

lekarz Krystian Pyszal

**Operacyjne leczenie złamań śródstawowych kości piętowej przy użyciu gwoźdza
śródszpikowego Calcanail**

Rozprawa na stopień naukowy doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne

Promotor: **prof. dr hab. med. Leszek Romanowski**

Promotor pomocniczy: **dr n. med. Maciej Bręborowicz**



Kolegium Nauk Medycznych
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznań, 2021

Serdecznie dziękuję
prof. dr hab. med. Leszkowi Romanowskiemu
za merytoryczne uwagi i życzliwą pomoc.

Dziękuję mojemu Ordynatorowi dr n. med Mirosławowi Falisowi za
zainspirowanie tematem i możliwość pisania pracy.

1. Spis treści

2. Skróty

3. Wstęp

3.1. Wprowadzenie , epidemiologia i czynniki ryzyka złamań kości piętowej

3.2. Anatomia stopy i stawu skokowego

3.3. Diagnostyka obrazowa i podział złamań kości piętowej

3.4. Leczenie przemieszczonych złamań śródstawowych kości piętowej

4. Założenia i cele pracy

5. Materiał i metodyka

5.1. Materiał badawczy

5.2. Metodyka

6. Wyniki badań

6.1.1. Podstawowa badana grupa

6.1.2. Podstawowa charakterystyka grupy badanej

6.2. Wyniki badania RTG w badanej grupie

6.2.1. Wartości kąta Böhlera i kąta Gissana

6.2.2. Wysokość i szerokość kości piętowej

6.2.3. Zaburzenia osiowe

6.3. Związek wyniku skali Sandersa z rodzajem złamania według Guy Uthez`a

6.4. Związek wyników ilościowych badania RTG z parametrami pomiarów aparatu BIODEX oraz wynikiem skali AOFAS

- 6.5. Wyniki pomiarów za pomocą aparatu BIODEX
 - 6.5.1. Ocena porównawcza maksymalnego momentu siły za pomocą aparatu BIODEX
 - 6.5.2. Ocena porównawcza wartości średniego momentu siły za pomocą aparatu BIODEX
 - 6.5.3. Ocena porównawcza wartości moment siły/ BW za pomocą aparatu BIODEX
 - 6.5.4. Ocena porównawcza wartości popęd siły za pomocą aparatu BIODEX
 - 6.5.5. Ocena porównawcza współczynnika zmienności za pomocą aparatu BIODEX
- 6.6. Wyniki badania za pomocą aparatu BIODEX w zależności od wyniku skali Sandersa
- 6.7. Wyniki badania za pomocą aparatu BIODEX w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez`a
- 6.8. Jakość życia, funkcja stopy oraz nasilenie bólu w badanej grupie
 - 6.8.1. Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36
 - 6.8.2. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza FFI
 - 6.8.3. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS
 - 6.8.4. Nasilenie bólu ocenione za pomocą skali VAS
- 6.9. Związek stanu chorej stopy z ogólnym stanem zdrowia
- 6.10. Porównanie funkcji stopy w zależności od rodzaju złamania kości piętowej

6.11. Związek wyników skal oceniających jakość życia badanych osób, ból i funkcję stopy z wynikami badania za pomocą aparatu BIODEX

7. Dyskusja

7.1. Podsumowanie

8. Wnioski

9. Streszczenie

10. Abstract

11. Piśmiennictwo

12. Spis rycin i tabel

12.1. Ryciny

12.2. Tabele

13. Załączniki

2. Skróty

AGON/ANTAG RATIO - stosunek agonistów do antagonistów (Agonist to Antagonist Ratio, j.angielski).

AWAY - zgięcie podeszwowe stopy w stawie skokowym.

AOFAS - kwestionariusz oceny stawu skokowego i stopy (The American Orthopedic Foot and Ankle Score, j. angielski).

AVG PEAK TQ - średnia szczytowa wartość momentu siły (Average PEAK Torque, j. angielski).

AVE PKTQ/BW - szczytowy moment siły względem masy ciała (Average PEAK Torque/ Body Weight, j. angielski).

ATLS - zaawansowane zabiegi ratunkowe po urazach (Advanced Trauma and Life Support System, j. angielski).

CAFC - Architektoniczna klasyfikacja złamania kości piętowej (Calcaneal Architectural Fracture Classification, j.angielski).

COEFF. OF VAR. - współczynnik zmienności szczytowego momentu siły pomiędzy poszczególnymi powtórzeniami(Coefficient of variation, j. angielski).

DIACF - Przemieszczone przestawowe złamania kości piętowej (Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures, j. angielski).

FFI - Kwestionariusz funkcjonalnej stopy (Foot Function Index, j. angielski).

IMPULSE - średni moment obrotowy(Coefficient of variation, j. angielski).

MIS - operacja małoinwazyjna (Minimally Invasive Surgery, j. angielski).

PT- maksymalny moment siły (PEAK TORQUE, j. angielski).

ORIF - Otwarta repozycja i wewnętrzna stabilizacja (Open Reduction Internal Fixation, j. angielski).

RICE - R – Rest (odpoczynek), I – Ice (lód), C – Compression (kompresja, ucisk), E –

Elevation (elewacja, uniesienie w górę, j. angielski).

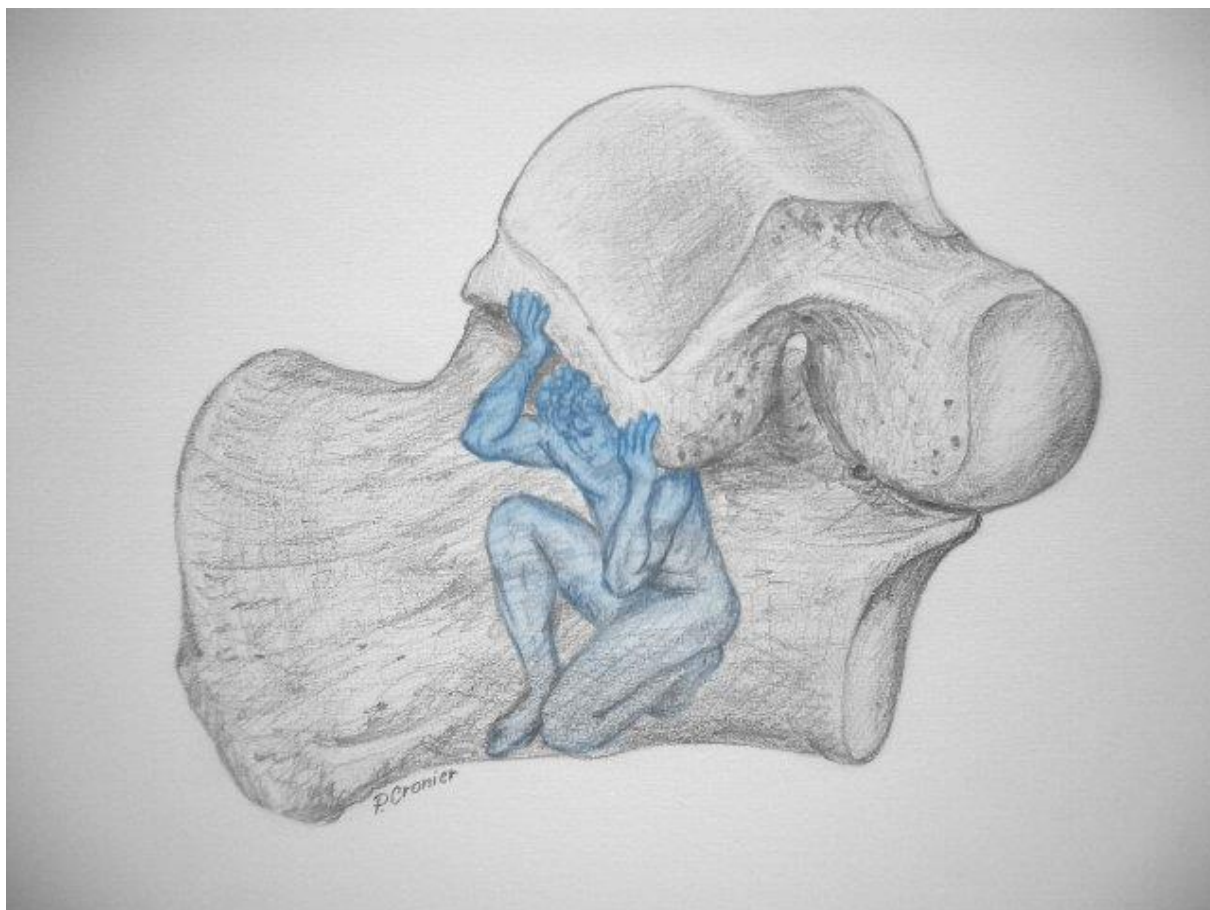
SD - Odchylenie standardowe (Standard Deviation, j. angielski).

SF36 - kwestionariusz oceny jakości życia (Short Form Health Survey, j. angielski).

TK - Tomografia komputerowa.

TOWARD - zgięcie grzbietowe stopy w stawie skokowym.

VAS - skala bólu wzrokowo analogowa (Visual Analogue Scale, j. angielski).



Rycina 1. Szkic kości piętowej autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem (załącznik nr 1)

3. Wstęp

3.1. Wprowadzenie, epidemiologia i czynniki ryzyka złamań kości piętowej.

Złamania kości piętowej stanowią 2% wszystkich złamań [1-6] i stanowią wciąż duże wyzwanie dla ortopedy. Urazy te często powodują u pacjentów obniżenie jakości życia, przewlekły ból oraz problemy socjoekonomiczne [7-8].

60 % urazów zaliczane jest do ciężkich złamań w obrębie stawu skokowego i stopy, z czego 75 % to złamania przezstawowe [7, 9-18] - DIACF (displaced intraarticular calcaneal fractures), a 25% to złamania pozastawowe, które mają lepszy wynik końcowy [19]. Częstość złamań kości piętowej u mężczyzn to około 2,4 razy częściej niż u kobiet [4, 19]. Uraz kości piętowej zaliczany jest do wysokoenergetycznego [5] i z reguły jest powodowany upadkiem z wysokości [20] lub wypadkiem komunikacyjnym. Złamania kości piętowej stanowią 15-32 % złamań w obrębie kończyny dolnej [10]. W nomenklaturze radiologicznej złamanie kości piętowej opisywane jest jako złamanie kochanków "lovers fracture" lub "Don Juan Fracture", gdyż częstość złamania w tej lokalizacji odpowiadała upadkowi z wysokości, co wiązało się z ucieczką kochanka z balkonu [21]. Nazywana też jest żartobliwie w nomenklaturze angielskojęzycznej jako "heel bone - heal bone".

Złamanie przeważnie powoduje rozwój pourazowej choroby zwyrodnieniowej stawu podskokowego, co w konsekwencji prowadzi do ograniczenia funkcji stopy [5, 22-25]. Aspekt socjoekonomiczny jest często poruszany w literaturze, gdyż samo leczenie, operacyjne bądź nieoperacyjne, jest bardzo kosztowne i obciąża ubezpieczyciela, a czas powrotu do pracy jest liczony w latach [26-29]. Skargi dotyczą nie tylko bólu i dysfunkcji stopy, ale też konieczności stosowania niekomercyjnego obuwia [25, 30-34].

Uznanym standardem postępowania jest otwarta repozycja i zespolenie przy użyciu płyty LCP (ORIF- Open Reduction Internal Fixation) [32]. Dostęp operacyjny boczny do kości piętowej jest obarczony wystąpieniem stosunkowo dużej liczby powikłań [5, 20, 23, 35-37]. Częstość występowania problemów z gojeniem rany, martwicą skóry [25] lub infekcją wynosi 33% w badaniach retrospektywnych [38] i 16% w randomizowanym badaniu prospektywnym [39]. Naruszenie ciągłości skóry od strony bocznej kości piętowej nie tylko powoduje problem z gojeniem rany, ale też

może prowadzić do głębokiej infekcji i w konsekwencji rzadko, ale spotykanej decyzji o amputacji kończyny [40-44]. Z powodu dużej liczby powikłań po zespoleniu ORIF opisywanych w literaturze, uznanie zyskały metody małoinwazyjne [23, 29, 45-48] ze szczególnym poparciem dla zespolenia śródszpikowego [45, 49]. Pomimo nowoczesnego obrazowania i kolejnych modyfikacji dostępu operacyjnego od strony bocznej, wynik gojenia tkanek jak i funkcjonalny stopy i stawu skokowego nieznacznie się poprawił [47]. Sama repozycja przezskórna zapewnia lepsze warunki do gojenia tkanek i mniejsze zbliźnowacenie okolicznych stawów jednak aspekt zewnętrznej stabilizacji pozostawia problem infekcji i braku możliwości wczesnej rehabilitacji z częściowym obciążaniem.

Twórcą nowej, oryginalnej, małoinwazyjnej techniki operacyjnej oraz implantu-gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail, jest dr Mario Goldzak, z Clinique de l'Union w Toulousie we Francji. Została ona po raz pierwszy zastosowana w październiku 2011 roku [50]. Nowością w zaproponowanej przez dr Mario Goldzaka technice operacyjnej w porównaniu do innych znanych metod są m.in.:

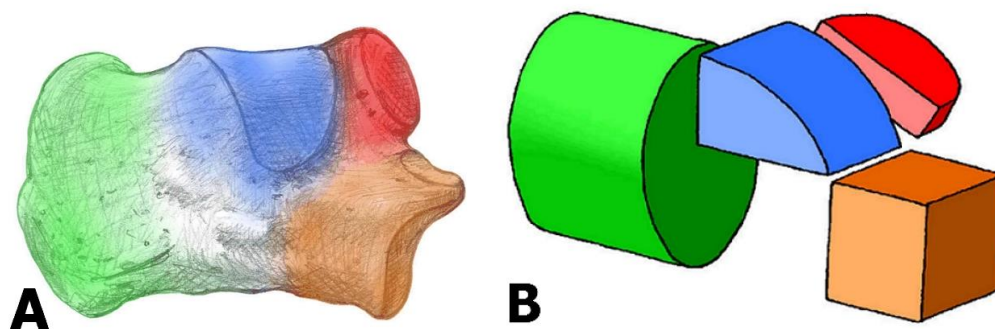
- 1) małoinwazyjny dostęp operacyjny tylny,
- 2) możliwość wykonania śródogniskowej repozycji złamania powierzchni stawowej pod kontrolą monitora RTG poprzez wytworzony kanał roboczy w guzie piętowym,
- 3) stabilne zespolenie złamania przy użyciu gwoźdźcia Calcanail [51-52].

Uzasadnieniem dla podjęcia tematu niniejszej pracy doktorskiej jest możliwość oceny wyników leczenia złamania kości piętowej metodą operacyjną z użyciem gwoźdźcia Calcanail na znaczącej statystycznie liczbie chorych, ocenionych w dłuższym okresie czasu. Metoda leczenia z użyciem gwoźdźcia Calcanail jest nadal mało znana, szczególnie w Polsce. Do tej pory w piśmiennictwie krajowym ukazały się jedynie trzy prace oceniające wyniki wstępne leczenia przy użyciu gwoźdźcia, jedna przy współudziale autora obecnej dysertacji [53-55]. W pracy Simona i wsp. z ośrodka z Lyonu oceniono, że chorzy uzyskali dobre wyniki funkcji stopy wg skali AOFAS przy braku jakichkolwiek powikłań infekcyjnych. Jest to jednak doniesienie wstępne, a zakres przeprowadzonej analizy był u chorych ograniczony ze względu na krótki czas obserwacji i utratę pacjentów po zabiegu operacyjnym [56].

3.2. Anatomia kości piętowej

Kość piętowa to jedna z siedmiu i zarazem największa kość tyłostopia [57].

W nomenklaturze wskazuje się na kilka podziałów kości piętowej i liczby jej powierzchni ze względu na jej nieforemność, a zarazem unikatowość kształtu [58]. Można przyjąć, że wydłużony sześcienny kształt kości piętowej wyznacza sześć powierzchni: górną, dolną, boczną, przyśrodkową, przednią i tylną. Długość kości piętowej wyznacza kierunek tyлно-przedni z nieznaczną rotacją ze strony tyлно-przyśrodkowej w stronę boczną. Wizualizując kość piętową możemy przyjąć, że to połączenie pięciu członów: guza piętowego, wyrostka piętowego przedniego, powierzchni stawowej tylnej, podpórki z trzonem, który je wszystkie łączy (rycina 2A i 2B).



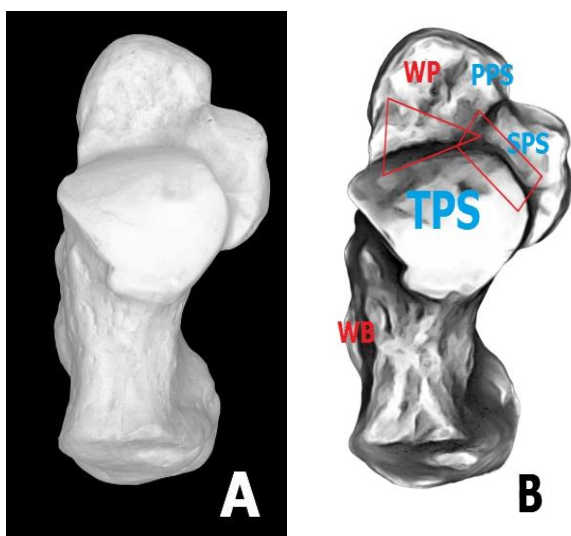
Rycina 2. A i B Szkice poglądowe anatomii kości piętowej. Kolor zielony - guz piętowy, niebieski - tylna powierzchnia stawowa, czerwona - podpórka, pomarańczowy - wyrostek przedni. Szkice autorstwa dr Patricka Croniera, za jego pozwoleniem (załącznik nr 1)

3.2.2. Powierzchnia górna kości piętowej

Powierzchnia górna kości piętowej ma nieregularny kształt. W środkowej części jest najszersza i zwęża się ku przodowi i tyłowi. Możemy wyróżnić trzy powierzchnie stawowe, które mają kongruencję z otaczającą kością skokową. Powierzchnia stawowa przednia jest najmniejsza i leży najbardziej równolegle do podstawy stopy, natomiast wklęsłość powierzchni gwarantuje stały punkt obrotu w stosunku do powierzchni kości skokowej. Koligacja dwóch powierzchni stawowych (przedniej i środkowej) tworzy

staw skokowo-piętowo - łódkowy lub staw skokowy przedni. Wypukła powierzchnia stawowa środkowa leży na podpórce kości piętowej i razem z tylną ustawione są pod kątem do podstawy około 30 stopni z czego powierzchnia stawowa tylna jest 2,5 razy większa, grubsza (1,5 mm) i przenosi największe obciążenia. Niekiedy granice pomiędzy powierzchniami przednią i środkową zacierają się i tworzą powierzchnię stawową skokową przednią dwudzielną. Bruzda między powierzchnią stawową tylną i środkową tworzą dno zatoki stepu. Dystalnie od powierzchni stawowej przedniej rozpościera się wyrostek przedni (rycina 3A, 3B).

Powierzchnie stawowe otoczone są cienką i wiotką torebką stawową, która wzmocniona jest więzadłami. Najsilniejsze więzadło skokowo piętowe międzykostne i sztywne mające krzyżujące się włókna, wzmacniają staw skokowo – piętowo - łódkowy i razem z bruzdą kości skokowej tworzą zatokę stepu. Więzadło to przede wszystkim hamuje ruch odwracania stopy i odpowiada za stabilność stopy w ruchu supinacji i pronacji. Więzadło skokowo piętowe boczne łączy kość skokową (wyrostek boczny) z boczną ścianą kości piętowej. Dystalnie od powierzchni skokowej tylnej znajduje się więzadło skokowo-piętowe tylne. Poziomo i przyśrodkowo od tej powierzchni wychodzi więzadło skokowo - piętowe przyśrodkowe, które łączy wyrostek przyśrodkowy kości skokowej z przyśrodkowym brzegiem podpórki kości piętowej. Proksymalnie do artkulacji tylnej rozciąga się więzadło rozdwojone, które rozdziela się na dwie wiązki - przyśrodkowe więzadło piętowo-łódkowe i boczne więzadło piętowo-sześciennie.

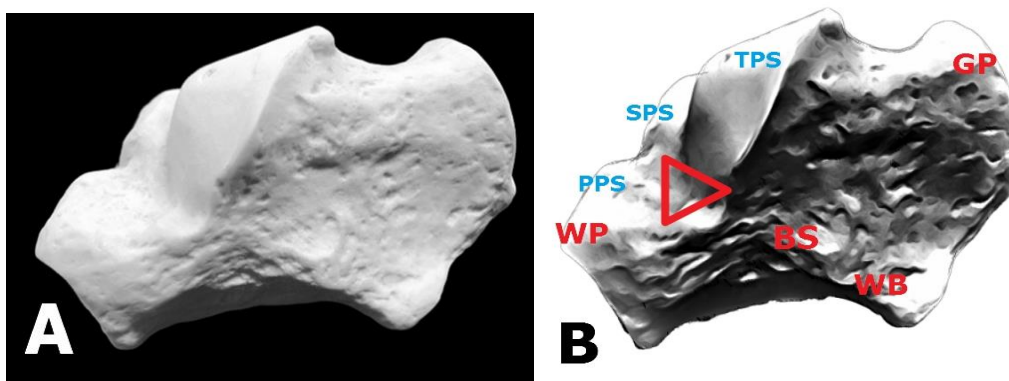


Rycina 3. A i B

Zdjęcie górnej powierzchni kości piętowej (A). Szkic górnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przedni, WB - wyrostek boczny, trójkąt - zatoka stepu, prostokąt - kanał stepu. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.3. Powierzchnia piętowa boczna

Powierzchnia piętowa boczna, która jest szersza w okolicy guza piętowego, zwęża się w kierunku przedniego wyrostka piętowego. Ściana ta najcieńsza w przekroju czołowym kości piętowej stwarza słabe warunki do przyczepu więzadeł, a jednocześnie ma predyspozycje do urazu. Na powierzchni bocznej kości piętowej 2 cm poniżej szczytu kostki bocznej możemy wyróżnić wyrostek boczny, a także bloczek strzałkowy, które ograniczają bruzdę dla pochewki ścięgien mięśni strzałkowych. Pod kanałem ścięgien strzałkowych krótkiego i długiego przyczepia się więzadło piętowo - strzałkowe. Ścięgna te są ograniczone przez dwa troczki - górny i dolny. Oba troczki mają przyczep na ścianie bocznej, kończą się na powierzchni tylnej strzałki (górny), a także na wyrostku przednim kości piętowej (dolny). Bloczek strzałkowy rozdziela kanał na górny - ścięgno strzałkowe krótkie i dolny - ścięgno strzałkowe długie. Obie te struktury choć mają dużą powierzchnię przyczepu to jednak w razie złamania dochodzi do ich uszkodzenia i wtórnej niestabilności. Na wyrostku przednim po stronie bocznej i w okolicy więzadła rozdwojonego ma miejsce przyczep więzadła piętowo - sześciennego, które odpowiada za stabilność stawu jak i poprawną kongruencję, (rycina 4A, 4B). Nerw łydkowy poprzez fuzję nerwu skórno-przyśrodkowego i gałąź łączącą strzałkową, zaopatruje czucie głębokie i powierzchowne bocznej części tyłostopia i bocznego brzegu stopy. Nerw ten biegnie dystalnie w okolicy ścięgna Achillesa, a następnie pod troczkiem mięśnia strzałkowego długiego perforuje w głębsze partie tyłostopia i bocznego brzegu stopy.

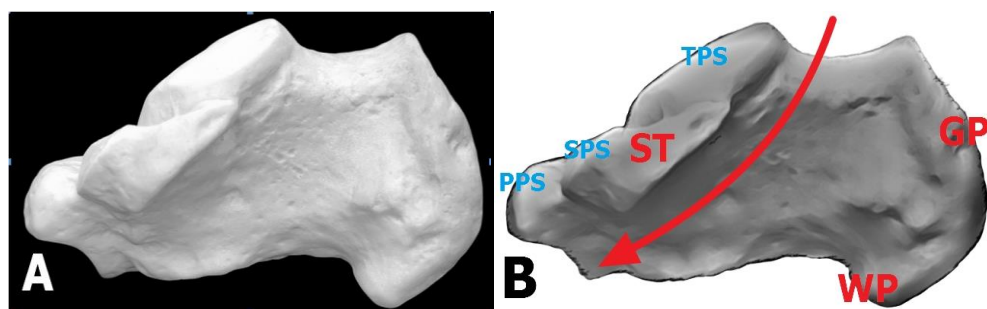


Rycina 4. A i B Zdjęcie bocznej powierzchni kości piętowej (A). Szkic bocznej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przedni, WB - wyrostek boczny, trójkąt - zatoka stepu, BS - bloczek strzałkowy, GP - guz piętowy. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.4. Powierzchnia piętowa przyśrodkowa

Duża część powierzchni przyśrodkowej jest wklęsła i rozdzielona dystalnie przez guzowatość kości piętowej, a proksymalnie przez podpórkę kości piętowej. Podpórka ta jest najmocniejszą częścią kości piętowej i znosi bardzo duże obciążenia statyczne i kompresyjne ze strony kości skokowej. Sama podpórka stwarza dużą i wysuniętą do przysródka powierzchnię, do której przyczepiają się dwa ważne więzadła: więzadło trójkątne od kostki przyśrodkowej piszczeli i więzadło piętowo łódkowe podeszwowe. Oba te więzadła stabilizują step od przygródka, a piętowo-łódkowe dodatkowo podtrzymuje sklepienie podłużne stopy. Podpórka stanowi też przedłużenie bruzdy kości skokowej, w której biegnie ścięgno zginacza palucha, które uczestniczy w propulsji [59]. Przyśrodkowo i proksymalnie znajduje się też zginacz palców i zginacz piszczelowy tylny, które biegną za więzadłem trójkątnym. Do guza piętowego w jego części przyśrodkowej przyczepiają się mięsień odwodziciel palucha i mięsień czworoboczny podeszwy. W kanale pod podpórką biegnie też pęczek naczyniowo nerwowy, gdzie ostatecznie nerw piszczelowy dzieli się na dwie gałęzie - przyśrodkową i boczną dające unerwienie bocznej i przyśrodkowej podeszwy. Tętnica piszczelowa tylna daje początek tętnicy podeszwowej bocznej i przyśrodkowej. Ta

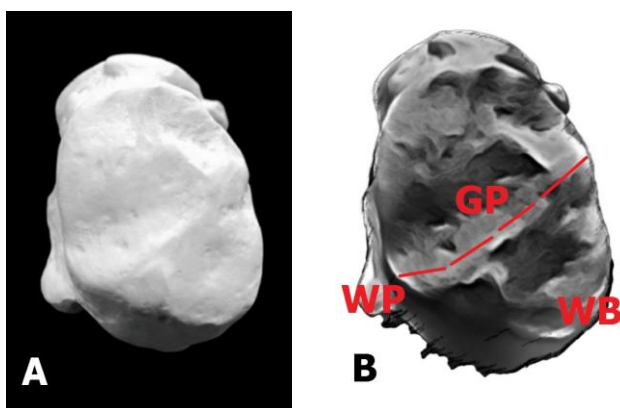
ostatnia daje gałąź do kanału stepu unaczyniając kość skokową i piętową (rycina 5A i 5B).



Rycina 5. A i B Zdjęcie przyśrodkowej powierzchni kości piętowej (A). Szkic przyśrodkowej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przyśrodkowy, GP- guz piętowy, ST - podpórka kości piętowej, strzałka wskazuje kierunek przebiegu ścięgna zginacza palucha i pęczka naczyniowo nerwowego. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.5. Powierzchnia piętowa tylna

Trójkątny kształt tylnej powierzchni jest zwrócony szerszą podstawą do płaszczyzny podeszwy stopy. 2/3 tylnej powierzchnia kości piętowej stanowi chropowaty guz piętowy, który przyczepia ścięgno Achillesa, a także daje początek rozciągnięciu podeszwowemu. 1/3 górnej powierzchni stanowi łożę dla ciała tłuszczowego i kaletki ścięgna Achillesa zabezpieczając włókna ścięgna przed przetarciem, (rycina 6A i 6B).

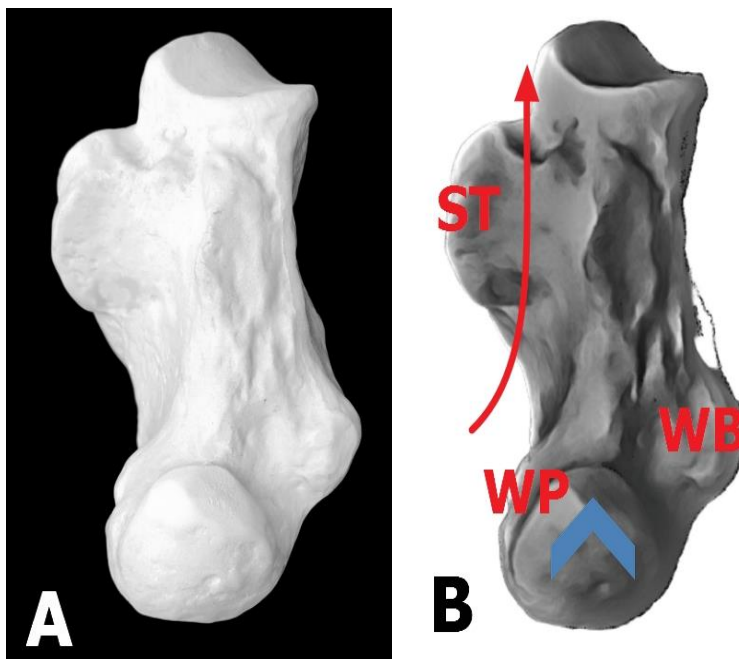


Rycina 6. A i B

Zdjęcie tylnej powierzchni kości piętowej (A). Szkic tylnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B) WP - wyrostek przyśrodkowy, WB - wyrostek boczny, GP- guz piętowy, linia przerywana wyznacza granicę przyczepu ścięgna Achillesa. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.6. Powierzchnia piętowa dolna

Powierzchnia piętowa dolna ma kształt prostokątny, wypukły w stronę boczną. Część proksymalna kończy się powierzchnią stawowo piętowo sześcienną, gdzie znajduje się guzek przedni dający przyczep dla więzadła podeszwowego krótkiego i więzadła piętowo-lódkowatego. Nad więzadłem podeszwowym krótkim rozpościera się więzadło podeszwowe długie, które przechodzi na podstawy kości śródstopia dodatkowo wzmacniając wysklepienie podłużne stopy [60]. Dystalna część tej płaszczyzny pięty to guz piętowy, na którym znajdują dwie mniejsze guzowatości. Guzek przyśrodkowy daje początek dla zginacza palców krótkiego, a także dla rozciągna podeszwowego. Guzek boczny daje początek dla odwodziciela palca małego, a także dla mięśnia czworobocznego podeszwy (rycina 7A i 7B).

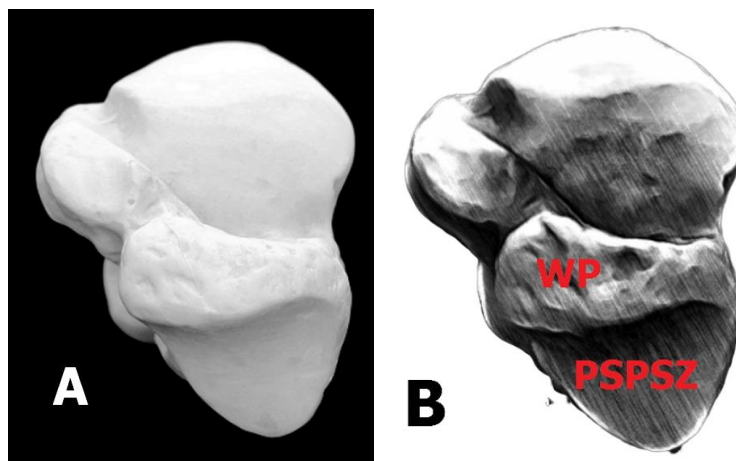


Rycina 7. A i B

Zdjęcie dolnej powierzchni kości piętowej (A). Szkic dolnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). WP - wyrostek przyśrodkowy, WB - wyrostek boczny, ST - podpórka kości piętowej, strzałka wskazuje kierunek przebiegu ścięgna zginacza palucha, niebieski znacznik wskazuje przyczep rozciągna podeszwowego. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.7. Powierzchnia piętowa przednia

Powierzchnię piętową stanowi chrzęstna artykulacja piętowo sześcienna. Wklęsły kształt powierzchni jest wrzecionowaty, a długą osią razem z powierzchnią kości skokowej tworzą staw poprzeczny stępu. Staw ten to koligacja stawu skokowo – piętowo - łódkowatego i piętowo-sześciennego (rycina 8A i 8B).



Rycina 8. A i B

Zdjęcie przedniej powierzchni kości piętowej (A). Szkic przedniej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). PSPSZ - powierzchnia stawowa piętowo sześcienna, WP - wyrastek przedni. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

3.2.8. Skóra i tkanka podskórna kości piętowej

Funkcja podporowa kości piętowej, powoduje, że struktura i budowa tkanki podskórnej jest również specyficzna. Morfologia skóry zmienia się miejscowo i najbardziej zwartą strukturę przyjmuje na stronie podeszwowej. Tkanka podskórna, tłuszczowa podzielona jest licznymi przegrodami ułożonymi na kształt spirali, które sumacyjnie potrafią znosić duże i długotrwałe przeciążenia, a stopie dają amortyzację. W nomenklaturze porównywana jest do folii bąbelkowej "bubble pack", która ma za zadanie chronić przed uszkodzeniem. Główne ukrwienie poduszki tłuszczowej jest od tętnicy piszczelowej tylnej, a jej liczne odgałęzienia wnikają w architektoniczne przegrody zapobiegając niedotlenieniu podczas nacisku.

3.2.9. Ruchomość artykulacji kości piętowej

Ilość powierzchni stawowych zdradza, że ruch w stawie skokowym dolnym jest wielopłaszczyznowy. Wklęsłość i wypukłość powierzchni zapewnia stabilną kongruencję natomiast nieduża powierzchnia ogranicza zakres ruchomości i stwarza problemy podczas badania. Trzy powierzchnie stawowe na powierzchni kości piętowej są połączone z powierzchniami kości skokowej z czego tylna i środkowa są wypukłe, a przednia wklęsła. Staw ten na powierzchni przedniej jest siodełkowato wpuklony i koliguje z kością sześcienną. Artykulacje górne i przednia są ustawione do siebie pod kątem 40-45 stopni jednak mierzalne zakresy ruchomości nie odwzorowują tych wartości, a jedynie oś obrotu. W przeszłości uważano, że staw piętowo-skokowy posiada jedną oś, biegnącą od tylnobocznej strony pięty w kierunku przednio - górnym i tworzy z podłożem kąt 41 stopni. Najnowsze badania biomechaniczne ujawniają, że kluczem do zrozumienia biomechaniki stawu piętowo-skokowego jest obserwacja, że ruch w tym stawie przypomina ruch śruby i nie posiada jednej osi. Ruch jest planetarny – około skokowy (w nomenklaturze angielskiej - peritalar motion). Podczas nawracania kość piętowa wykonuje obrót i ruch do tyłu, z kolei w czasie ruchu odwracania - wykonuje ruch do przodu. Ilustrując to, podczas pronacji tyłostopia oś skokowo-łódkowa i piętowo-sześcienna są do siebie równoległe dając możliwość zgięcia podeszwowego. Inaczej jest podczas odwracania - osie są rozbieżne, inklinując staw Choparta. Te sprzężenia są bardzo istotne, ponieważ usztywnienie w stawie skokowo-łódkowym wyłącza ruch w stawie skokowo-piętowym całkowicie, natomiast odwrotnie pozostawia 1/4 zakresu ruchomości stawu skokowo-łódkowego. Inaczej jest w stawie piętowo-sześciennym, gdyż usztywniając ten staw nie ograniczamy ruchu w stawie skokowo-piętowym, ale pozostawiamy 3/4 zakresu ruchu w stawie skokowo-łódkowym.

3.3. Diagnostyka i podział złamań kości piętowej

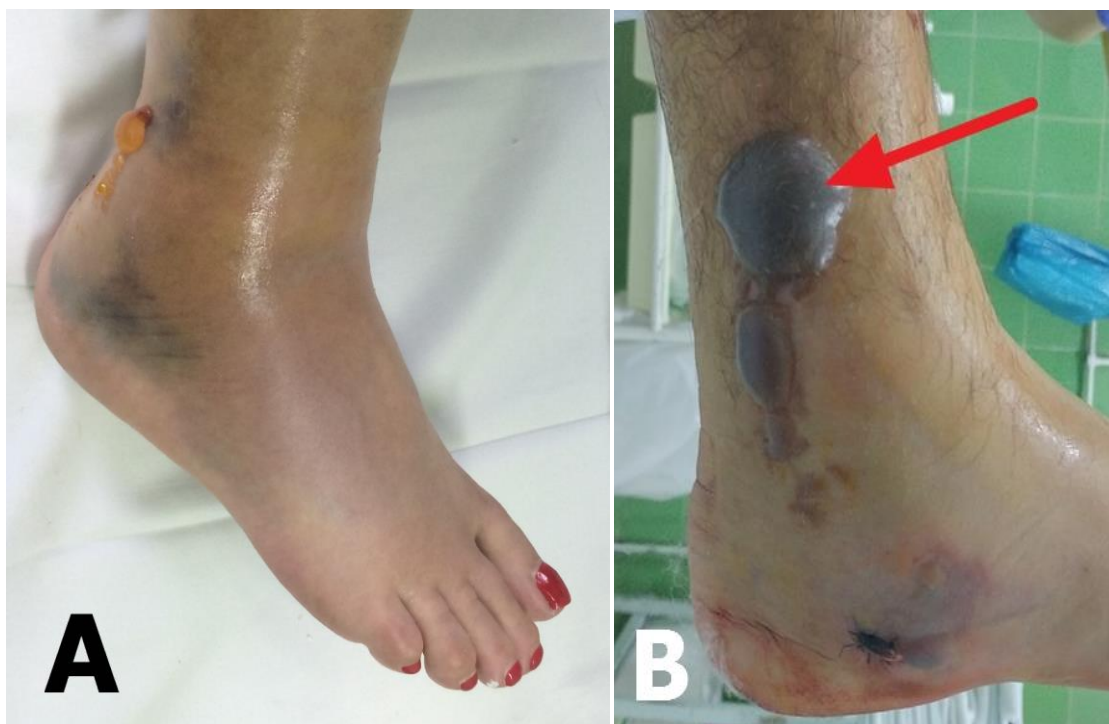
Diagnostyka w przypadku złamania kości piętowej powinna obejmować badanie podmiotowe oraz badanie przedmiotowe (fizykalne). Nieodzowna jest także diagnostyka radiologiczna. Rozpoznanie opiera się przede wszystkim na zdjęciach

RTG. Przy planowaniu zabiegu operacyjnego wieloodłamowego złamania kości piętowej standardem jest natomiast wynik tomografii komputerowej.

3.3.1. Wywiad i badanie kliniczne

Najczęstszą przyczyną złamania kości piętowej jest upadek z wysokości lub wypadek komunikacyjny. Oprócz złamania w obrębie tyłostopia bardzo często dochodzi do złamania towarzyszącego w obrębie kręgosłupa lędźwiowego, dlatego u każdego pacjenta z urazem kości piętowej należy dokładnie zbadać kręgosłup lędźwiowy. Oprócz złamania kręgosłupa lędźwiowego możemy spotkać inne współistniejące obrażenia szkieletu: złamanie kości piszczelowej typu pilon, złamanie kostek, złamanie panewki i inne dodatkowe złamania w obrębie stopy. Najczęściej w przypadku złamania pojawia się obrzęk, który narasta adekwatnie do siły urazu. Sam obrzęk pojawia się już w pierwszych godzinach i ustępuje dopiero w drugim tygodniu od złamania. Pojawia się tzw. "objaw marszczenia skóry", który pozwala na przeprowadzenie w bardziej bezpieczny sposób zabieg operacyjny. Oprócz obrzęku i zaburzenia krążenia limfatycznego w stopie pojawiają się wylewy krwawe, a także specyficzny krwiak "Mondora", który jest patognomoniczny do złamania kości piętowej po stronie podeszwowej [61]. Krewiak penetruje do przedziałów powięziowych i daje silne dolegliwości bólowe i zaburzenia czucia.

Kolejnym objawem mogą być pęcherze, które choć jałowe, zawsze są przeciwwskazaniem do ingerencji chirurgicznej. Pojawiają się najczęściej na bocznej i przyśrodkowej stronie stopy. Jedynym miejscem, w którym nigdy nie powstają pęcherze i krwiaki jest tylna-spodnia powierzchnia pięty. Pęcherze zwykle przebijamy i dezynfekujemy (np. roztworem Octeniseptu), dodatkowo zakładamy gotowe opatrunki (np. BACTIGRAS - opatrunek parafinowy z chlorhexydyną) (rycina 9A i 9B).



Rycina 9. A i B Zdjęcie strony bocznej (A) i przyśrodkowej (B) - przedstawiają stan skóry okolicy stawu skokowego (krwiaki) po złamaniu kości piętowej, czerwona strzałka wskazuje na wypełniony surowiczym płynem pęcherz. Zdjęcia wykonane przez autora dysertacji

Innym problemem jest złamanie otwarte wg Gustillo Andersona różnego stopnia, które trzeba leczyć zgodnie z zasadami złamania otwartego [62]. Najczęściej dotyczy to strony bocznej, tylnej i przyśrodkowej, a spowodowane jest przemieszczeniem ostrego odłamu kości, który przebija skórę. Gojenie skóry okolicy bocznej jest trudne, ale zwykle kończy się wygojeniem lub na drodze per secundam. Gojenie po stronie przyśrodkowej jest utrudnione i zwykle kończy się martwicą, ubytkiem skórny, a leczenie musi być rozszerzone o przesunięcie płata skórno-powięziowego (rycina 10A i 10B - zdjęcia własne).



Rycina 10. A - stan po złamaniu otwartym IIIC kości piętowej powikłane martwicą skóry okolicy kostki przyśrodkowej, B - stan po leczeniu operacyjnym - przesunięcie płata skórno mięśniowego. Zdjęcia własne

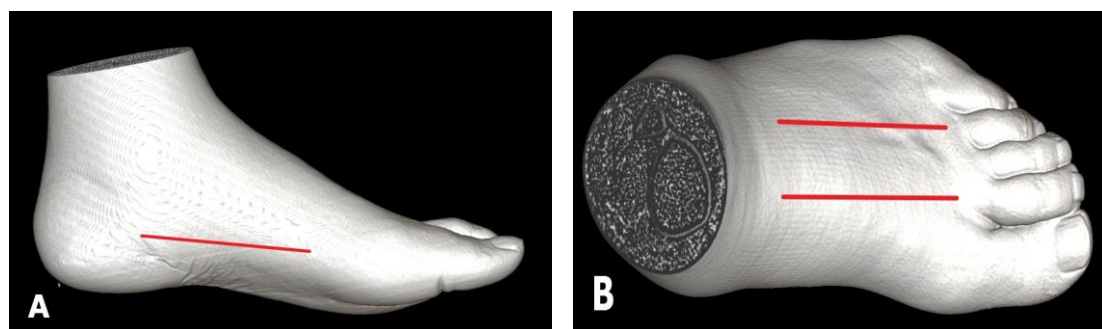
Otwarte złamanie kości piętowej może być też spowodowane zewnętrznymi urazami w przebiegu np. wypadku komunikacyjnego, gdzie zwykle ostre fragmenty karoserii, części kokpitu perforują tkanki okolicy kości piętowej. Złamanie otwarte to także przyczyna zbyt dużego zwleknięcia w przypadku dużego przemieszczenia złamania zamkniętego, które napina skórę i ostatecznie w przebiegu niedokrwienia i odleżyny perforuje i staje się złamaniem otwartym (np. złamanie kaczego dziobu wg Essex Loprestii lub guza piętowego), (rycina 11A i 11B).



Rycina 11. A - widoczna odleżyna okolicy bocznej po złamaniu awulsyjnym guza piętowego, B - rekonstrukcja 3D złamania awulsyjnego guza piętowego (zdjęcie i rekonstrukcja własne)

3.3.2. Zespół ciasnoty powięziowej stopy

W przypadku złamania wieloodłamowego kości piętowej i jej dużego rozkawałkowania może pojawić się zespół ciasnoty powięziowej, dlatego należy również odnotować stan unerwienia i ukrwienia stopy, gdyż zaburzenia czucia i drętwienia może być wczesnym objawem ciasnoty w obrębie stopy. W przypadku takiego podejrzenia badanie fizykalne należy powtarzać i często monitorować stan tkanek miękkich. Inne objawy, jak bolesny ruch w obrębie stopy, może być niekiedy nie diagnostyczny, gdyż przyczep zginaczy palców jest na guzie piętowym i daje podobne objawy bólowe, to samo tyczy się obecności tętna - nie zawsze występuje jego brak. Obecnie standardem oprócz badania objawów klinicznych ciasnoty powięziowej jest inwazyjne badanie ciśnienia wewnątrz kompartmentu. Ustalono, że różnica ciśnienia między zmierzonym, a rozkurczowym ciśnieniem >40 mm Hg lub przy całkowitym ciśnieniu w kompartmentcie > 30 mm Hg jest wskazaniem do odbarczenia czterech przedziałów w stopie. Zabieg polega na wykonaniu trzech podłużnych nacięć. Dwa podłużne nacięcia wykonujemy po stronie grzbietowej w linii II i IV kości śródstopia, a następnie rozdzielamy przedziały. Trzecie nacięcie należy wykonać po stronie przyśrodkowej, rozdzielamy powięź mięśnia odwodziciela palucha, a głębiej - grubą powięź przegrody międzymięśniowej przyśrodkowej (rycina 12A i 12B).



