utrzymywał swobodną pozycję stojącą przez 3 sekundy. Badający sprawdzał czy pozycja pacjenta jest odpowiednia i dokonywał cyfrowego zapisu obrazu rozkładu nacisków na powierzchnie stóp.

Oceniene parametry: Na podstawie tego pomiaru możliwa była ocena porównawcza obciążenia obu stóp. Zmienne poddane analizie przedstawiono poniżej:

- a) % obciążenia całej kończyny,
- b) % obciążenia przodostopia,
- c) % obciążenia tyłostopia.

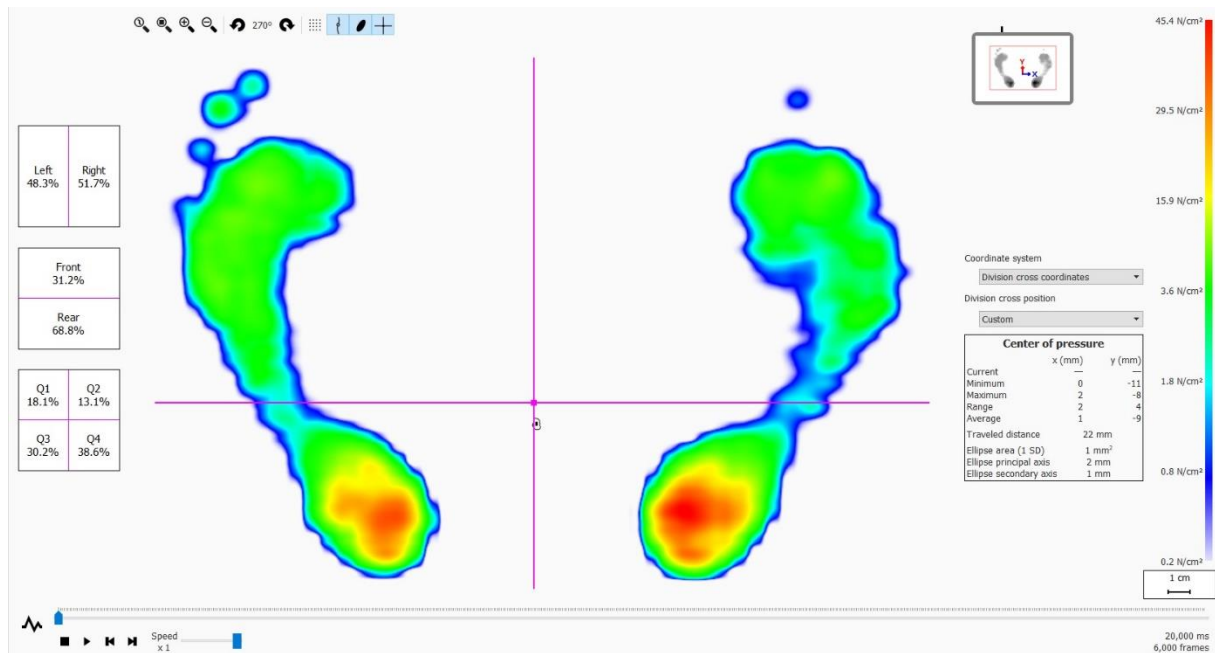
Wynik podany został w procentach dla nogi prawej i lewej.

3.2.7.2. Ocena balansu

Ocenę biomechaniczną w pozycji statycznej należy rozważyć również w perspektywie umiejętności zachowania prawidłowej postawy, gdy stoi się tylko na jednej nodze. Bieg jest formą lokomocji charakteryzującą się przemieszczaniem ciała człowieka w przestrzeni i w czasie, w wyniku rozwijania sił napędowych kończynami dolnymi w jednopodporowych, występujących po sobie fazach. Charakteryzuje go asymetryczne poruszanie nogami, z których tylko jedna noga, w jednym czasie może dotykać ziemi [109].

Procedura: Badani poproszeni zostali o przyjęcie pozycji stojącej na jednej nodze na platformie. Stopę powinni ustawić na wyznaczonej linii. Ręce umiejscowione na biodrach. Noga badanego delikatnie ugięta w kolanie. Uczestnicy poproszeni zostali o utrzymanie linii biomechanicznej (między biodrem, kolanem i stopą) możliwie nieruchomo. W celu utrzymania pozycji w płaszczyźnie strzałkowej wzrok badanej osoby skierowany był na wyznaczony punkt, znajdujący się na wysokości oczu 1,5 m od osoby badanej. Pomiar trwał 30 sekund, następnie zapis z platformy przesyłany był do programu komputerowego. Procedura wykonana została jednakowo dla prawej i lewej kończyny dolnej.

Oceniane parametry: Podstawą oceny będzie długość statokinezyjogramu zakreślonego przez centrum nacisku stóp CoP (ang. *center of pressure*) (w mm), odpowiednio dla prawej i lewej kończyny dolnej (Rycina 7).



Rycina 7. Ocena centrum nacisku stóp (CoP) w programie Footscan. Źródło: Archiwum fotografii własnych

3.2.7.3. Ocena dynamiczna

Przy założeniach badania stwierdzono, iż sama ocena statyczna może być niewystarczająca w ocenie biomechanicznej uczestników. Uzupełniono więc procedurę o pomiar chodu w warunkach dynamicznych.

Procedura: Badanie wykonano na ścieżce o długości dwóch i pół metra. W środkowej części ustawiono platformę pedobarograficzną, a całość toru jednakowo przykryto. Wszystkie osoby poinformowano o konieczności przejścia przez urządzenie bez zmiany prędkości chodu w żadnej jego części. Czas trwania chodu wynosił około 1 minuty. W czasie badania dynamicznego wykonano 8 pomiarów dla każdej stopy odrzucając wyniki skrajne a pozostałe uśredniając. Niedopuszczalne było zatrzymanie się na platformie. Przed przystąpieniem do próby, badany proszony był o krótką rozgrzewkę (7 minut) na bieżni, na której zostało ustawione tempo 7 km/h.

Ocenione parametry: W formie opisowej przedstawiony został schemat przetoczenia stóp uczestników:

- a) neutralny,
- b) supinujący,
- c) pronujący.

Dodatkowo przyjęte dane do analizy:

1. Dane czasowe:
 - całkowity czas kontaktu stopy z podłożem (milisekundy),
 - czas do osiągnięcia maksymalnej siły dla odpowiednio przyjętych stref (N/cm/s).
2. Rozkład maksymalnej siły podany w N/cm² w funkcji czasu (ms) dla poszczególnych stref (HL, HM, MF, TOES, MTI).

3.3. Przebieg analizy statystycznej

3.3.1. Cel analizy

Głównym celem przeprowadzonego eksperymentu było sprawdzenie, w jaki sposób wybrane zmienne wpływają na prawdopodobieństwo wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie. Ze względu na potencjalne istnienie innych czynników ryzyka, mających wpływ na analizowane prawdopodobieństwo zachorowania, przeprowadzona ewaluacja pozwoli jedynie sprawdzić, czy interesujące nas zmienne mają taką właściwość.

Przegląd i analiza badanych czynników oraz innych elementów, które potencjalnie mogą mieć wpływ na prawdopodobieństwo zachorowania, nie budzi podejrzeń o istnieniu tzw. zmiennych ukrytych. W związku z tym, wykrycie zależności pomiędzy zmienną określającą czy badana osoba zachorowała a daną zmienną objaśniającą, oznacza potencjalny związek przyczynowo - skutkowy między tymi zmiennymi.

3.3.2. Plan analizy

Przeprowadzony eksperyment ma charakter badania kliniczno-kontrolnego (retrospektywnego). Badanie to zostało wykonane w odpowiedzi na wystąpienie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, które wystąpiło w przeszłości.

Wśród populacji osób biegających na terenie małopolski wylosowano odpowiednio 30 osób, które przeszły przez chorobę oraz 30 osób, które nie przeszły choroby (ustalona została liczebność całej grupy oraz ustalone liczebności brzegowe).

3.3.3. Dostępne dane oraz zmienne wybrane do analizy

Dane zostały zgromadzone łącznie ze wszystkich wykonanych badań (kwestionariusz, ocena radiologiczna, ultrasonograficzna oraz badanie biomechaniczne). Łączna liczba dostępnych zmiennych wynosiła 61.

Ze względu na cel analizy, którym było zbadanie wpływu wybranych zmiennych na prawdopodobieństwo zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, nie mogły zostać uwzględnione zmienne, dla których istnieje istotne prawdopodobieństwo, że ich wartości zmieniły się, z powodu przejścia choroby lub z innego powodu, w stosunku do wartości, które te zmienne przyjmowały przed momentem zachorowania. W eksperymencie brały udział osoby, którzy już przeszli chorobę, dlatego zmienne tego typu mogłyby być wykorzystane jedynie w celu znalezienia skutków przebycia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, a nie jej przyczyn, co jest głównym obiektem zainteresowania w ramach niniejszej analizy. Wykluczonych zostało również kilka zmiennych, które z oczywistych powodów nie mają wpływu na badane prawdopodobieństwo zachorowania. W konsekwencji, w dalszej analizie wzięto pod uwagę 24 zmienne.

Spośród wszystkich wziętych pod uwagę zmiennych do ostatecznej analizy wybrano 8 zmiennych o charakterze jakościowym i 16 ilościowym.

Dla niektórych z wybranych zmiennych nie mamy całkowitej pewności, że ich wartości w momencie przeprowadzania badania nie uległy zmianie w stosunku do okresu sprzed choroby, ponieważ badane osoby nie zostały zapytane pod tym kątem. Wzięto to pod uwagę na etapie analizy i formułowania wniosków.

3.3.4. Szczegółowa analiza zmiennych

Ze względu na charakter postawionego celu badawczego oraz uwzględniając sposób przeprowadzenia eksperymentu, dobrane zostały przedstawione poniżej metody analizy zebranych danych. Zmienna, którą chcemy modelować, pochodzi z rozkładu dwumianowego. Głównym celem analizy było zbudowanie uogólnionego modelu liniowego (GLM), który dawałby możliwość analizy ryzyka zachorowania w zależności od badanych parametrów.

W pierwszym kroku, wykonana została analiza zależności cech w tablicach kontyngencji w języku ilorazu szans zachorowania w zależności od wartości wybranej cechy. Pozwala to na dokładniejszą interpretację i dopasowanie, w dalszej części pracy, modelu liniowego.

3.3.4.1. Analiza zależności cech

W pierwszym etapie analizy, przeprowadzono analizę zależności cech w tablicach kontyngencji, w języku ilorazu szans zachorowania w zależności od wartości wybranej cechy.

Postawiono następujące wstępne pytania badawcze:

1. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z $BMI > 25$ w porównaniu do osób z $BMI \leq 25$?
2. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z mniejszą wartością kąta Bohlera (poniżej 20°)?
3. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z większym nachyleniem kości piętowej (powyżej 25°)?
4. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z krótszą stopą przyczepu ścięgna Achillesa (sprawdzono różne wartości progowe)?
5. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z grubszym ścięgnem Achillesa (powyżej 5 mm)?
6. Ile razy szansa zachorowania jest większa u osób z płaskim guzem piętowym?
7. Jak różni się szansa zachorowania w grupach osób z różną powierzchnią kaletkową?

3.3.4.2. Uogólniony model liniowy

W związku z tym, że zmienna, którą zakładano przebadac pochodzi z rozkładu dwumianowego, na tym etapie analizy zastosowano model regresji logistycznej [110,111]. Model tego typu został wybrany również ze względu na fakt, że może on być używany dla danych retrospektywnych z grupą kontrolną, ponieważ interpretuje się go zwykle w kategoriach ilorazów szans, które mogą być estymowane na podstawie tego typu danych.

Zmiennych określających ‘rodzaj stopy’ (wydrążona, płaska, normalna) oraz wskaźnika BMI nie uwzględniono przy budowaniu modelu logistycznego, ponieważ są one zależne od, odpowiednio, zmiennej „nachylenie” oraz zmiennych „waga” i „wzrost”, które zostały uwzględnione. W konsekwencji jako kandydatów na zmienne objaśniające dla logitu prawdopodobieństwa „sukcesu”, który w rozważanym przypadku oznacza zachorowanie na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, wybrano 13 zmiennych (płeć, nachylenie, kształt guza piętowego, charakterystyka przetoczenia, wiek, waga, wzrost, długość stopy przyczepu ścięgna Achillesa, wielkość powierzchni kaletkowej, grubość ścięgna Achillesa, kąt Bohlera, zgodność). Zmienna „zgodność” została wprowadzona ze względu na charakter niektórych z mierzonych wielkości – tych, które mierzono zarówno dla strony prawej jak i lewej. Na potrzeby analizy, zmienne zostały pogrupowane ze względu na stronę. Przy czym do grupy

przypadków chorych brano jedynie zestawy danych dotyczących strony, dla której doszło do zapalenia.

W konsekwencji, analiza odbywa się w obrębie jednej nogi (badane jest prawdopodobieństwo zachorowania dla strony, dla której zadane parametry przyjmują wybrane wartości), a zmienna „zgodność” została zdefiniowana jako indyktor zdarzenia polegającego na tym, że osoba leworęczna doznała kontuzji lewej nogi lub osoba praworęczna doznała kontuzji prawej nogi.

W kolejnym etapie przeprowadzono test istotności typu Walda. Na jego podstawie zaproponowano model logitowy dla analizy ryzyka zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.

Wszystkie obliczenia i analizy zaprezentowane w niniejszym rozdziale, zostały wykonane z wykorzystaniem pakietu R (wersja 3.2.2). Do dopasowania modelu regresji logistycznej oraz do obliczenia związanych z tym procesem statystyk, wykorzystano funkcję *glm* z pakietu *stats*. Iloraz szans oraz asymptotyczne przedziały ufności dla niego obliczone zostały z wykorzystaniem autorskich funkcji. Do obliczeń podstawowych statystyk wykorzystano również wybrane funkcje z pakietów *base* i *stats*. Za poziom istotności przyjęto $\alpha=0,05$ dla testów dwustronnych.