Rycina 12. Rekonstrukcja 3D objętościowa stopy - zaznaczono czerwonymi prostymi miejsce dostępu celem odbarczenia przedziałów. A strona przyśrodkowo-podeszwowa, B - strona grzbietowa. (zdjęcie i rekonstrukcja własne)

3.3.3. Badanie radiologiczne

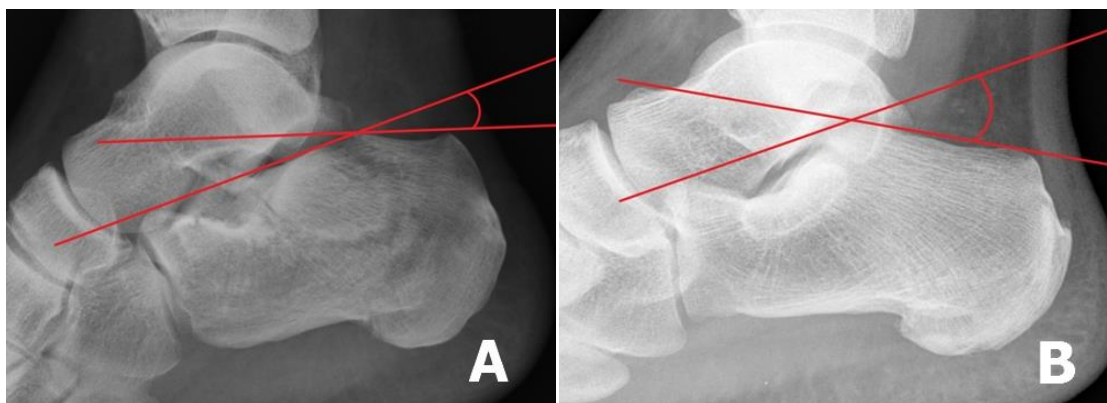
Każdy pacjent z podejrzeniem złamania kości piętowej powinien mieć wykonane zdjęcia RTG. Ze względu na liczne powierzchnie kości piętowej wskazane jest wykonanie kilku projekcji, ponieważ częstym błędem jest nierozpoznanie złamania. Wstępna ocena wymaga wykonania przynajmniej zdjęcia RTG bocznej i osiowej (projekcja Harrisa). Dodatkowo, w wątpliwych przypadkach warto wykonać zdjęcie przednio-tyłne i skośne stopy. Niekiedy można wykonać zdjęcie specjalne, styczne. Do celów porównawczych można wykonać także zdjęcia strony przeciwnej, nie objętej urazem.

1. Projekcja boczna

Projekcja boczna jest podstawową projekcją kości piętowej, a poprawne jej wykonanie często ujawnia złamanie. Wszystkie trzy płaszczyzny (strzałkowa, osiowa i czołowa) stopy muszą być prawidłowo ustawione w stosunku do płaszczyzn anatomicznych. Niedbałe wykonanie zdjęć wiąże się ze złą kwalifikacją i nieprawidłowym dalszym leczeniem. Mając to na uwadze, należy ocenić guzowatość piętową (tylną i przyśrodkową), miejsce przyczepu ścięgna Achillesa, guzek i wyrostek przedni kości piętowej, tylną powierzchnię stawu skokowego dolnego (z jej szczytem określanym w nomenklaturze jako wzgórze), podpórkę kości skokowej, a także staw skokowo-lódkowaty i piętowo-sześcienny. Oprócz elementów, które dotyczą kości piętowej warto zbadać kongruencje stawu Choparta i Lisfranca.

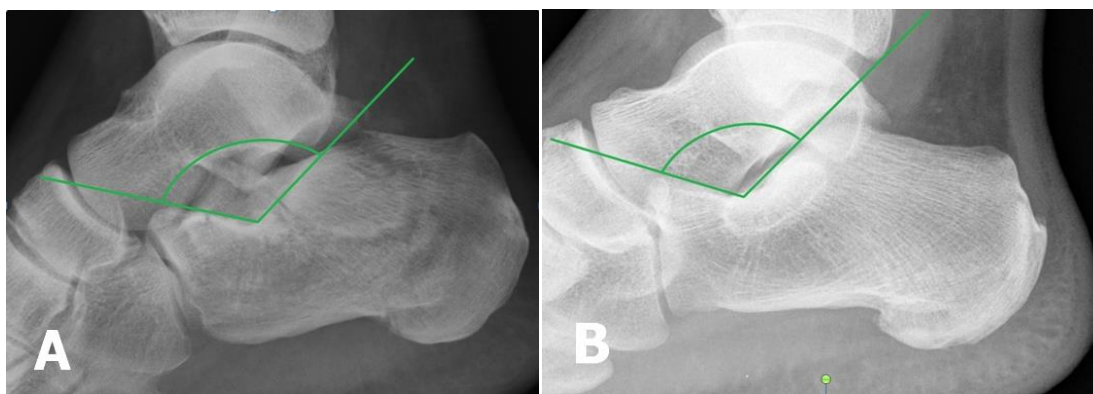
Najbardziej powszechnym wskaźnikiem przemieszczenia odłamów jest tzw. "kąt Böhlera". Kąt ten zawarty jest między linią łączącą najwyższe punkty wyrostka przedniego i powierzchni tylnej kości piętowej do linii stycznej z górną powierzchnią guza piętowego. Prawidłowa wartość tego kąta zawiera się w przedziale 20-40°, a w przypadku złamania dochodzi do zmniejszenia wartości z powodu obniżenia powierzchni stawowej tylnej kości piętowej. Warto dodać, że jest zmienny osobniczo i w niektórych przypadkach warto zrobić zdjęcie strony przeciwnej w celu ustalenia poprawnej kongruencji. Ten radiologiczny wskaźnik repozycji złamania służy także

jako czynnik prognostyczny wyniku klinicznego [63] (rycina 13A i 13B).



Rycina 13. Zdjęcie boczne przedstawiające kąt Böhlera, A - po złamaniu, B - prawidłowe (zdjęcia własne)

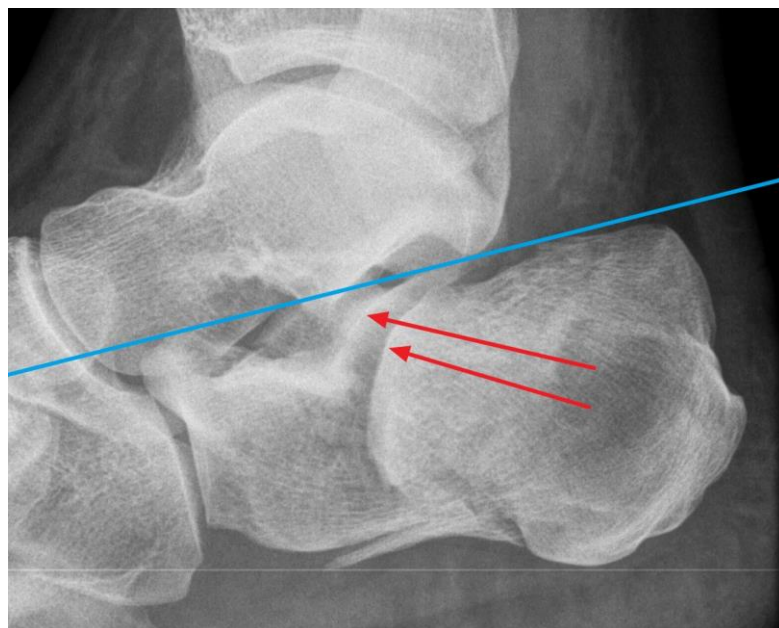
Kolejny kąt, który pomaga ocenić radiologicznie kość piętową jest tzw. "kąt Gissana". Kąt ten uznawany jest jako "krytyczny" i jest zawarty między powierzchnią tylną stawową, a górnym brzegiem wyrostka przedniego kości piętowej. Wartości referencyjne kąta zawierają się pomiędzy 130–145°. Kąt ten najczęściej zwiększa się w przypadku złamań śródstawowych. Choć repozycja złamania najczęściej zmniejsza wartości kąta, to w nomenklaturze nie jest uznawany za czynnik rokowniczy (rycina 14A i 14B).



Rycina 14. Zdjęcie boczne przedstawiające kąt Gissana, A - po złamaniu, B - prawidłowe (zdjęcia własne)

Oceniając zdjęcie boczne możemy także wykreślić linię McLaughlina. Ta pojedyncza prosta zawarta jest między najwyższym punktem szczytu guza piętowego, a najwyższym punktem stawu piętowo-sześciennego. Istotą tej linii jest to, że w

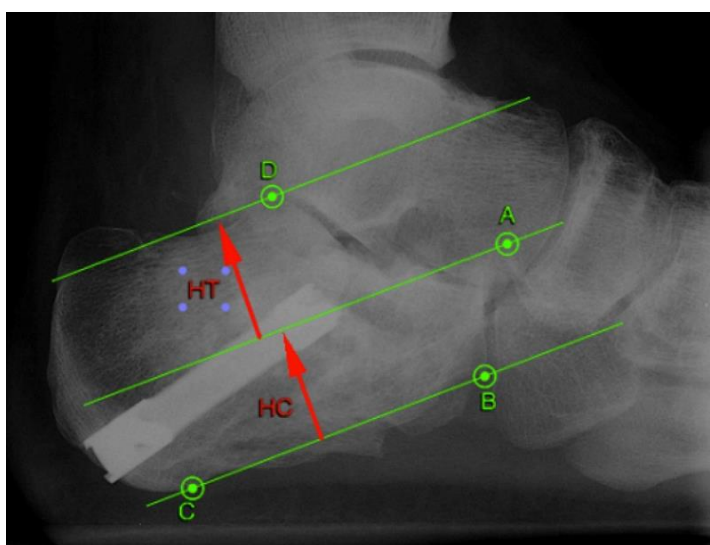
warunkach prawidłowych powierzchnia stawowa tylna powinna być nad linią. Patognomoniczne dla rozpoznania złamania przestawowego kości piętowej jest tzw. "podwójny cień" w projekcji bocznej, który powstaje przez rozszczepienie powierzchni stawowej tylnej. Fragment przyśrodkowy jest nieprzemieszczony, boczny obniżony, a linia złamania powierzchni stawowej jest równoległa do osi długiej kości piętowej (rycina 15).



Rycina 15. Zdjęcie RTG w projekcji bocznej, czerwone strzałki wskazują na "podwójny cień", niebieska linia to linia McLaughlina (zdjęcie własne)

Nowatorską metodę obliczeń oraz metodę TDM (tomodensytometrię), służącą do oceny obniżenia powierzchni stawowej zaproponował dr M. Goldzak. Jest ona obecnie stosowana we Francji w coraz większej liczbie ośrodków. To tzw. "X-ray calcaneus indeks" czyli "index piętowy", który obliczamy na podstawie stosunku dwóch wysokości - HC/HT (rycina 16). Aby wykreślić te proste należy oznaczyć kilka punktów na zdjęciu bocznym kości piętowej: punkt "C" - najniższy punkt, który znajduje się na dolnej krawędzi guzowatości kości piętowej, punkt "B" - najniższy punkt stawu piętowo-sześciennego, punkt "A" - najwyższy punkt stawu piętowo-sześciennego, oraz punkt "D" - wierzchołek powierzchni stawowej wzgórza. Następnie rysujemy dwie proste w punktach "A" i "D", które są równoległe do prostej przechodzącej przez punkty "C" i "B". Wysokość tylnej powierzchni wzgórzowej (HT) odpowiada odległości dzielącej prostą przechodzącą przez punkt "A" i prostą przechodzącą przez punkt "D". Wysokość powierzchni prostopadłościanu (HC)

odpowiada odległości dzielącej prostą przechodzącą przez punkt "A" i prostą przechodzącą przez punkty "B" i "C". Stosunek HC/HT wynosi od 0,8 -1,0, a w złamaniu zmniejsza się proporcjonalnie. Wg autora niniejszej dysertacji, pozwalają one na bardziej dokładny pomiar i ocenę repozycji. [56, 64] Wyjaśnienia wymaga też słowo "thalamus", które jest określeniem tylnej powierzchni stawowej w nomenklaturze francuskiej. Słowo to pochodzi od greckiego słowa "thalamus"- "łóżko", a nie od łacińskiego słowa, oznaczającego "wzgórze". Nazwę "thalamus" zaproponował sławny francuski chirurg i radiolog, Étienne Destot, który opisując kość skokową wyobrażał sobie jak leży na "łóżku" kości piętowej, a podpórka to nic innego jak podłokietnik.



Rycina 16. Zdjęcie RTG w projekcji bocznej, czerwone strzałki

HC - (Cuboid Height) Wysokość powierzchni prostopadłościanu.

HT - (Thalamus Height) Wysokość tylnej powierzchni wzgórzowej

2. Projekcja osiowa Harrisa

Każdą strukturę kości należy ocenić przynajmniej w dwóch projekcjach, i ta zasada dotyczy również kości piętowej i projekcji osiowej. Prawidłowe wykonanie zdjęcia w projekcji osiowej wymaga maksymalnego zgięcia grzbietowego stopy, gdyż wtedy można ocenić prawidłowo guz piętowy, trzon i jego zaburzenia osiowe, linie powierzchni piętowej tylnej, podpórkę i szerokość. Dodatkowo możemy ocenić bloczek strzałkowy i guzek piętowy przedni (rycina 17).



Rycina 17. Projekcja osiowa Harrisa - widoczne poszerzenie zarysu kości piętowej, odłam ściany bocznej leży prawie poziomo (zdjęcie własne)

3. Projekcja przednio tylna

Przy pomocy tej projekcji możemy ocenić staw piętowo sześcienny, część ściany bocznej, wyrostek przedni kości piętowej.

4. Projekcja skośna

Projekcja wymaga uniesienia bocznej powierzchni stopy do płaszczyzny kasety około 40-45 stopni, gdzie prawie cała powierzchnia przyśrodkowa stopy ma styczność z kasetą. Tak wykonane zdjęcie pozwala na ocenę dolnej ściany kości piętowej, staw piętowo-sześcienny, a także zarys przedniej powierzchni stawu skokowego dolnego.

5. Projekcja styczna - Brodena

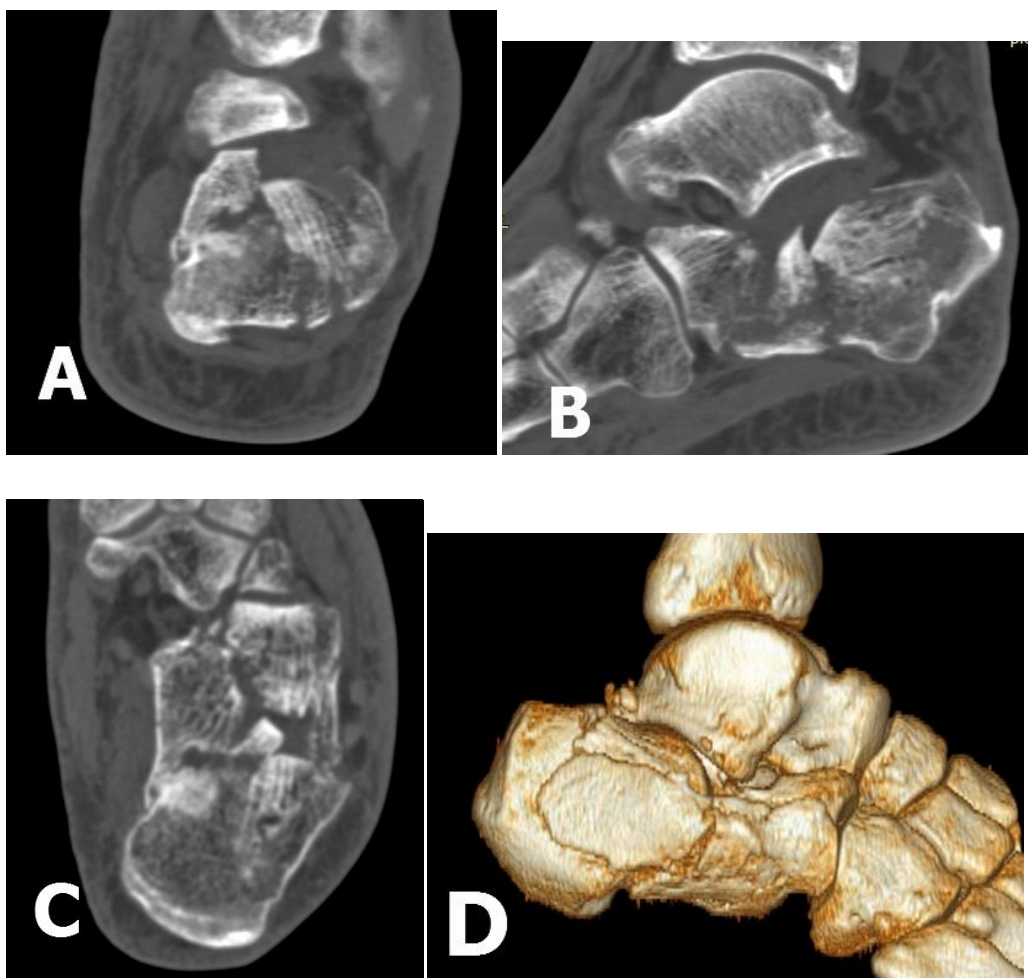
Ta specjalna projekcja jest bardzo często wykonywana śródoperacyjnie przez autora niniejszej pracy, gdyż wartość jej oceny pozwala na przeprowadzenie prawidłowo repozycji jak i uzyskania jak najlepszej kongruencji stawu skokowego dolnego. Projekcja wymaga oceny w trzech-czterech rzutach od 10 do 40 stopni w kierunku osiowym z rotacją wewnętrzną stopy, dlatego wiąże się z większą dawką promieniowania rentgenowskiego i nie zawsze jest stosowana przez operatorów (rycina 18).



Rycina 18. Projektja styczna - Brodena, widoczny cień gwoździa Calcanail z śrubami wprowadzonymi w podpórkę i guz piętowy po repozycji (zdjęcie własne)

6. Tomografia komputerowa

Rozwój techniki rentgenowskiej i cyfryzacji diagnostyki obrazowej notowany od 20 lat pozwala obecnie stosować najbardziej zaawansowane urządzenie do obrazowania przestrzennego, czyli tomografię komputerową (TK). Technologia ta pozwala na szybką i dokładną ocenę złamań, przemieszczeń i kongruencji stawów. Niektóre urządzenia potrafią wykonać 90 przekrojów w ciągu 30 sekund, co znacznie ogranicza artefakty ruchowe, a gęstość przekroi poprawia rozdzielczość obrazowanych struktur jak i ponadprzeciętną jakość trójwymiarowych rekonstrukcji 3D. Każdy zeskanowany obiekt posiada trzy płaszczyzny: czołową, strzałkową i osiową (rycina 19A, 19B, 19C), które dowolnie możemy za pomocą programu komputerowego przecinać i uzyskiwać pożądane obrazy i rekonstrukcje 3D (rycina 19D). Badanie TK pomaga zaplanować zabieg operacyjny i bezpiecznie go przeprowadzić [65].



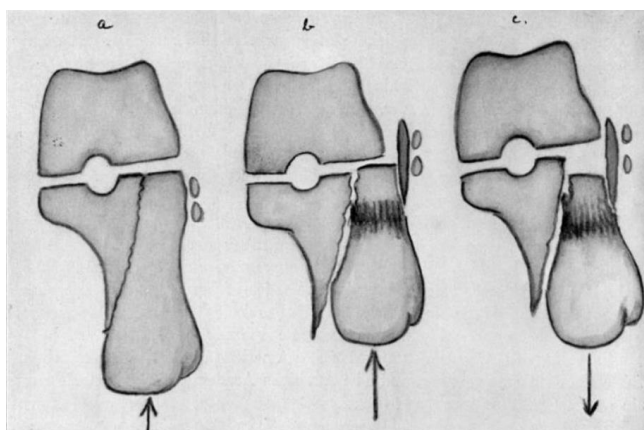
Rycina 19. Badanie tomografii komputerowej kości piętowej: A - przekrój czołowy, B - przekrój strzałkowy, C - przekrój osiowy, D - rekonstrukcja 3D. Zdjęcia i rekonstrukcja własne

3.3.4. Klasyfikacje złamania kości piętowej

Od kilku dekad nauka stara się uporządkować i sklasyfikować złamania kości piętowej, a powstające niedawno nowe klasyfikacje i dalsze podziały wskazują, że ten obszar wiedzy będzie się dalej rozwijał. System podziałów i klasyfikacji w medycynie służy temu, aby ustalić szablon jak najlepszego postępowania, aby komunikacja pomiędzy lekarzami była zrozumiała dla obydwu stron, a zarazem, aby wyniki były ujednolicone i dające się porównywać. Rozwój systemu klasyfikacji jest w dużej mierze oparty na rozwoju technologii diagnostyki obrazowej. Jednocześnie, sam rozwój diagnostyki, poprzez bardziej dokładniejszą ocenę złamania najczęściej zamyka drogę do dalszego rozwoju klasyfikacji, które nie sprawdziły się ze względu na brak spójności

i powtarzalności. Bardzo często, jako przykład stosowania różnych klasyfikacji, podawane jest w literaturze niderlandzkiej piśmiennictwo Schepersa [12]. Piśmiennictwo podaje iż w tym kraju tylko 29% chirurgów przyznaje się do stosowania jakiegokolwiek klasyfikacji gdzie 37% stosuje systematyzację Sandersa, 32% klasyfikację Essex-Loprestiego, a 25% podział Zwippa. Jedną z pierwszych stosowanych w naszym kraju jest klasyfikacja Essex-Loprestiego, a podyktowana technika operacyjna metoda Westhuesa stosowana do dnia dzisiejszego. Dostępność tomografii komputerowej jak i jej powszechność w stosowaniu spowodowała, że klasyfikacja ta coraz bardziej ustępuje nowszemu podziałom.

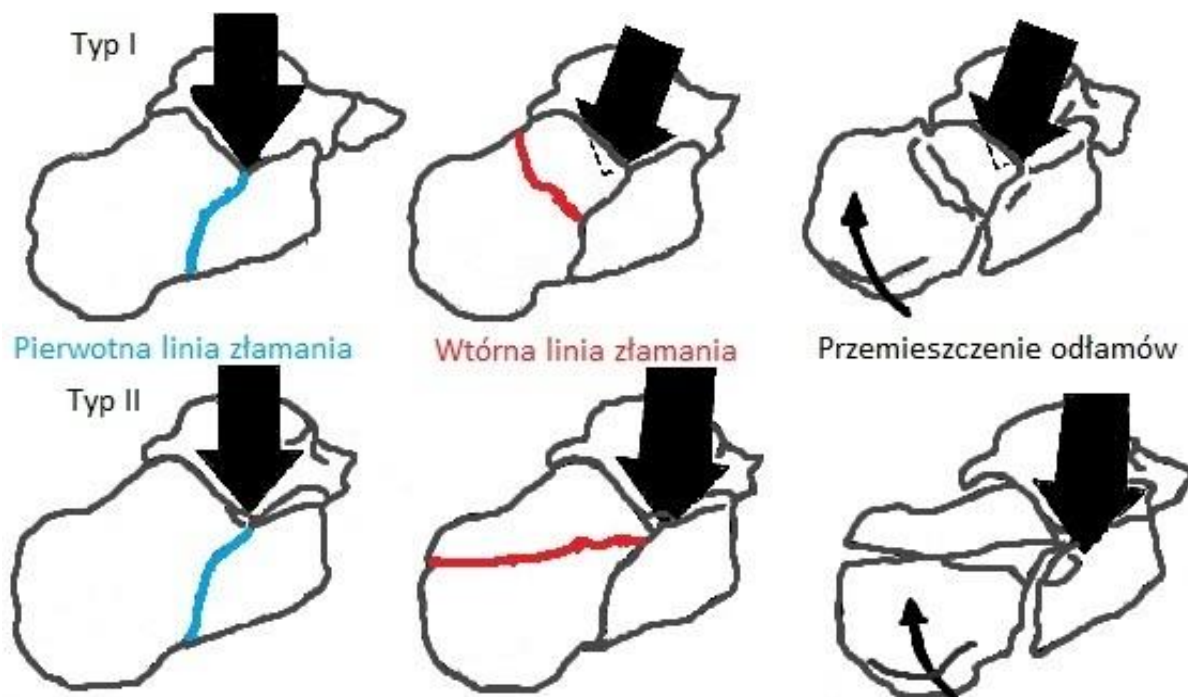
Początek klasyfikacji złamań i analizę przebiegu złamania wskazał Palmer w 1948 roku [66]. Jego trzy stopniowy podział został podyktowany pojawieniem się pierwotnej linii złamania, dzielącej powierzchnię tylną kości piętowej na dwie równe części. Kolejne typy pojawiają się w zależności od działania siły łamiącej. Podział zakłada typ A - awulsyjny, B- kompresyjny, C - wyłamany (rycina 20).



Rycina 20. Klasyfikacja złamań kości piętowej wg Palmera. Rycina zaczerpnięta z atykułu autorstwa Palmera: The Mechanism and Treatment of Fractures of the Calcaneus; Open Reduction With the Use of Cancellous Grafts. The Journal of Bone & Joint Surgery. 30 (1):2-8, January 1948

Bardziej udoskonalona w ocenie i przebiegu linii złamania wydaje się klasyfikacja podana przez Essex-Lopresti w 1952 roku. Podział zakłada pojawienie się pierwotnej linii złamania w radiologicznym kącie Gissana. W zależności od siły i wektora działania wyróżnia się dwa typy: typ I - "zmiażdżeniowy" i typ II - "języka". Autor podaje, że wyrostek boczny kości skokowej obniża się na tyle, że działa jak klin, który powoduje powstanie pierwotnej linii złamania. Linia ta występuje w pierwszym i drugim typie, dzieli kość piętową na fragment przysródkowy, tzw. "stały" z podpórką i fragment boczny, zwykle przemieszczony do góry i boku. Kolejnymi elementami są wspomniane

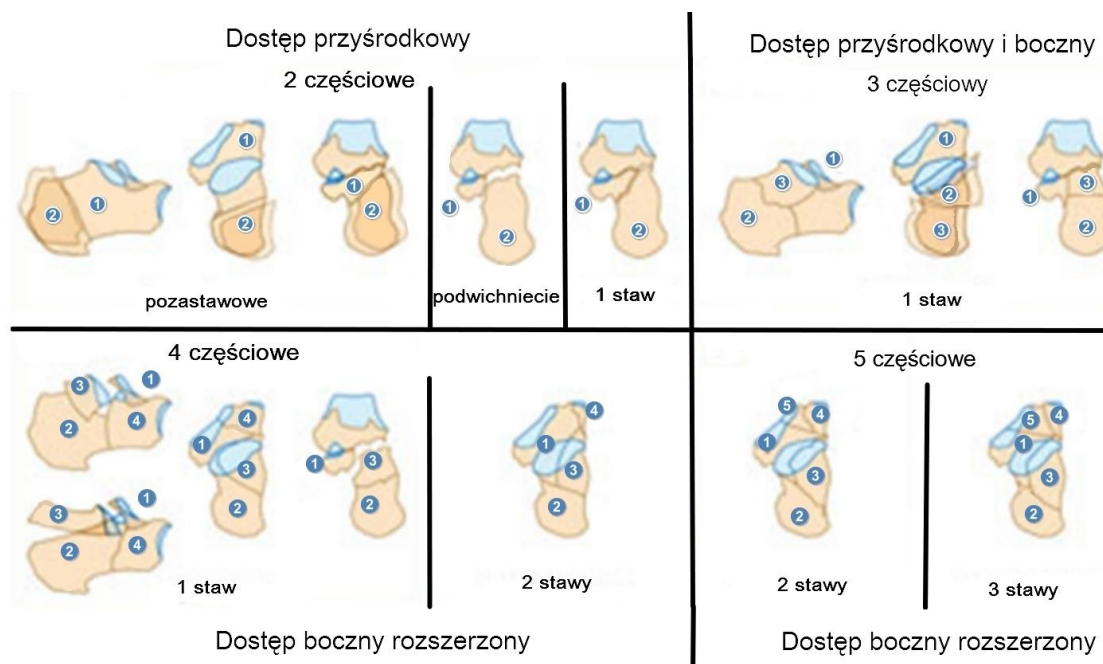
wektor i siła, która rozszczepia pionowo fragment stawowy, bądź draży do guza i go rozszczepia poziomo [67]. Dużym plusem, oprócz prostoty podziału, jest to, że do każdego typu złamania proponowana jest metoda leczenia (typ zmiążdżeniowy - repozycja na otwarto, typ języka - repozycja na zamknięto) co tłumaczy jej powszechność i ponadczasowość (rycina 21).



Rycina 21. Klasyfikacja złamań kości piętowej Essex-Lopresti: typ pierwszy - kompresyjny, typ drugi - "języka", czarna strzałka wskazuje wektor łamiący kość piętową, pierwotna linia złamania zaznaczona na niebiesko, wtórna linia złamania zaznaczona na czerwono. Rysunki własne

Kolejne lata przyniosły chwilową stagnację w rozwoju i podziałach złamań w obrębie DIACF. W 1963 roku nisze złamań pozastawowych uzupełniła klasyfikacja Rowe'a. Podział ten dzieli złamania na dziewięć typów: Ia- złamanie guza piętowego, Ib - złamanie podpórki, Ic - złamanie wyrostka przedniego, IIa - złamanie szczytu przyczepu ścięgna Achillesa, IIb - złamanie awulsyjne guza, III - skośne złamanie poza tylną wierzchnią stawową, IV - złamanie DIACF, V - złamanie DIACF ze współzłamaniem [68]. Rozwój diagnostyki radiologicznej i opracowania tomografii komputerowej dała możliwość oparcia badań i klasyfikacji na bardziej dokładnych pomiarach. Pierwszym, który zastosował i opisał użyteczność tej technologii był Segal i Stephenson.

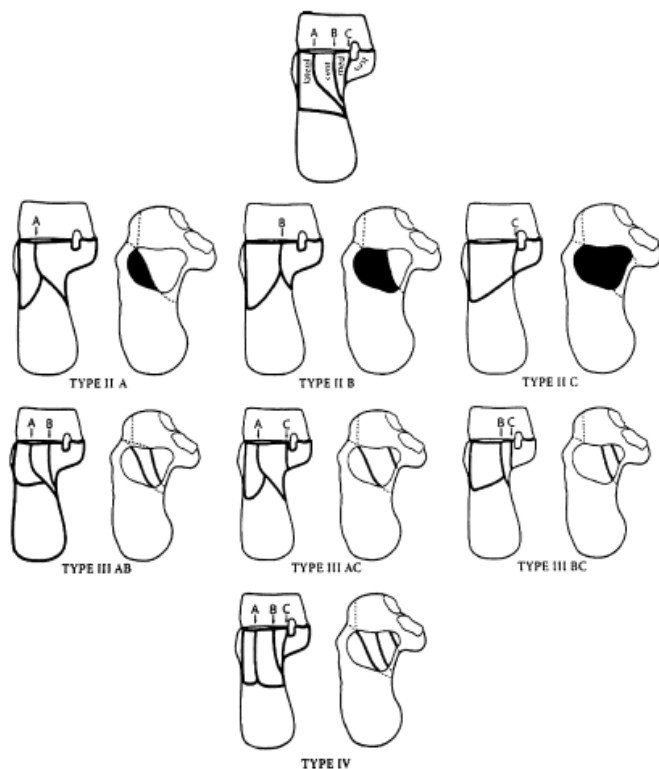
Kolejnym badaczem złamań kości piętowej był Zwipp, który w 1989 roku opublikował obszerną klasyfikację, opartą o 12 punktową ocenę ilości fragmentów (2-5), zajętych powierzchni stawowych (0-3) i stopnia uszkodzenia okolicznych tkanek (0-4), (rycina 22). Klasyfikacja jest na tyle wartościowa, że przyporządkowując złamanie system podpowiada z jakiego dostępu należy przeprowadzić zabieg operacyjny [69-70].



Rycina 22. 12 punktowa klasyfikacja złamań kości piętowej Zwippa. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa Hans Zwipp, Orthop Traumatol 4 t 1995 223 235 no.4

Trzy lata później Sanders opublikował klasyfikację, która jest stosowana do dzisiaj. Podział oparty jest o wynik tomografii komputerowej, który pozwala na określenie liczby i położenie odłamów tylnej powierzchni stawowej. Sam podział dotyczy tylko DIACF, ale zważywszy, że 70% złamań kości piętowej istotnie dotyczy tylko tej części pięty, a reszta złamań pozastawowych ma w obserwacji lepszy wynik leczniczy, powoduje, że prostota klasyfikacji i przewidywalny wynik w jej stosowaniu ma na całym świecie tylu zwolenników. Z drugiej strony, klasyfikacja z uwagi na ograniczenie do podziału DIACF, często jest podważana w środowisku ortopedycznym i tak de Souza wykazał iż na 150 osób tylko 113 zostało sklasyfikowanych metodą Sandersa, dodatkowo w grupie tej nie odnotowano żadnego przypadku o typie I [71]. Czterostopniowa klasyfikacja z podtypami "a", "b", "c" w typie II i podtypem "ab", "ac",

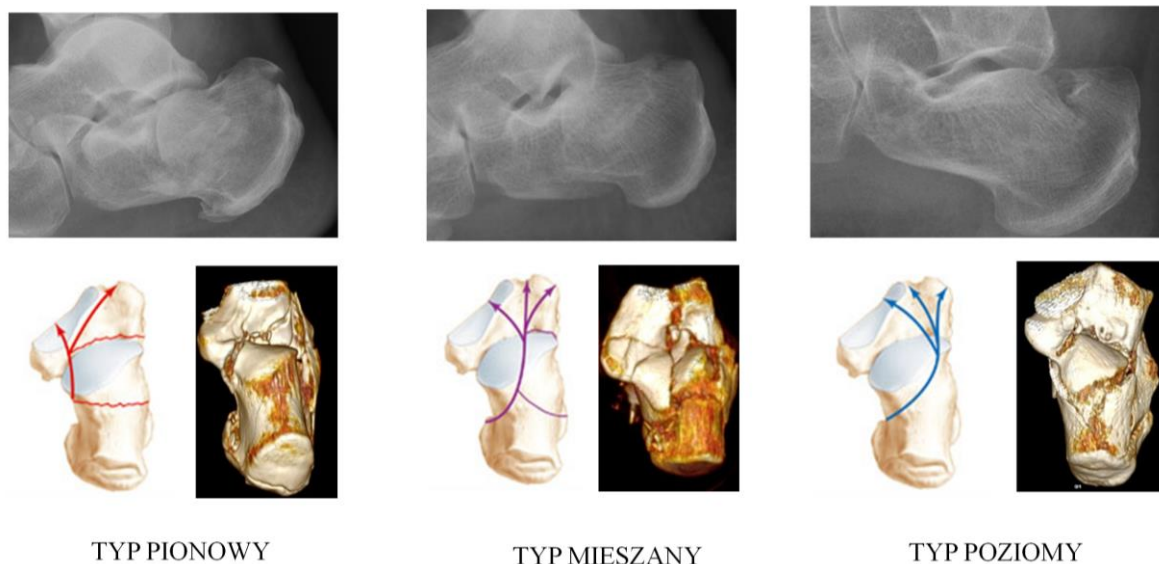
"bc" w typie III daje osiem możliwości usystematyzowania złamania (rycina 23). Sanders stwierdził, że tylko poprawne zrozumienie wzoru złamania może ujednolicić metodę leczenia i ostatecznie wyniki [33].



Rycina 23.
Klasyfikacja złamań kości piętowej wg Sandersa. Rycina zaczerpnięta z książki autorstwa Brant, W. Helm C (2007). Podstawy radiologii diagnostycznej (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-6135-2

Kolejnym podziałem, wywodzącym się z Francji, jest klasyfikacja Guy'a Utz'a, opublikowana w 1993 roku. Wcześniej mało znana w krajowej jak i światowej publikacji, powoli zyskuje na znaczeniu, gdyż stosowanie jej jest uzasadnione z metodą repozycji. Podstawy klasyfikacji powstały już wcześniej, jednak do przeprowadzenia badania i uzasadnienia podziału była potrzebna tomografia komputerowa. Klasyfikacja ta sięga do korzeni podziałów - "pierwotnej linii" Palmera, a dzięki tomografii komputerowej można dokładnie prześledzić linie złamań i wizualizować jej przebieg [72]. Dokonując podziału na trzy główne, radiologiczne typy złamania: pionowy, poziomy i mieszany, jednocześnie ustosunkował położenie linii Palmera. W typie pionowym, linia złamania biegnie przyśrodkowo, bocznie w typie poziomym, a pośrodkowo w mieszanym. Wizualizując tę konstelację, linia zawsze dzieli kość piętową na fragment przyśrodkowy pochylany poziomo, który daje w projekcji bocznej

obraz poziomy i fragment boczny, który rotuje się pionowo i daje w projekcji bocznej zawsze obraz pionowy. Typ mieszany (podzielony linia pośrodkowo) powstaje z nakładania się obrazu pionowego i poziomego w projekcji bocznej (rycina 24). Tomografia komputerowa wskazana jest do określenia drugiej linii złamania, która jeżeli się pojawi, dzieli dodatkowo fragment przyśrodkowy we wszystkich typach złamania. Autor niniejszej klasyfikacji, podobnie jak Essex-Lopresti, sugeruje, że anatomiczny podział złamania i występujący fragment przyśrodkowy poziomy i pionowy bocznie koreluje z działaniem pronacji i supinacji pięty [67]. Główną zaletą tej klasyfikacji jest to, że rozumiejąc trójwymiarowe położenie złamanych fragmentów jesteśmy w stanie wykonać małoinwazyjną redukcję złamania [73-74].



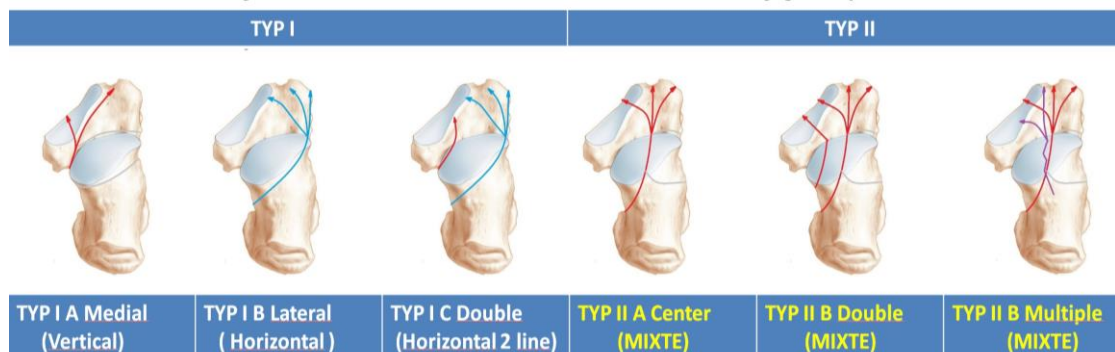
Rycina 24. Klasyfikacja Guy'a Utheza, pierwsza kolumna przedstawia typ pionowy, druga kolumna to typ mieszany, a trzecia kolumna to typ poziomy. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa M. Goldzak

Kontynuatorem idei takiego podziału był wspomniany już wcześniej M. Goldzak z Tuluzy, który współpracował z Utheza. Mając do dyspozycji klasyfikację, która daje wskazówki do repozycji złamania, M. Goldzak zapoczątkował pracę nad implantem, który razem z metodą repozycji, zapoczątkował nowy system rekonstrukcji kości piętowej po złamaniu - "Calcanail". W miarę stosowania implantu, również ewoluowała klasyfikacja ze względu na zoptymalizowanie systemu Calcanail [75]. Klasyfikacja obecnie przyjęła nazwę CAFC (Calcaneal Architectural Fracture Classification), z

podziałem na dwa główne typy. I typ - to dwie formy poziome i jedna pionowa, II typ - to trzy formy złamania mieszanego z jedną, dwoma i wieloma liniami [64], (rycina 25).

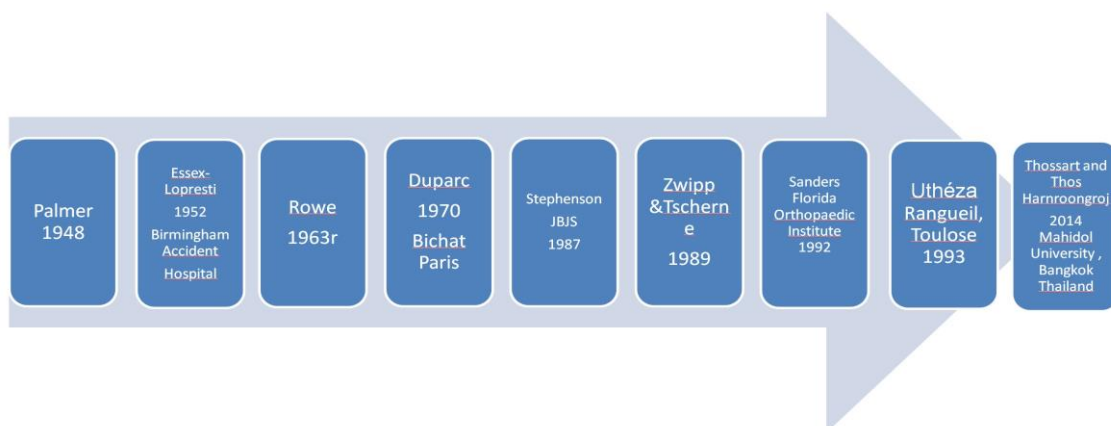
Calcaneal Architectural Fracture Classification (CAFC) – updated Utheza

- Lokalizacja linii złamania w stosunku do zajęcia powierzchni



Rycina 25. Zaktualizowana klasyfikacja Utheza - CAFC (Calcaneal Architectural Fracture Classification) z podziałem na dwa główne typy, które dzielą się po trzy subtypy. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa M. Goldzak

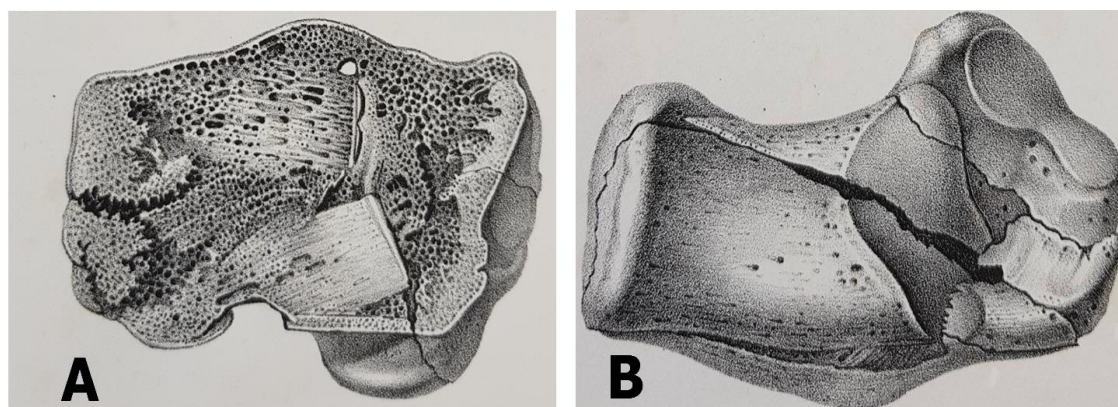
Najnowszą klasyfikacją jaka się ukazała w literaturze jest klasyfikacja złamań kości piętowej opublikowana w 2016 roku przez Thossart and Thos Harnroongroj z Mahidol University w Tajlandii [76]. Klasyfikacja Harnroongroj IACF zakłada podział o ilość i konfigurację przemieszczonych fragmentów w TK - tylnej powierzchni stawowej i trzonu do stałej podpórki kości piętowej. Przyjęto trzy główne typy podpórek "A", "B" i "C" gdzie typ "A" i "B" dzieli się na cztery subtypy, typ "C" jest tylko jeden. Klasyfikacja jest nowa, oparta na tomografii komputerowej i wg autorów główną jej zaletą jest przystępność i stosowanie jej z metodami małoinwazyjnym (rycina 26).



Rycina 26. Przegląd historii klasyfikacji złamań kości piętowej (grafika autora niniejszej dysertacji)

3.4. Leczenie przemieszczonych złamań śródstawowych kości piętowej

Przez stulecia leczenie złamań kości piętowych było prowadzone zachowawczo - stosowano bandażowanie z opatrunkami ściągającym i odciążanie kończyny. Pierwsze takie zalecenia możemy przeczytać w rękodzielach Hipokratesa i było niezmiennie przez kolejne 2000 lat. Większość złamań otwartych kończyła się zapobiegawczo amputacją, ucieczką przed gangreną [77]. Złe wyniki w leczeniu próbował poprawić Clark który w roku 1855 opracował metodę wyciągu szkieletowego złamanej pięty. Kolejnym krokiem do zrozumienia złamania były bardzo wartościowe rysunki anatomiczne Malgaigne na tyle dokładne, że pokrywają się z dzisiejszymi obrazami TK (rycina 27A i 27B).