4. WYNIKI

4.1. Charakterystyka badanej grupy

W analizie uwzględniono 60 osób (mężczyźni i kobiety) spełniających kryteria włączenia do badania. Spośród 60 badanych, 23 (38%) stanowiły kobiety, 37 (62%) stanowili mężczyźni. Średnia wieku uczestników wynosiła 32 lata w grupie kontrolnej (SD=7 lat) oraz 35 w grupie badanej (SD=12). Średnia wartość wskaźnika BMI w grupie kontrolnej była równa 22,7 kg/m² (SD=2,28), w grupie badanej 22,9 kg/m² (SD=3,11). Pracę fizyczną wykonywało 22,4% uczestników, 60,4% pracowało umysłowo, 12,5% umysłowo-fizycznie, a 4,7% pozostawało bez pracy. Średni tygodniowy kilometraż treningowy w grupie kontrolnej wynosił 28,8 km (SD=20,8), natomiast w grupie badanej 38,9 (SD=29,4). Spośród grupy badanej kaletka była nieruchoma w przypadku 83% (N=25) stóp, które przebyły zapalenie, ale także w przypadku 52% (N=31) stóp, w których nie zaistniał stan zapalny. W tabeli II przedstawiono statystykę opisową omówionych zmiennych. W badaniu wzięło udział 8 osób (13%), które zawodowo trenują bieganie, osiągając wysokie wyniki na zawodach krajowych oraz międzynarodowych. Na potrzeby tej pracy, nie utworzono jednak dodatkowej grupy i nie oceniono różniących ją parametrów.

Tabela II. Statystyka opisowa dla poszczególnych zmiennych w podziale na grupę kontrolną i badaną

Zmienna	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
Płeć	I	K: 13 (43%) - M: 17 (57%)				
	II	K: 10 (33%) - M: 20 (67%)				
Liczba godzin treningu w tygodniu	I	6,9	3,3	4	18	6
	II	9,6	4,6	4	20	10
Liczba przebiegniętych kilometrów w tygodniu	I	28,8	20,8	8	100	20
	II	38,9	29,4	10	120	35
Wiek [lata]	I	32	7	19	56	30
	II	35	12	18	67	35
Masa ciała [kg]	I	70,3	11,2	54	98	69
	II	70,5	13,6	48	108	71
Wzrost [m]	I	1,75	0,1	1,6	1,8	1,7
	II	1,75	0,1	1,6	1,9	1,7

Wykaz skrótów: I – grupa kontrolna, II - grupa badana, SD – odchylenie standardowe

4.2. Charakterystyka wyników badania rentgenowskiego

Podstawowy rozkład zmiennych (średnia, odchylenie standardowe, maksimum, minimum i mediana) przeprowadzonych na podstawie wyników badania rentgenowskiego wykazał, iż współczynnik piętowo-skokowy wykazuje bardzo niewielką zmianę w przypadku grupy kontrolnej ($X=1,3$; $SD=0,1$ dla strony lewej oraz $X=1,3$; $SD=0,1$ dla strony prawej) oraz w grupie badanej ($X=1,3$; $SD=0,1$ dla strony lewej oraz $X=1,4$; $SD=0,1$ dla strony prawej). Wskazano również niewielką różnicę w przypadku kąta Bohlera oraz nachylenia kości piętowej w obu grupach. Szczegółowe wyniki przedstawiono w tabeli III.

Tabela III. Statystyka opisowa dla poszczególnych wyników badania rentgenowskiego w podziale na grupę kontrolną i badaną

Zmienna	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
KB L	I	41,5	4,2	34,0	51,0	42,0
	II	41,2	4,3	33,0	51,0	42,0
KB PR	I	41,7	4,6	32,0	50,0	41,5
	II	43,3	4,4	36,0	53,1	42,4
C-T L	I	1,3	0,1	1,2	1,4	1,3
	II	1,3	0,1	1,2	1,5	1,3
C-T PR	I	1,3	0,1	1,2	1,5	1,0
	II	1,4	0,1	1,1	1,5	1,4
NP L	I	21,0	4,0	10,0	31,0	21,0
	II	22,1	3,8	14,0	33,0	22,0
NP PR	I	21,7	3,5	11,1	31,0	22,2
	II	21,9	3,9	14,0	30,0	23,0

Wykaz skrótów: I - grupa kontrolna, II - grupa badana KB – kąt Bohlera, C-T (*calcaneotalar*) – współczynnik piętowo-skokowy, NP – nachylenie kości piętowej, SD - odchylenie standardowe, L - strona lewa, PR - strona prawa

4.3. Charakterystyka wyników badania ultrasonograficznego

W badaniu ultrasonograficznym zaobserwowano dłuższą stopę przyczepu ścięgna Achillesa w grupie badanej ($X=20$; $SD=4,4$ dla strony lewej i $X=19,4$; $SD=3,9$ dla strony prawej) w stosunku do grupy kontrolnej ($SD=18,9$; $SD=3,6$ dla strony lewej i $X=17,3$; $SD=2,2$ dla strony prawej). Podobnie w grupie badanej można było zaobserwować średnio grubsze ścięgno Achillesa ($X=5,1$; $SD=0,9$ dla strony lewej oraz $X=5,0$; $SD=0,8$ dla strony prawej). Szczegółowe wyniki porównawcze przedstawiono w tabeli IV.

Tabela IV. Statystyka opisowa dla poszczególnych wyników badania ultrasonograficznego w podziale na grupę kontrolną i badaną

Zmienna	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
DSP L	I	18,9	3,6	12,5	25,5	19,1
	II	20,1	4,4	9,7	29,0	21,5
DSP PR	I	17,3	2,2	13,7	21,1	17,5
	II	19,4	3,9	8,5	28,0	20,2
PK L	I	10,3	1,9	6,4	14,0	10,2
	II	9,9	2,9	5,5	15,7	9,5
PK P	I	10,3	1,7	7,7	14,9	10,0
	II	10,1	2,5	5,5	14,3	9,8
GŚA L	I	4,4	0,7	3,6	6,7	4,2
	II	5,1	0,9	3,9	7,4	4,5
GŚA PR	I	4,6	0,7	3,6	6,7	4,5
	II	5,0	0,8	3,5	6,7	4,8

Wykaz skrótów: DSP - długość stopy przyczepu ścięgna Achillesa, PK – powierzchnia kaletkowa, GŚP – grubość ścięgna Achillesa, SD - odchylenie standardowe, L - lewa strona, PR - prawa strona

4.4. Charakterystyka wyników badania pedobarograficznego

W tabeli V graficznie przedstawiono rozkład nacisku w obszarze stóp w dwóch grupach. Z danych wynika, iż w grupie kontrolnej największe obciążenie przypada na obszar pięt ($X=27,3$ $SD=5,3$ dla nogi lewej oraz $X=27,5$ $SD=7,8$ dla nogi prawej). Podobnie wyniki prezentują się w przypadku grupy osób, które przebyły zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa ($X=27,1$ $SD=6,3$ dla nogi lewej oraz $X=24,7$ $SD=7,6$ dla nogi prawej).

Tabela V. Rozkład obciążenia przodostopia i pięt w podziale na grupę kontrolną i badaną

Zmienna	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
% obciążenia przodostopia L	I	24,3	6,3	8,6	37,7	25,2
	II	23,8	6,6	12,2	34,5	22,9
% obciążenia przodostopia PR	I	20,7	6,4	10,6	33,8	20,1
	II	23,8	6,1	13,1	36,2	21,9
% obciążenia pięt L	I	27,3	5,3	18,1	36,4	28,9
	II	27,1	6,3	12,5	38,8	27,9
% obciążenia pięt PR	I	27,5	7,8	12,6	49,4	27,4
	II	24,7	7,6	5,9	35,5	26,8

Wykaz skrótów: I – grupa kontrolna, II- grupa badana, L – strona lewa, PR – strona prawa, SD – odchylenie standardowe

W tabeli VI przedstawiono statystyki opisowe dla zmiennych opisujących siłę maksymalnego nacisku w wybranych obszarach stóp. W przedstawionym badaniu największa siła reakcji podłoża zanotowana została w obszarze bocznej krawędzi pięt w grupie kontrolnej ($X=25,1$ $SD=4,3$ dla nogi lewej oraz $X=24,8$ $SD=4,7$ dla nogi prawej). Natomiast w grupie badanej największy nacisk przypadł na przyśrodkową krawędź pięt ($X=28,2$ $SD=5,3$ dla nogi lewej oraz $X=27,5$ $SD=6,3$ dla nogi prawej). Warto również zwrócić uwagę na nacisk w obszarze śródstopia (MF), który jest wyznacznikiem płaskostopia podłużnego. Siła reakcji podłoża w grupie kontrolnej była większa ($X=7,7$ $SD=4,1$ dla nogi lewej i $X=9,4$ $SD=5,2$ dla nogi prawej) w porównaniu z grupą badaną ($X=6,5$ $SD=4,5$ dla nogi lewej i $X=7,5$ $SD=5,6$ dla nogi prawej).

Tabela VI. Statystyka opisowa maksymalnego nacisku na podszwową powierzchnię w wybranych regionach stopy prawej i lewej w dwóch grupach

Maksymalny nacisk [kg/cm ²]	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
HL LEWA	I	23,0	5,0	11,3	31,0	22,7
	II	25,1	4,3	18,0	35,0	24,4
HL PRAWA	I	22,6	4,3	15,4	31,5	21,9
	II	24,8	4,7	15,0	34,4	24,6
HM LEWA	I	24,8	5,1	15,8	37,0	25,0
	II	28,2	5,3	20,9	43,7	27,2
HM PRAWA	I	24,7	4,2	17,8	32,9	24,3
	II	27,5	6,3	12,7	45,6	26,3
MF LEWA	I	7,7	4,1	0,4	15,2	7,6
	II	6,5	4,5	0,4	16,7	5,6
MF PRAWA	I	9,4	5,2	2,1	24,0	8,0
	II	7,5	5,6	0,1	21,8	5,6
TOES LEWA	I	4,6	3,5	0,1	11,1	4,5
	II	5,6	4,1	0,0	16,6	5,9
TOES PRAWA	I	5,5	3,9	0,2	15,7	5,1
	II	5,5	4,5	0,0	18,0	5,7
MTI LEWA	I	20,1	5,6	9,6	36,1	20,0
	II	19,9	6,4	7,2	32,4	19,5
MTI PRAWA	I	18,3	6,3	9,7	36,1	17,8
	II	18,6	6,8	7,5	37,5	16,5

Wykaz skrótów: Grupa I – kontrolna, II – badana, HL (*heel lateral*) – boczna część pięty, HM (*heel medial*) – przyśrodkowa część pięty, MF (*midfoot*) - śródstopie, TOES – palce, MTI (*I metatarsal*) – głowa pierwszej kości śródstopia, SD – odchylenie standardowe

W tabeli VII pogrupowano czas kontaktu odpowiednich regionów stóp w trakcie całego cyklu chodu. Szczególnie istotny jest fakt, iż w grupie badanej zauważono krótszy czas kontaktu całego regionu pięty ($X=403$, $SD=86$ i $X=416$, $SD=89$ dla nogi lewej oraz $X=380$, $SD=91$ i $X=398$, $SD=91$ dla nogi prawej) oraz krótszy czas obciążenia I głowy kości śródstopia ($X=519$, $SD=63$ dla nogi lewej oraz $X=530$, $SD=65$ dla nogi prawej). Najdłuższy czas docisku do podłoża wykazywał region MTI ($X=578$, $SD=93$ dla lewej strony i $X=556$, $SD=139$ dla prawej strony) w grupie kontrolnej.

W obu grupach można jednak było zauważyć przedłużony czas obciążenia pięt w stosunku do całego czasu obciążenia stóp ($X=67\%$, $SD=11$ w grupie kontrolnej oraz $X=65\%$, $SD=14$ w grupie badanej).

Tabela VII. Statystyka opisowa czasu trwania kontaktu wybranych regionów stopy prawej i lewej z podłożem w dwóch grupach

Zmienna CT [ms]	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
HL L	I	428	106	244	665	403
	II	403	86	185	550	418
HL PR	I	418	109	255	665	400
	II	380	91	195	545	390
HM L	I	452	106	240	650	435
	II	416	89	185	550	432
HM PR	I	448	107	270	690	447
	II	398	91	195	545	405
MFL	I	394	125	100	595	395
	II	317	139	0	530	352
MF PR	I	412	122	210	635	420
	II	325	121	50	510	32
TOES L	I	258	125	70	540	260
	II	292	131	0	630	310
TOES PR	I	300	146	80	655	277
	II	264	128	0	550	25
MTIL	I	578	93	425	780	572
	II	519	63	415	640	517
MTI PR	I	556	139	110	750	568
	II	530	65	390	675	53

Wykaz skrótów: CT – czas kontaktu (*contact time*), Grupa I – kontrolna, II – badana, HL (*heel lateral*) – boczna część pięty, HM (*heel medial*) – przyśrodkowa część pięty, MF (*midfoot*) – śródstopie, TOES – palce, MTI (*metatarsal I*) – głowa pierwszej kości śródstopia, SD – odchylenie standardowe

W tabeli VIII porównano średni dystans centrum środka ciężkości (CoP), który był badany podczas próby balansu. Krótszy czas świadczy o lepszej umiejętności do stabilnego utrzymania pozycji z ograniczonym polem podparcia (na jednej nodze). Nie wykazano różnic między grupami.

Tabela VIII. Charakterystyka średnich wartości dystansu pokonanego przez centrum środka ciężkości w grupie badanej i kontrolnej

Zmienna	Grupa	Średnia	SD	Minimum	Maksimum	Mediana
CoP L	I	603,8	215,9	356,0	1105,0	574,5
	II	602,2	185,4	391,0	1215,0	555,0
CoP PR	I	561,7	196,1	218,0	1045,0	560,0
	II	614,4	202,4	341,0	1018,0	555,0

Wykaz skrótów: I - grupa kontrolna, II - grupa badana, CoP (center of pressure) – centrum środka ciężkości, SD - odchylenie standardowe, L – strona lewa, PR- strona prawa

4.5. Ocena zależności pomiędzy grubością ścięgna Achillesa, nachyleniem kości piętowej, długością stopy przyczepu ścięgna piętowego i powierzchnią kaletkową w grupie kontrolnej i badanej

W tabeli IX i X przedstawiono relacje pomiędzy parametrami dotyczącymi ścięgna Achillesa, kości piętowej oraz powierzchnią kaletkową grupie kontrolnej i badanej. Wykazano przeciętną zależność pomiędzy grubością ścięgna Achillesa a powierzchnią kaletkową zarówno w grupie kontrolnej ($r=0,56$ dla lewej strony oraz $0,57$ dla prawej strony) jak i grupie badanej ($r=0,57$ dla lewej strony oraz $0,59$ dla prawej strony). Wszystkie korelacje są dodatnie, co świadczy o tym, iż wraz z wzrostem jednego parametru, wzrasta drugi. W pozostałych przypadkach nie wykazano żadnej istotnej korelacji pomiędzy dwiema zmiennymi.

Tabela IX. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i kość piętową a powierzchnią kaletkową w grupie kontrolnej (N=30)

GRUPA KONTROLNA

	GŚA L	GŚA PR	NP L	NP PR	DSP L	DSP PR
PK L	r=0,56 p=0,009	r=0,35 p=0,005	r=0,52 p=0,003	r=0,39 p=0,03	r=0,28 p=0,12	r=0,13 p=0,5
PK PR	r=0,59 p=0,001	r=0,57 p=0,001	r=0,42 p=0,002	r=0,32 p=0,07	r=0,46 p=0,01	r=0,04 p=0,8

Wykaz skrótów: N - liczba badanych, PK – powierzchnia kaletkowa, GŚA – grubość ścięgna Achillesa, NP - nachylenie kości piętowej, DSP – długość ścięgna Achillesa, PR – strona prawa, L – strona lewa, r – współczynnik korelacji, p – graniczny poziom istotności

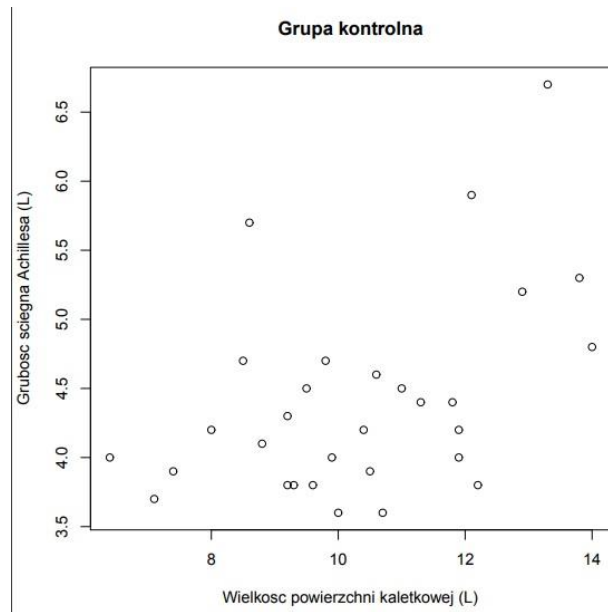
Tabela X. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i kość piętową a powierzchnią kaletkową w grupie badanej (N=30)

GRUPA BADANA

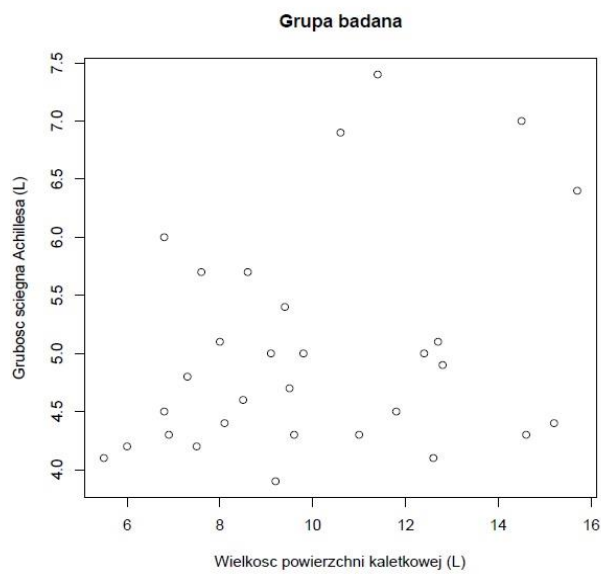
	GŚA L	GŚA PR	NP L	NP PR	DSP L	DSP PR
PK L	r=0,58 p=0,002	r=0,48 p=0,001	r=-0,15 p=0,44	r=-0,2 p=0,28	r=-0,08 p=0,6	r=-0,08 p=0,66
PK PR	r=0,59 p=0,001	r=0,47 p=0,004	r=-0,09 p=0,63	r=-0,11 p=0,55	r=-0,26 p=0,22	r=-0,3 p=0,08

Wykaz skrótów: PK – powierzchnia kaletkowa, GŚA – grubość ścięgna Achillesa, NP - nachylenie kości piętowej, DSP – długość ścięgna Achillesa, PR – strona prawa, L – strona lewa, r – współczynnik korelacji, p – poziom istotności

Najsilniejszą korelację wykazywała zależność grubości ścięgna Achillesa od wielkości powierzchni kaletkowej. Aby lepiej zobrazować tę zależność, przedstawiono ją w formie wykresu rozrzutu danych parametrów w grupie kontrolnej (ryc. 8) oraz w grupie badanej (ryc. 9).



Rycina 8. Wykres rozrzutu przedstawiający zależność grubości ścięgna Achillesa od wielkości powierzchni kaletkowej w grupie kontrolnej (N=30)



Rycina 9. Wykres rozrzutu przedstawiający zależność grubości ścięgna Achillesa od wielkości powierzchni kaletkowej w grupie badanej (N=30)

4.6. Ocena zależności pomiędzy grubością ścięgna Achillesa, wielkością powierzchni kaletkowej i procentowym rozkładem obciążenia w regionie pięt w grupie kontrolnej i badanej

W tabeli XI i XII przedstawiono wyniki oceny korelacji pomiędzy parametrami dotyczącymi ścięgna Achillesa (grubość) oraz wielkością powierzchni kaletkowej a procentowym obciążeniem w regionie pięt. Wykazano jedynie przeciętną zależność pomiędzy procentowym obciążeniem pięt a grubością ścięgna piętowego w obu grupach. Współczynnik korelacji ma w tym przypadku charakter ujemny, co oznacza, iż ze wzrostem jednego parametru następuje zmniejszenie się drugiego. Nie wykazano żadnych zależności pomiędzy wielkością powierzchni kaletkowej a obciążeniem pięt w żadnej z przedstawionych grup.

Tabela XI. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i powierzchnią kaletkową a procentowym obciążeniem pięt w grupie kontrolnej (N=30)

GRUPA KONTROLNA

	GŚA L	GŚA PR	PK L	PK PR
% obciążenia pięt L	r=-0,53 p=0,004	r=-0,45 p=0,06	r=-0,01 p=0,09	r=-0,18 p=0,42
% obciążenia pięt PR	r=-0,52 p=0,001	r=-0,41 p=0,002	r=-0,08 p=0,06	r=-0,30 p=0,57

Wykaz skrótów: PK – powierzchnia kaletkowa, GŚA – grubość ścięgna Achillesa, PR – strona prawa, L – strona lewa

Tabela XII. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i powierzchnią kaletkową a procentowym obciążeniem pięt w grupie badanej (N=30)

GRUPA BADANA

	GŚA L	GŚA PR	PK L	PK P
% obciążenia pięt L	r=-0,43 p=0,01	r=-0,55 p=0,09	r=-0,31 p=0,2	r=-0,14 p=0,71
% obciążenia pięt PR	r=-0,42 p=0,03	r=-0,51 p=0,02	r=-0,21 p=0,33	r=-0,06 p=0,42

Wykaz skrótów: PK – powierzchnia kaletkowa, GŚA – grubość ścięgna Achillesa, PR – strona prawa, L – strona lewa

4.7. Analiza prawdopodobieństwa wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa na podstawie ilorazu szans

Analiza zależności została utworzona na podstawie pytań badawczych, przedstawionych w rozdziale 4. niniejszej pracy. Dane zostały rozdzielone na stronę lewą i prawą, w zależności od tego, która noga w obrębie grupy badanej przeszła zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Wśród osób z BMI powyżej 25 kg/m² szansa zachorowania na zapalenie kaletki jest dwa razy większa niż u osób z BMI poniżej określonej wartości (OR=2,25). U osób, u których nachylenie kości piętowej klasyfikuje się powyżej 25°, szansa na wystąpienie badanego zapalenia jest prawie trzykrotnie większa, niż u osób z bardziej płasko ustawioną kością piętową (OR=2,8). W przypadku mniejszej długości stopy przyczepu (poniżej 13 mm) szansa na pojawienie się zapalenia jest około 3 razy większa, niż u osób z dłuższą stopą przyczepu (OR=3,22). Grubość ścięgna Achillesa powyżej 5 mm zwiększa szansę na wystąpienie stanu zapalnego w obszarze kaletki czterokrotnie (OR=4,38). Płaskie ukształtowanie guza piętowego zwiększa szansę na przebycie omawianego schorzenia również czterokrotnie (OR=4,3). Dodatkowo powierzchnia kaletkowa mniejsza niż 9 mm trzykrotnie zwiększa szansę na rozwinięcie stanu zapalnego w obszarze kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Wyniki przedstawiono w tabeli XIII.

Tabela XIII. Prawdopodobieństwo wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa w zależności od wartości wybranej cechy

Zmienna	OR	95% CI
BMI >25 kg/m ²	2,25	(0,66; 7,69)
NA > 25°	2,8	(0,69; 11,32)
Dł. stopy przyczepu < 13 mm	3,22	(0,51; 20,42)
Grubość ścięgna > 5 mm	4,38	(1,63; 11,75)
Płaski guz piętowy	4,3	(1,68; 10,97)
Pow. kaletkowa < 9 mm	3,16	(1,23; 8,13)

Wykaz skrótów: NA - kąt nachylenia kości piętowej, OR (*Odds Ratio*) – iloraz szans, 95% CI (*confidence interval*) – 95% przedział ufności

4.8. Ocena istotności zmiennych wybranych do modelu regresji logistycznej

W tabeli XIV. podano szczegółowe wartości współczynników dla zaproponowanego modelu, wraz z ich odchyleniem standardowym, wartościami statystyki testu Walda oraz p-wartościami dla tego testu. Hipotezą zerową testu Walda jest nieistotność danej zmiennej objaśniającej. Małe p-wartości przemawiają za odrzuceniem tej hipotezy.

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż grubość ścięgna Achillesa ($p=0,001$), wielkość powierzchni kaletkowej ($p=0,009$) oraz płaskie ukształtowanie guza piętowego ($p=0,008$), wykazało silny związek z wystąpieniem stanu zapalnego w obrębie kaletki.

Tabela XIV. Ocena istotności zmiennych wybranych do modelu na podstawie testu Walda

Zmienna	Współczynnik	Odchyl. stand.	Statystyka Walda	p-wartość
Wyraz wolny	-6,545	2,4402	-2,682	0,007
Ukształtowanie guza piętowego	1,462	0,554	2,637	0,008
Wielkość powierzchni kaletkowej	-0,361	0,138	-2,608	0,009
Grubość ścięgna Achillesa	1,348	0,404	3,336	0,001
Kąt Bohlera ²	0,002	0,001	1,773	0,076

4.9. Model regresji logistycznej

Zaproponowany model logitowy dla analizy ryzyka zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa ma następującą postać:

$$\text{logit}(p) = -6,546 + 1,348 \times (\text{grubość ścięgna Achillesa}) + 1,462 \times (\text{kształt guza piętowego}) - 0,362 \times (\text{wielkość powierzchni kaletkowej}) + 0,0014 \times (\text{kąt Bohler'a})^2,$$

gdzie zmienna traktująca o ukształtowaniu guza piętowego przyjmuje wartość 1, gdy guz piętowy jest płaski oraz wartość 0, gdy guz piętowy jest normalny, natomiast p oznacza

prawdopodobieństwo zachorowania. Logitowa transformacja prawdopodobieństwa dana jest wzorem:

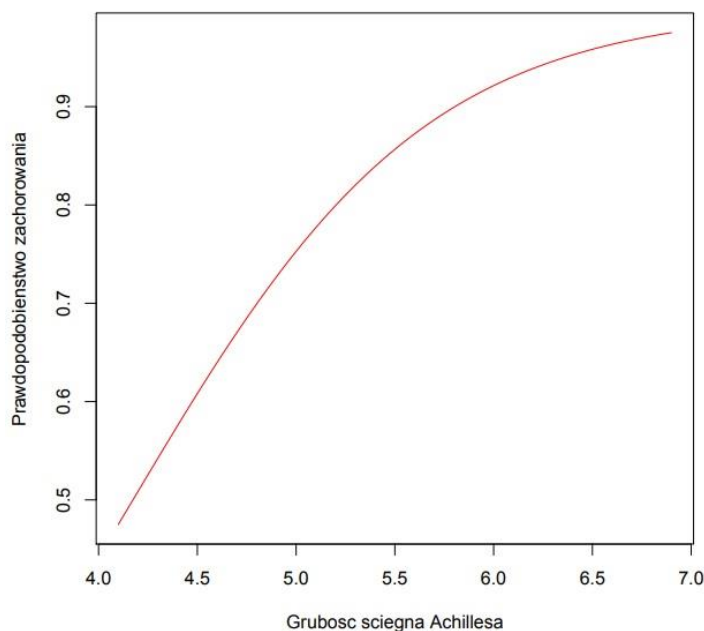
$$\text{logit } p = \log \frac{p}{1-p},$$

gdzie $\log p$ oznacza logarytm naturalny prawdopodobieństwa p . Przekształcenie odwrotne dane jest wzorem

$$p = \frac{1}{1 + e^{-\text{logit } p}}$$

i w ten sposób można szacować prawdopodobieństwa zachorowania dla wybranych wartości zmiennych objaśniających.

Szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość interpretacji w terminach ilorazów szans parametrów postaci e^β , gdzie β jest współczynnikiem stojącym przy zmiennej niezależnej. Zgodnie z wartościami parametrów strukturalnych po estymacji rozpatrywanego modelu, wynika, iż zwiększenie grubości ścięgna Achillesa o 2 mm powoduje wzrost szansy zachorowania aż prawie 15 krotnie. Natomiast zmniejszenie powierzchni kaletkowej o 2 mm powoduje wzrost szansy zachorowania około dwukrotnie.