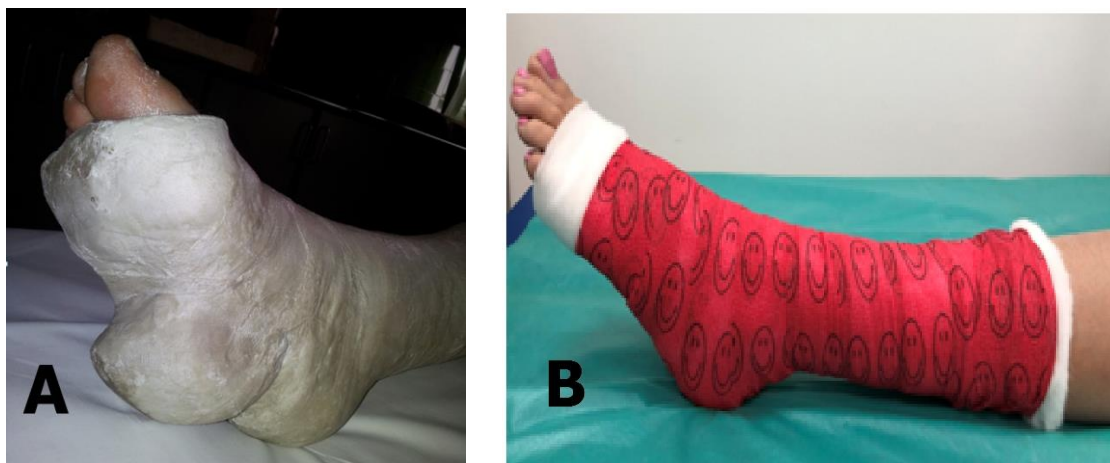
Rycina 27. A i B Szkice Malgaigne z 1856 wykonane 130 lat przed erą tomografii komputerowej, zdjęcie z atlasu Malgaigna

Pierwszym, który wykonał redukcję złamania był Bell w 1882 roku. Wykonał zabieg w złamaniu otwartym kości piętowej. Kolejnym chirurgiem, który wykonał otwartą repozycję i ustabilizował złamanie był Morestin w 1902 roku. Opieranie się na szkicach i wyobrażeniu złamania nie poprawiło jednak wyników leczenia, dopiero moment wprowadzenia diagnostyki radiologicznej spowodował rozwój metod, dostępów i zabiegów ratujących kończynę. Początek XX stulecia to rozwój metod repozycji złamania. Goff 1938 roku stosował repozycję jako jedyną procedurę, w połączeniu z unieruchomieniem w opatrunku gipsowym. Inni - jako metoda śródoperacyjną (Foldes (1920), Kaess 1922), Gillette (Carabba). Stosowano dystraktory zewnętrzne dwupunktowe (Böhler, Conn, Olson, Frohlich) i trzypunktowe (Gill, McBride, Harris, Forgon-Zadravec) [29]. Bohler stosował zewnętrzne dystraktory, ale niestety z powodu powikłań septycznych zarzucił ich stosowanie. Zdaniem Böhlera „złamania kości piętowej, należy leczyć podobnie jak inne, należy dążyć do anatomicznego nastawienia odłamów i jego utrzymania, aż do wygojenia kości, dodatkowo należy ćwiczyć jak najwięcej stawów”. Potwierdzeniem jego zaleceń jak i dobrych wyników było odtworzenie kąta Böhlera [78]. Jedną ze znanych sentencji opisujących złamanie kości piętowej jest zdanie, że „człowiek, który złamał piętę jest skończony”. Autor wypowiedzi - Cotton, razem z Willsonem opracowali metodę zewnętrznej dystrakcji z jej następową kompresją za pomocą skórzanego młotka i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym. Chociaż taka metoda była długo stosowana przez innych chirurgów, Cotton zaprzestał jej stosowania i leczył jedynie już wadliwie wygojone [79]. W kolejnych latach ze względu na liczne problemy z gojeniem skóry po zastosowaniu zabiegów metodami otwartymi, metody repozycji sposobem zamkniętym były bardziej rozwijane. W 1934 roku, wywodząca się z Niemiec metoda Westheusa, polegała na wprowadzeniu sznaza przez guz piętowy. Działając na zasadzie dźwigni odwracała wektor łamiący i unosiła obniżoną powierzchnię stawową, przywracając wysokość i ogólny kształt kości. Metoda na tyle się przyjęła, że w USA Gissan bardzo propagował swoją modyfikację, po dodaniu odpowiedniego elewatora. Ostatecznie zorientował się, że tylko złamanie o typie "języka" wg Essex Lopresti można tym sposobem nastawić i ostatecznie zdecydował, że tą samą podważką na otwarto dokonywał repozycji typu "zmiażdżeniowego". Po zabiegu stopy były zaopatrzone w opatrunek gipsowy, a wynik nie był zbyt satysfakcjonujący, gdyż określano stopę po takim zabiegu jako "sztywną" [67]. Metodę tę podchwycił sam Essex Lopresti i do

swojego podziału opracował metodę repozycji. Oprócz elewatora dodał kolejny etap zabiegu - kompresję boczną, a następnie prowadził pacjenta w opatrunku gipsowym [67]. Ze względu na problem sztywności stopy w wielu krajach wprowadzono usztywnienie samej kości piętowej po wykonaniu repozycji wiązką drutów bez opatrunku gipsowego. Swoją aprobatę w stosunku do takiej metody leczenia przedstawił w krajowym czasopiśmie K. Rapala [80-83]. Palmer w 1952 roku opublikował metodę leczenia na otwarto z dojścia bocznego (modyfikując metodę Lenormanta i Wilmoth), reponując i uzupełniając ubytek kości przeszczepem kostnym [84]. Uważał, że bez odpowiedniego podparcia powstałego ubytku podczas złamania, wyniki pacjentów się pogarszały ze względu na stopniową kompresję podczas obciążania. W swoich wynikach przedstawił szybki powrót pacjentów do wcześniejszej pracy (od 4 do 8 miesięcy po zabiegu operacyjnym). Późniejsza praca z 2000 roku Sandersa obaliła tę tezę [85]. Również J.E.Maxfield i F.J.Mcdermot w 1955 opublikowali bardzo dobre wyniki leczenia metodą na otwarto wg sposobu szwedzkiego chirurga Palmera [66, 86]. Za sprawą publikacji Lindseya i Dewara (1958), a następnie Lancea (1963) i Paleya (1989), w której porównali leczenie operacyjne do nie - operacyjnego, nastąpiła stagnacja rozwoju metod operacyjnych ze względu na niekorzystne wyniki. Również praca McLaughlina (1958), w której porównuje leczenie operacyjne do "przybijania kremowego ciastka do ściany" przesądzała o wyższości leczenia zachowawczego nad leczeniem operacyjnym [87-88]. Wczesna mobilizacja po leczeniu nieoperacyjnym miała istotnie lepszy wynik w stosunku do leczenia operacyjnego [87]. Opinia, że próby repozycji złamań (na otwarto i na zamknięto) nie przynoszą korzyści, a jedynie rokuje pojawienie się powikłań, była szeroko rozpowszechniona w latach 60-80 XX wieku [9, 77, 87, 89-91]. Zwrot w kierunku operacji nastąpił dopiero po publikacji Sandersa, w której rozpatrywał model postępowania z użyciem swojej klasyfikacji [33]. Przedstawił dobre wyniki leczenia, ale zastrzegł, że anatomiczne nastawienie złamania nie gwarantuje sukcesu klinicznego, a jedynie radiologiczny, gdyż typ III i IV wg Sandersa zawsze współistnieje z uszkodzeniem chrząstki, które widać dopiero w odległym czasie po operacji [85, 92]. Leczenie złamań kości piętowej obecnie przyjęło trzy strategie: leczenie zachowawcze, leczenie operacyjne i leczenie artrodezą podskokową [93-94].

3.4.1. Leczenie zachowawcze

Leczenie zachowawcze wg współczesnej literatury to podstawowa metoda leczenia złamań śróstawowych kości piętowej [8-9, 28, 95-96]. W wielu krajach europejskich standardem leczenia jest leczenie zachowawcze (Hiszpania, Anglia, Niderlandy) i często poddaje się w wątpliwość wskazania do leczenia operacyjnego [8-9]. Oczywiście takie podejście może być podyktowane strategią leczenia, doświadczeniem zespołu operacyjnego i pomijalnym priorytetem w urazach wielonarządowych (ATLS) [6, 9, 26, 34, 97-100]. Również kwalifikacja do leczenia nieoperacyjnego u wielu autorów pod względem wielkości przemieszczenia jest różna i waha się od 1 do 3 mm [77, 101-103]. Najbardziej aktualna wydaje się publikacja Dhillona z 2017 roku, która porównuje większość dostępnych wyników metod operacyjnych do nieoperacyjnych. Badacze tacy jak Agren [95], Bahari, Kashani [104], Nouraei i Moosa [105], i Dooley [106], popierali zabieg operacyjny, inni natomiast podawali niejednoznaczne ustalenia [9, 16, 107]. Przyjęto, że leczenie nieoperacyjne powinno dotyczyć osób, u których stan ogólny, choroby współistniejące, takie jak cukrzyca, otyłość, nikotynizm, brak współpracy, mogą mieć niekorzystny wpływ na gojenie tkanek [108]. U pacjentów, którzy mają niewielkie przemieszczenia odłamów lub zostali zdyskwalifikowani z zabiegu operacyjnego w związku z powyższymi przeciwwskazaniami, zalecane jest stosowanie oprócz standardu RICE (R – Rest (odpoczynek), I – Ice (lód), C – Compression (kompresja, ucisk), E – Elevation (elewacja, uniesienie w górę), ortezy typu but odciażający tyłostopię, bądź prowadzenie w longiecie gipsowej (rycina 28A) lub opatrunku typu "kokon" (rycina 28B). Wskazana jest także profilaktyka przeciwzakrzepowa i doraźnie leki przeciwbólowe. Ostatnią kwestią pozostaje określenie momentu rozpoczęcia obciążania kończyny. Większość badaczy zaleca, aby okres 4-8 tygodni przebiegał bez obciążania [9, 109], a następnie, po kontroli radiologicznej i pojawieniu się cech zrostu, zaleca się stopniowe obciążanie oraz, przez kolejne 6 tygodni - rehabilitację. Niektórzy badacze w zależności od ciężkości złamania, zalecają niepełne obciążanie przez pierwsze 6-10 tygodni [93, 103, 110]. Z drugiej strony, Sanders i Gregory podają, że ruch powinien być włączony jak tylko ustąpi obrzęk i zmniejszą się dolegliwości bólowe [92, 111].



Rycina 28. A Zaopatrzenie w longiecie gipsowej z podbiciem śródstopia **B** Zachowawcze leczenie złamania kości piętowej - opatrunek typu kokon (zdjęcia własne)

3.4.2. Leczenie operacyjne

Większość badaczy podkreśla, że wskazaniem do zabiegu operacyjnego jest znaczne przemieszczenie odłamów, prowadzące do deformacji i zaburzenia funkcji stopy. Na przestrzeni lat pogląd ten od zabiegów przywracających długość, szerokości i wysokość kości piętowej (czyli przywracając kształt anatomiczny kości) powoli rozwijały się metody najczęściej otwarte, rekonstrukcje anatomiczne. W toku rozwoju dostępów operacyjnych i metod pojawił się problem z gojeniem tkanek po operacji. Uznany przeciwwskazaniem do zabiegu otwartego są: cukrzyca insulinozależna, uszkodzenia mózgu, zły stan ogólny, uzależnienia, a w mniejszym stopniu sterydoterapia, nikotynizm i niekorzystny miejscowy stan tkanek okolicy złamania [95, 112]. U pacjentów, u których doszło do znacznych przemieszczeń i wskazana byłaby repozycja, stosuje się zabiegi małoinwazyjne, przezskórne [113-117]. Złamania otwarte wymagają postępowania wg zasad leczenia złamania otwartego, czyli oprócz oczyszczenia, także stabilizacji zewnętrznej i w zależności od stanu miejscowego gojenia - zaopatrzenia ostatecznego. Otwarta repozycja i wewnętrzna fiksacja przestawowych złamań mają nie tylko na celu anatomiczną rekonstrukcję, ale i wczesną mobilizację. Większość dostępów stosowanych w leczeniu była rekomendowana przez chirurgów w zależności od typu złamania [14, 93, 99, 118-119]. Pierwsze zabiegi (1902) na otwarto bez diagnostyki radiologicznej były prowadzone przez francuskich chirurgów z Morestinem na czele [120] używając prostych śrub i

klamer. Szkoła, którą prowadzili była eksperymentalna, gdyż mieli małą wiedzę o klasyfikacji złamań, problemach tkanek miękkich, a implanty pozostawiały wiele do życzenia. Kilka różnych dostępów od strony bocznej, przyśrodkowej i tylnej, a także kombinowanych, możemy znaleźć w dostępnej literaturze. Wielu autorów popiera dostęp od boku jako główny z powodu dobrej wizualizacji złamania jak i rekonstrukcji zniszczonej bocznej ściany [33, 96, 121-122] [123]. Dostęp boczny możemy podzielić na dostęp boczny poszerzony ("extended approach") i dostęp przez zatokę stepu (MIS). Dostęp boczny był najczęściej wybieranym dostępem i najbardziej preferowanym przez Benirschke [96], Boeck'a [124], Letournela [122], Sandersa [92], Zwipp [125], Seligson [126].

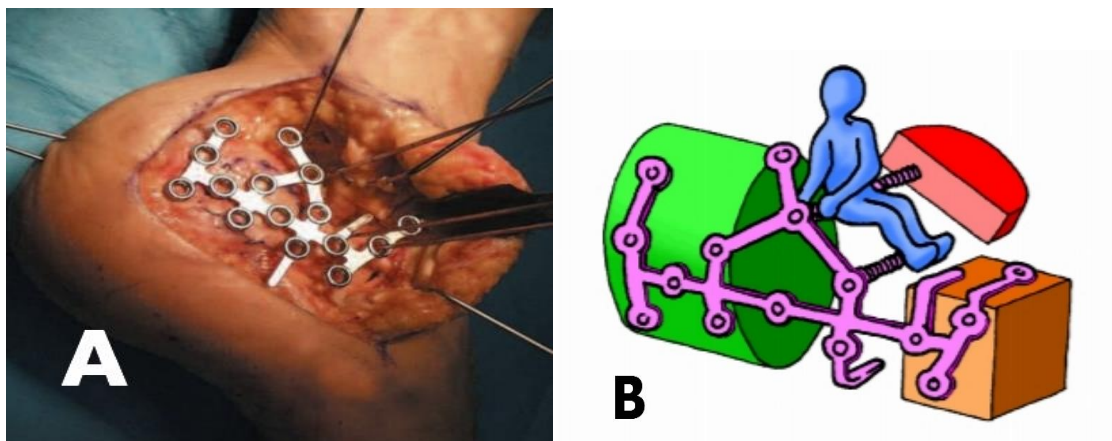
3.4.2.1. Czas do operacji

Kolejną kwestią dyskutowaną w literaturze jest określenie najlepszego czasu przeprowadzenia zabiegu operacyjnego. Wskazania w tym względzie nie są jednoznaczne, ponieważ są uwarunkowane stanem tkanek miękkich, przemieszczeniem odłamów i stanem ogólnym chorego. Pilne wskazanie do zabiegu operacyjnego stanowi zespół przedziałów powięziowych i złamania otwarte, które i tak są dwu- lub trzyetapowe, zważywszy na dekontaminację rany. W pierwszym etapie stosujemy debridement uszkodzonych tkanek, a następnie stabilizujemy złamanie przy pomocy jedno- lub dwupłaszczyznowego stabilizatora zewnętrznego. Kolejny "second look" jest wskazany po około 48-72 godzinach, celem ponownego oczyszczenia lub dodatkowego pokrycia tkanek. W przypadku złamania zamkniętego bez powikłań, przeprowadzenie osteosyntezy zaleca się po zmniejszeniu obrzęku, czyli zazwyczaj między 10-14 dniem [127]. W sprzyjających warunkach dopuszczalna osteosynTEza wypada po 5 dniach od urazu, natomiast wszyscy autorzy są zgodni, że osteosynTEza po 14 dniach może grozić gorszymi wynikami środ- i pooperacyjnymi, ze względu na rozpoczynający się zrost i konsolidację odłamów [125]. Nie ma limitu wieku, który byłby przeciwwskazaniem do zabiegu operacyjnego, jedynie stan ogólny chorego jest brany pod uwagę.

3.4.2.2. Dostęp boczny poszerzony

Dostęp typu "extended approach" wymaga ułożenia pacjenta na stole operacyjnym na boku. Według Kochera cięcie skóry powinno mieć kształt litery "L", na

bocznej stronie pięty. Zaczyna się między ścięgnem Achillesa, a kostką boczną, idzie w kierunku tylnego- dolnego brzegu stopy i zawraca pod kątem 90 stopni aż do podstawy V kości śródstopia. W głębszych tkankach należy dążyć do zidentyfikowania nerwu łydkowego, zwracając uwagę na konieczność wypreparowanie w całości płata od kości piętowej. Ścięgna strzałkowe są identyfikowane i zabezpieczone drenem. Po uniesieniu płata, dochodzimy do stawu podskokowego. Sam płat dodatkowo unosimy przy pomocy drutów "K", wkręcając je w kostkę boczną, kość skokową i kość sześcienną i starając się odsłonić staw podskokowy. W przypadku przemieszczenia guza piętowego można się wspomóc wbijając Schanz przezskórnie w guz i na zasadzie joysticka redukować przemieszczenia osiowe (zmodyfikowany manewr Westheusa) [125]. Jeżeli wymaga tego zabieg operacyjny, dostęp można poszerzyć o dostęp Gallie. Mając tak przygotowane pole przystępuje się do repozycji złamania, najpierw uwalniając ścianę boczną, a następnie reponując powierzchnię stawową. Zabieg kończy zespolenie przy pomocy płytki kątowno stabilnej i śrub(rycina 29A). Autorzy proponują użycie różnych płytek. Stosowane są płytki w kształcie litery "H" [96], "Y"[122], "T" [128], "I"[96], "LCP"[129], lub anatomiczne [92], (rycina 29B). Na przestrzeni lat pojawiły się również publikacje, w których udowadnia się, że zastosowanie kątowno stabilnych płytek ma przewagę nad zwykłymi [130-133]. Również stosowanie przeszczepów jest podważane, i w zależności od stanu jakości uszkodzonej kości, stabilności implantu jedni autorzy preferują takie rozwiązanie [96, 125, 134-135], a inni są temu przeciwni [122, 136-139]. Zabieg kończy zeszywanie ściśle płata i tkanki podskórnej. Wykorzystanie drenu jest możliwe, ale nie wszyscy go stosują. Wg Sandersa, Rossa i Sowerby, ze względu na trudność zabiegu i konieczność uzyskania kompromisu pomiędzy wynikiem radiologicznym, gojeniem się rany, a wynikiem klinicznym, zabieg ten powinien być przeprowadzany wyłącznie przez doświadczonych chirurgów, a krzywa uczenia się to minimum 35-50 przypadków w ciągu 2 lat [33, 140]. Kolejną wariacją dostępu bocznego był dostęp wg Letournel'a, zaproponowany w 1993 roku i nazwany przez niego "retro-fibular", jednak wyniki operacyjne nie były zbyt obiecujące [122].

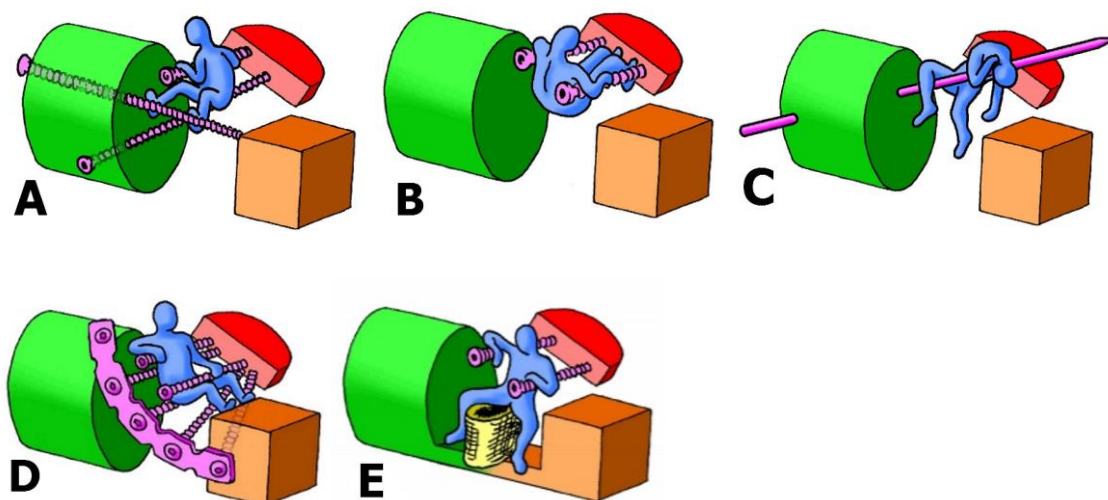


Rycina 29. A - Dostęp operacyjny rozszerzony boczny, widok śródoperacyjny <http://synthes.vo.llnwd.net/>, B - Ujęcie zapadniętej TPS jako ludzika po zaopatrzeniu płytą LCP. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

3.4.2.3. Dostęp przez zatokę stepu

Dostęp MIS to jedno z bardziej popularnych rozwiązań ostatnich lat. Popularność zyskuje dzięki skróceniu czasu operacji, mniejszym problemom w gojeniu rany pooperacyjnej i szybszemu powrotowi do sprawności [117]. Takie podejście jest dedykowane osobom z problemami naczyniowym, cukrzycą i zaburzeniem gojenia tkanek. Zabiegi te są wskazane w złamaniach prostych, bez istotnego rozkawałkowania. Niestety, rozwiązując problem gojenia tkanek zwiększamy ryzyko niedostatecznej repozycji i ostatecznie złego wyniku. Z drugiej strony, dostępy typu "limited approach" są ciągle rozwijane ze względu na martwicę brzegów rany, awaskularyzację płata i nekrozę głębszych warstw ściany bocznej w przypadku "extended approach". Zagrożeniem jest również tworzący się krwiak pod płatem i niekorzystny czas operacji [127]. Kluczem zabiegu małoinwazyjnego w obrębie złamania DIAFC to minimalna ekspozycja stawu i przy pomocy odpowiedniego manewru repozycja powierzchni tylnej kości piętowej. W różnych modyfikacjach dostęp ten najczęściej przebiega od tylnodolnego brzegu kostki bocznej, wzdłuż ścięgien strzałkowych w kierunku stawu piętowo sześciennego. Jednymi z pierwszych, którzy wykorzystywali techniki MIS był Gissane [141], Essex Lopresti [67], i Tornetta [142] z modyfikacją repozycji przy pomocy podważki i sześciocentymetrowego dostępu przez zatokę stepu uzyskiwali oczekiwaną repozycję [67]. Z kolei Bohler [143], Stehlik Stulik [37], Forgon [144-145], Omoto i Nakamura [145] uzyskiwali repozycję przez rozciągnięcie za guz piętowy i

tymczasową stabilizacją drutem "K". Ulepszenie techniki, sprzętu chirurgicznego, a także planowanie przedoperacyjne za pomocą tomografii komputerowej bardzo poprawiło wyniki leczenia. Obecnie prym wiodą zabiegi według Zgonis (technika Illizarowa) [146], McGarvey (MIS od strony podeszwowej) [147], Hatzkos (MIS od strony bocznej z uzupełnieniem osteokonduktywnym cementem - Norian SRS) [148], Khorbi [149] (MIS od strony bocznej i stabilizacją śrubami przezskórnymi i z dostępu MIS), Goldzak (dostęp tylny z repozycją śródogniskową i stabilizacją gwoździem śródszpikowym śrubami od boku) [150], Zwipp (MIS z dostępu bocznego i stabilizacja gwoździem śródszpikowym) [151] (rycina 30). Minimalne dostępy z reguły oszczędzają poprzez mniejszą destrukcję ukrwienia operowanych tkanek, jednak z powodu mniejszego dostępu i gorszej wizualizacji należy się wspomagać doskonalszym obrazowaniem. Oprócz rozległej diagnostyki radiologicznej w formie tomografii komputerowej i rekonstrukcji złamań, niektórzy autorzy zalecają wspomaganie się śródoperacyjnie korektą repozycji przy pomocy artroskopu. Wyniki są obiecujące i zapewne taka forma leczenia będzie rozwijana [152-161].



Rycina 30. Ujęcie wzgórzowego ludzika jako "thalamus" po zaopatrzeniu metodą MIS - A śrubami w trzech kierunkach, B - śrubami w podpórce, C - drutami Kirchnera, D- mini płytką LCP i śrubami, E śrubami i cementem kostnym. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

3.4.2.4. Dostęp przyśrodkowy

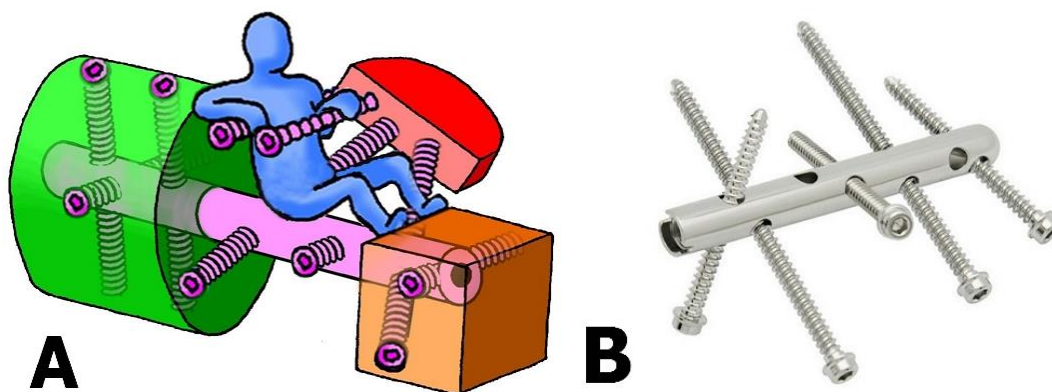
Z racji trudności w gojeniu i powikłań po otwarciu z dostępu bocznego, dostęp przyśrodkowy miał się okazać bardziej korzystny dla wyników leczenia. Jednym z pierwszych chirurgów stosujących takie podejście był McReynolds, który z powodzeniem stosował go od 1958 roku [162]. Podłużne, dziesięciocentymetrowe dojsie ma znaczne ograniczenie, ponieważ nie ekspozuje stawu podskokowego i jedynie pośrednio, za pomocą fluoroskopii, można wykonać jej repozycję. Dochodząc do podpórki, odsuwamy pęczek naczyniowo nerwowy do tyłu, a za pomocą podważki, przez szczelinę złamania, reponujemy fragment boczny. Alternatywą do tego dostępu jest wykonanie dodatkowego MIS od strony bocznej, dzięki czemu uzyskuje się dostęp do stawu podskokowego. Obecnie dostęp przyśrodkowy jest rzadko stosowany, a w przypadku złamania samej podpórki wskazane jest wykonanie mniejszego dostępu przyśrodkowego (*sustentacular approach*), ograniczonego tylko do eksploracji szczeliny złamania. Według Zwippa dostęp przyśrodkowy można stosować z powodzeniem w przypadku złożonego złamania jedynie dodatkowo, oprócz poszerzonego bocznego [77]. Burdeaux'a wskazuje również, że dostęp przyśrodkowy obarczony jest problemami w gojeniu rany [163], a Paley i Hall zaobserwowali, że u 25% występuje uszkodzenie nerwu piszczelowego tylnego [164].

3.4.2.5. Zespolenie śródszpikowe

Ze względu na powikłania i jednocześnie złe wyniki końcowe po leczeniu metodą otwartej repozycji wciąż szukano lepszych, mniej inwazyjnych rozwiązań. Rozwój technologii obrazowej i zrozumienie istoty złamania pozwoliły na zastosowanie osteosyntezy śródszpikowej.

Pierwszy zabieg przy użyciu zespolenia śródszpikowego o nazwie C-nail został przeprowadzony w 2011 roku przez Pompacha i Zwippa. Zabieg z użyciem gwoźdźcia C-nail to repozycja małoinwazyjna z dostępu przez zatokę stępu, a także, jeżeli wymagała tego repozycja złamania, z dodatkowych małych cięć. Po repozycji i wstępnej tymczasowej stabilizacji przy pomocy drutu "K" wprowadza się gwoździe z dostępu tylnego wzdłuż długiej osi kości piętowej i rygluje 6-7 śrubami (rycina 31A i 31B). Implant występuje w wersji prawej i lewej, a rozmiar gwoźdźcia jest tylko jeden, o

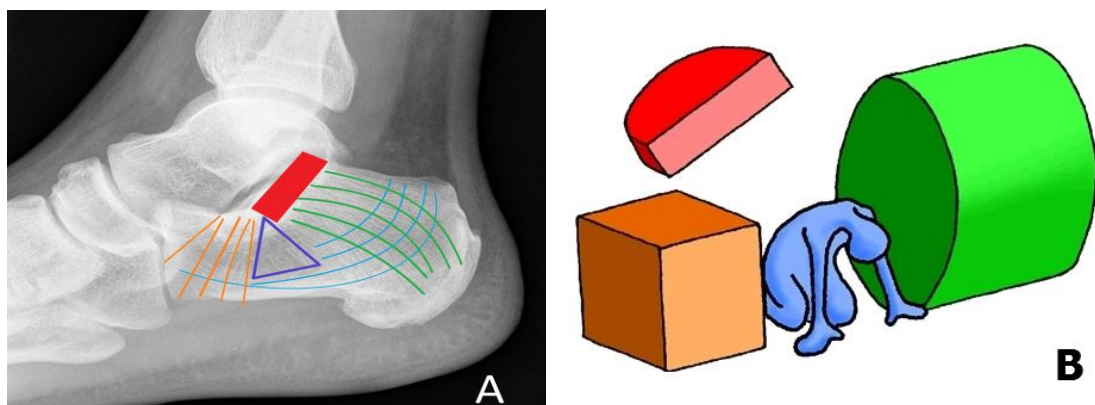
długości 65 mm. Długość gwoździa można doregulować po zabiegu, zabezpieczając koniec gwoździa odpowiednią długością kapy [151, 165-166]. Ryzyko martwicy skóry przy stosowaniu tego zabiegu oceniono na 1,9%, a głęboką infekcję na 0,93% (ocena w odniesieniu do 107 przypadków) [167].



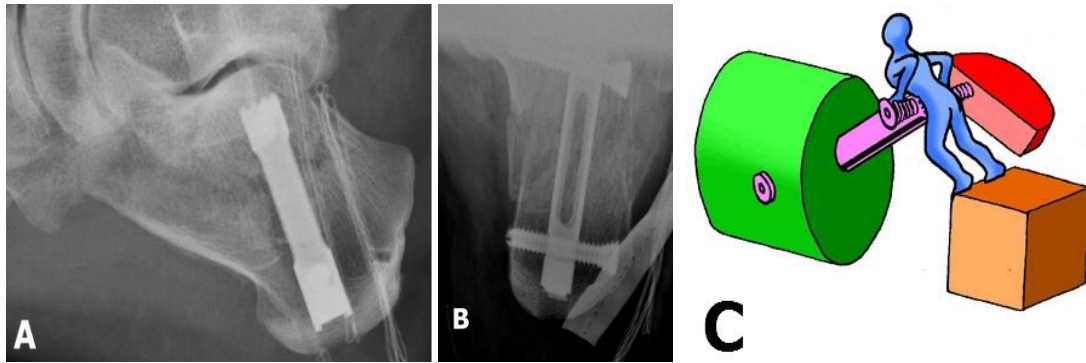
Rycina 31. A - Ujęcie ludzika jako "thalamus" po zaopatrzeniu metodą C-nail. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem. B - Gwóźdź C-nail [168]

Nowatorskim gwoździem, który jest przedmiotem niniejszej dysertacji jest gwóźdź śródszpikowy Calcanail, opracowany przed M. Goldzaka z Tuluzy. Pierwsza praca informująca o rodzaju dostępu i samej metodzie repozycji przy użyciu gwoździa Calcanei została opublikowana w 2011 roku [52, 150]. W kolejnym roku, M. Goldzak przedstawił pierwsze wyniki leczenia tym implantem [169]. Jest to nowoczesna metoda, która nie jest podobna do żadnej z dotychczas stosowanych, a zarazem przystępna dla operatora. Sam implant jest tak samo wartościowy co metoda repozycji i implantacji. Wcześniejsza współpraca M. Goldzaka z G. Utheza zaowocowała połączeniem klasyfikacji G. Uthezy (zrozumienia konfiguracji złamań kości piętowej) i nowego małoinwazyjnego sposobu repozycji i stabilizacji nowoczesnym implantem [73]. To właśnie dzięki tej ponadczasowej fuzji - klasyfikacja, metoda repozycji i nowoczesne zespolenie metodą Calcanail ma podstawy do częstszego stosowania w tym trudnym złamaniu, jakim jest złamanie kości piętowej. Implant i miejsce wprowadzenia jest rozwiązaniem dla problemów z gojeniem, jakim jest obarczony zabieg metodą ORIF. Punktem dojścia operacyjnego jest tylna-spodnia powierzchnia guza piętowego, gdyż właśnie ten przedział skóry jest najmniej zagrożony demarkacją, co potwierdza brak krwiaka w tej okolicy po złamaniu. Dołączony distraktor Caspara, dwupunktowy służy rozciągnięciu samego złamania i na zasadzie ligamentotaksji odtworzenia

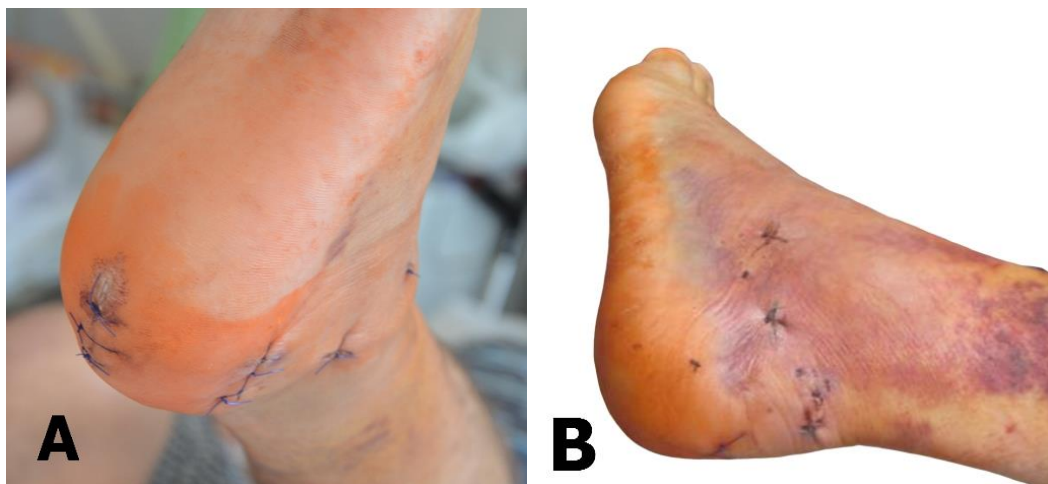
prawidłowego rysunku kości (długości i wysokości). Repozycja śródogniskowa nie poddających się ligamentotaksji fragmentów śródstawowych przez punkt wejścia gwoździa dopełnia odtworzenie kongruencji stawu podskokowego. Zabieg kończy wprowadzenie odpowiedniej długości gwoździa i zaryglowanie dwoma śrubami kaniulowanymi wprowadzonymi śródkórnymi za pomocą połączonego celownika z ramą gwoździa. Tak wykonane zespolenie jest kątowno stabilne i w porównaniu z płytą LCP ma dużą przewagę w utrzymaniu zreponowanej wysokości tylnej powierzchni stawowej [64, 170-172]. Lokalizacja śruby w podpórce jest doskonała, gdyż jest najmocniejszą częścią (duża gęstość) w kości piętowej i ufixsowanie w niej śruby zapobiega degradacji i obniżeniu zreponowanej powierzchni podczas kolejnych tygodni w trakcie obciążania kończyny. Lokalizacja położenia gwoździa rozwiązuje problem podtrzymania powierzchni tylnej stawu podskokowego i stanowi swojego rodzaju podporę, która jest zgodna z beleczkami kości (rycina 32 A i 32 B). Kolejnym innowacyjnym rozwiązaniem jest okienko w gwoździu. Po implantacji graftu w środek gwoździa, pobranego podczas otwarcia kanału dochodzi do przebudowy i osteointegracji samego implantu, dlatego też stabilność zespolenia rośnie (rycina 33 A i 33 B). Po zabiegu nie ma problemu z gojeniem tkanek i skóry (rycina 34 A i B). Przegląd metod operacyjnych złamań kości piętowych i dostępów przedstawia tabela 1.



Rycina 32. Rycina A przedstawia konstelację beleczek kostnych gdzie niebieski trójkąt ma najmniejszą gęstość kości i po złamaniu i ponownej elewacji często powstaje ubytek- zaznaczony na fioletowo trójkąt. Czerwony prostokąt to podpórka, która zawsze jest stała -"constant fragment" . B - Ujęcie "thalamus" jako człowieczka, które w złamaniu DIACF jest pogrążone. Zdjęcie autorstwa dr Patricka Croniera, za jego pozwoleniem



Rycina 33. A i B - Zdjęcie boczne i osiowe po repozycji i implantacji gwoździa Calcanail. Uwagę zwraca posadowienie śruby proksymalnej w podpórkę kości piętowej, a także okienko w gwoździu co zapobiega degradacji i wtórnym przemieszczeniom podczas obciążania. C- Ujęcie małego człowieczka nazwanego "Thalamus" po zespoleniu Calcanail. Zdjęcie autorstwa dr Patricka Croniera, za jego pozwoleniem



Rycina 34 A i B. Zdjęcie stopy 2 dni po zabiegu operacyjnym Calcanail od strony podeszwy - A, od strony bocznej - B (zdjęcia własne)

3.4.2.6. Kalkaneoplastyka balonikowa

Wspominając o zespoleniach, należy też wspomnieć o nowym kierunku leczenia przemieszczonych złamań kości piętowych- kalkaneoplastyce balonikowej [173]. Ta nowa forma leczenia ma korzenie w wertebroplastyce, gdzie za pomocą odpowiedniego

ułożenia, na zasadzie ligamentotaksji i dodatkowej siły rozprężnej pod postacią wypełnianego balonika wprowadzonego w miejscu największego zmiażdżenia uzyskujemy repozycję odłamów. Kolejnym krokiem jest uzupełnienie ubytku kostnego pod postacią substytutów kostnych. Jeżeli pozwala na to forma substytutu, można ją wstrzyknąć lub poprzez małoinwazyjny dostęp uzupełnić łóżę złamania. Obecnie dostępny jest wstrzykiwany cement fosforanowo wapniowy [174-178], nanokrystaliczny hydroxyapatyt (NHA) [179], biodegradowalna pasta fosforanowo wapniowa [180], beta-ceramiczny fosforan wapnia (Beta TCP) [181]. Z pewnością taka forma leczenia ma przyszłość w prostych pozastawowych złamaniach lub stawowych bez istotnego rozkawałkowania, gdyż wstępne wyniki są obiecujące [179, 182-183].

3.4.2.7. Postępowanie po zabiegu operacyjnym

Rehabilitacja pooperacyjna ma na celu wczesną mobilizację i powinna być włączana najszybciej jak to możliwe, w zależności od wybranej metody operacyjnej. Rehabilitacja obejmuje ćwiczenia izometryczne, które powinny rozpocząć się od drugiej doby pooperacyjnej, a następnie ćwiczenia bierne i czynne. Wczesna mobilizacja dotyczy stawu skokowego górnego, a następnie dolnego [122]. W zależności od metody operacyjnej, rozległości rany operacyjnej i stabilności zespolenia można zastosować specjalny but z odciążeniem tyłostopia. Takie postępowanie powinno być szczególnie stosowane u pacjentów, u których doszło do złamania obydwu kości piętowych. Najczęściej wszyscy są zgodni, że pełne obciążanie powinno rozpocząć się od 6 tygodnia po operacji, a nawet później [122]. Rozwój technologii w rehabilitacji również pozwala pacjentom na szybszy powrót do zdrowia, szczególnie modne są ostatnio stosowane bieżnie antygravitacyjne, które pozwalają na stopniowe obciążanie, a jednocześnie zapobiega to utracie wzorca i symetrii chodu.

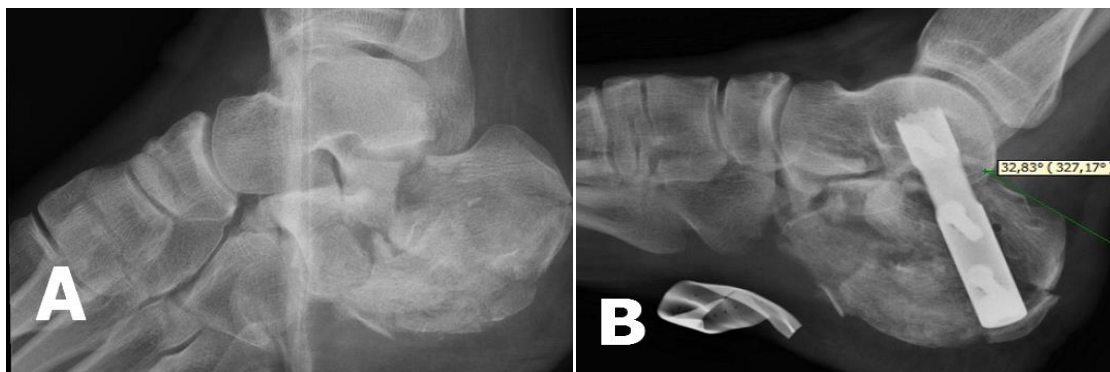
Tabela 1. Przegląd metod operacyjnych złamań kości piętowych i dostępów (opracowany przez autora niniejszej dysertacji).

Metoda	Druty "K" Westheusa	LCP AO,Sanders	C- Nail Zwipp	Calcanail Goldzak	McReinolds druty "K"	Palmer Klamry
MIS	+	-	+	+	-	-
ORIF	-	+	-	-	+	+
Dystraktor	-	-	-	+	-	-
Repozycja Anatomiczna	+	+++	++	+++	++	++
Kształt pięty	++	+++	++	+++	+++	+++
Dostęp Boczny	-	+++	-	-	+	++
Dostęp Przyśrodkowy	-	-	-	-	++	+
Dostęp tylny	+	-	+	+	-	-
Powikłania	++	+++	+	-	+++	+++

3.4.2.8. Artrodezy jako metoda leczenia

Leczenie złamań DIACF kości piętowej jest kontrowersyjne, gdyż liczne badania dowodzą, że można uzyskać dobre wyniki w leczeniu, natomiast inne ten pogląd obalają. Wieloletnie obserwacje wskazują, że najbardziej zagrożone chorobą zwyrodnieniową są osoby mające wysokie typy złamań wg klasyfikacji Sandersa. Autorzy badań stoją na stanowisku, że nawet 3/4 z puli osób mających IV stopień wg Sandersa wymaga kolejnego zabiegu, najczęściej artrodezy (cytowanie). Zabieg ten jest nieodłączną formą leczenia złamań kości piętowych od kilku dekad i przeżywa obecnie odrodzenie. Na początku XX wieku, Conn zarzucił leczenie operacyjne złamań kości piętowej na rzecz potrójnej artrodezy, gdyż uważał leczenie operacyjne za nieefektywne. Kolejnym chirurgiem, który stosował artrodezę był Wilson (publikacja z 1927 roku) [184], a następnie wybiórczą artrodezę podskokową zaproponował Gillie w

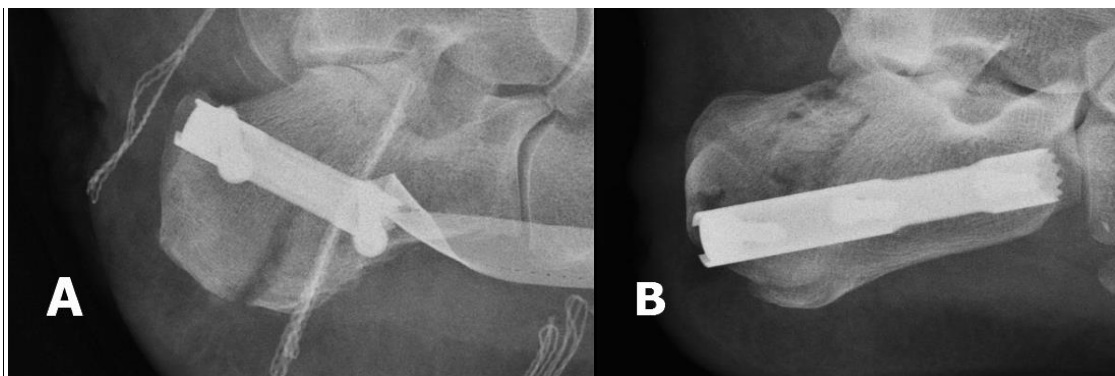
1943 roku [185]. W ostatnich latach pojawiły się również doniesienia sugerujące, że jest zapotrzebowanie na takie podejście [13, 186-190]. Najnowszym rozwiązaniem tego typu jest artrodeza pierwotna lub wtórna za pomocą implantu Calcanail, ale o większej średnicy i długości. W przypadku dużego rozkawałkowania ("bag of bones"- worek kości, j. angielski) i braku możliwości osteosyntezy DIAFC możemy przystąpić do artrodezy podskokowej z tego samego dostępu i z tym samym instrumentarium (rycina 35A i 35B).



Rycina 35. A - Złamanie wieloodłamowe ("bag of bones") kości piętowej, B - Stan po pierwotnej artrodezii podskokowej za pomocą implantu Calcanail (zdjęcia własne)

3.4.2.9. Pozastawowe złamania kości piętowej

Złamania pozastawowe stanowią mniejszy procent wszystkich złamań i wynoszą około 25-30%. Do złamań pozastawowych zaliczamy złamanie guza, podpórki, wyrostka przedniego i przyśrodkowego. Klasyfikacja, która opisuje tego typu złamania to klasyfikacja Rowa [89]. Złamania guza piętowego najczęściej współwystępują ze złamaniem stawowym, ale mogą być również pozastawowe. Pozastawowe złamania awulsyjne przyczepu ścięgna Achillesa są wskazaniem do zabiegu operacyjnego, gdyż grożą martwicą skóry nad złamaniem. Niestety, nie wszystkie zespolenia pozwalają na korzystne wyniki leczenia tego złamania ze względu na duże siły rozciągające i często kończą się wtórnymi przemieszczeniami (rycina 36A i 36B).



Rycina 36. A - Stan po złamaniu guza piętowego i zaopatrzeniu niestandardowo gwoździem śródszpikowym Calcanail fi 10, B - Calcanail fi 12 służący do artrodezy podskokowej (zdjęcia własne)

Złamania podpórki są rzadkie ze względu na dużą gęstość kości i wytrzymałość. Jeżeli już do tego dojdzie, warto wykonać repozycję z dostępu przyśrodkowego i ufiksować podpórkę do trzonu kości piętowej. Zapobiega to wtórnym przemieszczeniom podczas obciążania. Złamanie wyrostka przedniego dzieli się na awulsyjny i zmiżdzeniowy. W czasie urazu awulsyjnego dochodzi do oderwania samego przyczepu z kawałkiem kości, najczęściej w wyniku nagłego skręcenia stopy i inwersji w czasie, której dochodzi do rozciągnięcia stawu piętowo-sześciennego. Zmiżdżenie zachodzi podczas odwiedzenia i zgięcia grzbietowego stawu piętowo-sześciennego. Duże przemieszczenia leczymy operacyjnie, mniejsze, w których nie dochodzi do zaburzenia kongruencji - zachowawczo. Złamania wyrostka przyśrodkowego są rzadkie i powstają w mechanizmie rozciągnięcia w trakcie ewersji tyłostopia. Te złamania zwykle leczą się dobrze metodą zachowawczą.

4. Założenia i cele pracy

Celem niniejszej pracy jest ocena funkcji i biomechaniki stopy po leczeniu przemieszczonych, śródstawowych złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail.

Cele szczegółowe pracy:

1. Ocena uzyskania repozycji po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail na podstawie analizy zdjęć przed i pooperacyjnych oraz tomografii komputerowej.
2. Ocena parametrów biomechanicznych stawu skokowego przy pomocy aparatu Biodex System 4 Pro używając protokołu izometrycznego:
 1. maksymalny moment siły (PEAK TORQUE N-M),
 2. średnia szczytowa wartość momentu siły (AVG PEAK TQ N-M),
 3. szczytowy moment siły względem masy ciała (AVE PKTQ/BW %),
 4. współczynnik zmienności szczytowego momentu siły pomiędzy poszczególnymi powtórzeniami (COEFF. OF VAR. %),
 5. popęd siły (IMPULSE N-M),
 6. stosunek agonistów do antagonistów (AGON/ANTAG RATIO %).
3. Ocena funkcji stopy po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail za pomocą skali AOFAS, VAS, FFI, SF -36.
4. Ocena powikłań infekcyjnych po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail.