Rycina 10. Wykres regresji logistycznej przedstawiający prawdopodobieństwo zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa w zależności od jego grubości. Wraz ze wzrostem grubości ścięgna Achillesa wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej

5. Dyskusja

Celem niniejszego projektu badawczego było określenie zależności pomiędzy ukształtowaniem guza piętowego, a występowaniem zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób, które trenują bieganie.

Grupę badaną stanowiło trzydziestu biegaczy (20 mężczyzn i 10 kobiet), które przeżyło w przeszłości zapalenie w obrębie omawianej kaletki. Dla porównania losowo wybrano trzydzieści osób (17 mężczyzn, 13 kobiet), które również trenują bieganie, w podobnym zakresie, ale nigdy nie miały dolegliwości bólowym w obrębie tyłostopia. Pewne wątpliwości może budzić niewielka liczebność grupy, jest to jednak badanie wstępne, które miało na celu sprawdzić proste zależności, tak aby na jego podstawie można było zaplanować badanie o charakterze prospektywnym. Dodatkowo, kryteria włączenia do badania na tym etapie ograniczyły liczbę osób trenujących bieganie, spełniających jego założenia.

Jednym z kryteriów włączenia była sumaryczna liczba tygodniowo przebiegniętych kilometrów, która była równa lub wyższa niż 20 km. Odcięcie to ustalono na podstawie podobnych badań, gdzie dzielono grupę badanych na osoby, które biegają rekreacyjnie od tych, które trenują z założeniem przygotowania do zawodów sportowych [112]. W pracy podkreślono, że nie tylko kilometrą ma znaczenie, ale szereg innych czynników, jak np. trening w celu podniesienia swojego poziomu sportowego, pomiary czasu, zakresów oraz ćwiczenia uzupełniające. W przebadanej grupie średni czas poświęcony na trening biegowy wynosił 6,9 h w grupie kontrolnej oraz 9,6 h u osób, u których wystąpiło zapalenie omawianej kaletki.

Podstawowe parametry takie jak wiek, BMI, średni tygodniowy kilometrą i rodzaj terenu, w którym odbywano trening, są z punktu widzenia tego projektu bardzo istotne. Wszystkie te zmienne mogą wpłynąć na zależność pomiędzy badanymi zmiennymi i zafałszować uzyskane wyniki. Szeroko zakrojona metaanaliza dostępnych badań wykryła szereg błędów, które mogą mieć wpływ na wyciąganie nieprawidłowych wniosków [113]. Wymienione w niniejszej pracy zmienne zostały porównane w obu grupach, w rozdziale przedstawiającym wyniki. W świetle tych danych – można uznać je za porównywalne, gdzie ryzyko wpływu innych zmiennych jest bardzo niewielkie. Niemniej jednak, przeprowadzony projekt badawczy jest badaniem obserwacyjnym, nie można zatem wnioskować, iż kształt guza

piętowego ma jednoznaczny wpływ na wystąpienie lub nie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.

Dobór niniejszej grupy do tego projektu badawczego opierał się na pracach, które opisywały kwestię urazów u osób trenujących bieganie [114,115]. Sport ten stał się niezwykle popularny w przeciągu ostatnich dziesięcioleci. Zainteresowanie tematem znajduje się zarówno po stronie naukowców, jak i samych praktykujących. Bardzo ciekawe wnioski ze swoich badań wyciągnęli Nigg i wsp. [116]. Według ich doniesień najbardziej optymalnym rozwiązaniem, aby uniknąć przeciążeń w obrębie kończyn dolnych, jest odnalezienie najbardziej komfortowych warunków. Zarówno pod względem obuwia, jak i biomechanicznych parametrów samej techniki biegu.

Wielu autorów opisuje wpływ czynników zewnętrznych na ryzyko wystąpienia urazów [117], wielu innych badaczy wskazuje na bardzo słabą korelację tych doniesień i nie znajduje jasnych powiązań [118]. Na podstawie szczegółowego przeglądu literatury i doświadczeń własnych Autorka niniejszego projektu badawczego, postanowiła zbadać wpływ czynników wewnętrznych, anatomicznych uwarunkowań, które mogą mieć wpływ na wystąpienie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.

Szczególnym punktem zainteresowania niniejszej pracy był kształt powierzchni guza piętowego. Bardzo wiele miejsca w aktualnych badaniach naukowych zajmuje badanie kształtu i orientacji przestrzennej kości piętowej. Badacze nie są zgodni co do faktu, iż prominentny kształt kości jest powiązany z występowaniem zapalenia w obrębie dystalnego przyczepu ścięgna Achillesa. W 1982 r. Pavlov i wsp. [119] opisali syndrom pięty Haglunda jako główną przyczynę bólu pięty charakteryzującego się opuchnięciem tkanek miękkich na poziomie wcięcia ścięgna piętowego. Z kolei zespół amerykańskich naukowców jako pierwszy zwrócił uwagę na zaburzenie w obszarze kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, które może być wynikiem ukształtowania powierzchni guza piętowego [120]. W późniejszych latach, Kang i wsp. [121] przebadali populację stu osób, mieszkańców Los Angeles. Z przeprowadzonych rozważań wynika, iż ukształtowanie guza piętowego nie miało wpływu na występowanie problemów w obrębie ścięgna Achillesa. Podważyli tym samym teorię na temat leczenia operacyjnego tej dolegliwości jako złotego standardu postępowania [122].

Innowacyjne podejście tej pracy zakładało sprawdzenie, czy płaskie ukształtowanie powierzchni guza piętowego może mieć równie negatywny wpływ na stan kaletki głębokiej. Omawiany kształt przedstawiono na rycinie 11. Nie odnaleziono w literaturze podobnych

doniesień, stąd temat wydaje się bardzo interesujący. W grupie badanych 57 % osób charakteryzował płaski guz piętowy, natomiast w grupie kontrolnej 27% osób. Dodatkowo z płaskim kształtem kości wiąże się mniejsza powierzchnia kaletkowa oraz grubsze ścięgno Achillesa. Dane te wykazywały zależność na poziomie istotności statystycznej ($p < 0,00$ dla grubości ścięgna Achillesa, $p < 0,05$ dla powierzchni kaletkowej). Na podstawie przeprowadzonego modelowania można wyciągnąć wniosek, iż zmniejszenie powierzchni kaletkowej tylko o 2 mm, powoduje dwukrotny wzrost szansy wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna piętowego. Zasadne wydaje się zatem traktowanie całego kompleksu ścisłych powiązań razem: kształt guza piętowego – powierzchnia kaletkowa – grubość ścięgna Achillesa. Autorzy badań naukowych traktujących o obrazowaniu struktur tyłostopia, podkreślają ścisły związek pomiędzy tymi strukturami [123]. W tym projekcie badawczym nie wykryto ścisłych związków liniowych w obrębie tych zmiennych (najsilniejsza korelacja dodatnia pomiędzy wielkością powierzchni kaletkowej a grubością ścięgna Achillesa $r = 0,66$ lewa strona, $r = 0,61$ prawa strona w grupie kontrolnej oraz $r = 0,58$ lewa strona i $0,59$ prawa strona w grupie badanej).



Rycina 11. Płaskie ukształtowanie guza piętowego widoczne na obrazie ultrasonograficznym z zaznaczonym ścięgnem Achillesa, kaletką głęboką oraz powierzchnią guza piętowego. Źródło:

Archiwum fotografii własnych

Opisany fakt niesie za sobą implikacje natury biomechanicznej. Biologiczną funkcją kaletki w płaszczyźnie strzałkowej jest absorpcja wstrząsów i ułatwienie ślizgu ścięgna Achillesa w trakcie ruchu w stawie skokowym. Struktura kaletki głębokiej jest ściskana w trakcie ruchu zgięcia grzbietowego stopy. Jej wielkość w płaszczyźnie poprzecznej nie ulega zmianie, jak pokazują wstępne badania japońskich naukowców [124]. Kompleks tyłostopia będzie zatem współpracował ze sobą nierozdzielnie podczas ruchów w stawie skokowym. Nie można zatem wyciągać wniosków tylko na podstawie grubości ścięgna czy samego kształtu guza kości piętowej.

Badanie pedobarograficzne wzbogaciło wnioski wyciągnięte na podstawie danych obrazowych. Dotychczasowe teorie na podstawie tego badania mówiły, iż przeciążenie ścięgna Achillesa następuje w wyniku nadmiernej pronacji. Clement i wsp. [125] przedstawili zależność, która mówi, iż nadmierny ruch pronacji podczas chodu, wywołuje ruch pronacji tyłostopia, co z kolei skutkuje znacznym zwiększeniem nacisku na tkanki miękkie kompleksu bocznej stopy. Ponadto ruch ten powoduje desynchronizację ruchów stopy i stawu skokowego podczas fazy podporu, powodując zmiany w unaczynieniu struktury ścięgna Achillesa. Wyniki niniejszej pracy pokazują, iż większość pacjentów grupy badanej (69%) wykazywała stereotyp przetoczenia o charakterze pronacyjnym. Dodatkowo warto zauważyć, iż w grupie, w której pacjenci przebyli zapalenie kaletki głębokiej, częściej można było zaobserwować przeniesienie ciężaru ciała w kierunku pięt podczas swobodnej postawy stojącej. Z dotychczasowych badań Kandil i wsp. [126] można wywnioskować, iż najbardziej optymalny rozkład sił wzdłuż stopy podczas stania na jednej nodze, czyli kiedy unilateralne obciążenie wynosi 100%, powinno rozkładać się w 50% przez kość skokową i piętową i w 50% przebiegać wzdłuż przodostopia. Wiedza na temat mechanizmu zmiany tej procentowej równowagi ma ogromne znaczenie dla zrozumienia powstawania biomechanicznych przeciążeń w obrębie stóp.

Doniesienie naukowe Mccrory i wsp. [127] zwraca uwagę na fakt, iż u osób z zapaleniem w obrębie ścięgna Achillesa następuje opóźnienie w czasie osiągnięcia maksymalnego nacisku osiowego oraz większy nacisk wzdłuż I promienia stopy. Także podczas analizy niniejszej pracy zwrócono uwagę na zwiększoną siłę reakcji podłoża po przyśrodkowej stronie pięty oraz pod I głową kości śródstopia. Porównanie to jest bardzo interesujące, ponieważ w zacytowanej pracy badanie zostało wykonane podczas aktywnego stanu chorobowego. Co może oznaczać, że pewne schematy przetoczenia pozostają pomimo ustąpienia dolegliwości bólowych lub zupełnie przeciwnie, że występowały one już wcześniej. Także Munteanu i Barton [128] po

przeanalizowaniu dotychczasowej literatury oceniającej wpływ czynników biomechanicznych na występowanie problemów związanych ze ścięgnem Achillesa, wyciągnęli wnioski, iż normalizacja specyficznych parametrów siły reakcji podłoża czy też praca nad odpowiednią aktywacją mięśni podczas chodu i biegu – przyspiesza regenerację oraz zmniejsza szansę na ponowne pojawienie się tej samej kontuzji.

Światowa Organizacja Zdrowia od wielu lat zwraca szczególną uwagę na niekorzystne konsekwencje, które niesie za sobą nadwaga. Poza oczywistymi, zagrażającymi życiu czynnikami ryzyka, jak wystąpienie cukrzycy, chorób układu naczyniowo-sercowego czy nowotworu, pojawiają się też doniesienia naukowe, iż otyłość zwiększa prawdopodobieństwo urazów układu mięśniowo-szkieletowego [129,130]. W trakcie opracowania wyników tej pracy, nie znaleziono badań dotyczących wpływu zwiększonej masy ciała na pojawienie się zapalenia w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Można jednak odnieść się do badania australijskich naukowców, którzy pod kontrolą ultrasonografu ocenili, jak zmienia się obciążenie ścięgna Achillesa w dwóch grupach: osób z nadwagą i o prawidłowym wskaźniku BMI. Wnioski tego badania wyraźnie potwierdziły, iż zwiększona masa ciała wpływa na strukturalne zmiany ścięgna, w wyniku zaburzenia przepływu płynów śródmiąższowych [131]. Potwierdzenie tej teorii można znaleźć również w pracy Klein i wsp. [132]. Ich retrospektywne badanie prowadzone było przez okres dziesięciu lat i wyraźnie pokazało wpływ wysokiego BMI na częstsze występowanie zapalenia w obrębie ścięgna Achillesa. Nie wykazano jednak wpływu na postępowanie terapeutyczne.

Jako punkt odcięcia do obliczenia ilorazu szans przyjęto próg wskaźnika BMI na poziomie 25. Wynika to z faktu, iż w przeprowadzonym przeze mnie badaniu, nie było osób, które przekraczałyby kolejny próg wskaźnika np. na poziomie 30. Prawdopodobnie jest to skutek doboru grupy osób, która trenuje bieganie.

Wyniki prezentowanego badania wskazują na zwiększoną szansę zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, osób z większym kątem nachylenia kości piętowej ($IR = 2,8$). Z obserwacji Autorki niniejszej pracy wynika, iż osoby o charakterystycznej stopie wydrążonej, częściej zgłaszają się z zapaleniem zlokalizowanym w obrębie ścięgna Achillesa. W przeprowadzonym i opisanym tutaj projekcie badawczym wzięto pod uwagę tylko nachylenie kości piętowej, ocenione na podstawie badania rentgenowskiego. Średnie wyniki oscylowały pomiędzy $X=23,2$; $SD=5,1$ w grupie kontrolnej oraz $X=24,9$; $SD=4,8$ w grupie badanej. Można więc łatwo zauważyć, że osoby, które przeszły zapalenie w obrębie kaletki, charakteryzowały się większym kątem nachylenia. Spostrzeżenie

własne, znalazło odzwierciedlenie w pracy naukowej amerykańskich badaczy. Shibuya i wsp. [133] potwierdzili wpływ nachylenia kości piętowej na częstsze występowanie zapalenia w obrębie ścięgna piętowego. Inne badania, w których oceniono wysokość łuku podłużnego stopy, w stosunku do występowania przeciążeń w strukturze ścięgna Achillesa, nie wykazują jednak istotnych powiązań. Irańscy naukowcy zwracają uwagę na szereg innych czynników ryzyka, które wydają się być dużo bardziej znaczące. Wymieniają między innymi odpowiednie obuwie sportowe, powierzchnię treningową, historię poprzednich urazów, ilość i intensywność podejmowanej aktywności biegowej [134].