5. Materiał i metodyka

5.1. Materiał badawczy

Do badania kwalifikowano pacjentów leczonych operacyjnie z powodu złamań śródstawowych kości piętowych leczonych przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail w Oddziale Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu w Ostrowie Wielkopolskim w okresie od stycznia 2016 do grudnia 2018. W okresie tym przeprowadzono 117 zabiegów operacyjnych z powodu złamania kości piętowej. 99 pacjentów miało uraz jednej kończyny, 9 pacjentów miało złamanie obydwu kości piętowych. Wstępna selekcja grupy pozwoliła na ocenę 78 pacjentów, gdyż 21 pacjentów miało uraz towarzyszący tej samej bądź przeciwległej kończyny. Z grupy 78 pacjentów leczonych operacyjnie, 28 osób nie wyraziło chęci i zgody na badanie z przyczyn osobistych. Ostatecznie zbadano 50 pacjentów. Kwalifikację do zabiegu operacyjnego jak i procedurę zabiegu operacyjnego wykonywało zawsze 2 ortopedów z 8 operujących w Oddziale. Zabiegi operacyjne z użyciem gwoździa Calcanail stosowano u wszystkich chorych, u których stwierdzono przemieszczenie odłamów. We wszystkich zabiegach operacyjnych wszczepienia gwoździa Calcanail u chorych, którzy zostali zakwalifikowani do niniejszej pracy brał czynny udział autor niniejszej dysertacji (jako operator główny lub pomocniczy).

Badanie przeprowadzono po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego w Poznaniu (Uchwała Komisji Bioetycznej nr 40/2019 z dnia 10.01.2019).

5.2. Metodyka

5.2.1. Kryteria włączenia do badanej grupy.

Z powodu dużego zróżnicowania grupy przyjęto kryteria włączenia do grupy badanej:

- 1) czas obserwacji > 12 miesięcy i <36 miesięcy od zabiegu operacyjnego,
- 2) izolowane złamanie kości piętowej,
- 3) mechanizm urazu - przyczyną złamania kości piętowej był upadek z wysokości,
- 4) leczenie przy użyciu gwoździa Calcanail śródszpikowego jako jedyny i pierwotny sposób leczenia operacyjnego,
- 5) jednolity program pooperacyjnego usprawniania po złamaniu kości piętowej, który stosowany był przez okres 6 miesięcy od operacji,
- 6) porównawczo (jako grupa kontrolna) objęto badaniem stopy pacjentów nie objęte urazem, pacjenci z urazem po stronie przeciwległej do złamania kości piętowej nie byli kwalifikowani do badania.

5.2.2. Kryteria wyłączenia z badanej grupy

- 1) Wiek <18 lat,
- 2) czas od urazu do momentu leczenia operacyjnego dłuższy niż 14 dni,
- 3) Inne poważne choroby.

5.2.3. Badanie podmiotowe i przedmiotowe

A. Wywiad

W wywiadzie lekarskim oraz w analizie dostępnej dokumentacji lekarskiej odnotowywano następujące dane: wiek i płeć pacjenta, mechanizm urazu, sposób przeprowadzonego leczenia, charakter bólu i jego umiejscowienie (parestezje, ból punktowy etc.) po przeprowadzonym leczeniu operacyjnym, wykluczenie urazu kości piętowej w przeszłości, obecność chorób mogących mieć wpływ na wynik pooperacyjny, obecność ewentualnych powikłań po leczeniu operacyjnym złamania kości piętowej przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail.

B. Badanie fizykalne

Jako pierwszą poddano badaniu kończynę nieuszkodzoną, a następnie chorą. Oceniono obrysy stawów, zakresy ruchomości oraz mięśni operowanej kończyny, oś kończyny ze szczególną oceną tyłostopia, badanie przeprowadzono w pozycji siedzącej i stojącej chorego.

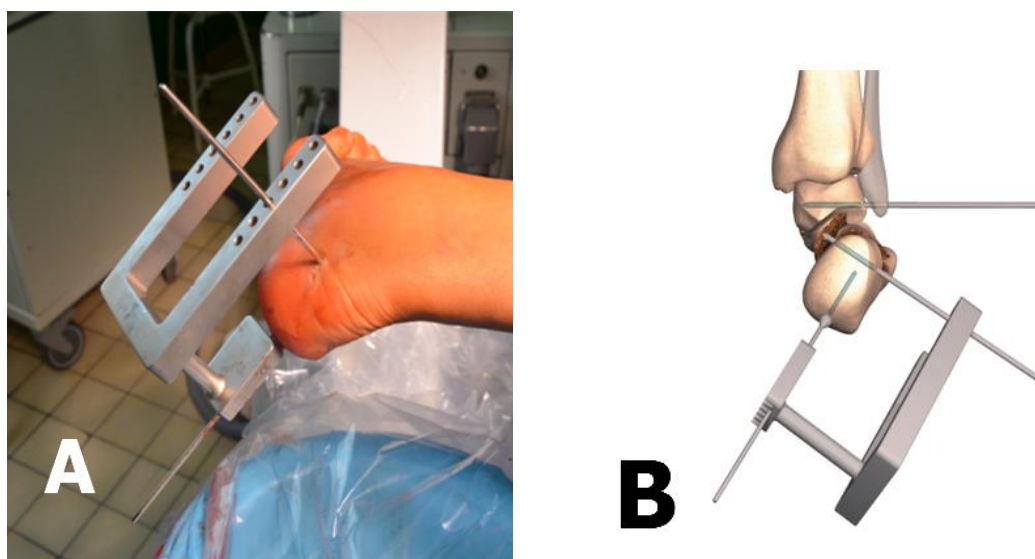
5.2.4. Leczenie operacyjne

W instrukcji implantu ułożenie pacjenta - na plecach lub na brzuchu, jednak metoda operacyjna wymaga swobodnego dostępu do guza piętowego i bocznej strony stopy, a warunkiem poprawnej repozycji jest niezmienny obraz w skopii. Zaproponowane przez autora pracy ułożenie na boku jest przez Oddział Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu W Ostrowie Wielkopolskim promowane na różnych kursach i zjazdach, gdyż znacznie ułatwia przeprowadzenie zabiegu. Pacjent ułożony jest na stole operacyjnym na boku z operowaną kończyną wyprostowaną, natomiast kończyna nieoperowana jest zgięta w stawie kolanowym i zabezpieczona przed kolizją z aparatem rentgenowskim. Kolejnym argumentem przemawiającym za ułożeniem bocznym jest aparat rentgenowski ustawiony na przeciwnej stronie do guza piętowego operowanej stopy z odwróconym ramieniem o 180 stopni (większość produkowanych aparatów na to pozwala). Warunkuje to nie tylko czystość pola operacyjnego, ale i łatwiejsze manewrowanie skopią (rycina 37 A i B).



Rycina 37. Przykładowe ułożenie pacjenta i pozycja skopii RTG. A - projekcja osiowa w skopii, B - projekcja boczna w skopii (zdjęcia własne)

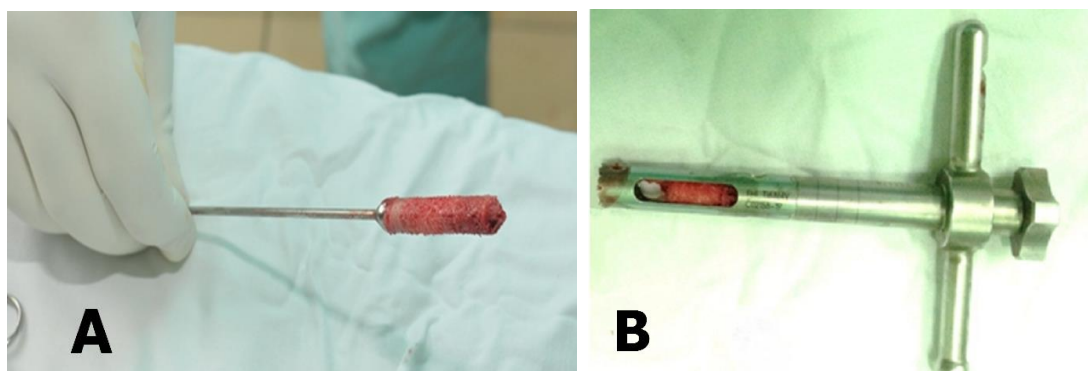
Operację można podzielić na kilka etapów podczas, których dokonujemy repozycję i stabilizujemy gwoździem śródszpikowym. W pierwszym etapie zabiegu określamy stopień zaburzenia osiowego, planując osadzić drut kierunkowy. Drut ten powinien być skierowany na tylną powierzchnię od guza kości piętowej na projekcji bocznej i pośrodkowo w projekcji osiowej w kierunku IV przestrzeni międzypalcowej operowanej stopy. Specjalny przyrząd pozwala prostopadle do osi kości piętowej wprowadzić groty Steinmana, a następnie zamocować dystraktora Caspara. Groty Steinmana o średnicy 3,2 mm wprowadzane są równoległe do siebie w okolice guza piętowego i kości skokowej. Prawidłowa konstelacja drutów Steinmana ułatwia zlikwidowanie zaburzeń osiowych jak i rozciąga staw podskokowy umożliwiając przeprowadzenie repozycji (rycina 38A i 38B). W przypadku braku częściowej repozycji na zasadzie ligamentotaksji, a nawet nasileniu przemieszczenia kąтового po założeniu dystraktora Caspara wskazane jest umieszczenie dystalnego grotu Steinmana w okolicy przyczepu rozciągniętego podeszwowego (najczęściej w typie "złamanie języka" wg Essex Lopresti").



Rycina 38. A - śródoperacyjne ustawienie drutu kierunkowego i specjalnego przyrządu, który umożliwia prostopadle osadzenie Steinmana, B - Poglądowa rycina z prospektu implantu ułatwiająca zrozumienie osadzenie drutu kierunkowego i drutu Steinmana (zdjęcia własne)

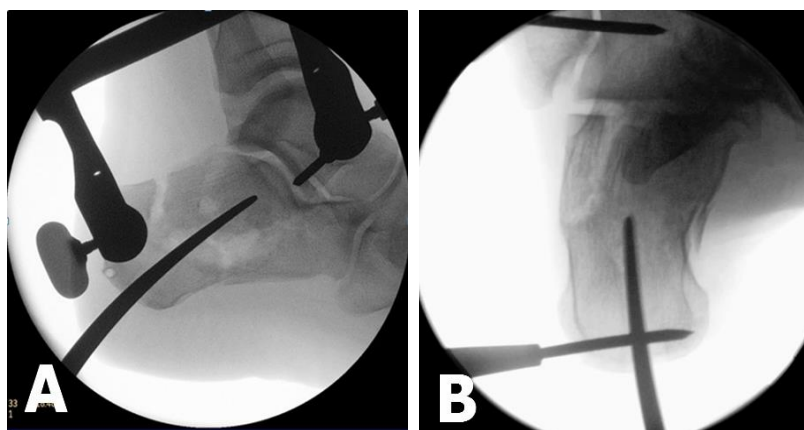
Mając przygotowany kierunek otwarcia kanału, rozwieramy kanał roboczy. Średnica kanału w przypadku osteosyntezy to 10 mm i odpowiada grubości implantowanego

gwoźdź. Gwóźdź występuje też w wersji 12 mm grubości, ale służy do artrodezy podskokowej. Wywiercony przeszczep z kanału implantujemy do gwoźdź, gdzie poprzez okienko w implancie dochodzi do przebudowy i konsolidacji zespolenia (rycina 39A i 39B).



Rycina 39. A - Zdjęcie przedstawia wywiercony fragment kości po otwarciu kanału jamy szpikowej w guzie piętowym - fragment wywiercamy po drucie kierunkowym do szczeliny złamania, B - Wywiercony fragment kości implantujemy w gwoździu śródszpikowym (gwóźdź na zdjęciu przymocowany jest do uchwytu), (zdjęcia własne)

Po otwarciu kanału kości piętowej przystępujemy do repozycji śródogniskowej za pomocą dostarczonych w instrumentarium narzędzi. Sama repozycja przebiega pod kontrolą skopii RTG i wymaga wykonania kilku manewrów, celem odtworzenia kongruencji stawu podskokowego. W złamaniach pionowych i poziomych jest to prosty do wykonania manewr repozycji przemieszczonej powierzchni stawowej, natomiast w złamaniach mieszanych najpierw dokonujemy rozklinowania wbitych i przemieszonych kątowo fragmentów, a następnie dokonujemy restytucji powierzchni stawowej (rycina 40A i 40B).



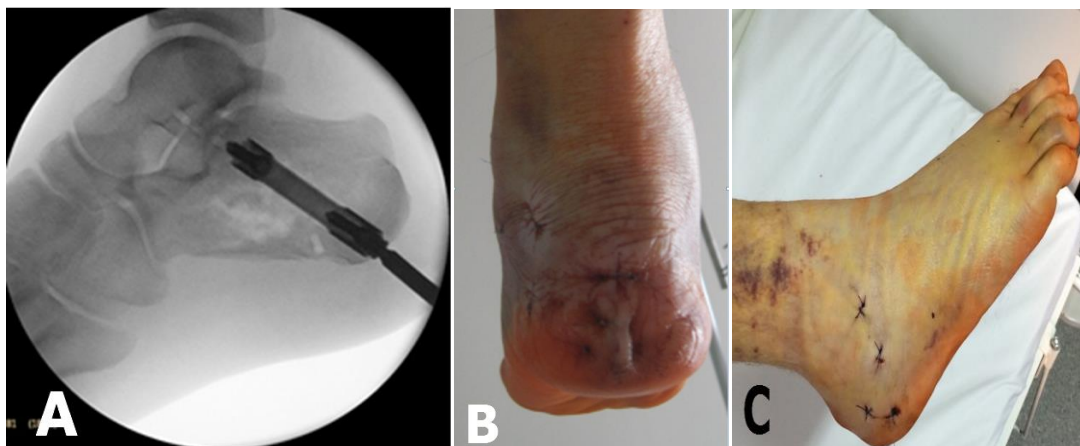
Rycina 40. Śródoperacyjne zdjęcia ze skopii przedstawiają repozycję złamania. A - w projekcji bocznej, B - w projekcji osiowej (zdjęcia własne)

Po repozycji dokonujemy pomiaru długości kanału mając na uwadze 3 długości gwoźdźcia (45 mm, 50 mm, 55 mm). Gwóźdź osadzamy wypełniony przeszczepem pobranym podczas otwarcia kanału jamy szpikowej. Gwóźdź ryglujemy dwoma śrubami kaniulowanym, które wkręcamy po drutach osadzonych za pomocą celownika połączonego z uchwytem gwoźdźcia. W instrumentarium dołączone jest wiertło kaniulowane, które ułatwia nawiercanie, zapoczątkowanie otworu i kanału dla śruby jednak użycie jego w przekonaniu autora nie jest zasadne, a nawet, w niektórych przypadkach może doprowadzić do przecięcia drutu w kaniuli wierła. Śruba użyta jako rygle jest samowiercąca i samogwintująca co wystarcza w zupełności do prawidłowego osadzenia w implancie, dodatkowo wolne obroty podczas wkręcania śruby nie ścinają drutu (rycina 41A i 41B).



Rycina 41. A - Śródoperacyjna repozycja złamania kości piętowej przy pomocy pobijaka, B - Montaż ramy celownika do uchwytu gwoźdźcia i wstępne przygotowanie do ryglowania gwoźdźcia (zdjęcia własne)

Długość śrub określamy za pomocą miarki pod kontrolą skopii w projekcji osiowej, starając się dobrać precyzyjnie długość implantu, a w przypadku pomyłki usunięcie i wkręcenie odpowiedniej. Zabieg kończy zamknięcie gwoźdźcia metalową kapą i zeszycie rany (rycina 42A i 42B i 42C).



Rycina 42. A - Śródoperacyjne zdjęcia ze skopii przedstawiają zamknięcie gwoździa kapą, B - Zdjęcie stopy po zabiegu operacyjnym Calcanail od strony tylnopodeszwowej, C - Od strony bocznej (zdjęcia własne)

Opatrunek typu ‘‘kokon’’ stosujemy przez okres 5-7 dni, szwy zostają usunięte po okresie dwóch tygodni. Następnie wskazana była pielęgnacja rany i natłuszczanie skóry przez kolejne 4-6 tygodni. Ze względu na stabilność zespolenia większość chorych mogła częściowo obciążać stopę na przodostopiu w asekuracji kul łokciowych i stosować ćwiczenia zgięcia grzbietowego i podeszwowego stawu skokowego. Dodatkowo możliwe były masaże wodne i manualne stopy i stawu skokowego. U pacjentów, którzy nie mieli śródoperacyjnie stwierdzonej stabilności zespolenia, decyzję o obciążaniu odraczano do 6 tygodni po zabiegu i kontrolnym RTG.

5.2.5. Analiza zdjęć radiologicznych

Analiza zdjęć radiologicznych polegała na ocenie wg podziału Guy’a - Uthez’a, a także ocena tomografii komputerowej wg Sandersa.

Autor pracy poddał ocenie radiogramy będące w posiadaniu Oddziału Ortopedycznego ZZOZ w Ostrowie Wlkp. oraz będące własnością pacjentów. Oceny typu złamania dokonano na podstawie projekcji: bocznej i osiowej, wykonanych bezpośrednio po urazie, śródoperacyjnych - na podstawie skopii oraz radiogramów wykonanych w trakcie leczenia. Z badania wykluczono chorych, którzy nie posiadali pełnej dokumentacji radiologicznej.

Na radiogramach oceniono:

- kąt Böhlera, Gissana na radiogramach przed i pooperacyjnych (stosowałem program RadiAnt DICOM Viewer Macieja Frankiewicza jak i kątomierz[191]).
- szerokość i wysokość kości piętowej przed i po leczeniu operacyjnym,
- zrost kostny lub jego brak,
- błędy w wykonaniu osteosyntezy śródszpikowej,
- powikłania związane z implantem.

Na podstawie wyników analizy radiogramów, chorych podzieliłem na następujące podgrupy wg typu złamania Gay Uthez'a (rycina 24) A - złamanie pionowe (verticale), B - złamanie poziome (horizontale), C - złamanie mieszane (mixte).

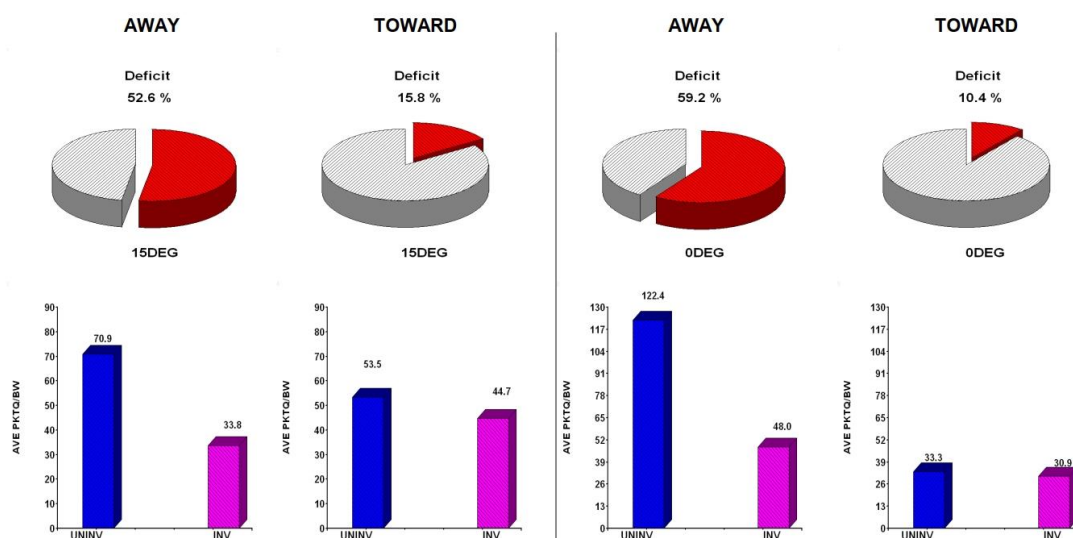
5.2.6. Badanie funkcji stopy przy pomocy aparatu Biodex System 4 Pro

Aparat Biodex System 4 Pro jest elektrycznym dynamometrem połączonym z programem komputerowym, pozwalającym na badanie izokinetyczne i izometryczne kończyny. Wprowadzony protokół izokinetyczny okazał się zbyt trudny do wykonania przez pacjentów z powodu wywoływania dolegliwości bólowych, skutkujących najczęściej nieukończeniem badania. Protokół izometryczny okazał się być bardziej przystępny i pozwolił na zbadanie wszystkich pacjentów. Zastosowano protokół izometryczny dynamiczny (rycina 43). Badany ruch w tym badaniu to zgięcie grzbietowe i podeszwowe. W protokole badania oceniono mięśnie prostowników i zginaczy stopy:

1. maksymalny moment siły (PEAK TORQUE - wynik podany w nanometrach), który reprezentuje pojedynczą najwyższą wartość zarejestrowaną podczas pomiaru,
2. średnią szczytową wartość momentu siły wygenerowaną w trakcie całego testu (AVG PEAK TQ - wynik podany w nanometrach),

3. szczytowy moment siły względem masy ciała (AVE PKTQ/BW wynik podany w procentach),
4. współczynnik zmienności szczytowego momentu siły pomiędzy poszczególnymi powtórzeniami (COEFF. OF VAR. wynik podany w procentach),
5. popęd siły (IMPULSE - wynik podany w nanometrach),
6. stosunek agonistów do antagonistów (AGON/ANTAG RATIO - wynik podano w procentach) obrazujący równowagę momentów między grupami mięśni w zadanym położeniu kątowym.

		AWAY 15 DEG			TOWARD 15 DEG			AWAY 0 DEG			TOWARD 0 DEG		
# OF REPS (15 DEG): R 3 - L 3		UNINV	INV	DEFICIT	UNINV	INV	DEFICIT	UNINV	INV	DEFICIT	UNINV	INV	DEFICIT
# OF REPS (0 DEG): R 3 - L 3		Right	Left		Right	Left		Right	Left		Right	Left	
PEAK TORQUE	N-M	84.1	39.8	52.6	61.0	51.3	15.8	137.1	55.9	59.2	37.4	33.5	10.4
AVG PEAK TQ	N-M	74.4	35.4		56.1	46.9		128.4	50.3		35.0	32.4	
AVE PKTQ/BW	%	70.9	33.8		53.5	44.7		122.4	48.0		33.3	30.9	
RELAXATION TIME	SEC	5	5		5	5		5	5		5	5	
CONTRACTION TIME	SEC	5	5		5	5		5	5		5	5	
COEFF. OF VAR.	%	12.8	15.6		14.3	9.2		7.5	12.8		6.6	2.5	
IMPULSE	N-M	14.9	7.1	52.4	11.2	9.4	16.4	25.7	10.1	60.8	7.0	6.5	7.4
AGON/ANTAG RATIO	%	72.5			128.8			27.3			59.9		



Rycina 43. Protokół izometryczny dynamiczny funkcji stopy aparatu Biodex System 4 Pro

Pozycja badania przy pomocy aparatu Biodex System 4 Pro

Pacjent siedzi w pozycji półsiedzącej, przypięty jest pasami celem stabilizacji tułowia.

Kończyna badana podparta jest w dystalnej części uda, gdzie zgięcie w stawie biodrowym to 90 stopni, a w kolanowym 30 stopni. Stopa ustabilizowana jest na platformie dynamometru za pomocą regulowanych klamer. Oś obrotu to środek stawu skokowego. Badanie zaczynamy od kończyny zdrowej. W trakcie badania pacjent otrzymuje komendy słowne celem aktywizacji badania (rycina 44).



Rycina 44. Zdjęcie przedstawia pozycję pacjenta na aparacie BIODEX (zdjęcie własne)

5.2.7. Ocena za pomocą standaryzowanych kwestionariuszy

W badaniu przeprowadzono ocenę bólu, funkcji motorycznej, obciążalności stopy, jakości życia przy pomocy czterech kwestionariuszy. Użycie kwestionariuszy umożliwiło odniesienie się do wyników innych autorów.

W badaniu zostały użyte następujące kwestionariusze:

- 1) **Kwestionariusz AOFAS** - The American Orthopedic Foot and Ankle Score – 100 punktowy amerykański kwestionariusz oceny stawu skokowego i stopy (tabela 2 - załącznik 2).

Zastosowanie tego kwestionariusza pozwala zbadać i odnieść się do wyników z literatury. Kwestionariusz jest podzielony na część subiektywną, którą pacjent wypełnia sam i część, którą wypełnia badający z pacjentem. Formularz ocenia: ból w skali od 0 do 40 punktów (im większy ból tym mniej punktów zlicza się do ogólnego wyniku), funkcję/czynność stopy w skali od 0 do 50 punktów (na wynik składa się wydolność stopy - jaki dystans potrafi pokonać, chodzenie po różnych nawierzchniach, utykanie i zakres ruchomości stawu skokowego i stopy), obciążalność stopy w skali od 0 do 10 punktów (na wynik przekłada się prawidłowo obciążana i wysklepiona stopa).

Skala została przetłumaczona samodzielnie przez autora niniejszej dysertacji z należytą starannością, gdyż nie ma obecnie dostępnej, zwalidowanej skali w języku polskim. Pytania zawarte w kwestionariuszu są stosunkowo proste, zatem tłumaczenie wydaje się nie być obarczone błędami wynikającymi z możliwości różnej interpretacji intencji pytań. Dane z literatury wskazują na duże zalety w stosowaniu tego kwestionariusza do badań w zakresie stopy i stawu skokowego [192-193]. Wynik sumaryczny procentowy w skali AOFAS został także określony co do wyniku klinicznego wg skali jaki zaproponował Dudkiewicz [7, 194] (tabela 2).

Tabela 2. Wynik sumaryczny procentowy w skali AOFAS.

Wynik bardzo dobry	100-90 %
Wynik dobry	89-70 %
Wynik średni	69-40 %
Wynik zły	>40 %

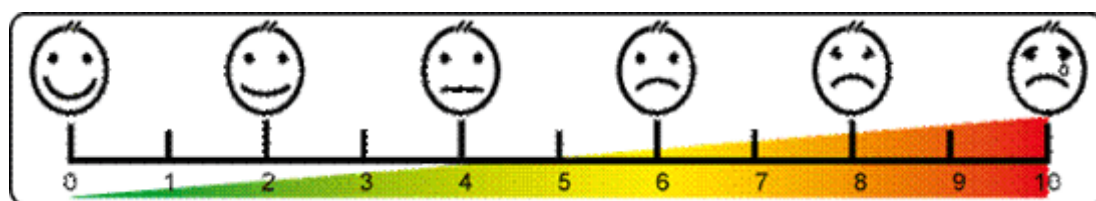
- 2) **FFI - Foot Function Index** – Kwestionariusz funkcjonalnej stopy. Jest to 17 punktowy kwestionariusz pozwalający ocenić w jaki sposób ból stopy

wpłynął na zdolność radzenia sobie w codziennym życiu. Jest to bardzo pomocne i popularne narzędzie do badania i oceny funkcji stopy, znane od ponad 20 lat. Jako jedyny został zwalidowany do oceny funkcji stopy. Rozszerzony kwestionariusz w postaci skali FFI-RS-PL został przetłumaczony na język polski i zwalidowany, jednak został on zaprojektowany na potrzeby badania reumatoidalnego zapalenia stawów. Zdecydowano o wykorzystaniu podstawowej skali FFI i przetłumaczeniu jej, gdyż w ocenie innych badaczy jest ona bardziej dostosowana do oceny ortopedycznej [195].

Kwestionariusz jest podzielony na trzy zestawy pytań, które dotyczą bólu, trudności i ograniczenia aktywności, natomiast skala odpowiedzi jest liczbowa - od zera do dziesięciu. Wynik jest podany w procentach. Im wyższy wynik w procentach, tym gorszy wynik w skali (tabela 4. załącznik nr 3).

Foot Function Index: $0 / 170 = 0 \%$

3) **VAS - Visual Analogue Scale** - 11 stopniowa skala bólu wzrokowo-analogowa (rycina 45). Zastosowano dwie skale na arkuszu pytań: Pierwsza dotyczy bólu po urazie, przed operacją. Druga ma odzwierciedlać ból pooperacyjny w momencie badania.



Rycina 45. VAS - 11 stopniowa skala bólu wzrokowo-analogowa

4) SF-36 - Short Form Health Survey – to 36 punktowy kwestionariusz oceny jakości życia do samodzielnego wypełnienia (tabela 5, załącznik 4). Skala jest zwalidowana i ogólnie dostępna. Pytania pozwalają na subiektywną ocenę ośmiu wskaźników jakości życia: funkcjonowanie fizyczne, ograniczenie w pełnieniu ról z powodu zdrowia fizycznego, dolegliwości bólowe, ogólne poczucie zdrowia, witalność, funkcjonowanie

społeczne, ograniczenie w pełnieniu ról wynikające z problemów emocjonalnych, poczucie zdrowia psychicznego. “Według polskiej wersji kwestionariusza najwyższa wartość punktowa oznacza najniższy stopień w ocenie jakości życia, natomiast najniższa wartość punktowa oznacza najwyższy poziom jakości życia” [196].

5.2.8. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu oprogramowania IBM SPSS Statistics 25. Z jego wykorzystaniem przeprowadzono analizę podstawowych statystyk opisowych wraz z obliczeniem 95% przedziału ufności dla średnich oraz testami Shapiro-Wilka, jak również analizy z wykorzystaniem testu t Studenta dla par związanych, testu Wilcoxona oraz testu McNemara i testu χ^2 . Dodatkowo, wykonano jednoczynnikową analizę wariancji oraz analizę korelacji z wykorzystaniem współczynnika r Pearsona i ρ Spearmana. Za poziom istotności uznano klasyczny próg $\alpha \leq 0,05$.

6. Wyniki

6.1.1. Podstawowa badana grupa

W Oddziale Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu w Ostrowie Wielkopolskim w okresie od stycznia 2016 do grudnia 2018 ocenie poddano 50 chorych leczonych operacyjnie z powodu złamań śródstawowych kości piętowych leczonych przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail. Zbadano 13 kobiet, 37 mężczyzn. Czas obserwacji chorych zawierał się w zakresie od 12 do 36 miesięcy po zabiegu operacyjnym. Charakterystykę grupy przedstawia tabela 3. Grupę badaną odnoszono do grupy kontrolnej, która stanowiła druga, nie objęta urazem, stopa pacjenta.

Tabela 3. Charakterystyka grupy pacjentów poddanych badaniu.

średnia wieku pacjentów	52,12 lat (SD 13,80)
średnia wieku kobiet	54,30 lat (SD 16,19)
średnia wieku mężczyzn	50 lat (SD 15,30)
średni czas obserwacji	23,4 miesiąca (SD 10,17)
średnia wartość BMI	26,53 (SD 4,03)
płeć	13 kobiet, 37 mężczyzn

6.1.2. Podstawowa charakterystyka grupy badanej

W tabeli 4 zostały przedstawione podstawowe dane dotyczące badanej grupy, wraz z testem Shapiro-Wilka, sprawdzającym normalność rozkładu tych zmiennych. W badaniu wzięło udział 37 mężczyzn (co stanowiło 74% grupy) i 13 kobiet (co stanowiło 26% grupy). Grupa kontrolna - była nieoperowana kończyna, więc grupa kontrolna była identyczna do badanej.

Tabela 4. Podstawowa charakterystyka badanej grupy.

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	95%CI <i>LL</i>	95%CI <i>UL</i>
wiek	52,12	57,00	13,80	-0,51	-0,98	24,00	73,00	0,92	0,003	48,20	56,04
wzrost	1,74	1,73	0,10	-0,14	-0,70	1,52	1,93	0,98	0,456	1,71	1,77
waga	80,90	81,50	17,01	0,20	-0,20	47,00	120,00	0,98	0,650	76,07	85,73
BMI	26,53	25,92	4,03	0,23	-0,08	18,25	36,20	0,99	0,823	25,38	27,68

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtoza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; 95%CI - przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* - dolna i górna granica przedziału ufności.

6.2. Wyniki badania RTG

6.2.1. Wartości kąta Böhlera i kąta Gissana

Wyniki badania RTG pacjentów, u których wykonano operacje przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail przedstawiono w tabeli 5. Wartości kąta Böhlera, kąta Gissana, wysokości i szerokości przed i po zabiegu porównano z wykorzystaniem testu *t* Studenta dla par wiązanych.

Analiza statystyczna wykazała, że po operacji dochodzi do istotnego statystycznie zwiększania kąta Böhlera i zmniejszenia kąta Gissana. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 6 i rycinie nr 46.

Tabela 5. Wyniki badania RTG przed i po operacji w badanej grupie.

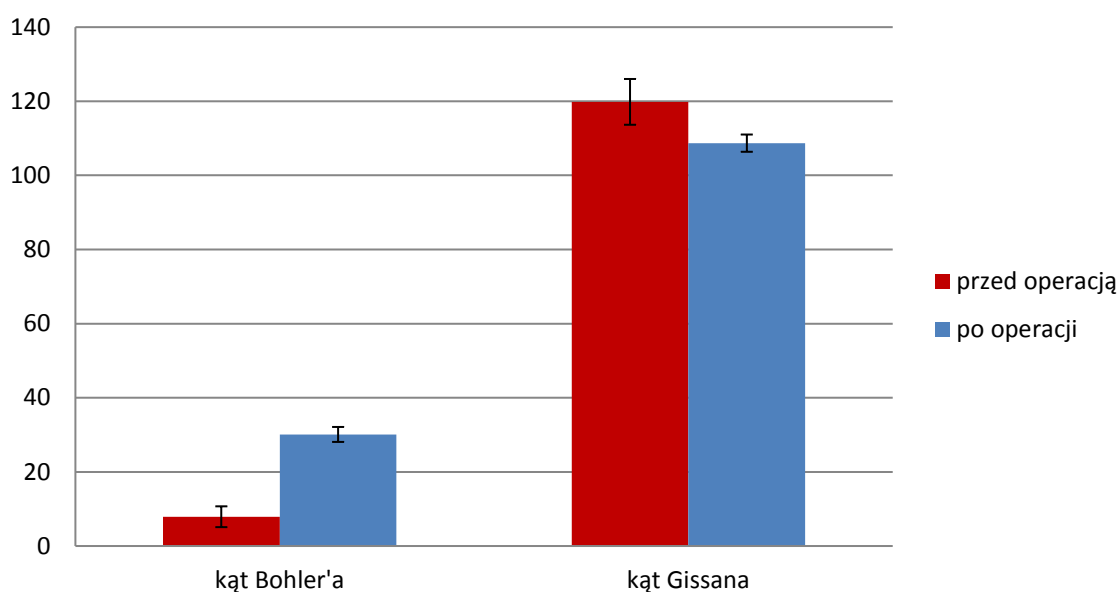
	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	95% <i>CI</i> <i>LL</i>	95% <i>CI</i> <i>UL</i>
Kąt Böhlera przed operacją	7,90	9,00	10,12	-0,40	0,27	-15,00	32,00	0,96	0,117	5,02	10,78
Kąt Böhlera po operacji	30,10	31,00	7,28	-0,69	0,27	8,00	42,00	0,95	0,034	28,03	32,17
Kąt Gissana przed operacją	119,84	123,50	22,28	-1,25	1,92	50,00	160,00	0,90	<0,001	113,51	126,17
Kąt Gissana po operacji	108,70	109,00	8,40	0,47	1,05	90,00	132,00	0,96	0,062	106,31	111,09
Wysokość przed operacją [mm]	37,80	38,00	3,80	0,29	-0,45	31,00	46,00	0,97	0,155	36,72	38,88
Wysokość po operacji [mm]	45,64	45,50	4,57	-0,48	1,15	33,00	55,00	0,95	0,027	44,34	46,94
Szerokość przed operacją [mm]	44,08	43,50	5,26	0,17	0,24	32,00	56,00	0,98	0,447	42,59	45,57
Szerokość po operacji [mm]	37,84	38,00	4,51	0,67	1,07	28,00	50,00	0,95	0,033	36,56	39,12

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtoza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; 95%*CI* - przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* - dolna i górna granica przedziału ufności.

Tabela 6. Porównanie wartości kąta Böhlera i kąta Gissana przed i po operacji.

	Przed operacją (n = 50)		Po operacji (n = 50)		t	p	95% CI		d Cohena
	M	SD	M	SD			LL	UL	
Kąt Böhlera	7,90	10,12	30,10	7,28	-16,29	<0,001	-24,94	-19,46	2,30
Kąt Gissana	119,84	22,28	108,70	8,40	3,62	<0,001	4,96	17,32	0,51

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *t* – wynik testu *t* Studenta; *p* – istotność statystyczna; 95% *CI* – przedział ufności dla różnicy między średnimi; *LL* i *UL* –dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 46. Zmiana wartości kątów Böhlera i Gissana kości piętowej po operacji

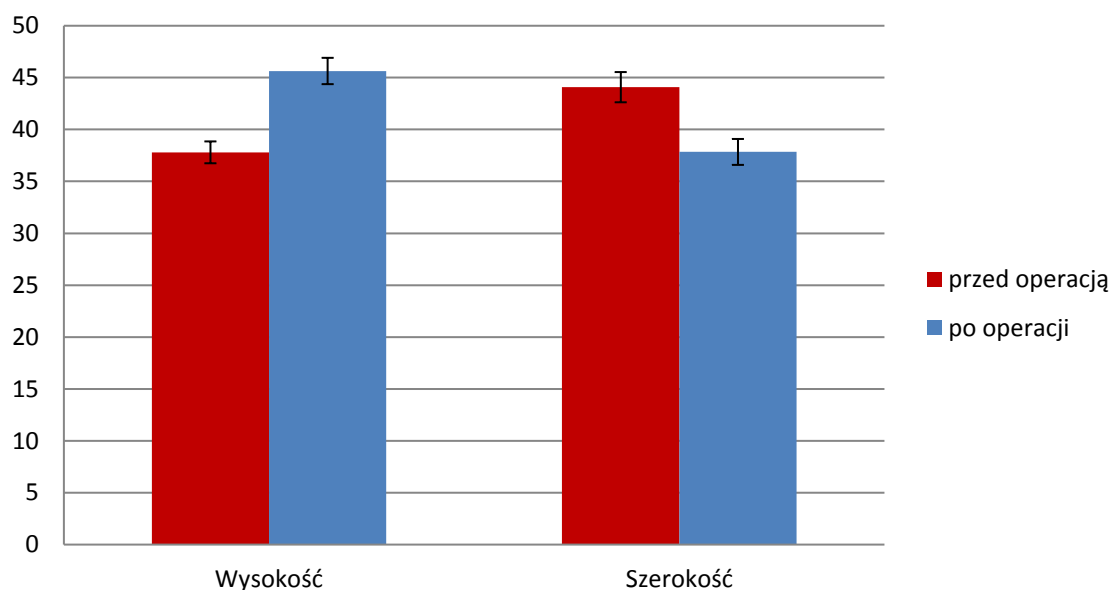
6.2.2. Wysokość i szerokość kości piętowej

Wyniki pracy wskazują również, że po operacji przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail dochodzi również do zwiększenia wysokości kości piętowej oraz zmniejszenia szerokości kości piętowej. Wyniki zostały przedstawione w tabeli nr 7 i na rycinie nr 47.

Tabela 7. Porównanie wymiarów przed i po operacji.

	Przed operacją (n = 50)		Po operacji (n = 50)		t	p	95% CI		d Cohena
	M	SD	M	SD			LL	UL	
Wysokość	37,80	3,80	45,64	4,57	-12,69	<0,001	-9,08	-6,60	1,80
Szerokość	44,08	5,26	37,84	4,51	9,15	<0,001	4,87	7,61	1,29

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *t* – wynik testu *t* Studenta; *p* – istotność statystyczna; 95% *CI* – przedział ufności dla różnicy między średnimi; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.

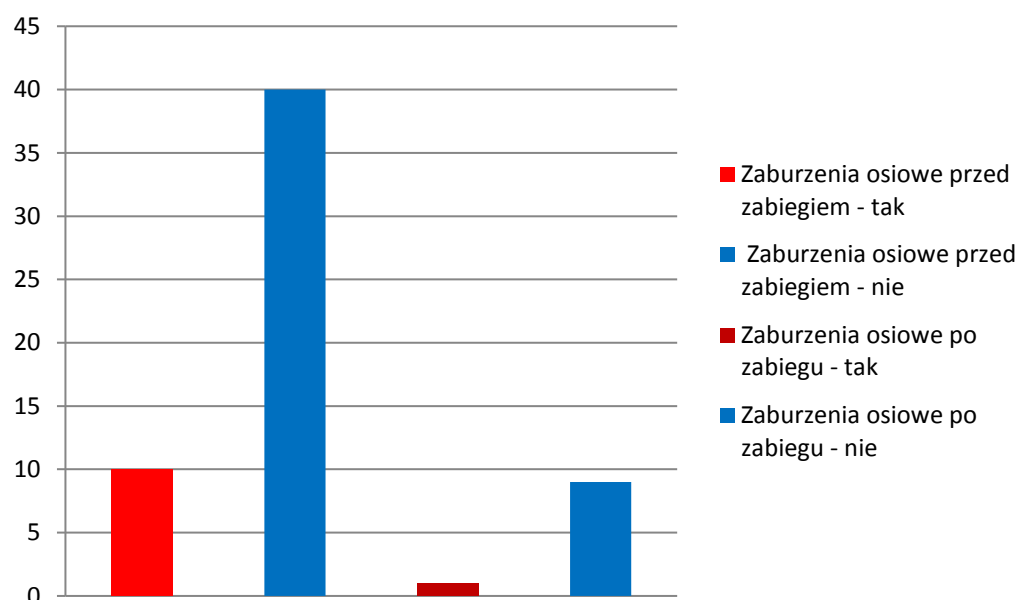
**Rycina 47.** Zmiana wysokości i szerokości kości piętowej po operacji

6.2.3. Zaburzenia osiowe

Porównanie występowania zaburzeń osiowych przed i po operacji przeprowadzono z wykorzystaniem testu McNemara. Wynik okazał się istotny statystycznie: $\chi^2(1) = 7,11$; $p = 0,004$; $\phi = 0,29$. Oznacza to, że wykonanie operacji spowodowało istotne zmniejszenie częstości występowania zaburzeń osiowych. Jedna osoba z zaburzeniem osiowym przed zabiegiem miała, go też po zabiegu. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 8 i rycinie nr 48.

Tabela 8. Zmiana występowania zaburzeń osiowych po zabiegu.

Zaburzenia osiowe przed zabiegiem		Zaburzenia osiowe po zabiegu	
		tak	nie
tak	N	1	9
	%	2,00 %	18,00 %
nie	N	0	40
	%	0,00 %	80,00 %



Rycina 48. Zmiana występowania zaburzeń osiowych po zabiegu

6.3. Związek wyniku skali Sandersa z rodzajem złamania według Guy Uthez`a

Celem odpowiedzi na pytanie, czy istnieje związek pomiędzy wynikiem skali Sandersa, a rodzajem złamania według Guy Uthez wykonano analizę częstości testem χ^2 . W trakcie analizy porównano rozkład częstości występowania poszczególnych wyników skali Sanders w poszczególnych typach złamania.

Wynik nie okazał się istotny statystycznie. Oznacza to, że nie istnieje związek pomiędzy wynikiem skali Sandersa, a rodzajem złamania według Guy Uthez'a. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 9.

Tabela 9. Wyniki skali Sandersa w poszczególnych rodzajach złamania według Guy Uthez'a.

Skala Sandersa	Rodzaj złamania według Guy Uthez'a			
	mieszane	poziome	pionowe	
1	N 2	1	0	$\chi^2(6) = 4,69;$ $p = 0,585;$ $V = 0,22$
	% 6,10 %	14,30 %	0,00 %	
2	N 12	4	5	
	% 36,40 %	57,10 %	50,00 %	
3	N 11	2	4	
	% 33,30 %	28,60 %	40,00 %	
4	N 8	0	1	
	% 24,20 %	0,00 %	10,00 %	

6.4. Związek wyników ilościowych badania RTG z parametrami pomiarów aparatu BIODEx oraz wynikiem skali AOFAS

Do oceny korelacji wyników ilościowych badania RTG z parametrami BIODEx oraz wynikiem skali AOFAS. wykorzystano analizę korelacji przy użyciu współczynnika r Pearsona i ρ Spearmana. Spośród parametrów ocenionych na zdjęciach RTG do analizy wybrano wartości kąta Böhlera i Gissana, wysokość i szerokość repozycji (wszystkie wartości zmierzono po przeprowadzonym zabiegu). Z badania BIODEx wybrano obliczone wartości deficytu maksymalnego momentu siły oraz popęd siły, jak również procentowy stosunek agonistów i antagonistów.

Analiza wykazała, istotną statystycznie, dodatnią korelację pomiędzy szerokością repozycji, a następującymi parametrami badania BIODEx: deficytem

maksymalnego momentu siły (away 15, away -15) oraz popędem siły (toward 15, away -15), jak również nierównowagę agonistów i antagonistów (toward 15). Im większa szerokość kości piętowej po złamaniu, tym większe deficyty w zakresie wymienionych parametrów, przy czym najsilniejszy związek dotyczy deficytu maksymalnego momentu siły away -15.

Pozostałe parametry obliczone na podstawie badania RTG (kąt Böhlera, kąt Gissana, wysokość) nie były istotnie skorelowane z deficytami obliczonymi w badaniu BIODEx. Ponadto wyniki skali AOFAS nie były istotnie skorelowane z parametrami ilościowymi obliczonymi w badaniu RTG.

Wyniki przedstawiono w tabeli 10

Tabela 10. Związek wyników badania RTG z deficytami obliczonymi według badania BIODEx oraz wynikami skali AOFAS.