Sukcesem ostatnich lat wydaje się być większa świadomość działań profilaktycznych wśród osób podejmujących aktywność biegową. W badaniach brazylijskich badaczy, którzy przeprowadzili kwestionariusz ankietowy wśród osób, które trenują bieganie, przyczyny kontuzji zostały podzielone na wewnętrzne i zewnętrzne. Biegacze samodzielnie wypunktowali, iż bez wątpienia, najważniejszymi przyczynami „zewnętrznymi” są: brak rozciągania po treningu, brak odpowiedniej rozgrzewki, złe obuwie. Z kolei czynniki „wewnętrzne” zwiększające szanse kontuzji to m.in. nie respektowanie ograniczeń swojego ciała, sposób przetoczenia stopy [135]. Podejście profilaktyczne do urazów mięśniowo-szkieletowych może różnić się w zależności od kraju czy regionu, w którym przeprowadza się dane badanie. Z tego powodu sięgnięcie do literatury polskiej, wydaje się konieczne. Na podstawie badania Piekorz i wsp. [136] oceny świadomości urazów i kontuzji wśród uczestników półmaratonu bydgoskiego, można wnioskować, iż znaczna grupa ankietowanych jest świadoma zagrożeń wynikających z biegania. Co ciekawe zarówno w grupie mężczyzn jak i kobiet ponad 50% osób zauważa wyłącznie korzyści treningu biegowego. Do najczęściej wskazywanych zagrożeń powodowanych treningiem biegowym należały przeciążenia stawowe oraz nadwyrężenia mięśni i więzadeł.

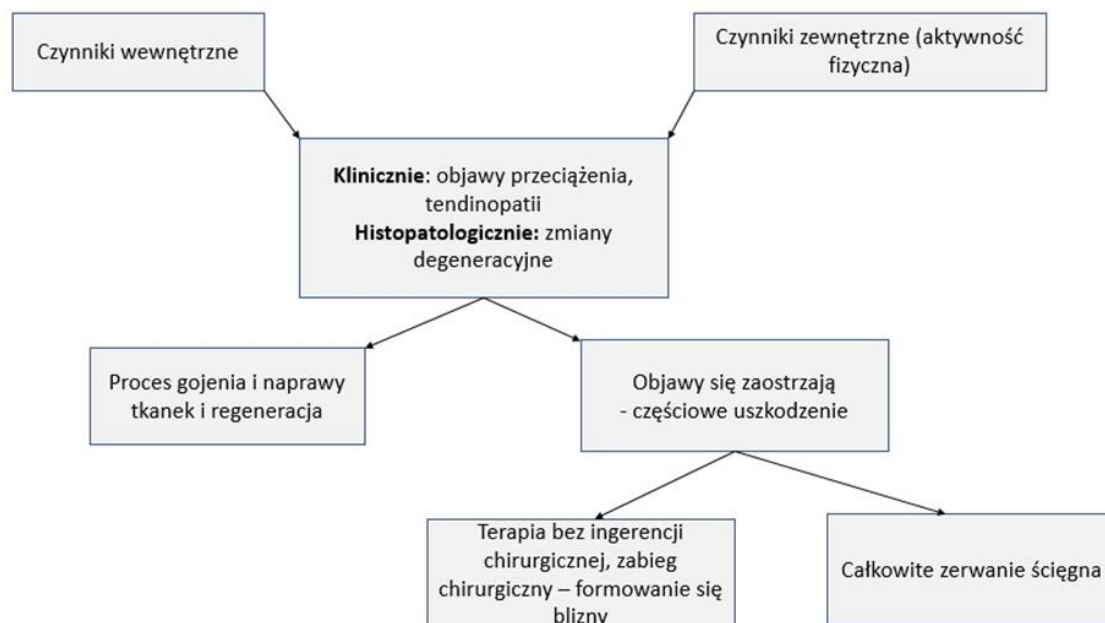
W literaturze można znaleźć niewiele informacji dotyczących wpływu otaczających tkanek miękkich na strukturę kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Li i Muehleman z Uniwersytetu w Chicago [137] zwracają uwagę, iż w badaniu, które przeprowadzili na utrwalonych zwłokach ludzkich, okolica guza piętowego wykazuje bardzo dużą zmienność osobniczą otaczających tkanek. Autorka niniejszej pracy miała to na uwadze podczas planowania badania.

Istotny punkt widzenia przedstawili również Pingel i wsp. [138], którzy zbadali tkankę tłuszczową pochodzącą z obszaru trójkąta Kager'a. Według przedstawionego przez nich badania wynika, iż w przypadku zapalenia ścięgna Achillesa dochodzi również do zmiany

ekspresji markerów stanu zapalnego w obszarze poduszeczki tłuszczowej. Działanie białek produkowanych przez tkankę tłuszczową jest niejednokrotnie bardzo złożone i wymaga jednak dalszych badań.

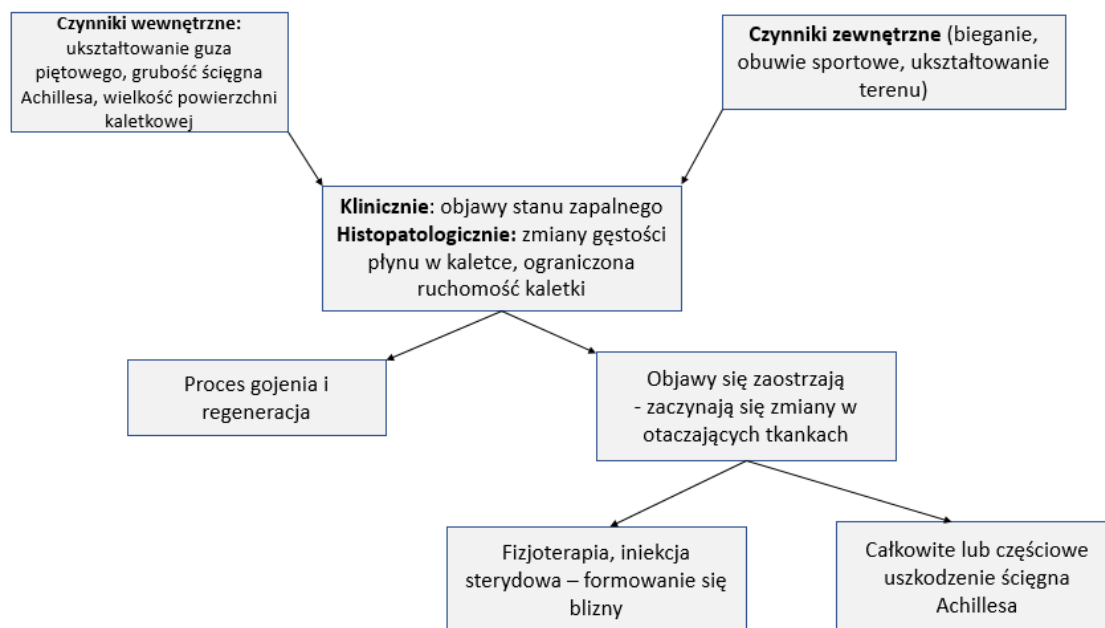
Warto jednak prześledzić dane na temat grubości ścięgna piętowego a występowaniem urazów w jego przebiegu lub w strukturze jego przyczepu do powierzchni kostnej. Historycznie pierwsze doniesienia naukowe pochodzą od Fredberg'a i Bolvig'a [139], którzy stwierdzili, iż ryzyko wystąpienia urazu ścięgna Achillesa zależy od jego wyjściowej grubości. Obliczono, że szansa pojawienia się zapalenia ścięgna piętowego w grupie asymptotycznej wynosi 45%. Badania te zostały jednak zakwestionowane przez brytyjskich naukowców, którzy zarzucili swoim poprzednikom brak dalszej obserwacji badanych i rzeczywistego wystąpienia urazu. Praca Jhingan i wsp. [140] zaprojektowali badanie prospektywne, które również potwierdziło wyniki wcześniejszych doniesień. Ważnym aspektem tych danych, jest fakt, że przedstawiają one anatomiczną strukturę, której wyjściowy parametr może być czynnikiem ryzyka rozwoju przeciążeń w obszarze ścięgna Achillesa. Wyniki te potwierdzono również w niniejszej pracy, gdzie szansa na przebycie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa jest 4,4 razy większa u osób z grubszym ścięgnem (powyżej 5 mm). Zdaniem Autorki niniejszej pracy, w związku z anatomiczną zależnością kaletki głębokiej ścięgna Achillesa i samego ścięgna zmiany w obszarze jednej struktury będą implikować zmiany w drugiej.

Na temat zapalenia w obrębie przyczepu ścięgna Achillesa do powierzchni guza piętowego powstało wiele prac naukowych. Warto przytoczyć kilka z nich, ze względu na późniejsze porównanie z wynikami niniejszego projektu badawczego. Obszerne doniesienie Järvinen i wsp. [141] traktuje o szerokim kontekście tendinopatii. Systematyzują oni mechanizmy patologii dotyczące samego ścięgna. Poniżej przedstawiono rycinę (ryc. 12), na której prezentują się wspomniane w artykule czynniki i konsekwencje ich występowania.



Rycina 12. Mechanizmy patofizjologiczne przeciążenia w obrębie ścięgna Achillesa, które mogą prowadzić do jego całkowitego zerwania

Przedstawiony graficznie mechanizm można odnieść do wyników niniejszego projektu badawczego. Czynniki wewnętrzne, które mogą mieć wpływ na kliniczne wystąpienie stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, to m.in.: grubość ścięgna (OR=4,8 p<0,001), płaskie ukształtowanie guza piętowego (OR=4,3 p<0,01), zmniejszona wielkość powierzchni kaletkowej (OR=3,16 p<0,05). Wszystkie te zmienne będą wynikały z osobniczej, anatomicznej zmienności badanych. Czynniki zewnętrzne, które wpływają na strukturę kaletki, to m.in.: bieganie, jako jedna z form aktywności fizycznej, obuwie sportowe, ukształtowanie terenu, w którym wykonywany jest trening, tygodniowy kilometr, dodatkowe obciążenie (np. warunki pracy), dieta. Na kolejnej rycinie (ryc.13) przedstawiono analogiczne porównanie mechanizmu występowania stanu zapalnego w obrębie kaletki.



Rycina 13. Mechanizmy patofizjologiczne wystąpienia zapalenia w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, które może prowadzić do uszkodzenia struktury samego ścięgna

Bardzo szeroko dyskutowanym tematem jest wpływ płaskostopia na ryzyko wystąpienia urazu u biegaczy. Skala problemu skłania do analizy tej kwestii podczas niniejszych rozważań. Zanis [142] w swojej pracy, przystępnie tłumaczy ewolucję zmian, zachodzących w obrębie wysklepienia podłużnego stóp. Podważa zdanie na temat faktu, iż płaskostopie ma powiązanie ze zmianą otaczającego nas środowiska naturalnego. Przypisuje jednak ogromny wpływ szeroko rozwiniętemu przemysłowi obuwniczemu. Według niego wina leży tu po stronie konsumentów, ponieważ bezkrytycznie przyjmują reklamy, a co za tym idzie zmniejszają wpływ naturalnych zmian biomechanicznych, które zachodzą w obrębie stopy. Warto zwrócić również uwagę na badania, które analizują działanie wkładek ortopedycznych. Zgodnie z metaanalizą Mills i wsp. [143] skala pozytywnych zmian, które zachodzą w obszarze ruchomości stawu skokowego i uniesienia wysklepienia stopy to poprawa u ok. 2% badanych.

Szereg opisanych powyżej zależności pomiędzy strukturami kostnymi oraz tkankami miękkimi ma praktyczne zastosowanie dla osób trenujących bieganie. Na podstawie projektu Auliffe i wsp. [144] należy dodać do tego również obciążenie psychiczne, które wiąże się z wymuszoną przerwą w rutynie osób regularnie trenujących bieganie.

Wnioski i przemyślenia płynące z niniejszego projektu badawczego są bliskie do podejścia Cohen'a [145]. Kładzie on duży nacisk na złożoność problemów, które mogą zaistnieć w tylnym przedziale stopy. W jego pracy można przeczytać o idealnym zestawie, jaki tworzy zespół tkanek miękkich wraz ze stawem skokowym dolnym i kośćmi. Jest to zbieżne z wynikami omówionego tutaj badania, które tłumaczy zależności pomiędzy anatomicznym ukształtowaniem powierzchni guza piętowego oraz strukturą miękką, jaką jest kaletka głęboka ścięgna Achillesa. Według wiedzy Autorki, jest to pierwsze badanie, którego tematyka objęła rozważania na temat wpływu kształtu powierzchni kostnej, tkanek miękkich oraz wpływu zmiennych biomechanicznych. Należy jednak zwrócić uwagę na określenie „optymalne”, które oznacza taką kombinację tych wskaźników, jaka będzie biomechanicznie właściwa dla danej osoby. Ujawniło ono jednak potrzebę kontynuowania badań w tym zakresie. Wyniki wskazują, iż płaskie ukształtowanie guza piętowej zwiększa szansę na wystąpienie stanu zapalnego kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie. Ze względu na wymiar poznawczy niniejsza praca może być przydatna przy podejmowaniu działań profilaktycznych, dotyczących przygotowania do treningu biegowego oraz działań terapeutycznych w trakcie leczenia już zaistniałej kontuzji.

6. OGRANICZENIA BADANIA

Przedstawione powyżej badania mają kilka ograniczeń. Największym z nich wydaje się być mała liczba osób trenujących bieganie, co mogło wpłynąć na uzyskane wyniki. Aby potwierdzić uzyskane zależności, należałoby poddać ocenie liczniej grupę biegaczy. Mogą też pojawić się wątpliwości, czy na pewno grupa kontrolna z grupą badaną były wystarczająco do siebie podobne. W dyscyplinie sportowej, jaką jest bieganie, ma znaczenie wiele czynników. Dodatkowo projekt badania pozwala na określenie jedynie tendencji, szansy na wystąpienie zapalenia w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Nie można zatem wyciągnąć jednoznacznych wniosków o wzajemnym wpływie na siebie ocenianych zmiennych. Badania były wykonane w różnym czasie po wystąpieniu zapalenia kaletki, co również może mieć wpływ na przedstawione wyniki. Jednocześnie kontrola ultrasonograficzna i rentgenowska nie odbyła się w jednym czasie. Aby mieć pewność co do jednoczesnej zbieżności wyników, najrozsądniej byłoby rozważyć badanie przy użyciu tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego.

7. WNIOSKI

1. W przypadku płaskiego ukształtowania powierzchni guza piętowego wzrasta ryzyko wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie.
2. Ryzyko wystąpienia stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa wzrasta w przypadku grubszego ścięgna piętowego oraz mniejszej powierzchni kaletkowej.
3. Wykazano zależność pomiędzy powierzchnią kaletkową a grubością ścięgna Achillesa. Wraz ze zwiększeniem się wielkości kaletki wzrasta proporcjonalnie odnotowana grubość ścięgna piętowego.
4. Wartość wskaźnika BMI jest związana z ryzykiem wystąpienia zapalenia. Powyżej 25 kg/m^2 znacznie wzrasta ryzyko wystąpienia stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa.
5. Parametry biomechaniczne mierzone za pomocą badania pedobarograficznego są inne u osób, które przebyły zapalenie. W badaniu statycznym osoby z grupy badanej wykazywały większy docisk w obrębie pięt, natomiast w badaniu dynamicznym charakterystyczny był dłuższy kontakt powierzchni pięt z podłożem w porównaniu z grupą kontrolną.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Cooper KH. *Aerobics*. New York: Bantam, 1968.
2. Bandyopadhyay A. Validity of Cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Biology of Sport*, 2015, 32(1), 59.
3. Błaszczyk JW. *Biomechanika kliniczna: podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2014.
4. Winter DA. Biomechanics of normal and pathological gait: implications for understanding human locomotor control. *Journal of Motor Behavior*, 1989, 21(4), 337-355.
5. Grimshaw P., Lees A., Fowler N., Burden A. *Biomechanika sportu. Krótkie wykłady [Sports and Exercise Biomechanics. Instant Notes]*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.
6. Dostępne na stronie z dnia 22.02.2017: <https://www.msit.gov.pl/pl/sport/badania-i-analizy/aktywnosc-fizyczna-spol/575,Aktywnosc-fizyczna-spoleczenstwa.html>.
7. Stempień J. Bieganie, zwiedzanie i klasa średnia – przygarść socjologicznych uwag i obserwacji o turystyce biegowej. w: M. Kazimierzak (red.), *Inspiracje sportem w turystyce kulturowej*, 2016, Wydawnictwo AWF w Poznaniu.
8. Nowak PF, Supiński J. Uczestnictwo w biegach maratońskich a zdrowotność polskich biegaczy. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2014, 45, 41-47.
9. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. What are the main running-related musculoskeletal injuries? *Sports Medicine*, 2012, 42(10), 891-905.
10. Lun V, Meeuwisse WH, Stergiou P, Stefanyshyn, D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *British Journal of Sports Medicine*, 2004, 38(5), 576-580.
11. Richards CE, Magin PJ, Callister R. Is your prescription of distance running shoes evidence based? *British Journal of Sports Medicine* 2009, 43:159-162.
12. Nakhaee Z, Rahimi A, Abaee M, Rezasoltani A, Kalantari KK. The relationship between the height of the medial longitudinal arch (MLA) and the ankle and knee injuries in professional runners. *The Foot*, 2008, 18(2), 84-90.
13. Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *Journal of the American College of Cardiology*, 2014, 64(5), 472-481.

14. Hébert-Losier K, Jensen K, Mourot L, Holmberg HC. The influence of surface on the running velocities of elite and amateur orienteer athletes. *Scandinavian Journal of Medicine Science Sports*; 2014, 27;24(6): 448-455.
15. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, 23(1), 133-140.
16. Van Middelkoop M, Kolkman J, Van Ochten J, Bierma-Zeinstra SMA, Koes B. Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2008, 18(2), 140-144.
17. Injuries in the European Union. Summary of injury statistics for the years 2008-2010 Issue 4. EuroSafe, 2013.
18. Canoso JJ, Liu N, Traill MR, Runge VM. Physiology of the retrocalcaneal bursa. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 1988, 47(11), 910.
19. Kachlik D, Baca V, Cepelik M, Hajek P, Mandys V, Musil V, Stingl J. Clinical anatomy of the retrocalcaneal bursa. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2008, 30(4), 347-353.
20. Kachlik D, Baca V, Cepelik M, Hajek P, Mandys V, Musil V. Clinical anatomy of the calcaneal tuberosity. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 2008, 190(3), 284-291.
21. Theobald P, Bydder G, Dent C, Nokes L, Pugh N, Benjamin M. The functional anatomy of Kager's fat pad in relation to retrocalcaneal problems and other hindfoot disorders. *Journal of Anatomy*, 2006, 208(1), 91-97.
22. Albert E. Achillodynie. *Wien Med Presse*, 1893, 34, 41-43.
23. Van Dijk CN, Van Sterkenburg MN, Wiegerinck JI, Karlsson J, Maffulli N. Terminology for Achilles tendon related disorders. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2011, 19(5), 835-841.
24. Doral MN, Alam M, Bozkurt M, Turhan E, Atay OA, Dönmez G, Maffulli N. Functional anatomy of the Achilles tendon. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2010, 18(5), 638-643.
25. Sayana MK, Maffulli N. Insertional achilles tendinopathy. *Foot and Ankle Clinics*, 2005, 10(2), 309-320.
26. Kujala UM, Sarna S, Kaprio J. Cumulative incidence of achilles tendon rupture and tendinopathy in male former elite athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2005, 15(3), 133-135.

27. Yeung SS, Yeung EW, Gillespie LD. Interventions for preventing lower limb soft-tissue running injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011.
28. Van der Worp MP, Ten Haaf DS, van Cingel R, de Wijer A, Nijhuis-van der Sanden MW, Staal JB. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One*, 2015,10(2).
29. Longo UG, Rittwege J, Garau G, Radonic B, Gutwasser C, Gilliver SF, Maffulli N. No influence of age, gender, weight, height, and impact profile in achilles tendinopathy in masters track and field athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 2009, 37(7), 1400-1405.
30. McGonagle D, Benjamin M. Entheses, Enthesitis and Enthesopathy. *Reports on the Rheumatic Diseases Series 6*. Arthritis Research UK, 2009, nr 4.
31. Kumar R Anjana MK. Retrocalcaneal Bursitis due to Rare Calcaneal Osteochondroma in Adult Male: Excision and Outcome. *Journal of Orthopaedic Case Reports*, 2016, 6(2), 16.
32. Bujnowska-Fedak M, Sapilak B, Steciwko A. Epidemiologia schorzeń i struktura zachorowań w praktyce lekarza rodzinnego. *Family Medicine and Primary Care Review*, 2011, (2), 135-139.
33. Zolnierek KBH, DiMatteo MR. Physician communication and patient adherence to treatment: a meta-analysis. *Medical Care*, 2009, 47(8), 826.
34. McCarley P. Patient empowerment and motivational interviewing: Engaging patients to self-manage their own care. *Nephrology Nursing Journal*, 2009, 36(4).
35. Derksen F, Bensing J, Lagro-Janssen A. Effectiveness of empathy in general practice: a systematic review. *British Journal of General Practice*, 2013, 63(606), 76-84.
36. Saini SS, Reb CW, Chapter M, Daniel JN. Achilles tendon disorders. *Journal of Osteopathic Association*, 2015, 115, 670.
37. Heckman DS, Gluck GS, Parekh SG. Tendon disorders of the foot and ankle, part 2: achilles tendon disorders. *The American Journal of Sports Medicine*, 2009, 37(6), 1223-1234.
38. Asplund CA, Best TM. Achilles tendon disorders. *Bmj*, 2013, 346.
39. Azevedo LB, Lambert MI, Vaughan CL, O'Connor CM, Schweltnus MP. Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners. *British Journal of Sports Medicine*, 2009, 43(4), 288-292.
40. Rabin A, Kozol Z, Finestone AS. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: a prospective cohort study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 2014, 7(1), 48.

41. Leitze Z, Sella EJ, Aversa JM. Endoscopic decompression of the retrocalcaneal space. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 2003, 85(8), 1488-1496.
42. Canoso JJ. Heel pain: diagnosis and treatment, step by step. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 2006, 73(5), 465.
43. Hutchison AM, Evans R, Bodger O, Pallister I, Topliss C, Williams P, Beard D. What is the best clinical test for Achilles tendinopathy? *Foot and Ankle Surgery*, 2013, 19(2), 112-117.
44. Kransdorf MJ, Murphey MD. Radiologic evaluation of soft-tissue masses: a current perspective. *American Journal of Roentgenology*, 2000, 175(3), 575-587.
45. Maayke N van Sterkenburg MN, Muller B, Maas M, Sierevelt IN, van Dijk CN. Appearance of the weight-bearing lateral radiograph in retrocalcaneal bursitis. *Acta Orthopaedica*, 2010, 81(3), 387-390.
46. Frey C, Rosenberg Z, Shereff MJ, Kim H. The retrocalcaneal bursa: anatomy and bursography. *Foot and Ankle*, 1992, 13(4), 203-207.
47. Czyrny Z. US of the Achilles tendon - basics of anatomy and pathology. *The Journal of Orthopaedics Trauma Surgery and Related Research*, 2011, 5: 17–28.
48. Sofka CM, Adler RS. Ultrasound-guided interventions in the foot and ankle. In *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 2002; 6(2), 163-168.
49. Lawrence DA, Rolen MF, Morshed KA, Moukaddam H. MRI of heel pain. *American Journal of Roentgenology*, 2013, 200(4), 845-855.
50. Lohrer H, Raabe T, Nauck T, Arentz S. Minimally invasive retrocalcaneal bursa pressure measurement: development and pilot application. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 2011, 131(5), 719-723.
51. Lohrer H, Nauck T. Retrocalcaneal bursitis but not Achilles tendinopathy is characterized by increased pressure in the retrocalcaneal bursa. *Clinical Biomechanics*, 2014, 29(3), 283-288.
52. Reicher M, Bochenek A. *Anatomia człowieka. Tom I, Anatomia ogólna, kości, stawy i więzadła, mięśnie. Wyd. X (VI). Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1990, 566-569.*
53. Hall RL, Shereff MJ. Anatomy of the calcaneus. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 1993, (290), 27-35.
54. Diederichs G, Link TM, Kentenich M, Schwieger K, Huber MB, Burghardt AJ, Issever AS. Assessment of trabecular bone structure of the calcaneus using multi-detector CT: correlation with microCT and biomechanical testing. *Bone*, 2009, 44(5), 976-983.

55. Keaveny TM, Morgan EF, Niebur GL, Yeh OC. Biomechanics of trabecular bone. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 2001, 3(1), 307-333.
56. Pierre-Jerome C, Moncayo V, Terk MR. MRI of the Achilles tendon: a comprehensive review of the anatomy, biomechanics, and imaging of overuse tendinopathies. *Acta Radiologica*, 2010, 51(4), 438-454.
57. Raichlen DA, Armstrong H, Lieberman DE. Calcaneus length determines running economy: implications for endurance running performance in modern humans and Neandertals. *Journal of Human Evolution*, 2011, 60(3), 299-308.
58. Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2007, 88(1), 88-93.
59. Uygur M, Atamaz F, Celik S, Pinar Y. The types of talar articular facets and morphometric measurements of the human calcaneus bone on Turkish race. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2009, 129(7), 909.
60. Gualdi-Russo E. Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Science International*, 2007, 171(2-3), 151-156.
61. Dhillon MS, Bali K, Prabhakar S. Controversies in calcaneus fracture management: a systematic review of the literature. *Musculoskeletal Surgery*, 2011, 95(3), 171-181.
62. Su Y, Chen W, Zhang T, Wu X, Wu Z, Zhang Y. Bohler's angle's role in assessing the injury severity and functional outcome of internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures: a retrospective study. *BMC Surgery*, 2013, 13(1), 40.
63. Daftary A, Haims AH, Baumgaertner MR. Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT. *Radiographics*, 2005, 25(5), 1215-1226.
64. Melinska AU, Romaszkievicz P, Wagel J, Sasiadek M, Iskander DR. Statistical, morphometric, anatomical shape model (atlas) of calcaneus. *PloS one*, 2015, 10(8),
65. Luboz V, Perrier A, Bucki M, Diot B, Cannard F, Vuillerme N, Payan Y. Influence of the calcaneus shape on the risk of posterior heel ulcer using 3D patient-specific biomechanical modeling. *Annals of Biomedical Engineering*, 2015, 43(2), 325-335.
66. Damilakis J, Perisinakis K, Gourtsoyiannis N. Imaging ultrasonometry of the calcaneus: optimum T-score thresholds for the identification of osteoporotic subjects. *Calcified Tissue International*, 2001, 68(4), 219-224.
67. Lewiecki EM, Richmond B, Miller PD. Uses and misuses of quantitative ultrasonography in managing osteoporosis. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 2006, 73(8), 742.