	Kąt Böhlera	Kąt Gissana	Wysokość	Szerokość
AOFAS	0,22	-0,14	-0,04	-0,25
away 15 peak torque [deficyt]	0,15	0,1	-0,01	0,28*
toward 15 peak torque [deficyt]	-0,11	0,03	-0,13	0,26
away 0 peak torque [deficyt]	0,17	0,17	0,01	0,23
toward 0 peak torque [deficyt]	-0,04	0,03	-0,01	0,23
away - 15 peak torque [deficyt]	0,17	-0,07	0,14	0,39**
toward - 15 peak torque [deficyt]	0,08	0,22	-0,1	0,11
away 15 impulse [deficyt]	0,12	0,12	-0,03	0,23
toward 15 impulse [deficyt]	-0,1	0,07	-0,13	0,33*
away 0 impulse [deficyt]	0,13	0,14	-0,01	0,21
toward 0 impulse [deficyt]	-0,01	0,01	-0,01	0,26
away - 15 impulse [deficyt]	0,07	0,17	0,03	0,28*
toward - 15 impulse [deficyt]	0,1	0,24	-0,09	0,13
away 15 agon/antagon [%]	-0,22	-0,18	-0,2	0,2
toward 15 agon/antagon [%]	0,02	-0,18	-0,21	0,28*
away 0 agon/antagon [%]	-0,13	-0,16	-0,15	0,01
toward 0 agon/antagon [%]	0	-0,04	-0,18	0,03
away - 15 agon/antagon [%]	-0,06	-0,01	-0,13	0
toward - 15 agon/antagon [%]	-0,03	-0,11	-0,15	0,02

* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

6.5. Wyniki pomiarów za pomocą aparatu BIODEx

Analiza rozkładów badanych zmiennych wykazała, że pomimo braku dopasowania większości wyników BIODEx do rozkładu normalnego (co sprawdzono testem Shapiro-Wilka) większość rozkładów nie jest znacząco asymetryczna względem średniej. Świadczy, o tym wartość skośności, mieszcząca się w przedziale $<-2;+2>$. Wyjątkiem były wartości współczynnika zmienności. W przypadku tych zmiennych porównano stronę operowaną i nieoperowaną z wykorzystaniem testu Wilcozona. W przypadku pozostałych zmiennych wykonano test t - Studenta dla par wiązanych.

Wyniki porównania obydwu grup przedstawiono w tabelach 11-15 i na rycinie 49-53.

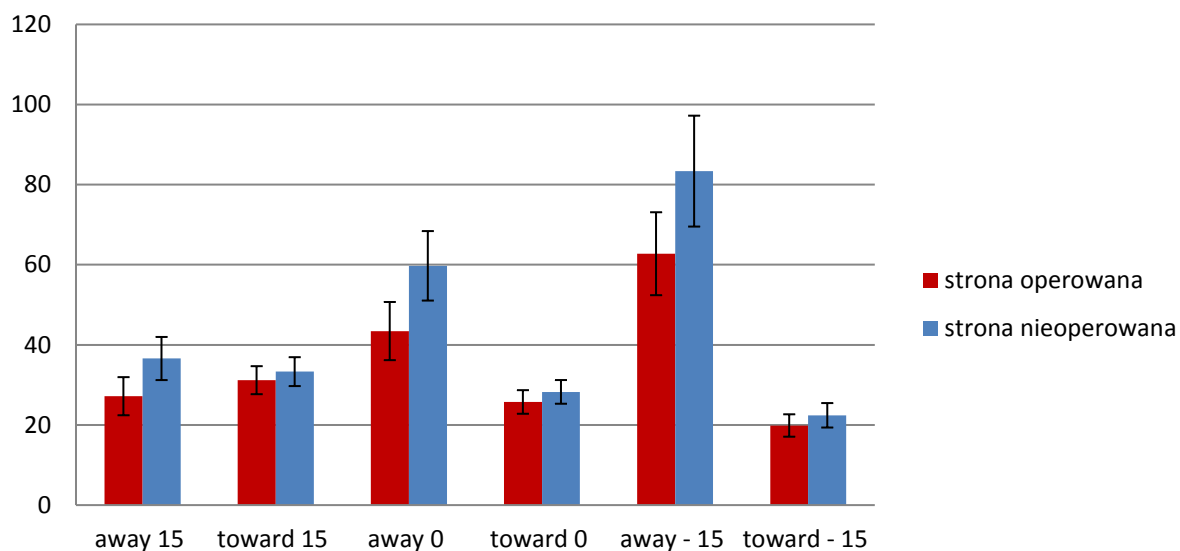
6.5.1. Ocena porównawcza maksymalnego momentu siły za pomocą aparatu BIODEx

Analiza porównawcza strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej wykazała, że maksymalny moment siły miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 11 oraz na rycinie nr 49.

Tabela 11. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEx – maksymalna wartość momentu siły.

	Strona operowana ($n = 50$)		Strona nieoperowana ($n = 50$)		t	p	95% CI		d Cohena
	M	SD	M	SD			LL	UL	
away 15	27,19	17,17	36,59	19,41	-4,34	<0,001	-13,76	-5,05	0,61
toward 15	31,19	12,60	33,32	13,02	-1,40	0,168	-5,20	0,93	0,20
away 0	43,45	26,19	59,74	31,29	-4,85	<0,001	-23,04	-9,54	0,69
toward 0	25,75	10,62	28,26	10,67	-1,84	0,072	-5,26	0,24	0,26
away - 15	62,76	37,34	83,38	49,93	-4,12	<0,001	-30,68	-10,56	0,58
toward - 15	19,87	10,09	22,42	11,02	-2,22	0,031	-4,86	-0,24	0,31

n – liczba obserwacji; M – średnia; SD – odchylenie standardowe; t – wynik testu t Studenta; p – istotność statystyczna; 95% CI – przedział ufności dla różnicy między średnimi; LL i UL – dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 49. Maksymalne wartości momentu siły po stronie operowanej i nieoperowanej

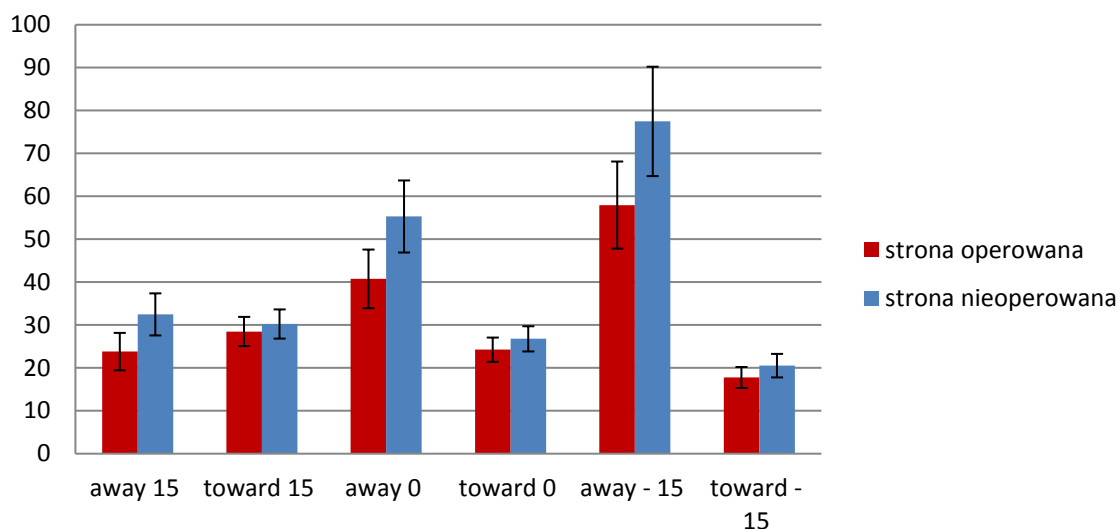
6.5.2. Ocena porównawcza wartości średniego momentu siły za pomocą aparatu BIODEX

Porównanie strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej pod względem średniego momentu siły wykazało, że wartości miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej. W tym przypadku wykonano test *t* - Studenta dla par związanych. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 12 oraz na rycinie nr 50. Wyjątkiem były wartości toward 15 (zgięcie grzbietowe) i toward 0 (zgięcie grzbietowe), które nie różniły się istotnie po obydwu stronach.

Tabela 12. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – średnia wartość momentu siły.

	Strona operowana (<i>n</i> = 50)		Strona nieoperowana (<i>n</i> = 50)		<i>t</i>	<i>p</i>	95% CI		<i>d</i> Cohena
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			<i>LL</i>	<i>UL</i>	
away 15	23,80	15,75	32,48	17,68	-4,03	<0,001	-13,01	-4,35	0,57
toward 15	28,49	12,28	30,23	12,27	-1,16	0,250	-4,75	1,27	0,16
away 0	40,75	24,68	55,30	30,30	-4,44	<0,001	-21,14	-7,96	0,63
toward 0	24,25	10,20	26,78	10,59	-1,89	0,064	-5,22	0,16	0,27
away - 15	57,96	36,65	77,47	45,99	-4,52	<0,001	-28,19	-10,83	0,64
toward - 15	17,77	8,81	20,52	9,89	-2,72	0,009	-4,79	-0,72	0,38

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *t* – wynik testu *t* Studenta; *p* – istotność statystyczna; 95% CI – przedział ufności dla różnicy między średnimi; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 50. Średnie wartości momentu siły po stronie operowanej i nieoperowanej

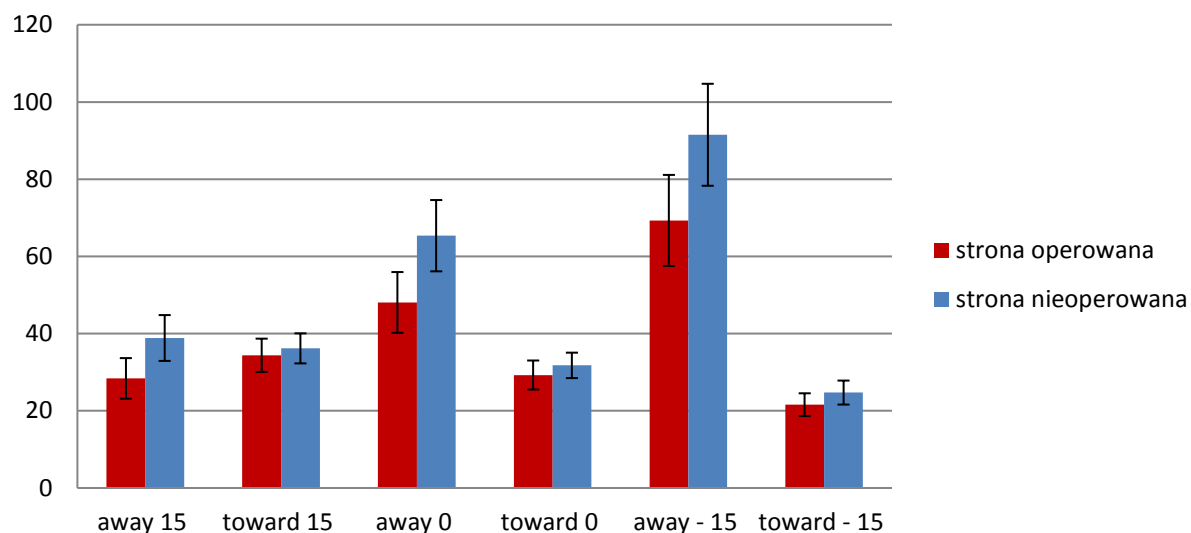
6.5.3. Ocena porównawcza wartości moment siły/ BW za pomocą aparatu BIODEX

Porównanie strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej pod względem wartości moment siły/masa ciała (BW) wykazało, że wartości miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej. W tym przypadku wykonano test *t* - Studenta dla par wiązanych. Wyjątkiem były wartości toward 15 (zgięcie grzbietowe) i toward 0 (zgięcie grzbietowe), które nie różniły się istotnie po obydwu stronach. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 13 oraz na rycinie nr 51.

Tabela 13. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – średnia wartość momentu siły/ciężar ciała.

	Strona operowana (<i>n</i> = 50)		Strona nieoperowana (<i>n</i> = 50)		<i>t</i>	<i>p</i>	95% <i>CI</i>		<i>d</i> Cohena
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			<i>LL</i>	<i>UL</i>	
away 15	28,39	18,97	38,86	21,41	-4,69	<0,001	-14,96	-5,98	0,66
toward 15	34,38	15,53	36,17	14,03	-1,05	0,300	-5,23	1,65	0,15
away 0	48,07	28,40	65,36	33,30	-5,40	<0,001	-23,73	-10,86	0,76
toward 0	29,26	13,57	31,76	11,88	-1,65	0,105	-5,54	0,55	0,23
away - 15	69,31	42,53	91,50	47,66	-5,27	<0,001	-30,64	-13,72	0,75
toward - 15	21,58	10,65	24,72	11,21	-2,63	0,011	-5,54	-0,74	0,37

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *t* – wynik testu *t* Studenta; *p* – istotność statystyczna; 95% *CI* – przedział ufności dla różnicy między średnimi; *LL* i *UL* –dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 51. Graficznie przedstawione wartości średnie momentu siły/ciężar ciała po stronie operowanej i nieoperowanej

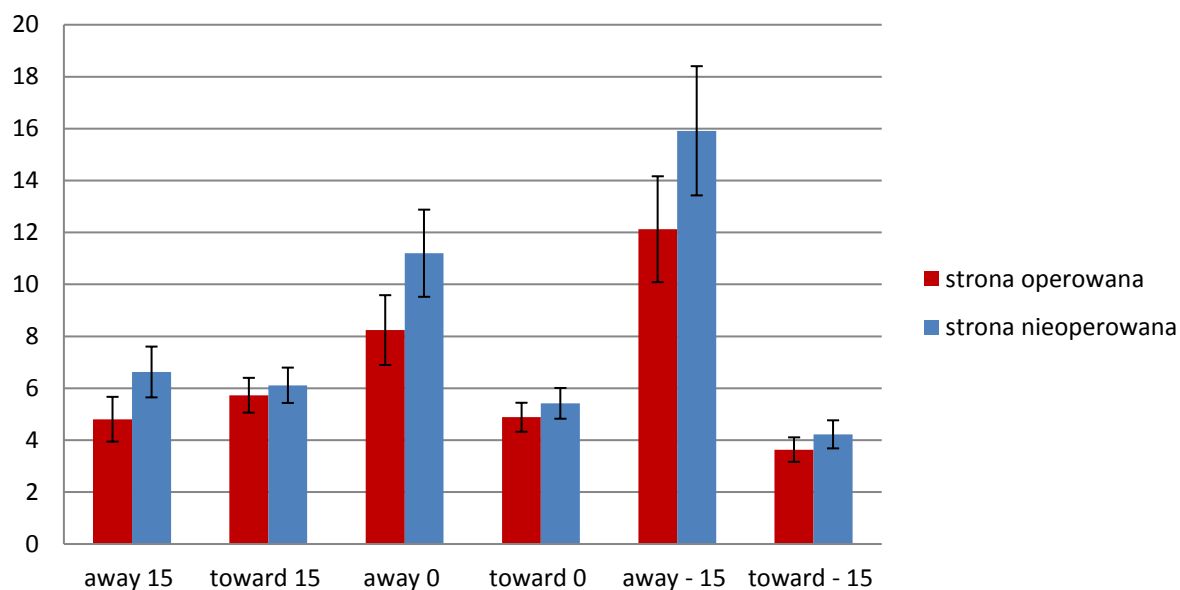
6.5.4. Ocena porównawcza wartości popędu siły za pomocą aparatu BIODEX

Porównanie strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej pod względem popędu siły wykazało, że wartości miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej. W tym przypadku wykonano test *t* - Studenta dla par związanych. Wyjątkiem były wartości toward 15 (zgięcie grzbietowe) i toward 0 (zgięcie grzbietowe), które nie różniły się istotnie po obydwu stronach. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 14 oraz na rycinie nr 52.

Tabela 14. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – popęd siły.

	Strona operowana (<i>n</i> = 50)		Strona nieoperowana (<i>n</i> = 50)		<i>t</i>	<i>p</i>	95% <i>CI</i>		<i>d</i> Cohena
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			<i>LL</i>	<i>UL</i>	
away 15	4,81	3,11	6,63	3,53	-4,14	<0,001	-2,70	-0,94	0,59
toward 15	5,73	2,42	6,11	2,46	-1,26	0,215	-1,00	0,23	0,18
away 0	8,24	4,85	11,20	6,06	-4,47	<0,001	-4,29	-1,63	0,63
toward 0	4,88	2,01	5,42	2,14	-1,95	0,057	-1,09	0,02	0,28
away - 15	12,12	7,36	15,92	8,98	-3,95	<0,001	-5,72	-1,86	0,56
toward - 15	3,64	1,70	4,22	1,95	-2,82	0,006	-1,01	-0,17	0,40

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *t* – wynik testu *t* Studenta; *p* – istotność statystyczna; 95% *CI* – przedział ufności dla różnicy między średnimi; *LL* i *UL* –dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 52. Wartości popędu siły po stronie operowanej i nieoperowanej

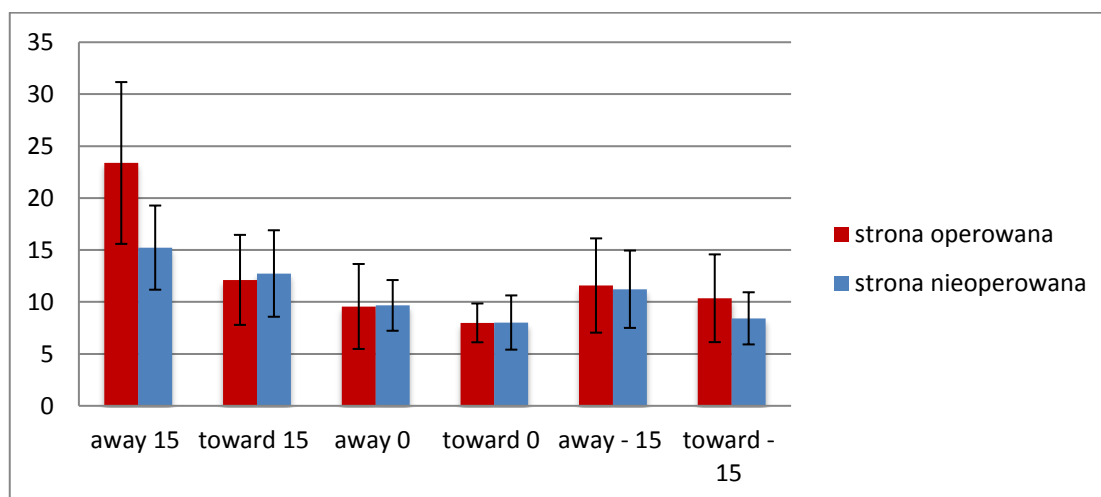
6.5.5. Ocena porównawcza współczynnika zmienności za pomocą aparatu BIODEX

Porównanie strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej pod względem *współczynnika zmienności* wykazało, że wartości miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej. W przypadku tych zmiennych porównano stronę operowaną i nieoperowaną z wykorzystaniem testu Wilcoxona. W przypadku współczynnika zmienności zaobserwowano, że wartość away 15 (zgięcie podeszwowe 15) była istotnie większa po stronie nieoperowanej. W przypadku pozostałych wartości nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy stronami. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 15 oraz na rycinie nr 53.

Tabela 15. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEx – współczynnik zmienności.

	Strona operowana ($n = 50$)		Strona nieoperowana ($n = 50$)		Z	p	r
	M	SD	M	SD			
away 15	23,38	3,11	15,23	3,53	-2,14	0,032	0,30
toward 15	12,12	2,42	12,74	2,46	-0,05	0,962	0,01
away 0	9,57	4,85	9,67	6,06	-0,42	0,675	0,06
toward 0	7,99	2,01	8,02	2,14	-0,15	0,877	0,02
away - 15	11,58	7,36	11,23	8,98	-0,54	0,589	0,08
toward - 15	10,36	1,70	8,42	1,95	-0,35	0,727	0,05

n – liczba obserwacji; M – średnia; SD – odchylenie standardowe; Z – wynik testu Wilcoxona; p – istotność statystyczna; r – siła efektu.



Rycina 53. Wartości współczynnika zmienności po stronie operowanej i nieoperowanej

6.6. Wyniki badania za pomocą aparatu BIODEx w zależności od wyniku skali Sandersa

W niniejszej pracy sprawdzono również, czy wyniki badania BIODEx różnią się w grupach pacjentów wyróżnionych na podstawie wyniku skali Sandersa (1, 2, 3 lub 4). Wykonano szereg jednoczynnikowych analiz wariancji, porównując w wymienionych grupach obliczone wartości deficytu maksymalnego momentu siły oraz popędu siły, jak również procentowy stosunek agonistów i antagonistów.

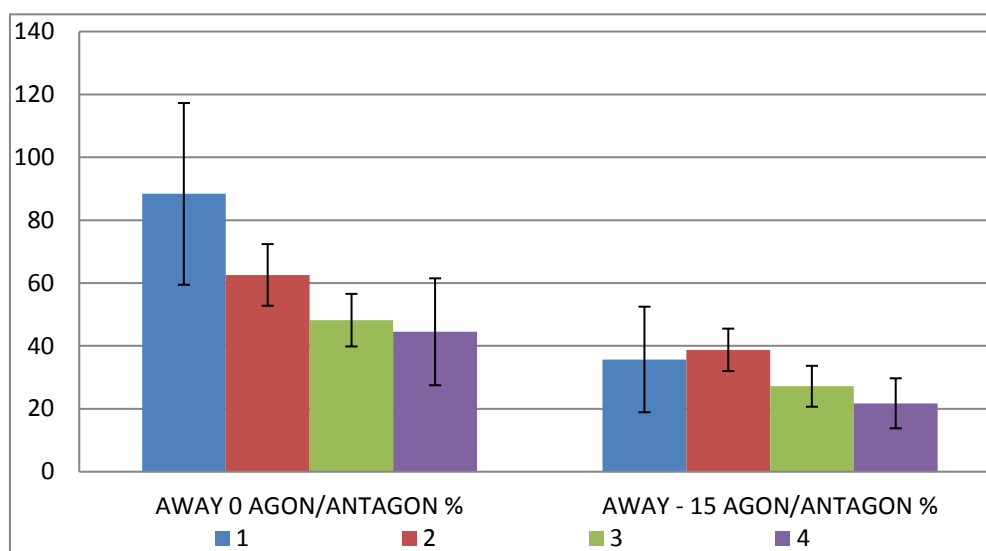
Okazało się, że jedynie asymetria agonistów i antagonistów (away 0 i away -15) różniła się w grupach pacjentów o różnym wyniku skali Sandersa. Porównania *post-hoc* przeprowadzone z wykorzystaniem testu LSD Fishera wykazały, że pacjenci zakwalifikowani do grupy 2 według Sandersa mieli istotnie mniejszą asymetrię away-15 niż pacjenci z wynikiem 3 lub 4 (odpowiednio $p = 0,018$ i $p = 0,005$). Dwie ostatnie grupy nie różniły się istotnie pomiędzy sobą ($p = 0,368$). Pacjenci z wynikiem 1 nie różnili się istotnie od żadnej z pozostałych grup. Z kolei, jeżeli chodzi o płaszczyznę away 0 pacjenci z wynikiem 1 lub 2 nie różnili się istotnie od siebie ($p = 0,063$). Obie grupy miały istotnie mniejszą asymetrię niż grupy z wynikiem 3 (odpowiednio $p = 0,005$ i $p = 0,050$) oraz z wynikiem 4 (odpowiednio $p = 0,004$ i $p = 0,044$). Pacjenci z wynikami 3 i 4 nie różnili się istotnie ($p = 0,684$).

Wyniki przedstawiono w tabeli nr 16 i na rycinie nr 54.

Tabela 16. Wyniki badania BIODEx w zależności od wyniku skali Sandersa.

	1 (n = 3)		2 (n = 21)		3 (n = 17)		4 (n = 9)				
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
away 15 peak torque [deficyt]	-15,45	38,90	21,51	36,09	16,09	37,14	38,42	25,62	1,94	0,137	0,11
toward 15 peak torque [deficyt]	-17,29	26,58	-4,28	49,25	0,87	41,81	3,53	42,61	0,20	0,893	0,01
away 0 peak torque [deficyt]	-7,86	25,14	23,16	30,50	23,65	28,89	30,17	36,31	1,16	0,333	0,07
toward 0 peak torque [deficyt]	-20,96	48,58	6,39	32,32	6,66	33,09	-27,12	105,59	1,10	0,359	0,07
away - 15 peak torque [deficyt]	31,65	46,07	15,80	32,55	-16,25	154,04	36,31	24,08	0,75	0,527	0,05
toward - 15 peak torque [deficyt]	-80,45	45,53	9,27	27,67	9,76	54,05	-38,29	159,20	2,00	0,127	0,12
away 15 impulse [deficyt]	-20,35	41,93	22,38	43,03	19,89	34,92	37,25	30,41	1,72	0,176	0,10
toward 15 impulse [deficyt]	-54,31	79,60	-6,24	56,30	0,52	40,80	5,79	47,97	1,13	0,348	0,07
away 0 impulse [deficyt]	-9,25	25,95	19,36	34,64	22,44	28,85	30,85	33,81	1,19	0,324	0,07
toward 0 impulse [deficyt]	-25,85	49,32	5,66	35,54	6,94	32,37	-23,78	97,51	1,06	0,373	0,06
away - 15 impulse [deficyt]	-5,92	115,07	15,59	31,94	18,87	24,69	33,34	24,20	0,99	0,406	0,06
toward - 15 impulse [deficyt]	-42,49	16,61	10,87	24,98	12,58	47,04	-49,68	191,74	1,45	0,239	0,09
away 15 agon/antagon [%]	140,97	26,11	114,45	61,25	102,45	47,42	89,79	39,35	0,94	0,430	0,06
toward 15 agon/antagon [%]	153,93	66,89	155,58	81,10	122,61	65,58	135,74	48,14	0,74	0,535	0,05
away 0 agon/antagon [%]	88,37	25,54	62,59	22,92	48,21	17,59	44,50	26,03	4,34	0,008	0,22
toward 0 agon/antagon [%]	108,87	80,19	76,77	37,32	62,98	32,98	65,67	28,12	1,50	0,227	0,09
away - 15 agon/antagon [%]	35,70	14,83	38,77	15,78	27,18	13,69	21,76	12,18	3,73	0,017	0,20
toward - 15 agon/antagon [%]	55,63	32,10	41,80	22,17	29,42	18,32	31,81	14,68	2,21	0,099	0,13

M – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *F* – statystyka Fishera; *p* – istotność statystyczna; η^2 – siła efektu.



Rycina 54. Asymetria agonistów i antagonistów w wybranych płaszczyznach w zależności od wyniku skali Sandersa

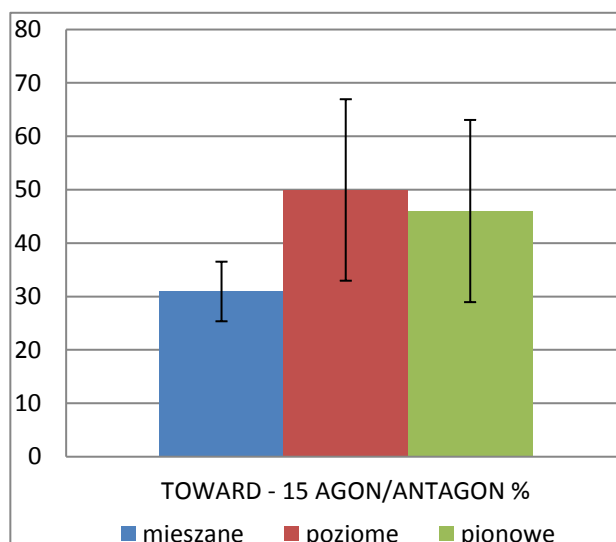
6.7. Wyniki badania za pomocą aparatu BIODEx w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a

W niniejszej pracy sprawdziłem również czy wyniki badania BIODEx różnią się w grupach pacjentów wyróżnionych na podstawie rodzaju złamania według Guy Utheza (mieszane, pionowe lub poziome). Wykonano szereg jednoczynnikowych analiz wariancji, porównując w wymienionych grupach obliczone wartości deficytu maksymalnego momentu siły oraz popędu siły, jak również procentowy stosunek agonistów i antagonistów. Okazało się, że jedynie asymetria agonistów i antagonistów (toward 15) różniła się w grupach pacjentów o różnym wyniku skali Guy Utheza. Porównania *post-hoc* przeprowadzone z wykorzystaniem testu LSD Fishera wykazały, że pacjenci ze złamaniem poziomym i pionowym nie różnili się istotnie pod względem asymetrii w wymienionej płaszczyźnie ($p = 0,689$). Natomiast pacjenci ze złamaniem mieszanym mieli istotnie większą asymetrię, niż obydwie wymienione grupy (odpowiednio $p = 0,026$ i $p = 0,041$). Wyniki przedstawiono w tabeli nr 17 i na rycinie nr 55.

Tabela 17. Wyniki badania BIODEX w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a.

	mieszane (<i>n</i> = 33)		poziome (<i>n</i> = 7)		pionowe (<i>n</i> = 10)		<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
away 15 peak torque [deficyt]	22,91	39,38	12,73	31,73	17,94	28,21	0,25	0,776	0,01
toward 15 peak torque [deficyt]	-4,76	50,62	-4,40	20,84	9,28	28,80	0,40	0,673	0,02
away 0 peak torque [deficyt]	22,17	35,48	18,89	19,12	27,26	21,86	0,16	0,852	0,01
toward 0 peak torque [deficyt]	-0,75	60,40	-6,45	34,48	1,05	44,34	0,04	0,959	0,00
away - 15 peak torque [deficyt]	21,47	33,67	16,15	16,01	-34,43	202,10	1,41	0,254	0,06
toward - 15 peak torque [deficyt]	-7,48	91,49	-21,26	58,83	17,06	30,65	0,55	0,582	0,02
away 15 impulse [deficyt]	20,89	44,00	15,28	30,45	28,58	27,26	0,25	0,781	0,01
toward 15 impulse [deficyt]	-8,72	58,61	-2,42	16,95	7,17	42,64	0,36	0,697	0,02
away 0 impulse [deficyt]	19,01	37,14	17,43	21,39	28,86	20,53	0,39	0,681	0,02
toward 0 impulse [deficyt]	-1,71	57,84	-8,53	33,52	6,14	43,18	0,17	0,847	0,01
away - 15 impulse [deficyt]	17,05	42,65	15,62	16,64	25,85	22,95	0,24	0,785	0,01
toward - 15 impulse [deficyt]	-6,23	105,51	-7,87	31,74	12,84	32,80	0,19	0,827	0,01
away 15 agon/antagon [%]	102,06	46,10	142,20	88,62	101,26	28,80	1,88	0,164	0,07
toward 15 agon/antagon [%]	141,16	71,67	168,73	76,72	119,57	56,94	1,02	0,367	0,04
away 0 agon/antagon [%]	53,96	25,83	65,19	24,79	56,24	17,27	0,62	0,543	0,03
toward 0 agon/antagon [%]	67,51	35,89	89,86	55,27	74,36	30,27	1,02	0,366	0,04
away - 15 agon/antagon [%]	28,93	16,22	36,00	13,27	37,23	14,04	1,44	0,248	0,06
toward - 15 agon/antagon [%]	30,95	16,36	49,96	22,94	46,01	27,52	4,04	0,023	0,15

M – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *F* – statystyka Fishera; *p* – istotność statystyczna; η^2 – siła efektu.



Rycina 55. Asymetria agonistów i antagonistów w wybranych płaszczyznach w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a

6.8. Jakość życia, funkcja stopy oraz nasilenie bólu w badanej grupie

W kolejnym punkcie podsumowano jakość życia, funkcję stopy oraz nasilenie bólu wśród pacjentów, u których wykonano zabieg przy użyciu gwoźdźcia śródstopiowego Calcanail. Wykorzystano do tego skalę SF-36V, skalę FFI, skalę AOFAS oraz VAS oceniającą natężenie bólu (zarówno przed, jak i po zabiegu).

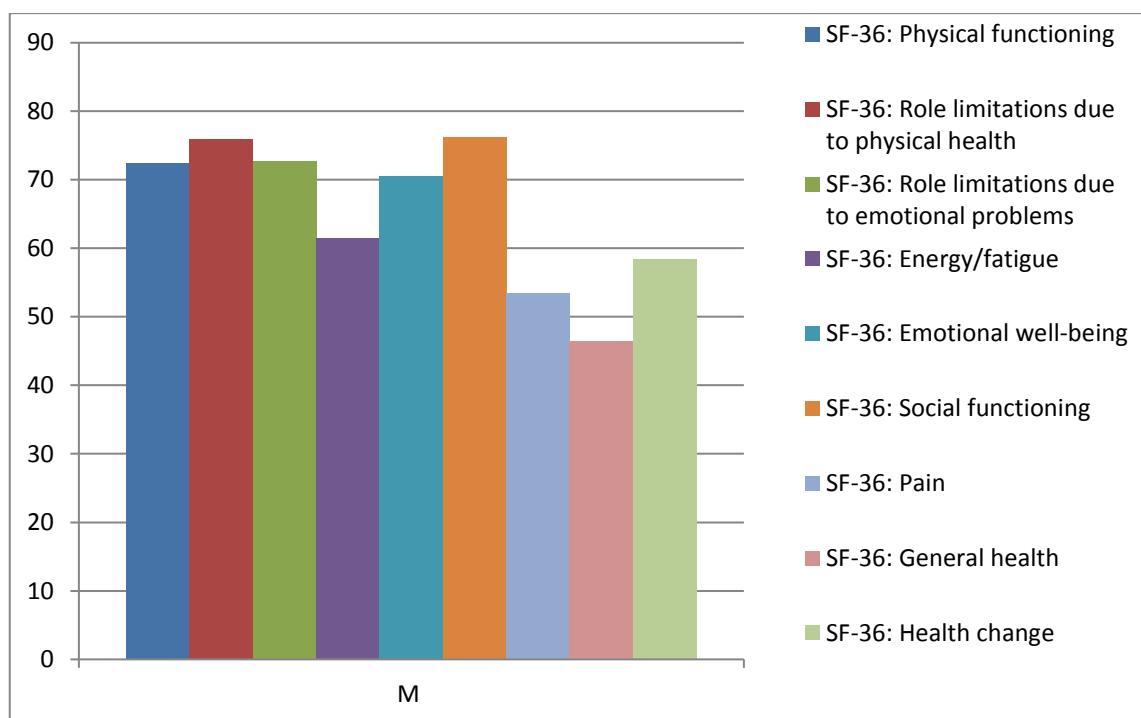
6.8.1. Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36

Jakość życia oceniona w skali SF 36 została za pomocą ośmiu wskaźników: funkcjonowanie fizyczne, ograniczenie w pełnieniu ról z powodu zdrowia fizycznego, dolegliwości bólowe, ogólne poczucie zdrowia, witalność, funkcjonowanie społeczne, ograniczenie w pełnieniu ról wynikające z problemów emocjonalnych, poczucie zdrowia psychicznego. Według polskiej wersji kwestionariusza najwyższa wartość punktowa oznacza najniższy stopień w ocenie jakości życia, natomiast najniższa wartość punktowa oznacza najwyższy poziom jakości życia. Wyniki istotny statystycznie był dla: ograniczenie w pełnieniu ról z powodu zdrowia fizycznego, ograniczenie w pełnieniu ról wynikające z problemów emocjonalnych, funkcjonowanie społeczne, ogólne poczucie zdrowia. Wyniki przedstawiono w tabeli 18 i na rycinie 56.

Tabela 18. Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36.

	M	Me	SD	Sk.	Kurt.	Min.	Maks.	W	p	95%CI LL	95%CI UL
SF-36: Physical functioning	72,50	75,00	23,52	-0,75	-0,24	15,00	100,00	0,92	0,001	65,81	79,19
SF-36: Role limitations due to physical health	76,00	100,00	37,10	-1,24	-0,03	0,00	100,00	0,66	<0,001	65,46	86,54
SF-36: Role limitations due to emotional problems	72,67	100,00	34,80	-0,94	-0,46	0,00	100,00	0,75	<0,001	62,78	82,56
SF-36: Energy/fatigue	61,40	60,00	16,07	0,30	0,33	20,00	95,00	0,96	0,086	56,83	65,97
SF-36: Emotional well- being	70,56	70,00	17,74	-0,15	-0,59	28,00	100,00	0,97	0,148	65,52	75,60
SF-36: Social functioning	76,25	75,00	20,86	-0,16	-1,41	37,50	100,00	0,86	<0,001	70,32	82,18
SF-36: Pain	53,50	57,50	26,60	-0,20	-0,93	0,00	100,00	0,96	0,079	45,94	61,06
SF-36: General health	46,40	45,00	10,05	-0,24	-0,66	25,00	65,00	0,96	0,055	43,54	49,26
SF-36: Health change	58,50	50,00	25,06	-0,11	-0,10	0,00	100,00	0,90	<0,001	51,38	65,62

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtoza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; *95%CI* – przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* - dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 56. Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36

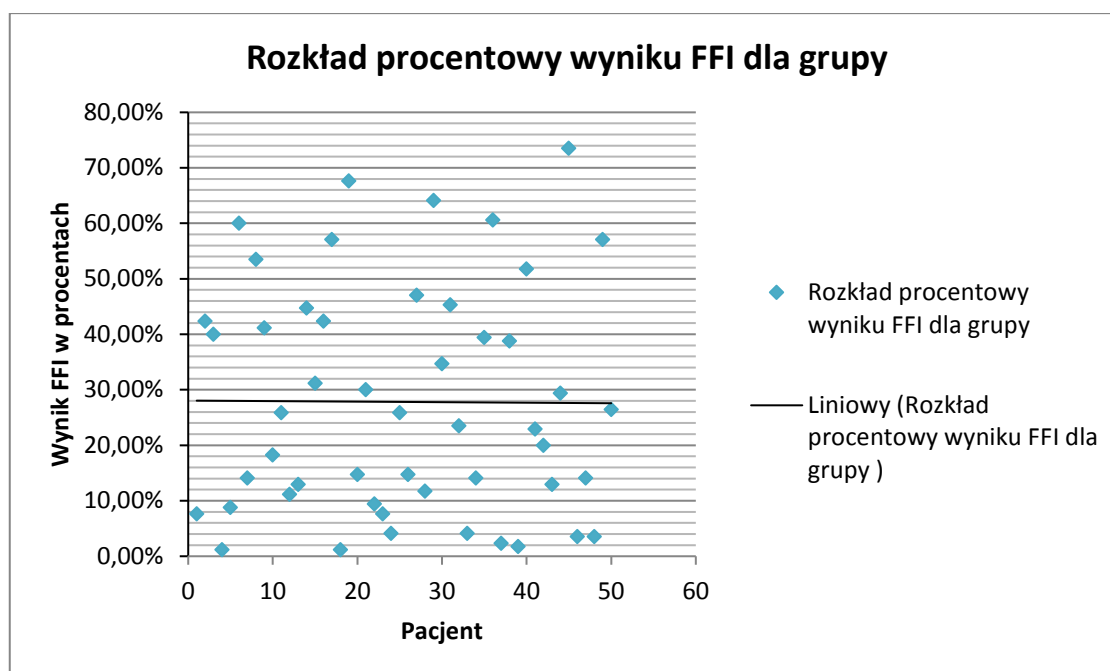
6.8.2. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza FFI

Funkcja stopy oceniona za pomocą 17 punktowego kwestionariusza FFI, a średnia wyniku dla grupy to 27,81 natomiast odchylenie standardowe wynosił 20,57. Najwyższa wartość to 73,53, a najniższa to 1,18. Wyniki przedstawione w tabeli 19 i rycinie 57.

Tabela 19. Jakość życia, funkcja stopy oraz nasilenie bólu w badanej grupie.

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	95% <i>CI</i> <i>LL</i>	95% <i>CI</i> <i>UL</i>
FFI	27,81	24,71	20,57	0,49	-0,90	1,18	73,53	0,93	0,006	21,97	33,66

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtoza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; 95%*CI* – przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 57. Rozkład procentowy wyniku FFI dla grupy, linia ciągła to średnia wartość dla grupy

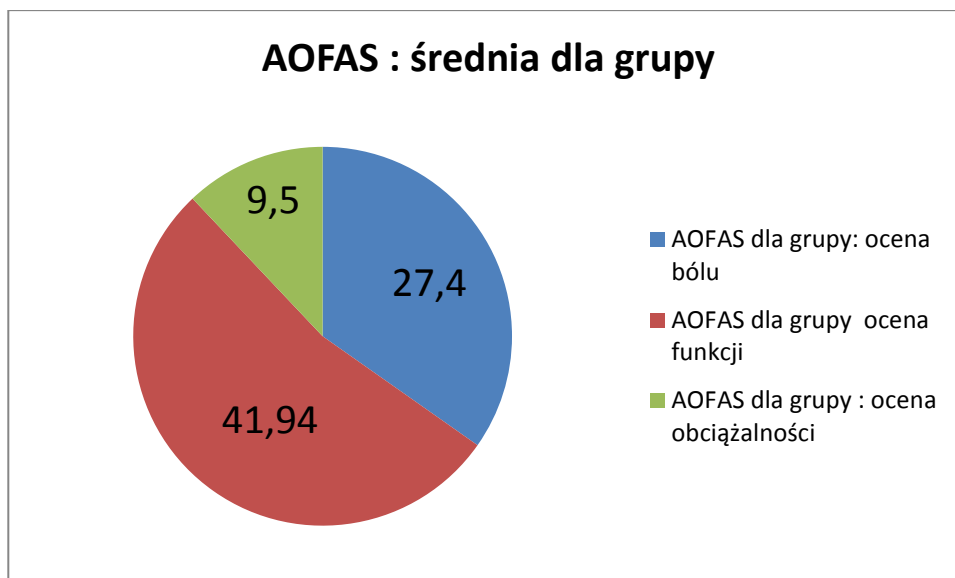
6.8.3. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS

Średnia wyniku AOFAS dla całej grupy wynosiła 78,84, a odchylenie standardowe wynosiło 12,85. Wynik dla grupy pod względem bólu to 27,4 punktu, wynik pod względem funkcji to 41,94, a wynik pod względem obciążalności to 9,5. 58. Wynik bardzo dobry uzyskało 12 pacjentów (24% grupy), wynik dobry uzyskało 25 pacjentów (50% grupy), wynik średni 13 pacjentów (26%), wynik zły nie uzyskał żaden pacjent. Wyniki przedstawiono w tabeli 20 i rycinie 58.

Tabela 20. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS w badanej grupie.

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	95%CI <i>LL</i>	95%CI <i>UL</i>
AOFAS	78,84	82,50	12,85	-0,64	0,11	43,00	100,00	0,95	0,040	75,19	82,49

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtოza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; 95%CI – przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 58. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS w badanej grupie

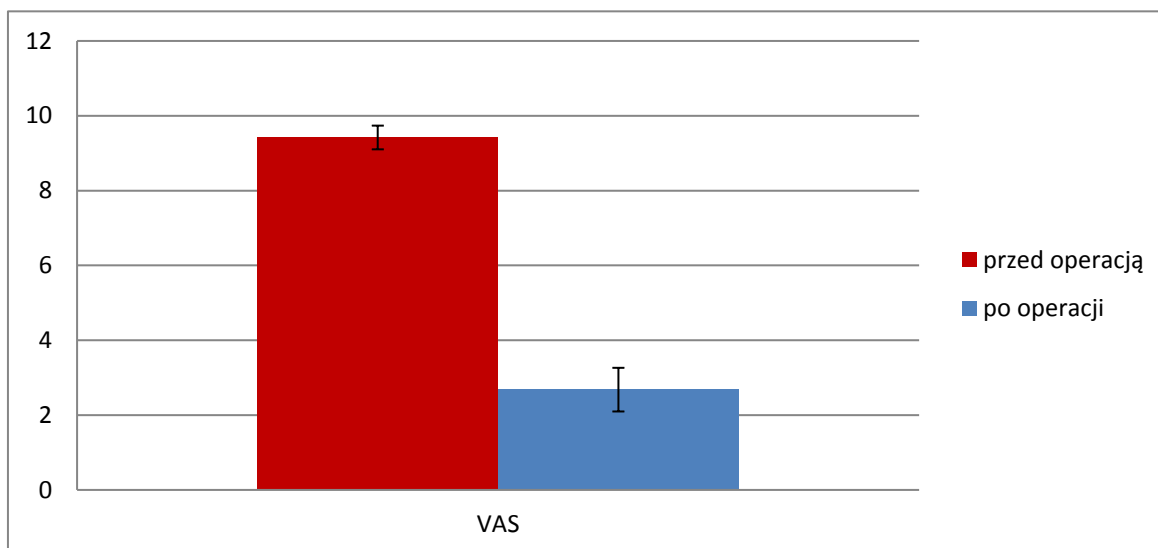
6.8.4. Nasilenie bólu ocenione za pomocą skali VAS

Natężenie bólu oceniane w skali VAS porównano przed i po zabiegu z wykorzystaniem testu Wilcoxon - wybrano test nieparametryczny z uwagi na znaczną asymetrię rozkładu w przypadku wyników oceny przed zabiegiem (skośność <-2). Wynik okazał się istotny statystycznie: $Z = -6,19$; $p < 0,001$; $r = 0,88$. Oznacza to, że poziom bólu zmniejszył się istotnie po zabiegu operacyjnym, zaś siła zaobserwowanego efektu była bardzo duża. Wyniki przedstawia tabela 21 i rycina 59.

Tabela 21. Ocena bólu w badanej grupie.

	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk.</i>	<i>Kurt.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	95%CI <i>LL</i>	95%CI <i>UL</i>
VAS przed	9,42	10,00	1,14	-2,60	9,07	4,00	10,00	0,54	<0,001	9,09	9,75
VAS po	2,68	2,00	2,10	0,25	-1,11	0,00	6,00	0,88	<0,001	2,08	3,28

M – średnia; *Me* – mediana; *SD* – odchylenie standardowe; *Sk.* – skośność; *Kurt.* – kurtoza; *Min* i *Maks.* – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; *W* – wynik testu Shapiro-Wilka; *p* – istotność; 95%CI - przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* - dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 59. Nasilenie bólu ocenione za pomocą skali VAS

6.9. Związek stanu chorej stopy z ogólnym stanem zdrowia

Aby ocenić związek stanu chorej stopy z ogólnym stanem zdrowia wykonano szereg analiz korelacji z wykorzystaniem współczynnika r Pearsona. W analizie uwzględniono wyniki skali SF-36 jako wykładniki ogólnego stanu zdrowia, zaś jako wykładniki stanu chorej stopy – wyniki skali FFI, AOFAS oraz subiektywna ocena bólu w skali VAS po leczeniu.