68. Kapandji AI. Anatomia funkcjonalna stawów. Kończyna dolna, Tom II, Urban and Partner, Wrocław, 2009, 182-186.
69. Jastifer JR, Gustafson PA. The subtalar joint: biomechanics and functional representations in the literature. *The Foot*, 2014, 24(4), 203-209.
70. Lewis GS, Kirby KA, Piazza SJ. Determination of subtalar joint axis location by restriction of talocrural joint motion. *Gait and Posture*, 2007, 25(1), 63-69.
71. Sheehan FT. The instantaneous helical axis of the subtalar and talocrural joints: a non-invasive in vivo dynamic study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 2010, 3(1), 13.
72. Brockett CL., Chapman, GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and Trauma*, 2016, 30(3), 232-238.
73. Wang B., Saltzman CL., Chalayon O., Barg A. Does the subtalar joint compensate for ankle malalignment in end-stage ankle arthritis? *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 2015, 473(1), 318-325.
74. Krähenbühl N., Horn-Lang T., Hintermann B., Knupp M. The subtalar joint: A complex mechanism. *EFORT Open Reviews*, 2017, 2(7), 309-316.
75. Fowler A., Philip JF. Abnormality of the calcaneus as a cause of painful heel its diagnosis and operative treatment. *British Journal of Surgery*, 1945, 32(128), 494-498.
76. Bulstra GH., van Rheenen TA., Scholtes VA. Can we measure the heel bump? Radiographic evaluation of Haglund's deformity. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2015, 54(3), 338-340.
77. Martín FJ., Valdazo MDA., Peña GD., Leroy JF., Herrero DH., García FD. Haglund's Syndrome. Two Case Reports. *Reumatología Clínica (English Edition)*, 2017, 13(1), 37-38.
78. Agyekum EK., Ma K. Heel pain: A systematic review. *Chinese Journal of Traumatology*, 2015, 18(3), 164-169.
79. Lu CC., Cheng YM., Fu YC., Tien YC., Chen SK., Huang PJ. Angle analysis of Haglund syndrome and its relationship with osseous variations and Achilles tendon calcification. *Foot and Ankle International*, 2007, 28(2), 181-185.
80. Singh R., Rohilla R., Siwach RC., Magu NK., Sangwan SS., Sharma A Diagnostic significance of radiologic measurements in posterior heel pain. *The Foot*, 2008, 18(2), 91-98.
81. Sundararajan PP, Wilde TS. Radiographic, clinical, and magnetic resonance imaging analysis of insertional Achilles tendinopathy. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2014, 53(2), 147-151.

82. Serrano P., Leite F., Sousa A., Carvalho A., Silva M., Costa L., Gomes A. Surgical treatment for Haglund's deformity. *Foot and Ankle Surgery*, 2017 (23), p. 133.
83. Vaishya R., Agarwal AK., Azizi AT., Vijay V. Haglund's syndrome: A commonly seen mysterious condition. *Cureus*, 2016, 8(10).
84. Myerson CL., Shimozone Y., Kennedy JG. Haglund's Deformity and Chronic Achilles Tendonitis. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 2018, 28(2), 104-109.
85. Bałakiriew P. Zur Frage über Bestimmungsmethode der statischen Deformationen der Fusse nach deren Abdrucken. *Ztschr für Ortop Chirurg* 1929;(51):243.
86. Wejsflog G. Plantokonturografia. *Polski Tygodnik Lekarski* 1955; 52:1670-1677.
87. Elftman H. A cinematic study of the distribution of pressure in the human foot. *The Anatomical Record*, 1934, 59(4), 481-491.
88. Morton DJ. Structural factors in static disorders of the foot. *The American Journal of Surgery*, 1930, 9(2), 315-328.
89. Lorkowski J., Trybus M., Hładki W., Zarzycki D. Application of pedobarography in holistic evaluation of the therapy outcomes of the Achilli tendon ruptures during sport activity. *Journal of Orthopedic Trauma Surgery Related Research*, 2009, 2, 87.
90. Dumitrache SA., Avramescu ET., Dragomir M. Patient-specific rehabilitation after ACL reconstruction based on computational gait analysis. *Physiotherapy*, 2016, 102, 159-160.
91. Gurney JK., Kersting UG., Rosenbaum D., Dissanayake A., York S., Grech R., Sarfati D. Pedobarography as a clinical tool in the management of diabetic feet in New Zealand: a feasibility study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 2017, 10(1), 24.
92. Puszczalowska-Lizis E. Ocena rzetelności pomiarowej oryginalnych wskaźników plantograficznych. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego Instytutu Leków*, 2010; 2: 176-181.
93. Rabischong P, Avril J. L'electro podographie: une methode nouvelle de mesure des forces de pression plantaire. *Review Pedicurie* 1967; 44:9-24.
94. Foltynski P., Wojcicki JM., Ladyzynski P., Migalska-Musial K., Rosinski G., Krzymien J., Karnafel W. Monitoring of diabetic foot syndrome treatment: some new perspectives. *Artificial Organs*, 2011, 35(2), 176-182.
95. Fang F., Wang YF., Gu MY., Chen H., Wang DM., Xiao K., Peng YD. Pedobarography - a novel screening tool for diabetic peripheral neuropathy. *European Review of Medical and Pharmacological Sciences*, 2013, 17(23), 3206-12.

96. Srokowski G., Srokowska A., Bułatowicz I., Siedlaczek M., Rybka K. P., Radzimińska A., Krajnik A. Distribution of the compressive forces on the plantar side of the foot of the early school child. *Health, Fitness and Education in V4 Countries*, 2013, 35.
97. Srokowska A., Foss J., Lewandowski A., Siedlaczek M., Srokowski G., Radzimińska A., Zukow W. Statyczna i dynamiczna ocena funkcjonalna wybranych parametrów stopy = Statistical and dynamical functional evaluation of the selected foot parameters. *Journal of Education, Health and Sport*, 2015, 5(7).
98. Deschamps K., Birch I., Desloovere K., Matricali GA. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait and posture*, 2010, 32(1), 102-106.
99. Khurana A., Kadamabande S., James S., Tanaka H. Hariharan K. Weil osteotomy: assessment of medium-term results and predictive factors in recurrent metatarsalgia. *Foot and Ankle Surgery*, 2011, 17(3), 150-157.
100. Jansen H., Frey S. P., Ziegler C., Meffert R. H., Doht S. Results of dynamic pedobarography following surgically treated intra-articular calcaneal fractures. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2-13, 133(2), 259-265.
101. Canoso JJ. Heel pain: diagnosis and treatment, step by step. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 2006, 73(5), 465.
102. Toullec E. Adult flatfoot. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery and Research*, 2015, 101(1), 11-17.
103. Böhler L. Diagnosis, pathology, and treatment of fractures of the os calcis. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1931, 13(1), 75-89.
104. Willmott H., Stanton J., Southgate C. Böhler's angle—What is normal in the uninjured British population? *Foot and Ankle Surgery*, 2012, 18(3), 187-189.
105. Kanatli U., Yetkin H., Cila E. Footprint and radiographic analysis of the feet. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2001, 21(2), 225-228.
106. David V., Stephens, TJ., Kindl R., Ang A., Tay WH., Asaid R., McCullough K. Calcaneotalar ratio: a new concept in the estimation of the length of the calcaneus. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2015, 54(3), 370-372.
107. Stenroth L., Peltonen J., Cronin N. J., Sipilä S., Finni T. Age-related differences in Achilles tendon properties and triceps surae muscle architecture in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 2012, 113(10), 1537-1544.

108. Fredberg U., Bolvig L., Andersen NT., Stengaard-Pedersen K. Ultrasonography in evaluation of Achilles and patella tendon thickness. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*, 2008, 29(01), 60-65.
109. Wiest MJ., Diefenthaler F., Mota CB., Carpes FP. Changes in postural stability following strenuous running and cycling. *Journal of Physical Education and Sport*, 2011, 11(4), 406.
110. Agresti A. *Categorical data analysis* (Vol. 482). John Wiley and Sons. 2003, 43, 165-177.
111. Stanisław A., Tadeusiewicz R. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny: Modele liniowe i nieliniowe*. StatSoft, 2007.
112. Junior LCH., Costa LOP., Lopes AD. Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *Journal of Physiotherapy*, 2013, 59(4), 263-269.
113. Videbæk S., Bueno AM., Nielsen RO., Rasmussen S. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2015, 45(7), 1017-1026.
114. Becker J., James S., Wayner R., Osternig L., Chou LS. Biomechanical factors associated with Achilles tendinopathy and medial tibial stress syndrome in runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 2017, 45(11), 2614-2621.
115. Messier SP., Martin DF., Mihalko SL., Ip E., DeVita P., Cannon D. W., Seay JF. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). *The American Journal of Sports Medicine*, 2018, 46(9), 2211-2221
116. Nigg BM., Baltich J., Hoerzer S., Enders H. Running shoes and running injuries: myth busting and a proposal for two new paradigms: 'preferred movement path' and 'comfort filter'. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(20), 1290-1294.
117. Brund RB., Rasmussen S., Nielsen RO., Kersting UG., Laessoe U. Voigt M. Medial shoe-ground pressure and specific running injuries: A 1-year prospective cohort study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2017, 20(9), 830-834.
118. Malisoux L., Nielsen RO., Urhausen A., Theisen D. A step towards understanding the mechanisms of running-related injuries. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(5), 523-528.
119. Pavlov H. Heneghan MA. Hersh A. Goldman AB. Vigorita V. The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. *Radiology*. 1982; 144: 83-88.

120. Vega MR., Cavolo DJ., Green RM., Cohen RS. Haglund's deformity. *Journal of the American Podiatry Association*, 1984, 74(3), 129.
121. Stephens MM. Haglund's deformity and retrocalcaneal bursitis. *The Orthopedic Clinics of North America*, 1994, 25(1), 41-46.
122. Kang S., Thordarson DB., Charlton TP. Insertional Achilles tendinitis and Haglund's deformity. *Foot and Ankle International*, 2012, 33(6), 487-491.
123. Edama M., Kubo M., Onishi H., Takabayashi T., Yokoyama E., Inai T., Kageyama I. Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity. *Journal of Anatomy*, 2016, 229(5), 610-614.
124. Hamada M., Ota M., Azuma N., Yamakado K. Width of the Retrocalcaneal Bursa Is Not Altered by the Ankle Motion or Flexor Hallucis Longus Contraction. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2016, 1(4), 378-381.
125. Clement DB, Taunton JE, Smart GW: Achilles tendinitis and peritendinitis: etiology and treatment. *American Journal of Sports Medicine* 1984, 12 (3): 179-184.
126. Kandil OD., Aboelazm SN., Mabrouk MS. Foot biometrics: gender differences in plantar pressure distribution in standing position. *American Journal of Biomedical Engineering*, 2014, 4(1), 1-9.
127. McCrory JL., Martin DF., Lowery RB., Cannon DW., Curl WW., Read JH., Messier SP. Etiologic factors associated with Achilles tendinitis in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1999, 31(10), 1374-1381.
128. Munteanu SE., Barton CJ. Lower limb biomechanics during running in individuals with achilles tendinopathy: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 2011, 4(1), 15
129. McAlindon TE., Driban JB., Lo GH. Osteoarthritis year 2011 in review: clinical. *Osteoarthritis and Cartilage*, 2012, 20(3), 197-200.
130. Wearing SC., Hennig EM., Byrne NM., Steele JR., Hills AP. Musculoskeletal disorders associated with obesity: a biomechanical perspective. *Obesity Reviews*, 2006, 7(3), 239-250.
131. Wearing SC., Hooper SL., Grigg NL., Nolan G., Smeathers JE. Overweight and obesity alters the cumulative transverse strain in the Achilles tendon immediately following exercise. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2013, 17(3), 316-321
132. Klein EE., Weil Jr L., Weil Sr LS., Fleischer, AE. Body mass index and Achilles tendonitis: a 10-year retrospective analysis. *Foot and Ankle Specialist*, 2013, 6(4), 276-282.

133. Shibuya N., Thorud JC., Agarwal MR., Jupiter DC. Is calcaneal inclination higher in patients with insertional Achilles tendinosis? A case-controlled, cross-sectional study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2012,51(6), 757-761.
134. Nakhaee Z., Rahimi A., Abaee M., Rezasoltani A., Kalantari, KK. The relationship between the height of the medial longitudinal arch (MLA) and the ankle and knee injuries in professional runners. *The Foot*, 2008, 18(2), 84-90.
135. Saragiotto BT., Yamato TP., Lopes AD. What do recreational runners think about risk factors for running injuries? A descriptive study of their beliefs and opinions. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2014,44(10), 733-738.
136. Piekorz Z., Lewandowski A., Szarski K., Radziwińska A., Strojek K., Styczyńska. Kontuzje i urazy w świadomości biegaczy długodystansowych, *Biomedical Human Kinetic*. 2017, 10, 150-156.
137. Li J., Muehleman C. (2007). Anatomic relationship of heel spur to surrounding soft tissues: greater variability than previously reported. *Clinical Anatomy*, 2007, 20(8), 950-955.
138. Pingel J., Petersen MCH., Fredberg U., Kjær SG., Quistorff B., Langberg H., Hansen JB. Inflammatory and metabolic alterations of Kager's fat pad in chronic Achilles tendinopathy. *PloS one*, 2015,10(5).
139. Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and Achilles tendons of elite soccer players-A longitudinal study. *American Journal of Sports Medicine*. 2002; 30:488–491.
140. Jhingan S., Perry M., O'Driscoll G., Lewin C., Teatino R., Malliaras P., Morrissey D. Thicker Achilles tendons are a risk factor to develop Achilles tendinopathy in elite professional soccer players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 2011, 1(2), 51.
141. Järvinen TA., Kannus P., Maffulli N., Khan KM. Achilles tendon disorders: etiology and epidemiology. *Foot and Ankle Clinics*, 2005,10(2), 255-266.
142. Zanis M. So, You Walk Like a Duck: The Evolution of the Collapsed Arch So, You Walk Like a Duck: The Evolution of the Collapsed Arch. *Physical Therapy*. 2017,10(1).
143. Mills K., Blanch P., Chapman AR., McPoil, TG., Vicenzino B. Foot orthoses and gait: a systematic review and meta-analysis of literature pertaining to potential mechanisms. *British Journal of Sports Medicine*, 2010, 44(14), 1035-1046.
144. Mc Auliffe S., Synott A., Casey H., Mc Creesh K., Purtill H., O'Sullivan, K. Beyond the tendon: experiences and perceptions of people with persistent Achilles tendinopathy. *Musculoskeletal Science and Practice*, 2017, 29, 108-114.

145. Cohen JC. Anatomy and biomechanical aspects of the gastrosoleus complex. *Foot and Ankle Clinics*, 2009 14(4), 617-626.