Niewątpliwie należy uznać, że stan chorej stopy dosyć silnie koreluje z ogólnym stanem zdrowia. Zaobserwowano istotne statystycznie, ujemne korelacje pomiędzy poziomem bólu ocenianym w skali VAS, a wynikami wszystkich domen SF-36 z wyłączeniem zmiany stanu zdrowia. Wynik wskazuje, że im wyższy poziom bólu, tym gorsza jakość życia w zakresie tych domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny funkcjonowanie fizyczne.

Zaobserwowano istotne statystycznie, ujemne korelacje pomiędzy wynikiem skali FFI, a wynikami wszystkich domen SF-36. Oznacza to, że im wyższy wynik w skali FFI, tym gorsza jakość życia w zakresie wszystkich domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny ból.

Ponadto zaobserwowano istotne statystycznie, dodatnie korelacje pomiędzy wynikiem skali AOFAS, a wynikami wszystkich domen SF-36 z wyłączeniem domen energia/zmęczenia oraz samopoczucie emocjonalne. Oznacza to, że im wyższy poziom

bólu, tym gorsza jakość życia w zakresie tych domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny ból.

Wyniki przedstawiono w tabeli 22.

Tabela 22. Związek ogólnego stanu zdrowia ze stanem chorej stopy.

	VAS	FFI	AOFAS
Physical functioning	-0,74***	-0,7***	0,57***
Role limitations due to physical health	-0,54***	-0,6***	0,44**
Role limitations due to emotional problems	-0,61***	-0,63***	0,5***
Energy/fatigue	-0,29*	-0,44**	0,15
Emotional well-being	-0,33*	-0,46***	0,16
Social functioning	-0,68***	-0,6***	0,41**
Pain	-0,7***	-0,79***	0,59***
General health	-0,44**	-0,55***	0,43**
Health change	-0,28	-0,3*	0,28*

* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

6.10. Porównanie funkcji stopy w zależności od rodzaju złamania kości piętowej

Celem określenia czy funkcja stopy różni się w zależności od rodzaju złamania, porównano wyniki skali AOFAS w grupach wyróżnionych na podstawie skali Sanders i Guy Uthez. Wykonano jednoczynnikową analizę wariancji.

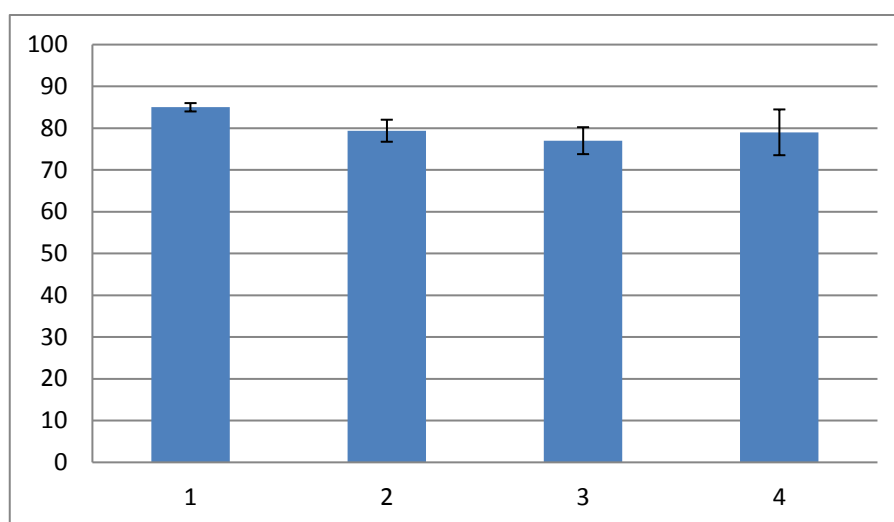
W przypadku obydwu analiz wynik nie okazał się istotny statystycznie. W przypadku skali Sanders: $F(3;46) = 0,35$; $p = 0,793$; $\eta^2 < 0,01$. W przypadku typu złamania według Guy Uthez: $F(2;47) = 0,04$; $p = 0,961$; $\eta^2 < 0,01$. Oznacza to, że funkcja stopy mierzona według skali AOFAS nie różniła się istotnie w grupach wyodrębnionych na podstawie skali Sanders i rodzaju złamania według Guy Uthez.

Wyniki przedstawiono w tabelach 23-24 i na rycinach 60-61

Tabela 23. Porównanie wyników skali AOFAS w zależności od wyniku skali Sandersa.

Skala Sandersa	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	95% <i>CI</i>	
				<i>LL</i>	<i>UL</i>
1	3	85,00	1,00	80,70	89,30
2	21	79,38	2,64	73,88	84,88
3	17	77,00	3,22	70,17	83,83
4	9	79,00	5,47	66,38	91,62

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SE* – błąd standardowy; 95%*CI* – przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.

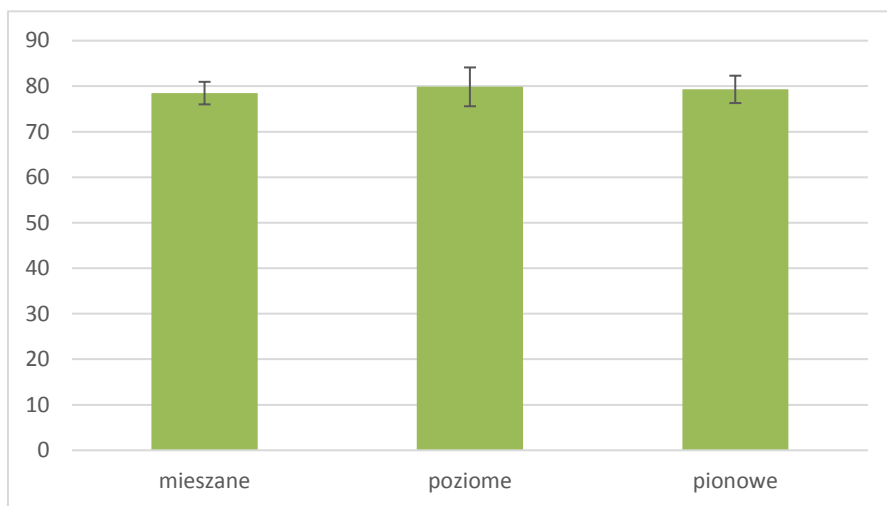


Rycina 60. Wynik według skali Sandersa a funkcja stopy według skali AOFAS

Tabela 24. Porównanie wyników skali AOFAS w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a.

Rodzaj według Guy Uthez	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	95% <i>CI</i>	
				<i>LL</i>	<i>UL</i>
mieszane	33	78,48	2,48	73,43	83,54
poziome	7	79,86	4,26	69,43	90,29
pionowe	10	79,30	3,01	72,49	86,11

n – liczba obserwacji; *M* – średnia; *SE* – błąd standardowy; 95%*CI* – przedział ufności dla średniej; *LL* i *UL* – dolna i górna granica przedziału ufności.



Rycina 61. Rodzaj złamania według Guy Uthez'a a funkcja stopy według skali AOFAS

6.11. Związek wyników skal oceniających jakość życia badanych osób, ból i funkcję stopy z wynikami badania za pomocą aparatu BIODEX

Korelacje pomiędzy wynikami uzyskanymi z kwestionariuszy oceniającymi jakość życia badanych osób, a parametrami bólu i funkcji stopy ocenionej za pomocą kwestionariusza AOFAS FFI i SF36 z parametrami BIODEX obliczono przy użyciu współczynnika r Pearsona i ρ Spearmana. Zdecydowano się przeanalizować wyniki skal AOFAS, FFI oraz SF-36, jak również poziom bólu w skali VAS po zabiegu. Z badania BIODEX wybrano obliczone wartości deficytu maksymalnego momentu siły oraz popędu siły, jak również procentowy stosunek agonistów i antagonistów.

Analiza wykazała, że poziom bólu po zabiegu, mierzony według skali VAS był istotny statystycznie, dodatnio skorelowany z deficytami w zakresie popędu siły (toward 15, away -15). Wyniki sugerują, że im większy poziom bólu, tym większe deficyty w wymienionym zakresie.

Wynik skali FFI był istotnie statystycznie, dodatnio powiązany z deficytem w zakresie maksymalnego momentu siły (away 15). Obserwowano korelację, że im wyższy wynik w skali FFI, tym większy wymieniony deficyt.

Wynik skali AOFAS był istotnie statystycznie, ujemnie powiązany z deficytami w zakresie maksymalnego momentu siły (toward 15, toward 0, toward -15) oraz popędu

siły (toward 15, toward 0, away -15, toward -15). Zatem, im większe były deficyty w wymienionym zakresie, tym niższy uzyskiwano wynik skali AOFAS.

Wynik domeny SF-36 "funkcjonowanie fizyczne" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowany z deficytami w płaszczyźnie away -15 (zarówno maksymalnego momentu siły jak i popędu siły). Oznacza to, że im większe deficyty w wymienionym zakresie, tym gorsze funkcjonowanie fizyczne.

Wynik domeny SF-36 "ograniczenia związane z funkcjonowaniem fizycznym" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowany z deficytem maksymalnego momentu siły w płaszczyźnie away -15. Wynik wskazuje, że im większy deficyty w wymienionym zakresie, tym większe ograniczenia w funkcjonowaniu fizycznym.

Wynik domeny SF-36 "witalność" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowany z deficytem maksymalnego momentu siły w płaszczyźnie away -15. Oznacza to, że im większy deficyty w wymienionym zakresie, tym gorsza witalność.

Wynik domeny SF-36 "zdrowie ogólne" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowany z deficytami w płaszczyźnie toward -15 (zarówno maksymalnego momentu siły jak i popędu siły). Zatem, im większe deficyty w wymienionym zakresie, tym gorsze zdrowie ogólne.

Wynik domeny SF-36 "zmiana stanu zdrowia" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowany z deficytem maksymalnego momentu siły w płaszczyźnie toward 15. Oznacza to, że im większy deficyty w wymienionym zakresie, tym gorsza wynik wymienionej domeny.

Wyniki przedstawiono w tabeli 25.

Tabela 25. Związek wyników skal oceniających jakość życia, ból i funkcję stopy z deficytami obliczonymi według badania BIODEx.

	VAS	FFI	AOFAS	PF	RP	RE	VT	MH	SF	BP	GH	HC
away 15 peak torque [deficyt]	0,09	0,29*	-0,19	-0,09	-0,16	-0,22	-0,14	-0,06	-0,07	-0,14	-0,14	-0,12
toward 15 peak torque [deficyt]	0,22	0,18	-0,34*	-0,17	-0,21	-0,17	-0,23	-0,05	-0,07	-0,16	-0,26	-0,26
away 0 peak torque [deficyt]	0,05	0,19	-0,23	-0,08	-0,14	-0,22	-0,12	-0,15	-0,04	-0,03	-0,08	-0,12
toward 0 peak torque [deficyt]	0,25	0,2	-0,4**	-0,21	-0,21	-0,2	-0,04	0,03	-0,11	-0,11	-0,26	-0,16
away - 15 peak torque [deficyt]	0,21	0,22	-0,24	-0,35*	-0,3*	-0,26	-0,16	-0,09	-0,14	-0,16	-0,13	-0,19
toward - 15 peak torque [deficyt]	0,26	0,21	-0,37**	-0,13	-0,18	-0,16	-0,1	0,01	-0,25	-0,04	-0,34*	-0,05
away 15 impulse [deficyt]	0,13	0,28	-0,22	-0,11	-0,09	-0,19	-0,14	-0,06	-0,03	-0,14	-0,12	-0,11
toward 15 impulse [deficyt]	0,32*	0,16	-0,44**	-0,26	-0,21	-0,18	-0,2	-0,13	-0,09	-0,23	-0,24	-0,3*
away 0 impulse [deficyt]	0,1	0,22	-0,22	-0,12	-0,19	-0,25	-0,13	-0,2	-0,1	-0,1	-0,07	-0,08
toward 0 impulse [deficyt]	0,26	0,19	-0,42**	-0,23	-0,23	-0,23	-0,07	0,01	-0,09	-0,12	-0,26	-0,21
away - 15 impulse [deficyt]	0,28*	0,27	-0,3*	-0,33*	-0,22	-0,25	-0,36*	-0,21	-0,21	-0,2	-0,14	-0,1
toward - 15 impulse [deficyt]	0,24	0,23	-0,36**	-0,12	-0,22	-0,18	-0,12	-0,04	-0,26	-0,07	-0,35*	-0,06
away 15 agon/antagon [%]	0,06	-0,09	-0,08	-0,03	0,14	0,06	0,11	0,11	-0,09	0,08	-0,02	-0,25
toward 15 agon/antagon [%]	-0,07	-0,03	0,05	0,09	0,09	0,01	0,19	0,11	-0,01	0,18	0,04	-0,09
away 0 agon/antagon [%]	-0,01	-0,04	-0,03	-0,02	0,11	0,14	0,11	0,06	0,08	-0,01	-0,07	-0,1
toward 0 agon/antagon [%]	-0,11	-0,07	0,1	0,06	0,09	0,02	0,19	-0,05	0,06	0,09	0,01	0,05
away - 15 agon/antagon [%]	-0,15	-0,08	0,08	0,04	0,08	0,06	0,12	0,08	0,08	0,08	-0,08	0,1
toward - 15 agon/antagon [%]	-0,15	-0,12	0,11	0	0,01	0,01	0,2	-0,02	0,12	0,02	0,06	0,08

* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

6.12. Ocena powikłań infekcyjnych po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail.

Analiza grupy pacjentów po leczeniu operacyjnym złamania kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail nie wykazała żadnego przypadku powikłania infekcyjnego, a także przedłużonego gojenia ran pooperacyjnych.

7. Omówienie wyników i dyskusja

Leczenie złamań kości piętowej to ważny i aktualny temat w chirurgii urazowej [197-204]. Światowe piśmiennictwo udowadnia nie tylko przewagę leczenia operacyjnego [8, 14-15, 39, 46, 106] nad zachowawczym. Ale również przewagę leczenia małoinwazyjnego gwoździem śródszpikowym Calcanail nad leczeniem otwartym z zastosowaniem płyty LCP [205]. Leczenie zachowawcze bez interwencji chirurgicznej powoduje przewlekły ból, przyspieszony rozwój choroby zwyrodnieniowej stawu podskokowego z powodu braku kongruencji, a w końcu dysfunkcję stopy i trudności w poruszaniu się [6, 14, 34, 206-207]. Choć coraz to bardziej przyjęty jest na świecie trend leczenia operacyjnego, znane są też głosy przeciwko zaopatrzeniu chirurgicznemu. Pozo w swoim subiektywnym, obiektywnym i radiologicznym badaniu poddał 21 pacjentów z okresem obserwacji od 8 do 29 lat. 76% grupy pacjentów uzyskało dobry wynik przy niewielkich problemach, które nie kolidowały z ich zajęciami zawodowymi. Wieloletnie obserwacje ujawniły iż choć dwie trzecie pacjentów osiągnęło dobry wynik po dwóch lub trzech latach, 24% nadal poprawiało się przez kolejne sześć lat [100]. Znaczna część badaczy jest zdania, że nie mamy wystarczających dowodów by promować jedną terapię nad drugą. Niektóre wśród nich obejmują badania nierandomizowane lub quasi-randomizowane inne zawierają wiele badań na tych samych pacjentach [208]. Dostępne publikacje ujawniają duże rozbieżności w postępowaniu po złamaniu kości piętowej. Meta-analiza Bruca pochodzi z jednego dużego, wieloośrodkowego badania przeprowadzonego ponad 23 lata temu, łącznie 602 pacjentów. Nie stwierdzono istotnych różnic między leczeniem chirurgicznym lub zachowawczym w zakresie sprawności funkcjonalnej i związanej ze stanem zdrowia jakości życia po trzech latach od złamania. Chociaż zgłaszano większe ryzyko poważnych powikłań po operacji, samoistne artrodezy stawu podskokowego były znacznie częstsze po leczeniu zachowawczym. Meena w swojej meta-analizie donosi iż leczenie operacyjne zapewnia lepszy wynik funkcji stopy w skali AOFAS, ale jednocześnie naraża na częstsze powikłania (54%) w porównaniu z leczeniem zachowawczym. Zauważa, że leczenie operacyjne nie powinno obejmować pacjentów obciążonych cukrzycą, chorobą niedokrwinną kończyn, otyłością, palaczy i chorych z dodatkowymi współistniejącymi urazami. Wskazuje również przewagę leczenia małoinwazyjnego, a późniejsze operacje rewizyjne jak usztywnienie podskokowe jest

stosunkowo łatwiejsze po odzyskaniu warunków anatomicznych pięty [34]. Meta-analiza Jiang'a z 2012 roku, którą ocenił na przestrzeni 31 lat, ujawniła iż pacjenci po operacji choć mieli wyższe wartości kątowe kąta Böhlera ($P < 0.0001$), bardziej stałą wysokość kości piętowej ($P = 0.0009$) i mniejszą szerokość kości piętowej ($P < 0.00001$) potrzebowali większego obuwia ($P = 0.0004$), ale za to byli w stanie podjąć wcześniej wykonywaną pracę ($P = 0.004$). Dodatkowo nie zauważył różnicy w występowaniu bólu po leczeniu operacyjnym jak i zachowawczym ($P = 0.49$), ale ryzyko powikłań było wyższe w grupie operowanych ($P = 0.008$), a wynik funkcjonalny stopy wyższy [209]. Podobna w wynikach i wnioskach jest meta-analiza Wei, gdzie uwzględniono osiemnaście badań (8 badań randomizowanych i 10 badań klinicznych z grupą kontrolną) obejmujących 1467 pacjentów [6]. Zhang w swojej pracy przytoczył wniosek, że choć zużycie obuwia się zmniejszyło i wydolność chodu zwiększyła się to leczenie operacyjne z wysokim odsetkiem powikłań ostatecznie niweczyło dobry wynik końcowy, w porównaniu do leczenia nieoperacyjnego [210]. W swoim prospektywnym, randomizowanym, wieloośrodkowym badaniu Agren poddał badaniu 82 pacjentów z podziałem na 42 chorych w grupie leczonej operacyjnie i 40 w grupie nieoperacyjnej. Niezależni obserwatorzy analizowali dwie grupy radiologicznie i klinicznie od 1 roku do 12 lat. Wyniki nie różniły się istotnie między dwiema grupami leczenia po jednym roku obserwacji. W okresie od ośmiu do dwunastu lat obserwacji zauważono tendencje do lepszych wyników w zakresie zgłaszanego przez pacjenta pierwotnego wyniku VAS dla bólu i funkcji ($p = 0,07$) oraz SF-36 ($p = 0,06$) w grupie poddanej operacji. Ryzyko rozwoju pourazowej choroby zwyrodnieniowej w grupie operacyjnej było dużo mniejsze niż w grupie nieoperacyjnej (zmniejszenie ryzyka o 41%)[95]. Liu w swojej pracy z 2015 roku wykazał 4.4 razy większe ryzyko rozwoju choroby zwyrodnieniowej w grupie nieoperowanej niż w grupie po chirurgicznej repozycji [211].

Kąt Böhlera to przydatne narzędzie przesiewowe w diagnostyce złamań. Poważne złamanie pięty powoduje znaczne zmniejszenie lub utratę kąta Böhlera. W badaniu dochodzi do istotnego statystycznie zwiększania średniego kąta Böhlera (zakres -20° do $+40^{\circ}$) gdzie przed operacją wynosił $7,9^{\circ}$ a po operacji $30,10^{\circ}$. Podobny wynik uzyskał Goldzak, który wykazał, że średni kąt Böhlera przed operacją wynosił $6,9^{\circ}$ a po operacji 30° (badana grupa to 63 osoby ze średnią wieku 50.3 lat) [56]. W kolejnej publikacji Goldzak odnotował średni przedoperacyjny kąt Böhlera $+4^{\circ}$, a pooperacyjny $+22^{\circ}$ [169].

Herlyn w swoim badaniu potwierdza podobną poprawę kąta Böhlera z 14.0° ($+ 2.6^{\circ}$) do 29.0° ($+ 1.9^{\circ}$) [205]. Publikacja Gonzalesa, w której porównał grupę operowaną z nieoperowaną, potwierdza istotny wzrost wartości Böhlera z -1° ($\pm 18^{\circ}$) do 26° ($\pm 9^{\circ}$) po operacji, a także ośmiostopniowym spadkiem wartości kąta Böhlera w obu grupach w okresie kilku miesięcy [212]. Badanie Labronici nad zmianą kąta Böhlera przed i poperacyjnie wykazało, że jeżeli kąt przedoperacyjny był prawidłowy, kąt Böhlera pooperacyjny był średnio 1,28 razy większy od pomiaru przedoperacyjnego. Natomiast jeśli przedoperacyjny kąt Böhlera był nieprawidłowy, kąt pooperacyjny był średnio 17,3 razy większy niż pomiar przedoperacyjny. Ponadto cięższe złamania dają lepsze wyniki anatomiczne w porównaniu z umiarkowanymi złamaniami [213]. W badaniu Loucksa złamania ze znacznie zmniejszonym kątem Böhlera charakteryzowały się gorszym wynikiem dwuletnim, niezależnie od leczenia, a początkowy kąt Böhlera był wysoce prognostyczny, niezależnie od metody leczenia [214]. W badaniu obserwowalem normalizację wartości, kąt Gissana (zakres $+120^{\circ}$ do $+145^{\circ}$) z $119,84^{\circ}$ do $108,70^{\circ}$. Co prawda zakres kątowy kąta Gissana zmniejsza się po repozycji, jednak nie oscyluje w wartościach uznanych za normatywne. Skala pomiaru błędu dla kąta Gissana nie jest znana, ale przyjmuję się $-8,8^{\circ}$ odchylenia. Kąty Böhlera i Gissane'a uważane są za istotne parametry, które kierują strategią leczenia. Z tego powodu boczne radiogramy muszą być jak najbardziej dokładne jednak typowe błędy pomiaru nie są istotne w przypadku podejmowania decyzji terapeutycznych [215]. Podobne wartości kąta Gissana uzyskano w badaniu Herlyn 112.6° ($+ 2.9^{\circ}$) przed operacją i 108.0° ($+ 1.5^{\circ}$) po operacji. W badaniu autor wskazuje na dobrą wartość prognostyczną i korelację z kątem Böhlera [205]. Należy zauważyć, iż uzyskane anatomiczne i bliskie anatomii odtworzenie stawu podskokowego po zabiegu operacyjnym wg kryteriów Sandersa, potwierdza istotę repozycji śródogniskowej i utrzymanie repozycji za pomocą implantu Calcanail [172]. Odtworzenie kształtu stopy to podstawa przywrócenia funkcji stopy, którą potwierdzają liczne badania [22, 216]. Przywrócenie szerokości i wysokości kości piętowej oraz osi kości piętowej to ważne czynniki prognostyczne, które zasadniczo wpływają na funkcje stopy [108, 127, 211, 217-218]. Główne deformacje po złamaniu kości piętowej to poszerzenie szerokości i obniżenie wysokości kości piętowej, w mniejszym stopniu skrócenie. Deformacje te wpływają później na powstanie konfliktów, które przekładają się na gorszy wynik funkcjonalny stopy. Badanie Paleya jasno sugeruje, iż częściej ból po złamaniu kości piętowej wynika z zaburzonej

biomechaniki stopy niż z pourazowej choroby zwyrodnieniowej. Ruchomość stawu podskokowego jest zależna od kształtu i kongruencji stawu podskokowego. Jednak ograniczenie to nie musi wpływać aż tak na utratę funkcji. Ważniejsza wydaje się zmiana przestrzenna (szerokość, wysokość i długość) kości piętowej, która prowadzi do utraty i pogorszenia funkcji stopy [164]. Badanie Stagni na temat biomechaniki stawu skokowego i stopy podkreśla istotność kongruencji stawów stopy i wzajemną równowagę biomechaniczną. Każde odchylenie od tej równowagi wymaga rozciągania lub wydłużenia więzadeł, wgniecenie lub oddzielenie powierzchni stawowych, a tym samym nałożenie sił zewnętrznych. Traktuje staw podskokowy jako elastyczną konstrukcję, w której wszystkie powierzchnie oddziałują ze sobą i przenoszą siły symultanicznie do obciążenia tyłostopia [58]. Autor jest zdania, że kluczowym ruchem w obrębie stawu podskokowego jest transmisja ruchu rotacyjnego ze stawu skokowego górnego na przodostopie, a także amortyzacja we wczesnej fazie podpory, co ogranicza ryzyko wystąpienia zmian zwyrodnieniowych.

Wyniki niniejszego badania wskazują istotne statystycznie zmiany zwiększenia wysokości kości piętowej ze średniej 37,80 mm przed operacją, do średniej 45,64mm po operacji oraz zmniejszenia szerokości kości piętowej ze średniej 44,08 mm przed operacją, do średniej 37,84 mm po operacji. Podobne wyniki uzyskał Fourgeaux [219]. Skorelowane parametry obliczone na podstawie badania RTG w tym kąt Bohler'a, kąt Gissana, wysokość nie były istotnie skorelowane z deficytami obliczonymi w badaniu BIODEx. Również wyniki skali AOFAS nie były zasadniczo skorelowane z parametrami ilościowymi obliczonymi w badaniu RTG. W pracy odnotowano równowagę pomiędzy skalą złamania typu Sanders i Guy Uthez'a z wynikiem funkcjonalnym wg AOFAS. Wynik ten co ciekawe nie koreluje już w odniesieniu do badania BIODEx, ale można przyjąć iż dana równowaga wynika z dobrej repozycji odłamów odzyskując podobne parametry anatomiczne i zrównując szanse w każdej z grup podziałów złamań. Dla podniesienia prawdziwości tezy poddano korelacji skale Sanders i Guy Uthez'a ze sobą, wynik nie okazał się istotny statystycznie co dowodzi braku związku między nimi i wskazuje, że te skale są różne. W badaniu Zemana stwierdzono, iż duże przemieszczenia w klasyfikacji Sandersa jest proporcjonalne do skali AOFAS, w którym następuje proporcjonalny spadek wyniku AOFAS, w stosunku do ciężkości złamania. Wiąże się to z niższym wynikiem AOFAS w przypadku

większej pooperacyjnej niekongruencji stawu podskokowego. Im niższa jakość repozycji złamania, tym gorszy wynik czynnościowy. Stopień akceptowalnego przemieszczenia w obrębie stawu podskokowego wciąż budzi kontrowersje i rozbieżność zdań. Przemieszczenie 1 mm uznawane jest przez Rammelta i Zwippa za wartość graniczną ponieważ powyżej 1-2 mm wynik okazywał się dużo gorszy, co wynikało ze wzrostu przeciążeń kongruentnej chrząstki. Wg Sandersa anatomiczne nastawienie jest potrzebne dla uzyskania dobrego wyniku funkcjonalnego i granicą jest wartość uskoku 3 mm. Potwierdza to badanie Maluchy, w którym eksperymentalnie zbadano rozkład ciśnienia stawu podskokowego po złamaniu, w korelacji z przemieszczeniem 1 do 2mm [101]. Również badania biomechaniczne Sangeorzana wykazało, że stosunek obszaru wysokiego nacisku (<5 MPa) do powierzchni styku w stawie podskokowym był istotnie zwiększony tylko przy przemieszczeniach 5 i 10 mm [102]. Zły wynik końcowy Sanders obwinia w pourazowym uszkodzeniu, zmiążdżeniu chrząstki stawowej. Dotyczy to przypadków, w których uzyskano bliską anatomiczną repozycję stawu podskokowego, bez powikłań, a wynik jest zły. Podobnie jak Hall i Pennal, Gallie, uważa że duże rozkawałkowanie i wysokoenergetyczne uszkodzenie chrząstki stawowej, jak to ma miejsce w złamaniu typu IV wg Sandersa, przesądza o pourazowej artrodezii i samoistnej ankylozie podskokowej [138]. W grupie leczonych chorych uzyskano 90% anatomiczne odtworzenie stawu podskokowego wg kryteriów Sandersa. Tym samym, repozycja śródogniskowa umożliwia przywrócenie warunków anatomicznych, sam implant zapewnia utrzymanie uzyskanej repozycji. Nie odnotowałem również przedłużenia gojenia kości ani konieczności opóźnienia pełnego obciążenia kończyny u pacjentów. Niestety, nie wszystkie gwoździe mają podobną stabilność zespolenia. Jak dotąd wskazania do osteosyntezy C-Nail obejmują tylko pacjentów ze złamaniami Sandersa typu II [220]. W 2016 roku Zwipp i wsp. przedstawili grupę 106 pacjentów z osteosyntezą implantu C-Nail, gdzie odsetek powikłań infekcyjnych wynosił 1,9%, a reszta wyników była porównywalna. W 2015 roku Pompach opublikował podobną grupę, w której powierzchowne martwice skóry występują u 1,9%, a głębokie zakażenia u 0,9% w osteosyntezie implantu C-Nail [167]. Alternatywą do gwoździa C-nail jest gwóźdź śródszpikowy Radomskii A. i Ryabokon P. z Ukrainy. Idea gwoździa jest podobna do C-nail jednak zastosowano śrubę, która w projekcji strzałkowej stabilizuje skompresowaną powierzchnię stawową tylną. Zakres zaopatrzenia tym gwoździem jest rozszerzony do stopnia III wg Sandersa natomiast

wstępne badania są opracowane na małej grupie pacjentów [221]. W pracy Gajdosikowa, w której użyto gwoździe typu C-nail uzyskano 42% prawdopodobieństwa niepowodzenia [222]. Pomimo dużych postępów w technikach operacyjnych znaczna część pacjentów nadal pozostaje z dystrofią pourazową i niestabilnością stopy. W mojej pracy nie odnotowałem istotnego przemieszczenia w trakcie obserwacji pooperacyjnej. Wydaje się, że istotna jest unikalna korona gwoździa, a także śruby, które w projekcji czołowej stabilizują wtórne przemieszczenia kompresyjne jak i osiowe. Choć system Calcanail zakłada w technice operacyjnej dodatkowe śruby, to dedykowane są one dla złamań niestabilnych z przemieszczeniem guza piętowego [223] lub niestabilną częścią podpórki [224]. Również Goldzak nie odnotowuje większych różnic między stabilnością gwoździa śródszpikowego, a stabilną płytką kątową w modelu biomechanicznym [172].

ORIF i zespolenie przy użyciu płyty LCP to złoty standard postępowania w leczeniu operacyjnym złamania DIACF kości piętowej. Niestety, rozległy dostęp boczny obarczony jest wysokim odsetkiem powikłań infekcyjnych ze względu na słabe ukrwienie odwarstwionego płata. Martwica skóry, infekcja powierzchowna lub głęboka, problemy z gojeniem rany takie jak rozejście się szwów pooperacyjnych, uszkodzenie struktur nerwowych i podrażnienie ścięgien mięśni strzałkowych sięga 33% w badaniach retrospektywnych wg Abidi [38] i 16% w randomizowanym prospektywnym badaniu Howarda [39]. Metoda ORIF skaryfikuje tkanki co powoduje dużą sztywność operowanej okolicy. Stosując metodę Calcanail u operowanych chorych nie odnotowano martwicy skóry, infekcji powierzchownej lub głębokiej, problemów z gojeniem rany czy uszkodzeń struktur naczyniowo – nerwowych operowanej okolicy. Dodatkowo w badaniu klinicznym pooperacyjnym zwrócono szczególną uwagę na miejsce wprowadzenia gwoździa, z powodu nowatorskiego dostępu operacyjnego. Żaden z operowanych chorych nie podawał bólu w miejscu dostępu operacyjnego.

W pracy odnotowano jeden przypadek zaburzenia odtworzenia osiowości kości piętowej. Wynik ten jest podyktowany dużym pierwotnym przemieszczeniem osiowym i dużym skróceniem kości piętowej u tego pacjenta gdzie korekcja była niewystarczająca. Analiza publikacji odnośnie zaburzeń osiowych wskazuje na częsty problem odtworzenia osi kości piętowej w zależności od metody operacyjnej jak i dostępu operacyjnego [225-227]. Trudną do uzyskania repozycji złamania pod kontrolą

fluoroskopii wskazuje badanie Sandersa i Tomesena, który uważa, że repozycja po kontroli RTG powinna być ograniczona do przypadków dużych fragmentów kostnych i bez dużego rozdrobnienia [220, 228]. Praca Zemana poddaje wątpliwość repozycji pośredniej drutem Kirschnera wg. Stehlíka i Štulíka gdy jej część środkowa zostaje obrócona i wbita w obszar trójkąta neutralnego, a zamknięta repozycja jest w tym przypadku prawie niemożliwa. Stosując metodę Calcanail zdarzały się trudne przypadki w repozycji złamanego fragmentu jednak nie niemożliwe [220]. Istota repozycji w technice Calcanail polega na funkcjonalnym obrazie w skopii RTG, co przekłada się na prawidłowym ułożeniu bocznym pacjenta i dopasowaniu możliwości obrazowania skopii. W trakcie operacji potrzebna jest prawidłowa projekcja osiowa Brodena, w której można kontrolować położenie przemieszczonego fragmentu powierzchni stawowej tylnej kości piętowej. Dodatkowo użycie dystraktora Caspara ułatwia tą repozycję [204]. Problem repozycji przemieszczonych fragmentów jest popularnym tematem w publikacjach, a sama technika Calcanail dopuszcza ułożenia boczne jako alternatywę, a nie jako główne. Niestety, ta alternatywa prowokuje do gorszych rezultatów repozycji gdyż samo ułożenie na brzuchu czy plecach jest niewygodne w trakcie operacji. Dodatkowo przy skomplikowanym złamaniu może dawać gorsze rezultaty [204]. Podobnego zdania jest Rammelt i Zwipp, którzy uzyskiwali lepszą kongruencję stawu i mniejszy uskok stawu podskokowego przy pomocy skopii RTG, ale też dodatkowego obrazu w artroskopii [77]. Radnay rekomenduje, iż kształt kości piętowej należy odtwarzać, a zaburzenia osiowe niwelować gdyż wyniki artrodezy są lepsze od wyników usztywnienia, w przypadku deformacji kości piętowej i wtórnej rekonstrukcji [229]. Ponadto dobry wynik radiologiczny nie zawsze koreluje z dobrymi wynikami funkcji [216]. Poza w swojej wieloletniej (14,6 lat) obserwacji omawia rolę tkanek miękkich w etiologii objawów resztkowych, które nie korelowały z radiologicznym i klinicznym stopniem sztywności i niepełnosprawnością funkcjonalną [100]. Badania wskazują, że częstą przyczyną bólu i przewlekłej niewydolności stawu skokowego i stopy jest nieprawidłowy zrost przemieszczonej ściany bocznej. Badanie Brały dobitnie wskazuje na problem bocznego przyparcia zdeformowanej ściany i konfliktu ścięgien strzałkowych z usidleniem nerwu łydkowego. Jest zdania, że wczesna dekompresja ściany bocznej i kompleksu ścięgna-nerwowego powinna być częściej stosowana przed artrodezą podskokową gdy zmiany zwyrodnieniowe nie są tak rozwinięte [230]. Również Lui

wskazuje na istotę problemu bólu, impingementu piętowo-strzałkowego i proponuje małoinwazyjną artroskopię części tylnej i bocznej stawu podskowego [231]. Innego zdania jest Chen, który oprócz dekompresji bocznej, argumentuje podskokową dystrakcję i stabilizację odtworzonej wysokości kości piętowej przeszczepem bloku kostnego [232]. Pomimo dużych postępów w technikach operacyjnych, znaczna część pacjentów nadal pozostaje z dystrofią pourazową i niestabilnością stopy. Wracając do wyników korelacji skali złamania typu Sanders z wynikiem badania BIODEx można stwierdzić, iż jedynie asymetria agonistów i antagonistów (away 0 i away -15) różniła się w grupach pacjentów o różnym wyniku skali Sandersa. Wyniki wskazują na większe ograniczenia ruchowe adekwatnie do wyższego stopnia złamania wg Sandersa. Największe różnice w badaniu BIODEx były pomiędzy 1 i 2 stopniem, a 3 i 4 w płaszczyźnie away 0 i -15. Analiza badania BIODEx w korelacji z podziałem Guy Utheza wykazała asymetrię agonistów i antagonistów (toward 15), która nie różniła się istotnie w wymienionej płaszczyźnie u pacjentów ze złamaniem poziomym i pionowym ($p = 0,689$), ale pacjenci ze złamaniem mieszanym mieli istotnie większą asymetrię niż obydwie wymienione grupy (odpowiednio $p = 0,026$ i $p = 0,041$). Potwierdza to, że złamanie mieszane wg Guy Utheza jest częstsze i ma gorszy wynik funkcjonalny [233-234].

W niniejszym badaniu średnia wyniku AOFAS dla całej grupy wynosiła 78,84 a odchylenie standardowe wynosiło 12,85. Wynik bardzo dobry w skali AOFAS wg Dudkiewicza uzyskało 12 pacjentów (24% grupy), wynik dobry uzyskało 25 pacjentów (50% grupy), wynik średni 13 pacjentów (26%), wynik zły nie uzyskał żaden pacjent. Wynik skali AOFAS był ujemnie skorelowany z deficytami zgięcia grzbietowego ($15^{\circ}, 0^{\circ}, -15^{\circ}$), w zakresie maksymalnego momentu siły oraz popędu siły i był istotnie statystycznie. W badaniu Su wskazuje znaczną różnicę w wyniku AOFAS w grupie operacyjnej ($83,4 \pm 9,7$) i nieoperacyjnej ($74,7 \pm 10,3$) i była istotna statystycznie ($P < 0,001$) [235]. Badanie Rammelta pokazuje, że wynik AOFAS korelował z wynikiem gorszej repozycji. W obserwacji mediana wyniku AOFAS wyniosła 72,6 co świadczy, iż anatomiczna repozycja stawu skokowego jest ważnym czynnikiem prognostycznym, chociaż nie koniecznie całkowicie zapobiega rozwojowi choroby zwyrodnieniowej. Przyjęta granica przemieszczenia o więcej niż 1-2 mm prowadzi do zmiany rozkładu ciśnienia w stawie podskokowym i gorszego wyniku ostatecznego w badaniu FFI [236].

Implikacja Qiang'a, w której koreluje rekonstrukcje długości i wysokości z wynikami klinicznymi nie była istotna statystycznie ($P > 0,05$). Natomiast przywrócenie kąta Bohlera i kąta Gissane'a miało istotną korelację z lepszym wynikiem AOFAS ($P < 0,001$) [237]. 2.8 letnie obserwacje Fourgeaux'a po leczeniu operacyjnym DIACF przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego istotnie poprawia szerokość kości piętowej z 50mm do 46 mm, a średnia wartość AOFAS wyniosła 79 [219]. Kalkaneoplastyka Vincentiego wykorzystująca ligamentotaksję ze stabilizacją drutami "K" i uzupełnieniu ubytku kostnego fosforanem trójwapniowym, również daje w rocznej obserwacji wysoki wynik 82 punktów. Niestety aż 7% pacjentów miało powikłania pod postacią infekcji [197]. Najnowsza technika operacyjna w leczeniu złamań przestawowych kości piętowej, to połączenie techniki osteosyntezy małoinwazyjnej z artroskopią stawu podskokowego (PACO). Wg Grüna technika ta pozwala uzyskać dobre wyniki kliniczne (AOFAS 85) i niskie ryzyko powikłań. Niestety krzywa uczenia jest długa i technicznie skomplikowanym [238]. W badaniu Herlyn wyniki AOFAS i FFI nie wykazały różnic w obu grupach leczonych małoinwazyjnie gwoździem śródszpikowym (AOFAS - 71,6 i FFI - 27,3%) i z dostępu bocznego ORIF (AOFAS - 69,1 i FFI - 27,1%) [205]. Na uwagę zasługuje praca Baca, w której przedstawia wyniki leczenia operacyjnego przy pomocy zamkniętej repozycji i stabilizacją mniej skomplikowanej i zmodyfikowanej techniki przezskórnej grotami Schanza. Badanie objęło 114 pacjentów z obserwacją 4 letnią. Średni wynik AOFAS wyniósł 80,4 (zakres od 47 do 92), co wskazuje, że zmodyfikowane przezskórna repozycja i stabilizacja może dać dobre rezultaty i wystarczyć do uzyskania dobrych wyników bez repozycji anatomicznej [239]. Bardzo wysoki wynik AOFAS 90,7 uzyskał Rammelt w swojej 5 letniej obserwacji dokonując repozycji złamania za pomocą dystraktorów i podważek, stabilizował drutami "K", po których wprowadzał kaniulowane śruby [240].

Natężenie bólu oceniane w niniejszej dysertacji w skali VAS, zmniejszyło się istotnie po zabiegu operacyjnym ze średniej 9,42 do 2,68. Istotna korelacja wyników BIODEx, a skalą VAS sugeruje, że im większy poziom bólu w skali VAS, tym większe deficyty popędu siły w zakresie zgięcia grzbietowego ($+15^\circ$) i zgięcia podeszwowego (-15°). Podobnie wynik VAS w badaniu Su ma niższe wartości w grupie operowanej, niż w grupie prowadzonej nieoperacyjnie. Odpowiednio 1,9 ($\pm 1,2$) i 3,5 ($\pm 1,7$), a wynik okazał się istotny statystycznie ($P < 0,001$) [235]. Analiza pracy

Ebrahimpour'a, w której porównano grupę operacyjną metodą małoinwazyjną z ORIF również dowodzi znacznemu obniżeniu natężenia bólu, w każdej z metod z 6,9 do 4,2 dla MIS i 7,1 do 4.7 [241].

Najważniejszym wymogiem w regularnym funkcjonowaniu ludzkiego ciała jest siła mięśni. Pomiar maksymalnej siły mięśniowej jest często używany do określenia kondycji fizycznej i efektów programów treningowych lub rehabilitacyjnych [242]. Ocena dynamometrii w czynności mięśniowej wymaga stosowanie testów o wysokiej niezawodności i powtarzalności. W niniejszym badaniu zastosowałem tryb izometryczny, który jest uważany za bezpieczniejszy i bardziej odpowiedni do testowania maksymalnej siły. PT okazał się precyzyjnym wskaźnikiem czynnościowej rehabilitacji mięśni, a ponadto to ważny czynnik, który pomaga ocenić zdolność do wykonywania codziennych czynności [243]. W dostępnym piśmiennictwie nie znaleziono badań na aparacie Biodex po złamaniu kości piętowej, do których można się odnieść. Gorszy wynik deficytu maksymalnego momentu siły (away 15, away -15), popędu siły (toward 15, away -15) jak również nierównowagą agonistów i antagonistów (toward 15), koreluje z większą szerokością kości piętowej po złamaniu. Najsilniejsza korelacja dotyczyła deficytu maksymalnego momentu siły away -15, co przekłada się na gorszy wynik zgięcia podeszwowego w stosunku do szerszej pięty. Wyniki sugerują, że im większy poziom bólu, tym większe deficyty w wymienionym zakresie. Główna przyczyna tego deficytu jest zmniejszona pourazowa ruchomość stawu skokowo-piętowego ponieważ ogranicza to naturalny ruch pronacji. Zgięcie grzbietowe i podeszwowe stawu skokowego jest istotnym ruchem podczas cyklu chodu i kontroli równowagi. Wynik ten można odnieść do pracy Durra, w której zbadano warunki anatomiczne ze zmianą ruchomości i obciążalności stóp po złamaniu kości piętowej. Stwierdzono, że większość zaburzeń chodu po złamaniach kości piętowej można przypisać zmniejszonemu zakresowi ruchu w stawie skokowym i podskokowym. Wyniki funkcjonalne stóp są lepsze po odzyskaniu prawidłowych warunków anatomicznych (kongruencji stawu podskokowego) z uwzględnieniem szerokości, wysokości i długości kości piętowej [22]. Allmacher, Schepers potwierdzają ograniczoną ruchomość stawu skokowego i podskokowego u pacjentów po złamaniu kości piętowej, co potwierdza, że oba stawy tworzą jednostkę funkcjonalną, a deformacja kości piętowej dotyczy ich obu [244-245]. Xu w swojej pracy badał

korelację wysokości i szerokości kości piętowej, a mechaniką stawu skokowo-piętowego. Po złamaniu dochodzi do zwiększenia szerokości kości piętowej i zarazem zwiększenia powierzchni stawu podskokowego, co ogranicza ruch w stawie podskokowym. Dodatkowo zmniejszenie wysokości ogranicza ewersję stopy i nasila niestabilność w rotacji wewnętrznej i zewnętrznej stawu skokowo-piętowego. Przywrócenie szerokości i wysokości kości piętowej może przywrócić normalną kinematykę, rozkład naprężeń i ciśnienia w stawie skokowo-piętowym, ograniczając rozwój wtórnej choroby zwyrodnieniowej stawu podskokowego [246]. Stephens AR w swojej pracy omówił nowe podejścia i techniki, które pozwalają osiągnąć stabilną, funkcjonalną stopę, które poniekąd zostały zaproponowane 20 lat wcześniej przez Hansena. Hansen udowadniał dualizm funkcji kości piętowej, jako kolumnę boczną, która stanowi funkcję podporową jak i bloczek zmiany ramienia siły mięśnia trójgłowego łydki, umożliwiając właściwą propulsję i funkcję stopy [247-248]. Hirschmüller w swoim badaniu zaobserwowała statystycznie istotne zmniejszenie szczytowego momentu siły zgięcia podszwowego, w porównaniu z kończyną nieuszkodzoną. Dodatkowo wykazała statystycznie istotne zmniejszenie nacisku na tyłostopie. Jest zdania, iż w procesie rehabilitacji u pacjentów po złamaniu kości piętowej, należy agresywnie zająć się przywracaniem siły mięśniowej i propriocepcji. Podobnie jak Hirschmüller, Stevens stwierdziła, że pacjenci mają subiektywne poczucie upośledzenia funkcji stopy z powodu osłabienia zgięcia podszwowego i jest zdania, że należy przywiązywać dużą wagę do leczenia siły mięśniowej w okresie pooperacyjnym. Ponadto ćwiczenia powinny być również strony zdrowej gdyż aktywacja neuronów kory ruchowej wpływa korzystnie na stronę przeciwną [249-250].

Wyniki niniejszej pracy w ośmiu kategoriach SF-36 u pacjentów leczonych z powodu złamania kości piętowej różniły się od danych normatywnych co potwierdza, że tego typu uraz ma znaczenie kliniczne jak i społeczne. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny funkcjonowanie fizyczne, a dodatkowo wynik koreluje ujemnie z poziomem bólu w skali VAS. Wynik wskazuje, że im wyższy poziom bólu, tym gorsza jakość życia w zakresie tych domen SF-36. Również istotne statystycznie okazał się wynik skali AOFAS z wynikami SF-36, z wyłączeniem domen energia/zmęczenia oraz samopoczucie emocjonalne. Wynik domeny SF-36 "ograniczenia związane z funkcjonowaniem fizycznym", "witalność" i "funkcjonowanie

fizyczne" był istotnie statystycznie, ujemnie skorelowane z deficytem maksymalnego momentu siły w płaszczyźnie zgięcia podszwowego (-15°). Wynik ten może być związany z ograniczoną propulsją i pronacją stopy po złamaniu kości piętowej. W badaniu Westphala oceniono 55 pacjentów przy użyciu SF 36 po leczeniu ORIF złamań kości piętowej. Najsilniejsza korelacja dotyczyła domeny ból i umiarkowanie wszystkich pozostałych. Westphal sugeruje, iż standardowe testy funkcjonalne jak AOFAS czy skala Zwippa są ograniczone i warto badać wszystkie wymiary dysfunkcji przy użyciu protokołu SF-36 [251]. Podobnego zdania jest SooHoo, który wskazuje, że SF-36 można używać samodzielnie do monitorowania wyników u pacjentów po zabiegach operacyjnych, bez użycia AOFAS czy FFI [192]. Tetering poddała ocenie przy pomocy SF 36 grupę 312 pacjentów po złamaniu kości piętowej z wynikami innych schorzeń. Badania Tetering dobitnie potwierdzają, że złamania przezstawowe kości piętowej ma bardzo duże znaczenie kliniczne i społeczne, a wyniki są gorsze niż wyniki u pacjentów po przeszczepach narządów czy zawale mięśnia sercowego [252]. Zwipp poddał obserwacji 102 pacjentów w okresie 8 lat gdzie wyniki SF-36 były znacznie niższe wraz ze wzrostem ciężkości złamań według klasyfikacji Sandersa, złamaniami obustronnymi, złamaniami otwartymi oraz urazami związanymi z pracą. U 9 pacjentów zastosowano jednoczasową artrodezę podskokową, a wyniki tych pacjentów w skali SF 36 były lepsze od grupy osteosyntezy [41]. Van Hove badał stopień usztywnienia w pooperacyjnym badaniu TK u chorych ze złamaniami kości piętowej. Wynik był skorelowany z wynikiem SF-36, natomiast nie był związany z wynikiem AOFAS [253]. Buckley jest zdania, iż oceniając wyniki pacjentów należy stratyfikować grupy gdyż wyniki czynnościowe i SF- 36 po nieoperacyjnym leczeniu były porównywalne z wynikami uzyskanymi po leczeniu operacyjnym. Dokonując korekty danych i usuwając pacjentów z dodatkami odszkodowań pracowniczych, wyniki w grupach pacjentów leczonych chirurgicznie były znacznie lepsze [14]. Dodatkowo badanie Zwippa potwierdza gorsze statystyki dotyczące odszkodowań pracowniczych, w których złamanie kości piętowej ma najwyższy wskaźnik odszkodowań dla pracowników ze wszystkich złamań [254].

7.1 Podsumowanie

Obecne piśmiennictwo kładzie nacisk na dobór określonej metody operacyjnej do złamania. Poprawne zrozumienie przemieszczonych śródstawowych złamań kości

piętowej, ich wpływu na mechanikę stawów oraz związku między zmienioną mechaniką, a rozwojem choroby zwyrodnieniowej stawów może pomóc w udoskonaleniu metod leczenia. Najnowsze publikacje donoszą, iż bardzo ważnym aspektem jest planowanie przedoperacyjne przy pomocy 3 płaszczyznowej tomografii komputerowej, która pozwala na przestrzenną lokalizację przemieszczonych fragmentów złamanej kości piętowej [255]. Unikalny system klasyfikacji wg Guy Uthez'a nie tylko w przejrzysty sposób klasyfikuje złamanie, ale zapewnia prosty schemat repozycji złamania w czasie operacji. Niniejsze badanie dowodzi, że metoda Calcanail jest wartościową opcją w stosunku do dotychczas stosowanych metod operacyjnych, w leczeniu przemieszczonych śródstawowych złamań kości piętowych. Nowatorska śródogniskowa, anatomiczna repozycja złamania ogranicza w bardzo dużym stopniu ryzyko powikłań związanych z gojeniem ran i uszkodzeniem struktur anatomicznych [205]. Stosując metodę Calcanail zmniejszamy ryzyko przedłużonego gojenia kości bez konieczności opóźnienia pełnego obciążenia kończyny po okresie zrostu. Dodatkowym atutem stosowania tej metody w stosunku do leczenia ORIF jest stosowanie jej w urazach zmiżdżeniowych kości piętowej, duża maceracją skóry okolicy złamania, dużego rozdrobnienia kości ("bag of bones") i u osób obciążonych cukrzycą i palaczy [170, 256]. Te dodatkowe wskazania na przestrzeni lat były niedostępne w przypadku leczenia metodą na otwarty, co jest bardzo dużym atutem ponieważ nie pozbawia chorych bardziej pewnego, operacyjnego leczenia i nie wymaga ich selekcji. Kolejnym atutem tej metody jest w przypadku braku możliwości prawidłowej repozycji i dużego rozdrobnienia, wykonanie konwersji do artrodezy podskokowej, z tego samego dostępu operacyjnego i tego samego instrumentarium, przy użyciu dedykowanego gwoźdźca Calcanail [257]. Najnowsze badania wskazują, że metody małoinwazyjne w obrębie leczenia złamań kości piętowej są coraz bardziej preferowaną formą zaopatrzenia. Postęp w technice operacyjnej, obrazowaniu przed i śródoperacyjnym dodatkowo sprzyja rozwojowi takiej metody. Małoinwazyjna operacja złamania kości piętowej jest szybsza i tańsza, ponadto może być wykonana wcześniej niż ORIF, ale wymaga wyższej skumulowanej dawki promieniowania [258].

8.Wnioski

1. Repozycja oceniana w badaniach obrazowych RTG po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu metody i stabilizacji gwoździem śródszpikowym Calcanail u większości chorych w zasadniczy sposób przywraca pierwotną anatomię kości piętowej i kongruencję stawu podskokowego stopy.
2. Osteosynteza metodą Calcanail powoduje zwiększenie kąta Böhlera i wysokości kości piętowej oraz zmniejszenie kąta Gissana, szerokości kości piętowej i częstości występowania zaburzeń osiowych po leczeniu operacyjnym.
3. Parametry biomechaniczne stawu skokowego strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej używając protokołu izometrycznego wykazały, że maksymalny moment siły, średnia szczytowa wartość momentu siły, szczytowy moment siły względem masy ciała, współczynnik zmienności, popęd siły i stosunek agonistów do antagonistów miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej.
4. Funkcja stopy po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail oceniana za pomocą skali AOFAS, odpowiadała wynikowi dobremu wg skali Dudkiewicza. Ujemna korelacja wyników skali FFI z wszystkimi domenami kwestionariusza SF-36 potwierdza, że stan chorej stopy wpływa na jakość życia pacjentów po złamaniu śródstawowym kości piętowej.
5. Poziom bólu w skali VAS u pacjentów poddanych operacji osteosyntezą Calcanail zmniejszył się istotnie po operacji.
6. W grupie analizowanych pacjentów nie odnotowano żadnego powikłania infekcyjnego po leczeniu operacyjnym złamania kości piętowej przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail.

9. Streszczenie

Operacyjne leczenie złamań śródstawowych kości piętowej przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail

Krystian Pyszal

Oddział Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu

ZZOZ Ostrów Wielkopolski

Wstęp

Złamania kości piętowej stanowią 2% wszystkich złamań [1-6] i stanowią wciąż duże wyzwanie dla ortopedy. Urazy te często powodują u pacjentów obniżenie jakości życia, przewlekły ból oraz problemy socjoekonomiczne [7-8].

60 % urazów zaliczane jest do ciężkich złamań w obrębie stawu skokowego i stopy, z czego 75 % to złamania przezstawowe [7, 9-18] - DIACF (displaced intraarticular calcaneal fractures), a 25% to złamania pozastawowe, które mają lepszy wynik końcowy [19]. Częstość złamań kości piętowej u mężczyzn to około 2,4 razy częściej niż u kobiet [4, 19]. Uraz kości piętowej zaliczany jest do wysokoenergetycznego [5] i z reguły jest powodowany upadkiem z wysokości [20] lub wypadkiem komunikacyjnym. Złamania kości piętowej stanowią 15-32 % złamań w obrębie kończyny dolnej [10]. Złamanie przeważnie powoduje rozwój pourazowej choroby zwyrodnieniowej stawu podskokowego, co w konsekwencji prowadzi do ograniczenia funkcji stopy [5, 22-25]. Uznany standardem postępowania jest otwarta repozycja i zespolenie przy użyciu płyty LCP (ORIF- Open Reduction Internal Fixation) [32]. Dostęp operacyjny boczny do kości piętowej jest obarczony wystąpieniem stosunkowo dużej liczby powikłań [5, 20, 23, 35-37]. Częstość występowania problemów z gojeniem rany, martwicą skóry [25] lub infekcją wynosi 33% w badaniach retrospektywnych [38] i 16% w randomizowanym badaniu prospektywnym [39]. Z powodu dużej liczby powikłań po zespoleniu ORIF opisywanych w literaturze, uznanie zyskały metody małoinwazyjne [23, 29, 45-48] ze szczególnym poparciem dla zespolenia śródszpikowego [45, 49].

Twórcą nowej, oryginalnej, małoinwazyjnej techniki operacyjnej oraz implantu-gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail, jest dr Mario Goldzak, z Clinique de l'Union w

Toulousie we Francji. Nowością w zaproponowanej technice operacyjnej są m.in.: 1) małoinwazyjny dostęp operacyjny tylny, 2) możliwość wykonania śródogniskowej repozycji złamania powierzchni stawowej pod kontrolą monitora RTG poprzez wytworzony kanał roboczy w guzie piętowym 3) stabilne zespolenie złamania przy użyciu gwoździa Calcanail [51-52]. Uzasadnieniem dla podjęcia tematu mojej pracy doktorskiej jest możliwość oceny wyników leczenia złamania kości piętowej metodą operacyjną z użyciem gwoździa Calcanail na znaczącej statystycznie liczbie chorych, ocenionych w dłuższym okresie czasu. Metoda leczenia z użyciem gwoździa Calcanail jest nadal mało znana, szczególnie w Polsce. Do tej pory w piśmiennictwie krajowym ukazały się jedynie trzy prace oceniające wyniki wstępne leczenia przy użyciu gwoździa, jedna przy współudziale autora obecnej dysertacji [53-54].

Cel Pracy

Celem pracy jest ocena funkcji i biomechaniki stopy po leczeniu przemieszczonych, śródstawowych złamań kości piętowej przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail.

1. Ocena uzyskania repozycji po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail na podstawie analizy zdjęć przed i pooperacyjnych oraz tomografii komputerowej.
2. Ocena parametrów biomechanicznych stawu skokowego przy pomocy aparatu Biodex System 4 Pro używając protokołu izometrycznego.
3. Ocena funkcji stopy po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail za pomocą skali AOFAS, VAS, FFI, SF -36.
4. Ocena powikłań infekcyjnych po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail.

Material i metodyka

Do badania kwalifikowano pacjentów leczonych operacyjnie z powodu złamań śródstawowych kości piętowych leczonych przy użyciu gwoździa śródszpikowego Calcanail w Oddziale Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu w Ostrowie

Wielkopolskim w okresie od stycznia 2016 do grudnia 2018. W okresie tym przeprowadzono 117 zabiegów operacyjnych z powodu złamania kości piętowej. 99 pacjentów miało uraz jednej kończyny, 9 pacjentów miało złamanie obydwu kości piętowych. Wstępna selekcja grupy pozwoliła na ocenę 78 pacjentów, gdyż 21 pacjentów miało uraz towarzyszący tej samej bądź przeciwległej kończyny. Z grupy 78 pacjentów leczonych operacyjnie, 28 osób nie wyraziło chęci i zgody na badanie z przyczyn osobistych. Ostatecznie zbadano 50 pacjentów. Z powodu dużego zróżnicowania grupy przyjęto kryteria włączenia do grupy badanej: czas obserwacji > 12 miesięcy i <36 miesięcy od zabiegu operacyjnego, izolowane złamanie kości piętowej, mechanizm urazu - przyczyną złamania kości piętowej był upadek z wysokości, leczenie przy użyciu gwoździa Calcanail śródszpikowego jako jedyny i pierwotny sposób leczenia operacyjnego, jednolity program pooperacyjnego usprawniania po złamaniu kości piętowej, który stosowany był przez okres 6 miesięcy od operacji, porównawczo (jako grupą kontrolną) objęto badaniem stopy pacjentów nie objęte urazem. Kryteria wyłączenia z badanej grupy: wiek <18 lat, czas od urazu do momentu leczenia operacyjnego dłuższy niż 14 dni, pacjenci z urazem po stronie przeciwległej do złamania kości piętowej nie byli kwalifikowani do badania.

Wyniki

W badaniu wzięło udział 37 mężczyzn (co stanowiło 74% grupy) i 13 kobiet (co stanowiło 26% grupy). Grupa kontrolną była nieoperowana kończyna więc grupa kontrolna była identyczna do badanej. Średnia wieku pacjentów 52,12 lat (SD 13,80), średnia wieku kobiet 54,30 lat (SD 16,19), średnia wieku mężczyzn 50 lat (SD 15,30), średni czas obserwacji 23,4 miesiąca (SD 10,17), średnia wartość BMI 26,53 (SD 4,03). Analiza statystyczna wykazała, że po operacji dochodzi do istotnego statystycznie zwiększania kąta Böhlera z średniej 7,90° do średniej 30,10° i zmniejszenia kąta Gissana z średniej 119,84° do 108,70°. W badaniu dochodzi również do zwiększenia wysokości kości piętowej 37,80 mm do 45,64 mm oraz zmniejszenia szerokości kości piętowej z 44,08 mm do 37,84 mm. Wynik zaburzeń osiowych okazał się istotny statystycznie. Jedna osoba z zaburzeniem osiowym przed zabiegiem miała go też po zabiegu. Analiza wykazała, istotną statystycznie, dodatnią korelację pomiędzy szerokością repozycji, a następującymi parametrami badania BIODEx: deficytem maksymalnego momentu siły (away 15, away -15) oraz popędem siły (toward 15, away

-15), jak również nierównowagą agonistów i antagonistów (toward 15). Im większa szerokość kości piętowej po złamaniu tym większe deficyty w zakresie wymienionych parametrów, przy czym najsilniejszy związek dotyczy deficytu maksymalnego momentu siły away -15. Funkcja stopy mierzona według skali AOFAS nie różniła się istotnie w grupach wyodrębnionych na podstawie skali Sanders i rodzaju złamania według Guy Uthez. Jakość życia oceniona w skali SF 36 została za pomocą ośmiu wskaźników. Wyniki istotny statystycznie był dla: ograniczenie w pełnieniu ról z powodu zdrowia fizycznego, ograniczenie w pełnieniu ról wynikające z problemów emocjonalnych, funkcjonowanie społeczne, ogólne poczucie zdrowia. Funkcja stopy oceniona za pomocą 17 punktowego kwestionariusza FFI, a średnia wyniku dla grupy to 27,81 natomiast odchylenie standardowe wynosił 20,57. Najwyższa wartość to 73,53, a najniższa to 1,18. Średnia wyniku AOFAS dla całej grupy wynosiła 78,84, a odchylenie standardowe wynosiło 12,85. Wynik dla grupy pod względem bólu to 27,4 punktu, wynik pod względem funkcji to 41,94, a wynik pod względem obciążalności to 9,5. Natężenie bólu oceniane w skali VAS zmniejszyło się istotnie po zabiegu operacyjnym z 9,42 do 2,68, zaś siła zaobserwowanego efektu była bardzo duża. Analiza wykazała, że poziom bólu po zabiegu, mierzony według skali VAS był istotnie statystycznie, dodatnio skorelowany z deficytami w zakresie popędu siły (toward 15, away -15). Wyniki sugerują, że im większy poziom bólu, tym większe deficyty w wymienionym zakresie. Zaobserwowano istotne statystycznie, ujemne korelacje pomiędzy poziomem bólu ocenianym w skali VAS, a wynikami wszystkich domen SF-36 z wyłączeniem zmiany stanu zdrowia. Wynik wskazuje, że im wyższy poziom bólu, tym gorsza jakość życia w zakresie tych domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny funkcjonowanie fizyczne. Zaobserwowano istotne statystycznie, ujemne korelacje pomiędzy wynikiem skali FFI, a wynikami wszystkich domen SF-36. Oznacza to, że im wyższy wynik w skali FFI, tym gorsza jakość życia w zakresie wszystkich domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny ból. Zaobserwowano istotne statystycznie, dodatnie korelacje pomiędzy wynikiem skali AOFAS, a wynikami wszystkich domen SF-36 z wyłączeniem domen energia/zmęczenia oraz samopoczucie emocjonalne. Oznacza to, że im wyższy poziom bólu, tym gorsza jakość życia w zakresie tych domen SF-36. Najsilniejszy związek zaobserwowano dla domeny ból. Wynik skali AOFAS był istotnie statystycznie, ujemnie powiązany z deficytami w zakresie maksymalnego momentu siły (toward 15, toward 0, toward -15) oraz popędu

siły (toward 15, toward 0, away -15, toward -15). Zatem, im większe były deficyty w wymienionym zakresie, tym niższy uzyskiwano wynik skali AOFAS.

Wnioski

1. Repozycja oceniana w badaniach obrazowych RTG po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu metody i stabilizacji gwoździem śródszpikowym Calcanail u większości chorych w zasadniczy sposób przywraca pierwotną anatomię kości piętowej i kongruencję stawu podskokowego stopy.
2. Osteosynteza metodą Calcanail powoduje zwiększenie kąta Böhlera i wysokości kości piętowej oraz zmniejszenie kąta Gissana, szerokości kości piętowej i częstości występowania zaburzeń osiowych po leczeniu operacyjnym.
3. Parametry biomechaniczne stawu skokowego strony operowanej w stosunku do strony nieoperowanej używając protokołu izometrycznego wykazały, że maksymalny moment siły, średnia szczytowa wartość momentu siły, szczytowy moment siły względem masy ciała, współczynnik zmienności, popęd siły i stosunek agonistów do antagonistów miały istotnie większą wartość po stronie nieoperowanej.
4. Funkcja stopy po leczeniu operacyjnym złamań kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail oceniana za pomocą skali AOFAS, odpowiadała wynikowi dobremu wg skali Dudkiewicza. Ujemna korelacja wyników skali FFI z wszystkimi domenami kwestionariusza SF-36 potwierdza, że stan chorej stopy wpływa na jakość życia pacjentów po złamaniu śródstawowym kości piętowej.
5. Poziom bólu w skali VAS u pacjentów poddanych operacji osteosyntezą Calcanail zmniejszył się istotnie po operacji.
6. W grupie analizowanych pacjentów nie odnotowano żadnego powikłania infekcyjnego po leczeniu operacyjnym złamania kości piętowej przy użyciu gwoźdza śródszpikowego Calcanail.

10. Abstract

Surgical treatment of intra-articular fractures of the calcaneus using the Calcanail intramedullary nail

Krystian Pyszel

Department of Traumatology and Orthopaedics

ZZOZ Ostrów Wielkopolski

Introduction

Calcaneal fractures account for 2% of all fractures [1-6] and are still a major challenge for the orthopedists. These injuries often cause a reduction in the quality of life, chronic pain and great socioeconomic problems for patients [7-8]. 60% of injuries are classified as severe ankle and foot fractures, of which 75% are trans-articular fractures [7, 9-18]-DIACF (displaced intraarticular calcaneal fractures), and 25% are extra-articular fractures which have a better end result [19]. The frequency of calcaneal fractures in men is about 2.4 times more frequent than in women [4, 19]. The heel bone injury is classified as high-energy [5] and is usually caused by a fall from a height [20] or a traffic accident. Calcaneal fractures account for 15-32% of fractures in the lower limb [10]. The fracture usually causes the development of post-traumatic osteoarthritis of the subtalar joint, which in turn leads to the limitation of the foot function [5, 22-25]. A recognised standard of conduct is an open reposition and anastomosis with the use of LCP plate (ORIF - Open Reduction Internal Fixation) [32]. Surgical lateral access to the heel bone is associated with a relatively large number of complications [5, 20, 23, 35-37]. The occurrence of issues with wound healing, skin necrosis [25] or infection is 33% in retrospective studies [38] and 16% in a randomised prospective study [39]. Due to the large number of complications after ORIF anastomosis described in the literature, methods that use minimal invasion have gained recognition [23, 29, 45-48] with particular support for intramedullary fixation [45, 49].

The creator of the new, original, minimally invasive surgical technique and the Calcanail intramedullary nail implant is Dr. Mario Goldzak, from Clinique de l'Union in Toulouse, France. The novelty in the proposed surgical technique is, among others:

1) minimally invasive posterior surgical access, 2) the possibility of performing an intra-focal reposition of the articular surface fracture under the control of the X-ray monitor through the created working canal in the calcaneus tumor 3) stable fixation of the fracture using the Calcanail nail [51-52].

The rationale for taking up the topic of my doctoral dissertation is the possibility of assessing the results of treatment of a calcaneus fracture with the use of the Calcanail nail on a statistically significant number of patients assessed over a longer period of time. The method of treatment with the use of the Calcanail nail is still little known, especially in Poland. So far, only three papers assessing the initial results of nail treatment have been published in the national literature, one with the participation of the author of the present dissertation [53-54].

Aim of the study

The aim of the study is to evaluate the function and biomechanics of the foot after treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneus using the Calcanail intramedullary nail.

1. Assessment of obtaining reposition after surgical treatment of calcaneal fractures using the Calcanail intramedullary nail based on the analysis of pre- and post-operative photos and CT scans.

2. Assessment of biomechanical parameters of the ankle joint with the Biodex System 4 Pro apparatus using the isometric protocol.

3. Assessment of foot function after surgical treatment of calcaneal fractures using Calcanail intramedullary nail using the AOFAS, VAS, FFI, SF -36 scale.

4. Assessment of infectious complications after surgical treatment of calcaneal fractures using the Calcanail intramedullary nail.

Material and methods

The study included patients treated surgically for intra-articular fractures of the calcaneus using the Calcanail intramedullary nail at the Department of Orthopedics and Traumatology of the Motor Organ in Ostrów Wielkopolski in the period from January

2016 to December 2018. During this period, 117 surgeries were performed for a calcaneus fracture. 99 patients had one limb injury, 9 patients had both calcaneus fractures. The preliminary group selection allowed for the evaluation of 78 patients, as 21 patients had trauma accompanying the same or the opposite limb. From the group of 78 patients treated surgically, 28 people did not express their will and consent to the examination due to personal reasons. Ultimately, 50 patients were examined. Due to the large diversity of the group, the criteria for inclusion in the study group were adopted: follow-up > 12 months and <36 months from surgery, isolated calcaneus fracture, mechanism of injury - the cause of the calcaneus fracture was a fall from a height, treatment with the intramedullary calcanail nail was the only one and the primary method of surgical treatment, a uniform program of post-operative rehabilitation after a calcaneus fracture, which was used for the period of 6 months from the operation, comparatively (as a control group), the feet of patients not affected by trauma were examined. Exclusion criteria from the study group: age <18 years, time from injury to surgery longer than 14 days, patients with trauma on the side opposite to the calcaneus fracture were not eligible for the study.

Results

From January 2016 to December 2018, 117 surgical procedures were performed due to a calcaneal fracture in the Department of Orthopedics and Traumatology in Ostrów Wielkopolski. Finally, evaluated 50 surgically treated patients for intra-articular fractures of heel bones treated with the Calcanail intramedullary nail. 37 men (74% of the group) and 13 women (26% of the group) participated in the study. The control group had an unoperated limb, so the control group was identical to the test group. The mean age of patients was 52.12 years (SD 13.80), and the mean age of women was 54.30 years (SD 16.19), mean age of men was 50 years (SD 15.30), mean follow-up time was 23.4 months (SD 10.17), mean BMI was 26.53 (SD 4.03). Statistical analysis showed that after the operation there was a significant increase in the Böhler angle from an average of 7.90° to the average of 30.10° and a decrease in the Gissan angle from an average of 119.84° to 108.70°. The examination also showed an increase in the height of the calcaneus 37.80 mm to 45.64 mm and a decrease in the width of the calcaneus from 44.08 mm to 37.84 mm. The result of the axial disturbances turned out to be statistically significant. One person with an axial disorder had it also after the surgery.

The analysis showed a statistically significant, positive correlation between the width of the reposition and the following parameters of the BIODEX study: maximum torque deficit (away 15, away -15) and power drive (toward 15, away -15), as well as agonist and antagonist imbalance (toward 15). The greater the width of the calcaneus after the fracture, the greater the deficits in the range of the parameters mentioned above, with the strongest relationship being the maximum moment of force deficit -15. Foot function as measured by the AOFAS scale did not differ significantly in the groups distinguished on the basis of the Sanders scale and the type of fracture according to Guy Uthez. The quality of life was assessed on the SF 36 scale using eight indicators. The results were statistically significant for: limitation in performing roles due to physical health, limitation in performing roles due to emotional problems, social functioning and also the patient's general health overall. The rate function was assessed using a 17-point FFI questionnaire and the mean of the group result was 27.81 and the standard deviation was 20.57. The highest value is 73.53 and the lowest is 1.18. The mean AOFAS score for the entire group was 78.84 and the standard deviation was 12.85. The group score for pain was 27.4 points, the score for function was 41.94 and the score for loadability was 9.5. The pain intensity assessed on the VAS scale decreased significantly after the surgery from 9.42 to 2.68 and the strength of the observed effect was very high. The analysis showed that the level of pain after the procedure, measured according to the VAS scale, was statistically significant. It was positively correlated with the deficits in terms of power drive (toward 15, away -15). The results suggest that the greater the pain level, the greater the deficits in this range. Also, there were statistically significant negative correlations between the pain level assessed on the VAS scale and the results of all SF-36 domains, excluding the change in health status. The result indicates that the higher the pain level, the poorer the quality of life in these SF-36 domains. The strongest relationship was observed for the domain of physical functioning. There were statistically significant negative correlations between the FFI score and the scores of all SF-36 domains. This clearly indicates that the higher the FFI score, the worse the quality of life for all SF-36 domains. The strongest association was observed for the pain domain. There were statistically significant, positive correlations between the AOFAS score and the scores for all SF-36 domains, excluding the energy / fatigue and emotional well-being domains. This implies that the higher the level of pain, the worse the quality of life in these SF-36 domains. The strongest association was observed for

the pain domain. The result of the AOFAS scale was statistically significant, negatively associated with deficits in the scope of maximum moment of force (toward 15, toward 0, toward -15) and power drive (toward 15, toward 0, away -15, toward -15). Thus, the greater the deficits in the said range, the lower the AOFAS score was obtained.

Conclusion

1. Reposition assessed in X-ray imaging studies after surgical treatment of calcaneal fractures using the Calcanail method and stabilization with the Calcanail intramedullary nail in most patients, substantially restores the original calcaneus anatomy and the congruence of the subtalar joint.
2. Calcanail osteosynthesis causes an increase in the Böhler angle and the height of the calcaneus, and a reduction in the Gissan angle, the width of the calcaneus and the incidence of axial disorders after surgery.
3. Biomechanical parameters of the ankle joint of the operated side versus the unoperated side using the isometric protocol showed that the maximum moment of force, the mean peak torque value, the peak moment of force for body weight, the coefficient of variation, the power drive and the agonist-antagonist ratio had a significantly higher value on the non-operated side.
4. The function of the foot after surgical treatment of calcaneal fractures using the Calcanail intramedullary nail, assessed using the AOFAS scale, corresponded to a good result according to the Dudkiewicz scale. The negative correlation of FFI scores with all domains of the SF-36 questionnaire confirms that the condition of the diseased foot affects the quality of life of patients after an intra-articular fracture of the calcaneus.
5. The VAS pain level in patients undergoing Calcanail osteosynthesis surgery decreased significantly after the surgery.
6. In the group of analyzed patients, no infectious complications were observed after surgical treatment of a calcaneus fracture with the use of the Calcanail intramedullary nail.

11. Piśmiennictwo

1. Juliano, P. and H.V. Nguyen, *Fractures of the calcaneus*. Orthop Clin North Am, 2001. 32(1): p. 35-51, viii.
2. Lim, E.V. and J.P. Leung, *Complications of intraarticular calcaneal fractures*. Clin Orthop Relat Res, 2001(391): p. 7-16.
3. Eastwood, D.M., P.J. Gregg, and R.M. Atkins, *Intra-articular fractures of the calcaneum. Part I: Pathological anatomy and classification*. J Bone Joint Surg Br, 1993. 75(2): p. 183-8.
4. Mitchell, M.J., J.C. McKinley, and C.M. Robinson, *The epidemiology of calcaneal fractures*. Foot (Edinb), 2009. 19(4): p. 197-200.
5. Türkmen, F., Korucu, I.H., Sever, C., Göncü, G., Kaçara, B.K., & Toker, S. (2014). *Calcaneal Fractures, Treatments and Problems*.
6. Wei, N., et al., *Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: A meta-analysis of current evidence base*. Medicine (Baltimore), 2017. 96(49): p. e9027.
7. Paula, S.S.d., M.d.L.P. Biondo-Simões, and R. Luzzi, *Evolução das fraturas intra-articulares desviadas do calcâneo com tratamento cirúrgico*. Acta Ortopédica Brasileira, 2006. 14: p. 35-39.
8. Brauer, C.A., et al., *An economic evaluation of operative compared with nonoperative management of displaced intra-articular calcaneal fractures*. J Bone Joint Surg Am, 2005. 87(12): p. 2741-9.
9. Ibrahim, T., et al., *Displaced intra-articular calcaneal fractures: 15-year follow-up of a randomised controlled trial of conservative versus operative treatment*. Injury, 2007. 38(7): p. 848-55.
10. Benson, E., et al., *Calcaneal fractures in occupants involved in severe frontal motor vehicle crashes*. Accid Anal Prev, 2007. 39(4): p. 794-9.
11. Meng, Q., et al., *Clinical application of the sinus tarsi approach in the treatment of intra-articular calcaneal fracture*. Medicine (Baltimore), 2018. 97(13): p. e0175.
12. Schepers, T., et al., *Current concepts in the treatment of intra-articular calcaneal fractures: results of a nationwide survey*. Int Orthop, 2008. 32(5): p. 711-5.
13. Buch, B.D., M.S. Myerson, and S.D. Miller, *Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted calcaneal fractures*. Foot Ankle Int, 1996. 17(2): p. 61-70.
14. Buckley, R., et al., *Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial*. J Bone Joint Surg Am, 2002. 84(10): p. 1733-44.

15. Kundel, K., et al., *Calcaneal fractures: operative versus nonoperative treatment*. J Trauma, 1996. 41(5): p. 839-45.
16. Parmar, H.V., P.D. Triffitt, and P.J. Gregg, *Intra-articular fractures of the calcaneum treated operatively or conservatively. A prospective study*. J Bone Joint Surg Br, 1993. 75(6): p. 932-7.
17. Rapała, K. *30 lat doświadczeń dotyczących leczenia 150 stawowych złamań kości piętowych*. Chir. Narz. Ruchu. Ortop. Pol. 1998; LXIII (5): 407-12.
18. Daftary, A., A.H. Haims, and M.R. Baumgaertner, *Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT*. Radiographics, 2005. 25(5): p. 1215-26.
19. Schepers, T., et al., *Demographics of extra-articular calcaneal fractures: including a review of the literature on treatment and outcome*. Arch Orthop Trauma Surg, 2008. 128(10): p. 1099-106.
20. Griffin, D., et al., *Operative versus non-operative treatment for closed, displaced, intra-articular fractures of the calcaneus: randomised controlled trial*. BMJ : British Medical Journal, 2014. 349: p. g4483.
21. Lee, P., T.B. Hunter, and M. Taljanovic, *Musculoskeletal colloquialisms: how did we come up with these names?* Radiographics, 2004. 24(4): p. 1009-27.
22. Durr, C., et al., *Foot Function After Surgically Treated Intraarticular Calcaneal Fractures: Correlation of Clinical and Pedobarographic Results of 65 Patients Followed for 8 Years*. J Orthop Trauma, 2018. 32(12): p. 593-600.
23. Su, Y., et al., *Bony destructive injuries of the calcaneus: long-term results of a minimally invasive procedure followed by early functional exercise: a retrospective study*. BMC Surg, 2014. 14: p. 19.
24. Schatzker J, Tile M, editors. *Tile M. Fractures of the calcaneus*. In: *The rationale of operative fracture care*. Berlin: Springer-Verlag, 2005.p.619-633.
25. Walde, T.A., et al., *Closed reduction and percutaneous Kirschner wire fixation for the treatment of dislocated calcaneal fractures: surgical technique, complications, clinical and radiological results after 2-10 years*. Arch Orthop Trauma Surg, 2008. 128(6): p. 585-91.
26. Alexandridis, G., A.C. Gunning, and L.P. Leenen, *Health-related quality of life in trauma patients who sustained a calcaneal fracture*. Injury, 2016. 47(7): p. 1586-91.
27. Brauer, C.A., et al., *An Economic Evaluation of Operative Compared with Nonoperative Management of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. JBJS, 2005. 87(12): p. 2741-2749.

28. Potter, M.Q. and J.A. Nunley, *Long-term functional outcomes after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus*. J Bone Joint Surg Am, 2009. 91(8): p. 1854-60.
29. Schepers, T. and P. Patka, *Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures by ligamentotaxis: current concepts' review*. Arch Orthop Trauma Surg, 2009. 129(12): p. 1677-83.
30. Basile, A., *Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures in elderly patients*. J Foot Ankle Surg, 2010. 49(1): p. 25-32.
31. Tomesen, T., J. Biert, and J.P. Frölke, *Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with closed reduction and percutaneous screw fixation*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93(10): p. 920-8.
32. Veltman, E.S., et al., *Long-term outcomes of 1,730 calcaneal fractures: systematic review of the literature*. J Foot Ankle Surg, 2013. 52(4): p. 486-90.
33. Sanders, R., *Intra-articular fractures of the calcaneus: present state of the art*. J Orthop Trauma, 1992. 6(2): p. 252-65.
34. Meena, S., S.K. Gangary, and P. Sharma, *Review Article: Operative versus nonoperative treatment for displaced intraarticular calcaneal fracture: a meta-analysis of randomised controlled trials*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2016. 24(3): p. 411-416.
35. Rak, V., D. Ira, and M. Masek, *Operative treatment of intra-articular calcaneal fractures with calcaneal plates and its complications*. Indian J Orthop, 2009. 43(3): p. 271-80.
36. Court-Brown, C.M., M. Schmied, and B.G. Schutte, *Factors affecting infection after calcaneal fracture fixation*. Injury, 2009. 40(12): p. 1313-5.
37. Stulik, J., et al., *Minimally-invasive treatment of intra-articular fractures of the calcaneum*. J Bone Joint Surg Br, 2006. 88(12): p. 1634-41.
38. Abidi, N.A., et al., *Wound-healing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures*. Foot Ankle Int, 1998. 19(12): p. 856-61.
39. Howard, J.L., et al., *Complications following management of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective randomized trial comparing open reduction internal fixation with nonoperative management*. J Orthop Trauma, 2003. 17(4): p. 241-9.
40. Dickens, J.F., et al., *Risk factors for infection and amputation following open, combat-related calcaneal fractures*. J Bone Joint Surg Am, 2013. 95(5): p. e24.
41. Zwipp, H., et al., *[Operative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures]*. Oper Orthop Traumatol, 2013. 25(6): p. 554-68.
42. Atkins, R.M., *The treatment of calcaneal malunion*. Foot Ankle Clin, 2014. 19(3): p. 521-40.

43. Babiak, I., et al., *Comparison of Bone Preserving and Radical Surgical Treatment in 32 Cases of Calcaneal Osteomyelitis*. J Bone Jt Infect, 2016. 1: p. 10-16.
44. Waibel, F.W.A., et al., *Outcome After Surgical Treatment of Calcaneal Osteomyelitis*. Foot Ankle Int, 2019. 40(5): p. 562-567.
45. Pelliccioni, A.A., C.K. Bittar, and J.L. Zabeu, *Surgical treatment of intraarticular calcaneous fractures of sanders' types II and III. Systematic review*. Acta Ortop Bras, 2012. 20(1): p. 39-42.
46. Besch, L., et al., *Dynamic and functional gait analysis of severely displaced intra-articular calcaneus fractures treated with a hinged external fixator or internal stabilization*. J Foot Ankle Surg, 2008. 47(1): p. 19-25.
47. van Hoeve, S. and M. Poeze, *Outcome of Minimally Invasive Open and Percutaneous Techniques for Repair of Calcaneal Fractures: A Systematic Review*. J Foot Ankle Surg, 2016. 55(6): p. 1256-1263.
48. Takasaka, M., et al., *Comparative study on three surgical techniques for intra-articular calcaneal fractures: open reduction with internal fixation using a plate, external fixation and minimally invasive surgery*. Rev Bras Ortop, 2016. 51(3): p. 254-60.
49. Amlang, M., et al., *Interlocking Nail Fixation for the Treatment of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. JBJS Essent Surg Tech, 2017. 7(4): p. e33.
50. Goldzak, M., T. Mittlmeier, and P. Simon, *Locked nailing for the treatment of displaced articular fractures of the calcaneus: description of a new procedure with calcanail®*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2012. 22(4): p. 345-349.
51. Goldzak, M.G., Georg & Simon, Patrick & Mittlmeier, Thomas. (2011). A17 A new approach for calcaneal fractures: a preliminary step for calcaneal nailing. Injury-international Journal of The Care of The Injured - Injury, Int. J. Care Injured 42. 10.1016/S0020-1383(11)70034-1. .
52. Goldzak et al. United States Patent Application Publication Pub. No.: US 2013/0317556 A1 (43) Pub. Date: NOV. 28, 2013.
53. Falis M, Pyszel K., *Treatment of Displaced Intra-articular Calcaneal Fractures by Intramedullary Nail. Preliminary Report*. Ortop Traumatol Rehabil, 2016. 18(2): p. 141-147.
54. Lisowski,D.,Sorysz,T. *Results and observations in operative treatment of displaced intra- articular calcaneal fractures with use of Calcanail* Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol., 2018; 83(4) 131-136.
55. Golec Piotr, G.E., *Nowoczesne zespolenia w leczeniu operacyjnym złamań stawowych kości piętowej* Ostry Dyżur 2017. tom 10 . numer 2.

56. Simon, P., et al., *Reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures with a locking nail: a prospective study of sixty nine cases*. Int Orthop, 2015. 39(10): p. 2061-7.
57. Gupton M, Terreberry RR. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Calcaneus*. [Updated 2018 Dec 13]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-.
58. Stagni, R., et al., *Role of passive structures in the mobility and stability of the human subtalar joint: a literature review*. Foot Ankle Int, 2003. 24(5): p. 402-9.
59. Sangeorzan, B.J., V. Mosca, and S.T. Hansen, Jr., *Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot, and forefoot*. Foot Ankle, 1993. 14(3): p. 136-41.
60. Harnroongroj, T., S. Jiamamornrat, and T. Tharmviboonsri, *Characteristics of anterior inferior calcaneal cortex*. Foot Ankle Surg, 2019. 25(3): p. 323-326.
61. Richman, J.D. and P.S. Barre, *The Plantar Ecchymosis Sign in Fractures of the Calcaneus*. A Publication of The Association of Bone and Joint Surgeons® | CORR®, 1986. 207: p. 122-125.
62. Heier, K.A., et al., *Open Fractures of the Calcaneus: Soft-Tissue Injury Determines Outcome*. JBJS, 2003. 85(12): p. 2276-2282.
63. Labronici, P.J., et al., *Böhler's Angle-Comparison Between the pre- and Postoperative in Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. Rev Bras Ortop (Sao Paulo), 2019. 54(2): p. 156-164.
64. Fourgeaux, A., *Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with the intramedullary nail Calcanail® (FH Orthopedics): results of the 26 first cases at 2 years follow-up*. 2017. p. 54.
65. Tsubone, T., et al., *Prediction of fracture lines of the calcaneus using a three-dimensional finite element model*. J Orthop Res, 2019. 37(2): p. 483-489.
66. Palmer, I., *The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus; open reduction with the use of cancellous grafts*. J Bone Joint Surg Am, 1948. 30A(1): p. 2-8.
67. Essex-Lopresti, P., *The mechanism, reduction technique, and results in fractures of the os calcis*. Br J Surg, 1952. 39(157): p. 395-419.
68. O'Connell, F., M.A. Mital, and C.R. Rowe, *Evaluation of modern management of fractures of the os calcis*. Clin Orthop Relat Res, 1972. 83: p. 214-23.
69. Zwipp, H., et al., *[Intra-articular fracture of the calcaneus. Classification, assessment and surgical procedures]*. Unfallchirurg, 1989. 92(3): p. 117-29.
70. Zwipp, H., *The intraarticular depression fracture of the os calcis*. Orthopedics and Traumatology, 1995. 4(4): p. 223-235.

71. de Souza, L.J. and E. Rutledge, *Grouping of intraarticular calcaneal fractures relative to treatment options*. Clin Orthop Relat Res, 2004(420): p. 261-7.
72. Utheza, G., et al., *[Intraarticular fractures of the calcaneus: pathological description. Contribution of x-ray computed tomography]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1993. 79(1): p. 49-57.
73. Utheza, G., et al., *[3-dimensional imaging of thalamic fractures of the calcaneum. Validation of classifying fractures into 3 forms]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1998. 84(5): p. 440-50.
74. Chaminade, B., S. Zographos, and G. Utheza, *[Simple screw fixation for calcaneal fractures: 60 cases with preoperative computed tomography analysis]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2000. 86(7): p. 724-36.
75. Goldzak M. *A18 A new approach to calcaneal architectural fracture classification (CAFC)*. Injury – Int J care injured 2011;42: 55.
76. Harnroongroj, T., T. Suntharapa, and M. Arunakul, *The new intra-articular calcaneal fracture classification system in term of sustentacular fragment configurations and incorporation of posterior calcaneal facet fractures with fracture components of the calcaneal body*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2016. 50(5): p. 519-526.
77. Rammelt, S. and H. Zwipp, *Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments*. Injury, 2004. 35(5): p. 443-61.
78. Böhler L. *Diagnosis, pathology and treatment of fractures of the os calcis*. J Bone Joint Surg. 1931;13:75–89.
79. Coskun S, B.İ., Piskin A. , *Comparison Of Conservative And Surgical Treatment Of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. EJMI. 2018; 2(4): 178-182.
80. Teodorski S, Palczewski D, Mydlak A. *Wyniki leczenia złamania kości piętowej w materiale własnym*. Now Lek 2004;73,2:106-109.
81. Rapała K. *30 lat doświadczeń dotyczących leczenia 150 stawowych złamań kości piętowych* Chir. Narz. Ruchu. Ortop. Pol. 1998; LXIII (5): 407-12.
82. Ciesielczyk B, Kolenda M, Nowik M. *Problemy leczenia złamań kości piętowych*. Now Lek 2004;73(1):7–10.
83. Rapała K, Serwach M, Remiszewski A: *Ocena odległych wyników bezgipsowego leczenia stawowych złamań kości piętowej zespolonej wiązką drutów Kirschnera*. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1992;57(3):56–58.
84. Palmer, I., *The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus: Open Reduction with the Use of Cancellous Grafts*. JBJS, 1948. 30(1): p. 2-8.
85. Sanders, R., *Displaced intra-articular fractures of the calcaneus*. J Bone Joint Surg Am, 2000. 82(2): p. 225-50.

86. Maxfield, J.E. and F.J. McDermott, *Experiences with the Palmer open reduction of fractures of the calcaneus*. JBJS, 1955. 37(1): p. 99-192.
87. Lindsay, W.R. and F.P. Dewar, *Fractures of the os calcis*. Am J Surg, 1958. 95(4): p. 555-76.
88. McLaughlin, H.L., *Treatment of late complications after os calcis fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1963. 30: p. 111-5.
89. Rowe, C.R., et al., *Fractures of the Os Calcis: A Long-Term Follow-up Study of 146 Patients*. JAMA, 1963. 184(12): p. 920-923.
90. Paley, D. and H. Hall, *Calcaneal fracture controversies Can we put Humpty Dumpty together again?* Orthop Clin North Am, 1989. 20(4): p. 665-77.
91. Razik, Aisha & Harris, Mark & Trompeter, Alex. (2017). *Calcaneal fractures: Where are we now?. Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*. 13. 10.1007/s11751-017-0297-3. .
92. Sanders, R. and P. Gregory, *Operative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus*. Orthop Clin North Am, 1995. 26(2): p. 203-14.
93. Epstein, N., S. Chandran, and L. Chou, *Current concepts review: intra-articular fractures of the calcaneus*. Foot Ankle Int, 2012. 33(1): p. 79-86.
94. Gougoulis, N., et al., *Management of calcaneal fractures: systematic review of randomized trials*. Br Med Bull, 2009. 92: p. 153-67.
95. Agren, P.H., P. Wretenberg, and A.S. Sayed-Noor, *Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial*. J Bone Joint Surg Am, 2013. 95(15): p. 1351-7.
96. Benirschke, S.K. and B.J. Sangeorzan, *Extensive intraarticular fractures of the foot. Surgical management of calcaneal fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1993(292): p. 128-34.
97. Aktuglu, K. and U. Aydogan, *The functional outcome of displaced intra-articular calcaneal fractures: a comparison between isolated cases and polytrauma patients*. Foot Ankle Int, 2002. 23(4): p. 314-8.
98. Barei, D.P., et al., *Fractures of the calcaneus*. Orthop Clin North Am, 2002. 33(1): p. 263-85, x.
99. Buckley, R.E. and R.N. Meek, *Comparison of open versus closed reduction of intraarticular calcaneal fractures: a matched cohort in workmen*. J Orthop Trauma, 1992. 6(2): p. 216-22.
100. Pozo, J.L., E.O. Kirwan, and A.M. Jackson, *The long-term results of conservative management of severely displaced fractures of the calcaneus*. J Bone Joint Surg Br, 1984. 66(3): p. 386-90.