9. SPIS RYCIN

Rycina 1. Rozkład sił pionowych i poziomych u osoby, która biega rozpoczynając kontakt z podłożem od pięty. Źródło: Błaszczyk JW. Biomechanika kliniczna: podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2014, s. 258.....	20
Rycina 2. Obraz RTG przedstawiający sposób wyznaczania kąta stawowo-guzowego. 1- wyrostek przedni kości piętowej, 2 – najwyższy punkt tylnej części powierzchni stawowej, 3 - górna krawędź kości piętowej. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	34
Rycina 3. Obraz RTG przedstawiający sposób oceny nachylenia kości piętowej. Punkt A – powierzchnia stawowa łącząca kość piętową z kością sześcienną, punkt B – dolna część guza piętowej, C – podstawa V kości śródstopia. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	35
Rycina 4. Zdjęcie RTG przedstawiające metodę wyznaczania parametrów do obliczenia współczynnika skokowo-piętowego. A' – środek stawu skokowo-lódkowego, A - najdalej umieszczony punkt na tylnej powierzchni stawowej bloczka kości skokowej, B' - środek stawu skokowo-sześciennego, B – guzek kości piętowej. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	36
Rycina 5. Tor do wykonania badania przy użyciu platformy Footscan. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	39
Rycina 6. Podział podeszwy części stopy w badaniu pedobarograficznym. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	40
Rycina 7. Ocena centrum nacisku stóp (CoP) w programie Footscan. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	42
Rycina 8. Wykres rozrzutu przedstawiający zależność grubości ścięgna Achillesa od wielkości powierzchni kaletkowej w grupie kontrolnej (N=30).....	56
Rycina 9. Wykres rozrzutu przedstawiający zależność grubości ścięgna Achillesa od wielkości powierzchni kaletkowej w grupie badanej (N=30).....	56
Rycina 10. Wykres regresji logistycznej przedstawiający prawdopodobieństwo zachorowania na zapalenie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa w zależności od jego grubości. Wraz ze wzrostem grubości ścięgna Achillesa wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej.....	60
Rycina 11. Płaskie ukształtowanie guza piętowego widoczne na obrazie ultrasonograficznym z zaznaczonym ścięgnem Achillesa, kaletką głęboką oraz powierzchnią guza piętowego. Źródło: Archiwum fotografii własnych.....	63
Rycina 12. Mechanizmy patofizjologiczne przeciążenia w obrębie ścięgna Achillesa, które mogą prowadzić do jego całkowitego zerwania.....	68
Rycina 13. Mechanizmy patofizjologiczne wystąpienia zapalenia w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa, które może prowadzić do uszkodzenia struktury samego ścięgna.....	69

10. SPIS TABEL

Tabela I. Etapy prowadzonych badań	29
Tabela II. Statystyka opisowa dla poszczególnych zmiennych w podziale na grupę kontrolną i badaną	48
Tabela III. Statystyka opisowa dla poszczególnych wyników badania rentgenowskiego w podziale na grupę kontrolną i badaną.....	49
Tabela IV. Statystyka opisowa dla poszczególnych wyników badania ultrasonograficznego w podziale na grupę kontrolną i badaną	50
Tabela V. Rozkład obciążenia przodostopia i pięt w podziale na grupę kontrolną i badaną	51
Tabela VI. Statystyka opisowa maksymalnego nacisku na podszwowę powierzchnię w wybranych regionach stopy prawej i lewej w dwóch grupach	52
Tabela VII. Statystyka opisowa czasu trwania kontaktu wybranych regionów stopy prawej i lewej z podłożem w dwóch grupach.....	53
Tabela VIII. Charakterystyka średnich wartości dystansu pokonanego przez centrum środka ciężkości w grupie badanej i kontrolnej.....	54
Tabela IX. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i kość piętową a powierzchnią kaletkową w grupie kontrolnej (N=30).....	55
Tabela X. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i kość piętową a powierzchnią kaletkową w grupie badanej (N=30)	55
Tabela XI. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i powierzchnią kaletkową a procentowym obciążeniem pięt w grupie kontrolnej (N=30)	57
Tabela XII. Korelacja Pearsona pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi ścięgno Achillesa i powierzchnią kaletkową a procentowym obciążeniem pięt w grupie badanej (N=30)	57
Tabela XIII. Prawdopodobieństwo wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa w zależności od wartości wybranej cechy	58
Tabela XIV. Ocena istotności zmiennych wybranych do modelu na podstawie testu Walda	59

11. ANEKS

Załącznik 1.

KWESTIONARIUSZ ANKIETY

Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Zakład Ergonomii i Fizjologii Wysiłku Fizycznego
ul. Grzegórzecka 20
31-531 Kraków

Data:
Nr:

Jestem studentką studiów III stopnia na Wydziale Nauk o Zdrowiu UJCM w Krakowie. Kwestionariusz ankiety został stworzony w celu zebrania danych potrzebnych do napisania pracy doktorskiej. Wyniki badań wykorzystane zostaną wyłącznie w celach naukowych. Pytania w kwestionariuszu mają charakter pytań zamkniętych i otwartych. Udział w badaniu jest dobrowolny. Bardzo dziękuję za wypełnienie ankiety.

METRYKA:

e-mail:

Czy aktualnie Pan(i) pracuje? Tak Nie

Miejsce pracy

Ile godzin w tygodniu Pan(i) pracuje (średnio)?.....

Ile godzin w tygodniu Pan(i) poświęca na trening (średnio)?

Czy jako jedną z aktywności sportowych jest bieganie? Tak Nie

Ile kilometrów tygodniowo Pan(i) biega (średnio)?

Czy jest Pan(i): praworęczny(a) leworęczny(a)

Płeć K M

Data urodzenia

Waga.....

Wzrost.....

1. Jak ocenia Pan(i) swój aktualny stan zdrowia?

Zły Przeciętny Dobry Bardzo dobry

2. Czy chorował(a)/choruje obecnie Pan(i) na schorzenia neurologiczne, ortopedyczne, genetyczne?

Tak

(jakie?).....

Nie

3. Czy posiada Pan(i) stwierdzoną wadę słuchu?

Tak

(jaką?).....

Nie

Nie wiem

4. Czy miał(a) Pan(i) kiedyś uraz kręgosłupa?

Tak

Nie

12. STRESZCZENIE

Wpływ ukształtowania guza piętowego na występowanie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób trenujących bieganie.

Wstęp: Organizm człowieka jest stworzony do ruchu, a bieganie jest jego najprostszą formą. Wysokie zainteresowanie bieganiem wśród osób w różnym wieku spowodowało wzrost liczby kontuzji wynikających z uprawiania tej dyscypliny sportu. Wielu naukowców poszukuje przyczyn tych kontuzji.

Z badań przeprowadzanych przez amerykańskich lekarzy rodzinnych wynika, że dolegliwości bólowe

w obrębie ścięgna Achillesa dotyczą, przynajmniej raz w życiu, 52 % osób biegających na długich dystansach (co najmniej 42,2 km). Rocznie 2,34 osób na 100 dorosłych pacjentów zgłasza się z tym problemem do lekarza. Występowanie zapalenia w obrębie kaletki to od 6-17% wszystkich urazów osób trenujących bieganie.

W literaturze od lat panuje wiele kontrowersji odnośnie anatomicznych możliwości ukształtowania guza piętowego i jego wpływu na otaczające struktury. Stan zapalny w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa jest przyczyną zaburzeń kinematyki chodu oraz biegu. Zmiany stereotypu aktywności ruchowej można obserwować podczas badania pedobarograficznego.

Cel: Celem pracy było określenie zależności pomiędzy ukształtowaniem guza piętowego (płaski, schodkowy, zaokrąglony, normalny) a prawdopodobieństwem wystąpienia zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób, które regularnie trenują bieganie (co najmniej 30 km tygodniowo).

Material i metody: Badaniem objęto grupę 30 osób, które przeszły zapalenie w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa oraz 30 osób, które nigdy nie miały objawów tej choroby.

Badanie przeprowadzono metodą sondażu diagnostycznego, z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza ankiety, jak również w oparciu o badanie kliniczne. Za pomocą zdjęć rentgenowskich oceniono ukształtowanie guza piętowego oraz nachylenie kości piętowej. Ruchomość kaletki, wielkości powierzchni kaletkowej, grubość ścięgna Achillesa oraz jego stopę przyczepu wykreślono w trakcie badania ultrasonograficznego. Dodatkowo

przeprowadzono badanie pedobarograficzne, które wykazało strefy największego obciążenia podszwowej powierzchni stóp.

Analizy wykonano za pomocą programu pakietu R (wersja 3.2.2) za poziom istotności przyjęto $\alpha=0,05$ dla testów dwustronnych. Wyniki o wartości $p<0,05$ uznawano za świadczące o istotnych zależnościach.

Wyniki: U osób, u których nachylenie kości piętowej klasyfikuje się powyżej 25° , szansa na wystąpienie badanego zapalenia jest prawie trzykrotnie większa, niż u osób z bardziej płasko ustawioną kością piętową (OR=2,8). W przypadku mniejszej długości stopy przyczepu (poniżej 13 mm) szansa na pojawienie się zapalenia jest około 3 razy większa, niż u osób z dłuższą stopą przyczepu (OR=3,22). Grubość ścięgna Achillesa powyżej 5 mm zwiększa szansę na wystąpienie stanu zapalnego w obszarze kaletki czterokrotnie (OR=4,38). Płaskie ukształtowanie guza piętowego zwiększa szansę na przebycie omawianego schorzenia również czterokrotnie (OR=4,3). Mniejsza niż 9 mm powierzchnia kaletkowa trzykrotnie zwiększa szansę na rozwinięcie stanu zapalnego w obszarze kaletki głębokiej ścięgna Achillesa (OR=3,16).

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż grubość ścięgna Achillesa ($p=0,001$), wielkość powierzchni kaletkowej ($p=0,009$) oraz płaskie ukształtowanie guza piętowego ($p=0,008$), wykazało silny związek z wystąpieniem stanu zapalnego w obrębie kaletki.

Wnioski: Analizowano wpływ ukształtowania powierzchni guza piętowego na występowanie zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa. Płaski kształt guza piętowego istotnie zwiększa szansę na wystąpienie zapalenia w obrębie kaletki. Dodatkowo szansa na rozwinięcie się stanu zapalnego zwiększa się wraz z grubszym ścięgnem Achillesa oraz mniejszą powierzchnią kaletkową.

Nie wykazano istotnych zależności pomiędzy wystąpieniem zapalenia kaletki głębokiej ścięgna Achillesa a schematem obciążenia stóp podczas badania pedobarograficznego.

Wyniki tego badania wskazują, iż anatomiczna zmienność w obrębie ukształtowania guza piętowego może mieć wpływ na rozwinięcie się stanu zapalnego w obrębie kaletki głębokiej ścięgna Achillesa u osób, które trenują bieganie. Fakt ten powinien być brany pod uwagę podczas analizy ryzyka kontuzji u biegaczy.

13. SUMMARY

Influence of the calcaneal tuberosity shape on occurrence of retrocalcaneal bursitis among runners.

Introduction: The human body is made for movement and running is the easiest form of movement. Running is one of the most popular and practiced sport worldwide among people in all ages. While running provides many health benefits, the main drawback is that runners are prone to musculoskeletal injuries. Researchers are looking at the possible causes of those injuries.

American study showed that Achilles tendonitis would occur at least once among 52% of long-distance runners (that runs more than 42,2 km). Every year around 2,34 patients on every 100 meet their general practitioner because of this problem. Achilles tendonitis is the most frequently reported injury related to the ankle and foot in different sport activities, reported in 6-17% of all runners.

There is a lot of controversy in academic circles concerning influence of anatomic shape variations on surrounding tissues. Retrocalcaneal bursitis causes altered kinematic during walking and running. Changes of pedobarographic gait analysis may be seen in these group of patients.

Aim: The aim of this study was to measure the correlation between the calcaneal tuberosity shape (flat, stepped, round or normal) and the possibility of retrocalcaneal bursitis occurrence among regular training runners (at least 30 km weekly).

Material and Methods: The study included 30 patients (men and women) that underwent the retrocalcaneal bursitis and 30 healthy control subjects were recruited.

The research was carried out by means of a diagnostic survey, using the original questionnaire as a base for clinical examination. Using the x-ray, the shape of the calcaneus tuberosity was described and the calcaneal bone inclination. Retrocalcaneal bursa mobility, amount of bursa surface area, Achilles tendon thickness and area of its insertion to the calcaneus bone were measured during the ultrasonography test. Additionally, pedobarographic analyses showed loading distributions on the foot sole.

Analyzes were performed using the R package (3.2.2 version) and the significance level was assumed to be $\alpha=0.05$ for two-sided tests. Results with a value of $p<0.05$ were considered to be indicative of significant dependencies.

Results: The calcaneal bone inclination above 25° elevates a risk of retrocalcaneal bursitis almost three times more among subjects with flat calcaneal inclination (OR=2,8). In case of shorter Achilles tendon insertion (less than 13 mm) to the calcaneal bone the risk of retrocalcaneal bursitis was more than three times bigger than among people with wider insertion area (OR=3,22). Achilles tendon thickness more than 5 mm increases the risk of retrocalcaneal bursitis around four times (OR=4,3). Also, a smaller bursa surface area (less than 9 mm) increases the risk of bursitis (OR=3,16).

Interaction analysis showed that Achilles thickness ($p=0,001$), bursa surface area ($p=0,009$) and flat shape of calcanei tuberosity ($p=0,008$) significantly differentiate the retrocalcaneal bursitis among runners.

Conclusion: The influence of calcaneal tuberosity shape on the retrocalcaneal bursitis was analyzed. Anatomic flat shape of tuberosity was strongly associated with retrocalcaneal bursitis occurrence. The most important result of the present study was that prognostic factor with the highest odds ratio were also greater Achilles thickness and smaller bursa surface area.

Pedobarographic measurements were not statistically significant and did not differ between the two groups of runners.

The results of this study may indicate that anatomical variability in the calcaneal tuberosity shape can initiate inflammation process in retrocalcaneal bursa while running. Thus, the described relationships should be taken into consideration during injury risk analysis among runners.