101. Mulcahy, D.M., D.M. McCormack, and M.M. Stephens, *Intra-articular calcaneal fractures: effect of open reduction and internal fixation on the contact characteristics of the subtalar joint*. Foot Ankle Int, 1998. 19(12): p. 842-8.
102. Sangeorzan, B.J., D. Ananthakrishnan, and A.F. Tencer, *Contact characteristics of the subtalar joint after a simulated calcaneus fracture*. J Orthop Trauma, 1995. 9(3): p. 251-8.
103. Crosby, L.A. and T.C. Fitzgibbons, *Open reduction and internal fixation of type II intra-articular calcaneus fractures*. Foot Ankle Int, 1996. 17(5): p. 253-8.
104. Bahari Kashani, M., et al., *Comparative study of peroneal tenosynovitis as the complication of intraarticular calcaneal fracture in surgically and non-surgically treated patients*. Iran Red Crescent Med J, 2013. 15(10): p. e11378.
105. Nouraei, M.H. and F.M. Moosa, *Operative compared to non-operative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures*. J Res Med Sci, 2011. 16(8): p. 1014-9.
106. Dooley, P., et al., *Bilateral calcaneal fractures: operative versus nonoperative treatment*. Foot Ankle Int, 2004. 25(2): p. 47-52.
107. Sharma V, Dogra A (2011) *Sanders type II calcaneum fractures: surgical or conservative treatment? A prospective randomized trial*. J Clin Orthop Trauma 2, 35–38.
108. Dhillon, M.S. and S. Prabhakar, *Treatment of displaced intra-articular calcaneus fractures: a current concepts review*. SICOT J, 2017. 3: p. 59.
109. Razik, A., M. Harris, and A. Trompeter, *Calcaneal fractures: Where are we now? Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2018. 13(1): p. 1-11.
110. Carothers, R.G. and J.F. Lyons, *Early mobilization in treatment of os calcis fractures*. Am J Surg, 1952. 83(3): p. 279-80.
111. Coskun et al., *Surgical Versus Conservative Treatment: Calcaneus* / doi: 10.14744/ejmi.2018.46855.
112. Agren, P.H., et al., *Factors affecting long-term treatment results of displaced intraarticular calcaneal fractures: a post hoc analysis of a prospective, randomized, controlled multicenter trial*. J Orthop Trauma, 2014. 28(10): p. 564-8.
113. Sampath Kumar, V., et al., *Prospective randomized trial comparing open reduction and internal fixation with minimally invasive reduction and percutaneous fixation in managing displaced intra-articular calcaneal fractures*. Int Orthop, 2014. 38(12): p. 2505-12.
114. Chen, L., et al., *Comparison of percutaneous screw fixation and calcium sulfate cement grafting versus open treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures*. Foot Ankle Int, 2011. 32(10): p. 979-85.

115. Li, L.H., et al., *Less wound complications of a sinus tarsi approach compared to an extended lateral approach for the treatment of displaced intraarticular calcaneal fracture: A randomized clinical trial in 64 patients*. *Medicine (Baltimore)*, 2016. 95(36): p. e4628.
116. Wang, Q., et al., *Minimally invasive treatment of calcaneal fracture by percutaneous leverage, anatomical plate, and compression bolts--the clinical evaluation of cohort of 156 patients*. *J Trauma*, 2010. 69(6): p. 1515-22.
117. Zhang, T., et al., *Displaced intra-articular calcaneal fractures treated in a minimally invasive fashion: longitudinal approach versus sinus tarsi approach*. *J Bone Joint Surg Am*, 2014. 96(4): p. 302-9.
118. Benirschke, S.K. and P.A. Kramer, *Wound healing complications in closed and open calcaneal fractures*. *J Orthop Trauma*, 2004. 18(1): p. 1-6.
119. Giannini, S., et al., *Minimally-invasive treatment of calcaneal fractures: A review of the literature and our experience*. *Injury*, 2016. 47 Suppl 4: p. S138-S146.
120. Leriche MR. *Oste'osynthe'se primitive pour fracture pare'crasement du calcane'um a` sept fragments*. *Soc Chir de Lyon: Sea`nce du 2 de fevrier; 1922*. p. 559—60.
121. Buckley, R., et al., *Open reduction and internal fixation compared with ORIF and primary subtalar arthrodesis for treatment of Sanders type IV calcaneal fractures: a randomized multicenter trial*. *J Orthop Trauma*, 2014. 28(10): p. 577-83.
122. Letournel, E., *Open treatment of acute calcaneal fractures*. *Clin Orthop Relat Res*, 1993(290): p. 60-7.
123. Harvey, E.J., et al., *Morbidity associated with ORIF of intra-articular calcaneus fractures using a lateral approach*. *Foot Ankle Int*, 2001. 22(11): p. 868-73.
124. Boack DH, Wichelhaus A, Mittlmeier T, Hottmann R, Haas NP (1998) *Therapy of dislocated calcaneus joint fracture with the AO calcaneus plate*. *Chirurg* 69:1214–1223 [in German].
125. Zwipp, H., S. Rammelt, and S. Barthel, *Calcaneal fractures--open reduction and internal fixation (ORIF)*. *Injury*, 2004. 35 Suppl 2: p. SB46-54.
126. Mauffrey, C., P. Klutts, and D. Seligson, *The use of circular fine wire frames for the treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures*. *J Orthop Traumatol*, 2009. 10(1): p. 9-15.
127. Dhillon, M.S., K. Bali, and S. Prabhakar, *Controversies in calcaneus fracture management: a systematic review of the literature*. *Musculoskelet Surg*, 2011. 95(3): p. 171-81.
128. Laughlin, R.T., J.G. Carson, and J.H. Calhoun, *Displaced intra-articular calcaneus fractures treated with the Galveston plate*. *Foot Ankle Int*, 1996. 17(2): p. 71-8.

129. Silva, L.C.A.d., J.M.d.L. Heck, and M.T.E. Guerra (2017) *Surgical treatment of intraarticular fractures of the calcaneus: comparison between flat plate and calcaneal plate*. Revista brasileira de ortopedia 52, 29-34 DOI: 10.1016/j.rboe.2016.05.007.
130. Richter, M., et al., *A comparison of plates with and without locking screws in a calcaneal fracture model*. Foot Ankle Int, 2005. 26(4): p. 309-19.
131. Stoffel, K., et al., *A comparison of conventional versus locking plates in intraarticular calcaneus fractures: a biomechanical study in human cadavers*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2007. 22(1): p. 100-5.
132. Redfern, D.J., et al., *A biomechanical comparison of locking and nonlocking plates for the fixation of calcaneal fractures*. Foot Ankle Int, 2006. 27(3): p. 196-201.
133. Richter, M., et al., *Polyaxially-locked plate screws increase stability of fracture fixation in an experimental model of calcaneal fracture*. J Bone Joint Surg Br, 2006. 88(9): p. 1257-63.
134. Leung, K.S., K.M. Yuen, and W.S. Chan, *Operative treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneum. Medium-term results*. J Bone Joint Surg Br, 1993. 75(2): p. 196-201.
135. Rammelt, S., et al., *Calcaneus fractures. Open reduction and internal fixation*. Zentralbl Chir, 2003. 128(6): p. 517-28.
136. Geel, C.W. and A.S. Flemister, Jr., *Standardized treatment of intra-articular calcaneal fractures using an oblique lateral incision and no bone graft*. J Trauma, 2001. 50(6): p. 1083-9.
137. Brattebo, J., *Fracture of the calcaneus : A retrospective study of 115 fractures*. Orthopaedics International Ed, 1995. 3: p. 117-122.
138. Sanders, R., et al., *Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification*. Clin Orthop Relat Res, 1993(290): p. 87-95.
139. Stephenson, J.R., *Treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneus using medial and lateral approaches, internal fixation, and early motion*. J Bone Joint Surg Am, 1987. 69(1): p. 115-30.
140. Ross, S.D. and M.R. Sowerby, *The operative treatment of fractures of the os calcis*. Clin Orthop Relat Res, 1985(199): p. 132-43.
141. Gissane W (1947) *News notes: proceedings of the British orthopedic association*. J Bone Joint Surg 29:254–255.
142. Tornetta, P., 3rd, *The Essex-Lopresti reduction for calcaneal fractures revisited*. J Orthop Trauma, 1998. 12(7): p. 469-73.

143. Bohler, L., *[New light on the treatment of calcaneal fractures]*. Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir, 1957. 287: p. 698-702.
144. Forgon M (1992) *Closed reduction and percutaneous osteosynthesis: technique and results in 265 calcaneal fractures*. In: Tschern H, Schatzker J (eds) *Major fractures of the pilon, the talus and the calcaneus*. Springer, Berlin, pp 207–213.
145. Omoto, H. and K. Nakamura, *Method for manual reduction of displaced intra-articular fracture of the calcaneus: technique, indications and limitations*. Foot Ankle Int, 2001. 22(11): p. 874-9.
146. Zgonis, T., T.S. Roukis, and V.D. Polyzois, *The use of Ilizarov technique and other types of external fixation for the treatment of intra-articular calcaneal fractures*. Clin Podiatr Med Surg, 2006. 23(2): p. 343-53, vi-vii.
147. McGarvey, W.C., et al., *Calcaneal fractures: indirect reduction and external fixation*. Foot Ankle Int, 2006. 27(7): p. 494-9.
148. Hatzokos, I., et al., *Treatment of intra-articular comminuted os calcis fractures*. Orthopedics, 2006. 29(1): p. 25-9.
149. Khorbi, A., et al., *[Screw fixation without bone graft of calcaneal joint fractures: 35 cases]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2006. 92(1): p. 45-51.
150. Goldzak, M.G., Georg & Simon, Patrick & Mittlmeier, Thomas., *A new approach for calcaneal fractures: a preliminary step for calcaneal nailing*. . Injury-international Journal of The Care of The Injured, (2011). Injury, Int. J. Care Injured 42. 10.1016/S0020-1383(11)70034-1. (A).
151. Zwipp, H., et al., *Introduction of a New Locking Nail for Treatment of Intraarticular Calcaneal Fractures*. J Orthop Trauma, 2016. 30(3): p. e88-92.
152. Waseem, M., *The use of subtalar arthroscopy in open reduction and internal fixation of intra-articular calcaneal fractures*. Injury, 2003. 34(6): p. 475; author reply 476.
153. Kopp, L., et al., *[Arthroscopically-assisted osteosynthesis of calcaneal fractures: clinical and radiographic results of a prospective study]*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2012. 79(3): p. 228-32.
154. Gavlik, J.M., S. Rammelt, and H. Zwipp, *The use of subtalar arthroscopy in open reduction and internal fixation of intra-articular calcaneal fractures*. Injury, 2002. 33(1): p. 63-71.
155. Schroder, R.J., et al., *[Diagnostic value of MR analysis of cartilaginous lesions compared with intraoperative arthroscopy in calcaneal fractures]*. Rofo, 2005. 177(3): p. 367-74.

156. Wang, H., et al., *The use of calcaneal anatomic plate in arthroscopically-assisted open reduction and internal fixation of intra-articular calcaneal fractures*. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci, 2006. 26(3): p. 319-21.
157. Lui, T.H. and K.B. Chan, *Arthroscopic management of late complications of calcaneal fractures*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013. 21(6): p. 1293-9.
158. Pastides, P.S., L. Milnes, and P.F. Rosenfeld, *Percutaneous Arthroscopic Calcaneal Osteosynthesis: A Minimally Invasive Technique for Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. J Foot Ankle Surg, 2015. 54(5): p. 798-804.
159. Perera, A., *Advances in Minimally Invasive Surgery of the Foot and Ankle- Percutaneous, Arthroscopic, and Endoscopic Operative Techniques*. Foot Ankle Clin, 2016. 21(3): p. xiii-xiv.
160. Marouby, S., et al., *Percutaneous arthroscopic calcaneal osteosynthesis for displaced intra-articular calcaneal fractures: Systematic review and surgical technique*. Foot Ankle Surg, 2019.
161. Feng, S.M., et al., *[Arthroscopy-assisted percutaneous reduction and screw fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures]*. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2020. 100(5): p. 367-372.
162. McReynolds JS (1982) *The surgical treatment of fractures of the os calcis*. J Bone Joint Surg: Orthop Trans 6:415.
163. Burdeaux, B.D., *Reduction of calcaneal fractures by the McReynolds medial approach technique and its experimental basis*. Clin Orthop Relat Res, 1983(177): p. 87-103.
164. Paley, D. and H. Hall, *Intra-articular fractures of the calcaneus. A critical analysis of results and prognostic factors*. J Bone Joint Surg Am, 1993. 75(3): p. 342-54.
165. Rammelt, S., et al., *[New techniques in the operative treatment of calcaneal fractures]*. Unfallchirurg, 2016. 119(3): p. 225-36; quiz 236-8.
166. Rammelt, S. and H. Zwipp, *Fractures of the calcaneus: current treatment strategies*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2014. 81(3): p. 177-96.
167. Pompach, M., et al., *[Treatment of calcaneal fractures with a locking nail (C-Nail)]*. Oper Orthop Traumatol, 2016. 28(3): p. 218-30.
168. <https://www.medin.cz/c-nail-calcaneal-nail>. Data pobrania 15.04.2020, godz. 8:50.
169. Goldzak, M., T. Mittlmeier, and P. Simon, *Locked nailing for the treatment of displaced articular fractures of the calcaneus: description of a new procedure with calcanail((R))*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2012. 22(4): p. 345-349.
170. Fascione, F., et al., *Surgical treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures by a minimally invasive technique using a locking nail: A preliminary study*. Foot Ankle Surg, 2019. 25(5): p. 679-683.

171. Reinhardt, S., et al., *Interlocking Nailing Versus Interlocking Plating in Intra-articular Calcaneal Fractures: A Biomechanical Study*. Foot Ankle Int, 2016. 37(8): p. 891-7.
172. Goldzak, M., et al., *Primary stability of an intramedullary calcaneal nail and an angular stable calcaneal plate in a biomechanical testing model of intraarticular calcaneal fracture*. Injury, 2014. 45 Suppl 1: p. S49-53.
173. Jacquot, F., et al., *Balloon reduction and cement fixation in calcaneal articular fractures: a five-year experience*. Int Orthop, 2013. 37(5): p. 905-10.
174. Thordarson, D.B., et al., *Superior compressive strength of a calcaneal fracture construct augmented with remodelable cancellous bone cement*. J Bone Joint Surg Am, 1999. 81(2): p. 239-46.
175. Thordarson, D.B. and M. Bollinger, *SRS cancellous bone cement augmentation of calcaneal fracture fixation*. Foot Ankle Int, 2005. 26(5): p. 347-52.
176. Schildhauer, T.A., et al., *Open reduction and augmentation of internal fixation with an injectable skeletal cement for the treatment of complex calcaneal fractures*. J Orthop Trauma, 2000. 14(5): p. 309-17.
177. Larsson, S. and T.W. Bauer, *Use of injectable calcium phosphate cement for fracture fixation: a review*. Clin Orthop Relat Res, 2002(395): p. 23-32.
178. Elsner, A., et al., *Augmentation of intraarticular calcaneal fractures with injectable calcium phosphate cement: densitometry, histology, and functional outcome of 18 patients*. J Foot Ankle Surg, 2005. 44(5): p. 390-5.
179. Huber, F.X., et al., *The use of nanocrystalline hydroxyapatite for the reconstruction of calcaneal fractures: Preliminary results*. J Foot Ankle Surg, 2006. 45(5): p. 322-8.
180. Bloemers FW, Stahl JP, Sarkar MR, Linhart W, Rueckert U, Wippermann BW (2004) *Bone substitution and augmentation in trauma surgery with a resorbable calcium phosphate bone cement*. Eur J Trauma 30:17–22.
181. Jiang, S.D., L.S. Jiang, and L.Y. Dai, *Surgical treatment of calcaneal fractures with use of beta-tricalcium phosphate ceramic grafting*. Foot Ankle Int, 2008. 29(10): p. 1015-9.
182. Bano, A., et al., *Intra-articular calcaneal fracture: closed reduction and balloon-assisted augmentation with calcium phosphate cement: a case report*. Cases J, 2009. 2: p. 9290.
183. Gupta, A.K., G.S. Gluck, and S.G. Parekh, *Balloon reduction of displaced calcaneus fractures: surgical technique and case series*. Foot Ankle Int, 2011. 32(2): p. 205-10.
184. Wilson, P.D. *Treatment of fractures of the os calcis by arthrodesis of the subastragalar joint. A report on twenty-six cases*. Journal of the American Medical Association, 1927. 89(20): p. 1676-1683.

185. Gillie WE. Subastragalar arthrodesis in fractures of the os calcis. *J Bone Joint Surg* 1943;25: 731-736.
186. Potenza, V., et al., *Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted intra-articular calcaneal fractures*. *Injury*, 2010. 41(7): p. 702-6.
187. Huefner, T., et al., *Primary subtalar arthrodesis of calcaneal fractures*. *Foot Ankle Int*, 2001. 22(1): p. 9-14.
188. Hufner, T., et al., *[Open reduction and internal fixation by primary subtalar arthrodesis for intraarticular calcaneal fractures]*. *Oper Orthop Traumatol*, 2007. 19(2): p. 155-69.
189. Malik, A.K., M. Solan, and A. Sakellariou, *Potenza et al. Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted intra-articular calcaneal fractures [Injury 41;2010:702-6]*. *Injury*, 2011. 42(4): p. 431-2; author reply 432-3.
190. Myerson, M.S., *Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted fractures of the calcaneus*. *Orthop Clin North Am*, 1995. 26(2): p. 215-27.
191. Medixant. RadiAnt DICOM Viewer [Software]. Version 2020.2. Jul 19, U.h.w.r.c.
192. SooHoo, N.F., R. Vyas, and D. Samimi, *Responsiveness of the foot function index, AOFAS clinical rating systems, and SF-36 after foot and ankle surgery*. *Foot Ankle Int*, 2006. 27(11): p. 930-4.
193. Ibrahim, T., et al., *Reliability and validity of the subjective component of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society clinical rating scales*. *J Foot Ankle Surg*, 2007. 46(2): p. 65-74.
194. Dudkiewicz, I., et al., *Dynamic footprints: adjuvant method for postoperative assessment of patients after calcaneal fractures*. *Isr Med Assoc J*, 2002. 4(5): p. 349-52.
195. Venditto, T., et al., *17-Italian Foot Function Index with numerical rating scale: development, reliability, and validity of a modified version of the original Foot Function Index*. *Foot (Edinb)*, 2015. 25(1): p. 12-8.
196. *Kardiol Pol* 2009; 67: 1166-1169
197. Vicenti, G., et al., *Balloon-assisted reduction, pin fixation and tricalcium phosphate augmentation for calcaneal fracture: A retrospective analysis of 42 patients*. *Injury*, 2018. 49 Suppl 3: p. S94-S99.
198. Park, C.H. and D.H. Yoon, *Role of Subtalar Arthroscopy in Operative Treatment of Sanders Type 2 Calcaneal Fractures Using a Sinus Tarsi Approach*. *Foot Ankle Int*, 2018. 39(4): p. 443-449.
199. Ni, M., et al., *The primary stability of different implants for intra-articular calcaneal fractures: an in vitro study*. *Biomed Eng Online*, 2018. 17(1): p. 50.

200. De Boer, A.S., et al., *The effect of time to post-operative weightbearing on functional and clinical outcomes in adults with a displaced intra-articular calcaneal fracture; A systematic review and pooled analysis*. Injury, 2018. 49(4): p. 743-752.
201. Vila-Rico, J., et al., *Arthroscopic posterior subtalar arthrodesis for salvage of posttraumatic arthritis following calcaneal fractures*. Injury, 2018. 49 Suppl 2: p. S65-S70.
202. Roukis, T.S., *Closed Manipulation, Intraosseous Reduction, and Rigid Internal Fixation for Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. Clin Podiatr Med Surg, 2019. 36(2): p. 197-210.
203. Yao, L.F., et al., *Minimally invasive treatment of calcaneal fractures via the sinus tarsi approach based on a 3D printing technique*. Math Biosci Eng, 2019. 16(3): p. 1597-1610.
204. Sass, M., R. Rotter, and T. Mittlmeier, *Minimally invasive internal fixation of calcaneal fractures or subtalar joint arthrodesis using the Calcanail(R)*. Oper Orthop Traumatol, 2019. 31(2): p. 149-164.
205. Herlyn, A., et al., *Calcaneal fracture fixation using a new interlocking nail reduces complications compared to standard locking plates - Preliminary results after 1.6 years*. Injury, 2019. 50 Suppl 3: p. 63-68.
206. Luo, X., Q. Li, and S. He, *Operative Versus Nonoperative Treatment for Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. J Foot Ankle Surg, 2016. 55(4): p. 821-8.
207. Younger, A., *A calcaneal fracture study illustrates a need for better statistical methods for orthopaedic outcomes: Commentary on an article by Per-Henrik Agren, MD, et al.: "Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures. a prospective, randomized, controlled multicenter trial"*. J Bone Joint Surg Am, 2013. 95(15): p. e111.
208. Schepers, T., *Calcaneal Fractures: Looking Beyond the Meta-Analyses*. J Foot Ankle Surg, 2016. 55(4): p. 897-8.
209. Jiang, N., et al., *Surgical versus nonsurgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis of current evidence base*. Int Orthop, 2012. 36(8): p. 1615-22.
210. Zhang, W., et al., *Operative Versus Nonoperative Treatment of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. J Orthop Trauma, 2016. 30(3): p. e75-81.

211. Liu, Y., et al., *Protective Effect of Surgery Against Early Subtalar Arthrodesis in Displaced Intra-articular Calcaneal Fractures: A Meta-Analysis*. Medicine (Baltimore), 2015. 94(45): p. e1984-0.
212. Gonzalez, T.A., et al., *Posterior Facet Settling and Changes in Bohler's Angle in Operatively and Nonoperatively Treated Calcaneus Fractures*. Foot Ankle Int, 2015. 36(11): p. 1297-309.
213. Labronici, P.J., et al., *Bohler's Angle-Comparison Between the pre- and Postoperative in Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. Rev Bras Ortop (Sao Paulo), 2019. 54(2): p. 156-164.
214. Loucks, C. and R. Buckley, *Bohler's angle: correlation with outcome in displaced intra-articular calcaneal fractures*. J Orthop Trauma, 1999. 13(8): p. 554-8.
215. De Boer, A.S., et al., *The Influence of Radiograph Obliquity on Böhler's and Gissane's Angles in Calcanei*. J Foot Ankle Surg, 2020. 59(1): p. 44-47.
216. Mittlmeier, T., et al., *Analysis of morphology and gait function after intraarticular calcaneal fracture*. J Orthop Trauma, 1993. 7(4): p. 303-10.
217. Sharr, P.J., et al., *Current management options for displaced intra-articular calcaneal fractures: Non-operative, ORIF, minimally invasive reduction and fixation or primary ORIF and subtalar arthrodesis. A contemporary review*. Foot Ankle Surg, 2016. 22(1): p. 1-8.
218. Prabhakar, S., et al., *The "Open-Envelope" Approach: A Limited Open Approach for Calcaneal Fracture Fixation*. Indian J Orthop, 2018. 52(3): p. 231-238.
219. Fourgeaux, A., et al., *Three-dimensional computed tomography analysis and functional results of calcaneal fractures treated by an intramedullary nail*. Int Orthop, 2019. 43(12): p. 2839-2847.
220. Zeman, J., et al., *Comparison of Lcp and Intramedullary Nail Osteosynthesis in Calcaneal Fractures*. Acta Ortop Bras, 2019. 27(6): p. 288-293.
221. Radomskii Aleksander, R.P., *Surgical treatment results of displaced intra-articular calcaneal fracture using a locked nail*. 2015: p. https://faoj.files.wordpress.com/2015/06/8-2-4_final.pdf.
222. Gajdosikova, K., et al., *[Correction Loss of Calcaneal Fractures by Different Type of Osteosynthesis]*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2019. 86(2): p. 124-130.
223. Ni, M., et al., *Biomechanical comparison of modified Calcanail system with plating fixation in intra-articular calcaneal fracture: A finite element analysis*. Med Eng Phys, 2019. 70: p. 55-61.
224. Qiang, M.F., et al., *Computational Biomechanical Analysis of Postoperative Calcaneal Fractures with Different Placement of the Sustentaculum Screw*. Orthop Surg, 2020.

225. Boffeli, T.J. and K.W. Abben, *Modified Dwyer osteotomy with rotation and reinsertion of autograft bone wedge for residual heel deformity despite previous delayed subtalar joint arthrodesis after calcaneal fracture*. J Foot Ankle Surg, 2014. 53(6): p. 799-805.
226. Zhou, H.C., et al., *Clinical Comparison of Extensile Lateral Approach and Sinus Tarsi Approach Combined with Medial Distraction Technique for Intra-Articular Calcaneal Fractures*. Orthop Surg, 2017. 9(1): p. 77-85.
227. Cottom, J.M. and J.S. Baker, *Restoring the Anatomy of Calcaneal Fractures: A Simple Technique With Radiographic Review*. Foot Ankle Spec, 2017. 10(3): p. 235-239.
228. Tomesen, T., J. Biert, and J.P. Frolke, *Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with closed reduction and percutaneous screw fixation*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93(10): p. 920-8.
229. Radnay, C.S., M.P. Clare, and R.W. Sanders, *Subtalar fusion after displaced intra-articular calcaneal fractures: does initial operative treatment matter?* J Bone Joint Surg Am, 2009. 91(3): p. 541-6.
230. Braly, W.G., J.O. Bishop, and H.S. Tullos, *Lateral decompression for malunited os calcis fractures*. Foot Ankle, 1985. 6(2): p. 90-6.
231. Lui, T.H., Y.C. Siu, and W.K. Ngai, *Endoscopic Management of Calcaneofibular Impingement and Posterior Ankle Impingement Syndrome Caused by Malunion of Joint Depressed-Type Calcaneal Fracture*. Arthrosc Tech, 2018. 7(2): p. e71-e76.
232. Chen, Y.J., et al., *Subtalar distractional realignment arthrodesis with wedge bone grafting and lateral decompression for calcaneal malunion*. J Trauma, 1998. 45(4): p. 729-37.
233. Di Schino, M., et al., *Results of open reduction and cortico-cancellous autograft of intra-articular calcaneal fractures according to Palmer*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2008. 94(8): p. e8-16.
234. Chaminade, B., S. Zographos, and G. Uthéza, *[Simple screw fixation for calcaneal fractures: 60 cases with preoperative computed tomography analysis]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2000. 86(7): p. 724-36.
235. Su, J. and X. Cao, *Can operations achieve good outcomes in elderly patients with Sanders II-III calcaneal fractures?* Medicine (Baltimore), 2017. 96(29): p. e7553.
236. Rammelt, S., et al., *Severity of injury predicts subsequent function in surgically treated displaced intraarticular calcaneal fractures*. Clin Orthop Relat Res, 2013. 471(9): p. 2885-98.
237. Qiang, M., et al., *Post-operative radiological predictors of satisfying outcomes occurring after intra-articular calcaneal fractures: a three dimensional CT quantitative evaluation*. Int Orthop, 2017. 41(9): p. 1945-1951.

238. Grün, W., et al., *Results After Percutaneous and Arthroscopically Assisted Osteosynthesis of Calcaneal Fractures*. Foot Ankle Int, 2020. 41(6): p. 689-697.
239. Baca, E. and A. Koluman, *Modified percutaneous fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures*. Eklem Hastalik Cerrahisi, 2019. 30(2): p. 168-74.
240. Rammelt, S., et al., *[Minimally invasive fixation of calcaneal fractures]*. Oper Orthop Traumatol, 2012. 24(4-5): p. 383-95.
241. Ebrahimpour, A., et al., *Percutaneous reduction and screw fixation for all types of intra-articular calcaneal fractures*. Musculoskelet Surg, 2020.
242. Simpson, D., et al., *Peak torque, rate of torque development and average torque of isometric ankle and elbow contractions show excellent test-retest reliability*. Hong Kong Physiother J, 2019. 39(1): p. 67-76.
243. Harbo, T., J. Brincks, and H. Andersen, *Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects*. Eur J Appl Physiol, 2012. 112(1): p. 267-75.
244. Allmacher, D.H., K.S. Galles, and J.L. Marsh, *Intra-articular calcaneal fractures treated nonoperatively and followed sequentially for 2 decades*. J Orthop Trauma, 2006. 20(7): p. 464-9.
245. Schepers, T., et al., *Percutaneous treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures*. J Orthop Sci, 2007. 12(1): p. 22-7.
246. Xu, C., et al., *A Three-Dimensional Finite Element Analysis of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. J Foot Ankle Surg, 2017. 56(2): p. 319-326.
247. Stephens, A.R. and L. Grujic, *Post-Traumatic Hindfoot Arthritis*. J Orthop Trauma, 2020. 34 Suppl 1: p. S32-S37.
248. Hintermann, B., V. Valderrabano, and H.P. Kundert, *Lateral column lengthening by calcaneal osteotomy combined with soft tissue reconstruction for treatment of severe posterior tibial tendon dysfunction. Technique and preliminary results*. Orthopade, 1999. 28(9): p. 760-769.
249. Stevens, J.E., et al., *Muscle adaptations with immobilization and rehabilitation after ankle fracture*. Med Sci Sports Exerc, 2004. 36(10): p. 1695-701.
250. Hirschmuller, A., et al., *Do changes in dynamic plantar pressure distribution, strength capacity and postural control after intra-articular calcaneal fracture correlate with clinical and radiological outcome?* Injury, 2011. 42(10): p. 1135-43.
251. Westphal, T., et al., *[Quality of life after calcaneal fractures. A matched-pairs trial with a standardised German control group]*. Unfallchirurg, 2003. 106(4): p. 313-8.

252. van Tetering, E.A. and R.E. Buckley, *Functional outcome (SF-36) of patients with displaced calcaneal fractures compared to SF-36 normative data*. Foot Ankle Int, 2004. 25(10): p. 733-8.
253. van Hove, S., et al., *Gait Analysis and Functional Outcome After Calcaneal Fracture*. J Bone Joint Surg Am, 2015. 97(22): p. 1879-88.
254. Zwipp, H., et al., *Fersenbeinbruch*. Trauma und Berufskrankheit, 2000. 2(1): p. S129-S132.
255. Xia, S., et al., *Computed Tomography Imaging-Based Preoperative Virtual Simulation for Calcaneal Fractures Reduction*. J Foot Ankle Surg, 2019. 58(2): p. 248-252.
256. Garcia, J.A., R. Mykula, and D. Stanley, *Complex fractures of the distal humerus in the elderly. The role of total elbow replacement as primary treatment*. J Bone Joint Surg Br, 2002. 84(6): p. 812-6.
257. Roukis, T.S., *Joint-Sparing Surgical Management of Sanders IV Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures*. Clin Podiatr Med Surg, 2019. 36(2): p. 251-268.
258. Islam, A., et al., *Management of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Comparative Study of Open and Minimally Invasive Surgery*. Cureus, 2020. 12(8): p. e9547.

12. Spis tabel i rycin

12.1. Tabele

Tabela 1. Przegląd metod operacyjnych złamań kości piętowych i dostępów (opracowany przez autora niniejszej dysertacji).

Tabela 2. Wynik sumaryczny procentowy w skali AOFAS.

Tabela 3. Charakterystyka grupy pacjentów poddanych badaniu.

Tabela 4. Podstawowa charakterystyka badanej grupy.

Tabela 5. Wyniki badania RTG przed i po operacji w badanej grupie.

Tabela 6. Porównanie wartości kąta Böhlera i kąta Gissana przed i po operacji.

Tabela 7. Porównanie wymiarów przed i po operacji.

Tabela 8. Zmiana występowania zaburzeń osiowych po zabiegu.

Tabela 9. Wyniki skali Sandersa w poszczególnych rodzajach złamania według Guy Uthez`a.

Tabela 10. Związek wyników badania RTG z deficytami obliczonymi według badania BIODEX oraz wynikami skali AOFAS.

Tabela 11. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – maksymalna wartość momentu siły.

Tabela 12. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – średnia wartość momentu *siły*.

Tabela 13. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – średnia wartość momentu siły/ciężar ciała.

Tabela 14. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEX – popęd siły.

Tabela 15. Porównanie strony operowanej i nieoperowanej pod względem wyników BIODEx – współczynnik zmienności.

Tabela 16. Wyniki badania BIODEx w zależności od wyniku skali Sandersa.

Tabela 17. Wyniki badania BIODEx w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a.

Tabela 18. Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36.

Tabela 19. Jakość życia, funkcja stopy oraz nasilenie bólu w badanej grupie.

Tabela 20. Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS w badanej grupie.

Tabela 21. Ocena bólu w badanej grupie.

Tabela 22. Związek ogólnego stanu zdrowia ze stanem chorej stopy.

Tabela 23. Porównanie wyników skali AOFAS w zależności od wyniku skali Sandersa.

Tabela 24. Porównanie wyników skali AOFAS w zależności od rodzaju złamania według Guy Uthez'a.

Tabela 25. Związek wyników skal oceniających jakość życia, ból i funkcję stopy z deficytami obliczonymi według badania BIODEx.

12.2. Ryciny

Rycina 1. Szkic kości piętowej autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem (załącznik nr 1)

Rycina 2. A i B Szkice pogładowe anatomii kości piętowej. Kolor zielony - guz piętowy, niebieski - tylna powierzchnia stawowa, czerwona - podpórka, pomarańczowy - wyrostek przedni. Szkice autorstwa dr. Patricka Croniera, za jego pozwoleniem (załącznik nr 1)

Rycina 3. A i B Zdjęcie górnej powierzchni kości piętowej (A). Szkic górnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przedni, WB - wyrostek boczny, trójkąt - zatoka stepu, prostokąt - kanał stepu. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 4. A i B Zdjęcie bocznej powierzchni kości piętowej (A). Szkic bocznej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przedni, WB - wyrostek boczny, trójkąt - zatoka stepu, BS - bloczek strzałkowy, GP- guz piętowy. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 5. A i B Zdjęcie przyśrodkowej powierzchni kości piętowej (A). Szkic przyśrodkowej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B). TPS - tylna powierzchnia stawowa, SPS - środkowa powierzchnia stawowa, PPS - przednia powierzchnia stawowa, WP - wyrostek przyśrodkowy, GP- guz piętowy, ST - podpórka kości piętowej, strzałka wskazuje kierunek przebiegu ścięgna zginacza palucha i pęczka naczyniowo nerwowego. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 6. A i B Zdjęcie tylnej powierzchni kości piętowej(A). Szkic tylnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami (B) WP - wyrostek przyśrodkowy, WB - wyrostek boczny, GP- guz piętowy, linia przerywana wyznacza granicę przyczepu ścięgna Achillesa. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 7. A i B Zdjęcie dolnej powierzchni kości piętowej (A). Szkic dolnej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami(B). WP - wyrostek przyśrodkowy, WB - wyrostek boczny, ST - podpórka kości piętowej, strzałka wskazuje kierunek przebiegu ścięgna zginacza palucha, niebieski znacznik wskazuje przyczep rozciągniętego podeszwowego. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 8. A i B Zdjęcie przedniej powierzchni kości piętowej (A). Szkic przedniej powierzchni kości piętowej z oznaczeniami(B). PPSZ - powierzchnia stawowa piętowo-sześcienna, WP - wyrostek przedni. Zdjęcie kości piętowej i szkice wykonane przez autora dysertacji

Rycina 9. A i B Zdjęcie strony przyśrodkowej (A) i bocznej (B) - przedstawiają stan skóry okolicy stawu skokowego (krwiaki) po złamaniu kości piętowej, czerwona strzałka wskazuje na wypełniony surowiczym płynem pęcherz. Zdjęcia wykonane przez autora dysertacji

Rycina 10. A - stan po złamaniu otwartym IIIC kości piętowej powikłane martwicą skóry okolicy kostki przyśrodkowej, B - stan po leczeniu operacyjnym - przesunięcie płata skórno-mięśniowego. Zdjęcia własne

Rycina 11. A - widoczna odleżyna okolicy bocznej po złamaniu awulsyjnym guza piętowego, B - rekonstrukcja 3D złamania awulsyjnym guza piętowego (zdjęcie i rekonstrukcja własne)

Rycina 12. Rekonstrukcja 3D objętościowa stopy - zaznaczono czerwonymi prostymi miejsce dostępów celem odbarczenia przedziałów. A strona przyśrodkowo-podeszwowa, B - strona grzbietowa (zdjęcie i rekonstrukcja własne)

Rycina 13. Zdjęcie boczne przedstawiające kąt Böhlera, A - po złamaniu, B - prawidłowe (zdjęcia własne)

Rycina 14. Zdjęcie boczne przedstawiające kąt Gissana, A - po złamaniu, B - prawidłowe (zdjęcia własne)

Rycina 15. Zdjęcie RTG w projekcji bocznej, czerwone strzałki wskazują na "podwójny cień", niebieska linia to linia McLaughlina (zdjęcie własne)

Rycina 16. Zdjęcie RTG w projekcji bocznej, czerwone strzałki HC - (Cuboid Height) Wysokość powierzchni prostopadłościanu HT - (Thalamus Height) Wysokość tylnej powierzchni wzgórzowej

Rycina 17. Projekcja osiowa Harrisa - widoczne poszerzenie zarysu kości piętowej, odłam ściany bocznej leży prawie poziomo (zdjęcie własne)

Rycina 18. Projekcja styczna - Brodena, widoczny cień gwoźdźcia Calcanail z śrubami wprowadzonymi w podpórkę i guz piętowy po repozycji (zdjęcie własne)

Rycina 19. Badanie tomografii komputerowej kości piętowej: A - przekrój czołowy B - przekrój strzałkowy, C - przekrój osiowy, D - rekonstrukcja 3D. Zdjęcia i rekonstrukcja własne

Rycina 20. Klasyfikacja złamań kości piętowej wg Palmera. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa Palmera: The Mechanism and Treatment of Fractures of the Calcaneus; Open Reduction With the Use of Cancellous Grafts. The Journal of Bone & Joint Surgery. 30(1):2–8, JANUARY 1948

Rycina 21. Klasyfikacja złamań kości piętowej Essex-Lopresti: typ pierwszy - kompresyjny, typ drugi - "języka", czarna strzałka wskazuje wektor łamiący kość piętową, pierwotna linia złamania zaznaczona na niebiesko, wtórna linia złamania zaznaczona na czerwono. Rysunki własne

Rycina 22. 12 punktowa klasyfikacja złamań kości piętowej Zwippa. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa Hans Zwipp , Orthop Traumatol 4 t 1995 223 235 no.4

Rycina 23. Klasyfikacja złamań kości piętowej wg Sandersa. Rycina zaczerpnięta z książki autorstwa Brant, W.; Helm C (2007). Podstawy radiologii diagnostycznej (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-6135-2

Rycina 24. Klasyfikacja Guy'a Utheza, pierwsza kolumna przedstawia typ pionowy, druga kolumna to typ mieszany, a trzecia kolumna to typ poziomy. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa M. Goldzak

Rycina 25. Zaktualizowana klasyfikacja Utheza - CAFC (Calcaneal Architectural Fracture Classification) z podziałem na dwa główne typy, które dzielą się po 3 subtypy. Rycina zaczerpnięta z artykułu autorstwa M. Goldzak

Rycina 26. Przegląd historii klasyfikacji złamań kości piętowej (grafika autora niniejszej dysertacji)

Rycina 27. A i B Szkice Malgaigne z 1856 wykonane 130 lat przed erą tomografii komputerowej, zdjęcie z atlasu Malgaigne

Rycina 28. A Zaopatrzenie w longiecie gipsowej z podbiciem śródstopia. (zdjęcie własne). **B** - Zachowawcze leczenie złamania kości piętowej - opatrunek typu kokon. (zdjęcie własne)

Rycina 29. A - Dostęp operacyjny rozszerzony boczny (czerwona linia), dodatkowy wg Gallie (zielona linia) **B** - Ujęcie zapadniętej TPS jako ludzika po zaopatrzeniu płytą LCP. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

Rycina 30. Ujęcie wzgórzowego ludzika jako "thalamus" po zaopatrzeniu metodą MIS - **A** śrubami w trzech kierunkach, **B** - śrubami w podpórkę, **C** - drutami Kirchnera, **D** - mini płytką LCP i śrubami, **E** śrubami i cementem kostnym. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

Rycina 31. A - Ujęcie ludzika jako "thalamus" po zaopatrzeniu metodą C-nail. Szkic autorstwa Patricka Croniera, za jego pozwoleniem. **B** - Gwóźdź C-nail

Rycina 32. Rycina A przedstawia konstelację beleczek kostnych, gdzie niebieski trójkąt ma najmniejszą gęstość kości i po złamaniu i ponownej elewacji często powstaje ubytek- zaznaczony na fioletowo trójkąt. Czerwony prostokąt to podpórka, która zawsze jest stała - "constant fragment" . **B** - Ujęcie "thalamus" jako człowieczka, które w złamaniu DIACF jest pogrążone. Zdjęcie autorstwa dr. Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

Rycina 33. A i B - Zdjęcie boczne i osiowe po repozycji i implantacji gwoździa Calcanail. Uwagę zwraca posadowienie śruby proksymalnej w podpórkę kości piętowej, a także okienko w gwoździu co zapobiega degradacji i wtórnym przemieszczeniom

podczas obciążania. C- ujęcie małego człowieczka nazwanego "Thalamus" po zespoleniu Calcanail. Zdjęcie autorstwa dr. Patricka Croniera, za jego pozwoleniem

Rycina 34 A i B. Zdjęcie stopy 2 dni po zabiegu operacyjnym Calcanail od strony podeszwy - A , od strony bocznej - B (zdjęcia własne)

Rycina 35. A - Złamanie wieloodłamowe ("bag of bones") kości piętowej, B - Stan po pierwotnej artrodezie podskokowej za pomocą implantu Calcanail (zdjęcia własne)

Rycina 36. A - Stan po złamaniu guza piętowego i zaopatrzeniu niestandardowo gwoździem śródszpikowym Calcanail fi 10, B - Calcanail fi 12 służący do artrodezy podskokowej (zdjęcia własne)

Rycina 37. Przykładowe ułożenie pacjenta i pozycja skopii RTG. A - projekcja osiowa w skopii, B - projekcja boczna w skopii (zdjęcia własne)

Rycina 38. A - Śródoperacyjne ustawienie drutu kierunkowego i specjalnego przyrządu, który umożliwia prostopadle osadzenie Steinmana, B - poglądowa rycina z prospektu implantu ułatwiająca zrozumienie osadzenia drutu kierunkowego i drutu Steinmana (zdjęcia własne)

Rycina 39. A - Zdjęcie przedstawia wywiercony fragment kości po otwarciu kanału jamy szpikowej w guzie piętowym - fragment wywiercamy po drucie kierunkowym do szczeliny złamania, B - Wywiercony fragment kości implantujemy w gwoździu śródszpikowym (gwoździe na zdjęciu przymocowany jest do uchwytu), (zdjęcia własne)

Rycina 41. A - Śródoperacyjna repozycja złamania kości piętowej przy pomocy pobijaka B - Montaż ramy celownika do uchwytu gwoźdźnia i wstępne przygotowanie do ryglowania gwoźdźnia (zdjęcia własne)

Rycina 42. A - Śródoperacyjne zdjęcia ze skopii przedstawiają zamknięcie gwoźdźnia kapą, B - zdjęcie stopy po zabiegu operacyjnym Calcanail od strony tylnopodeszwowej, C - od strony bocznej (zdjęcia własne)

Rycina 43. Protokół izometryczny dynamiczny funkcji stopy aparatu Biodex System 4 Pro

Rycina 44. Zdjęcie przedstawia pozycję pacjenta na aparacie BIODEX (zdjęcie własne)

- Rycina 45.** VAS - 10 stopniowa skala bólu wzrokowo-analogowa
- Rycina 46.** Zmiana wartości kątów Böhlera i Gissana kości piętowej po operacji
- Rycina 47.** Zmiana wysokości i szerokości kości piętowej po operacji
- Rycina 48.** Zmiana występowania zaburzeń osiowych po zabiegu
- Rycina 49.** Maksymalne wartości momentu siły po stronie operowanej i nieoperowanej
- Rycina 50.** Średnie wartości momentu siły po stronie operowanej i nieoperowanej
- Rycina 51.** Graficznie przedstawione wartości średnie momentu siły/ciężar ciała po stronie operowanej i nieoperowanej
- Rycina 52.** Wartości popędu siły po stronie operowanej i nieoperowanej
- Rycina 53.** Wartości współczynnika zmienności po stronie operowanej i nieoperowanej
- Rycina 54.** Asymetria agonistów i antagonistów w wybranych płaszczyznach w zależności od wyniku skali Sandersa
- Rycina 55.** Asymetria agonistów i antagonistów w wybranych płaszczyznach w zależności od rodzaju złamania według Guy Utthez'a
- Rycina 56.** Jakość życia oceniona za pomocą kwestionariusza SF-36
- Rycina 57.** Rozkład procentowy wyniku FFI dla grupy, linia ciągła to średnia wartość dla grupy
- Rycina 58.** Funkcja stopy oceniona za pomocą kwestionariusza AOFAS w badanej grupie
- Rycina 59.** Nasilenie bólu ocenione za pomocą skali VAS
- Rycina 60.** Wynik według skali Sandersa a funkcja stopy według skali AOFAS
- Rycina 61.** Rodzaj złamania według Guy Utthez'a, a funkcja stopy według skali AOFAS

13.Załączniki

Załącznik 1

Warunki i ograniczenia przeprowadzonego badania:

1. Ocena i pomiary na aparacie BIODEx były prowadzone przez cztery osoby: autor pracy, dr n.med. Marta Jokiel, dr n.med. Ewa Bręborowicz, lek Andrzej Bargiel ze względu na odległe miejsce badania od miejsca zamieszkania pacjentów byli przywiezieni do Kliniki Chirurgii Ręki w trzech grupach.
2. Autor dopuszcza ograniczenie jakim jest efekt kohortowy w badaniu metodologicznym.
3. Nie wszyscy pacjenci mieli wykonane badanie KT pooperacyjne, najczęściej osoby, które odbywały kontrole w innym ośrodku jak ZZOZ Ostrów Wielkopolski.
4. Ocena radiologiczna była prowadzona przez jednego badacza - autora pracy.
5. Niektóre ryciny były użyte na cele niniejszej dysertacji za pozwoleniem Patricka Croniera.

Załącznik 2

Tabela 2

Kryteria oceny bólu w kwestionariuszu AOFAS

Kategoria	Opis	Wynik
1. Ocena bólu (do 40 punktów):	bez bólu	40
	niewielki, rzadko	30
	średnio nasilony, codzienny	20
	ostry, stały	0

Kryteria oceny funkcja/czynność stopy w kwestionariuszu AOFAS

2. Ocena czynności (do 50 punktów):	- bez ograniczeń sprawności, bez zaopatrzenia ortopedycznego	10
	- bez ograniczenia czynności codziennych, ograniczenie sprawności rekreacyjnych, bez zaopatrzenia	7
	ograniczona sprawność codzienna i aktywność rekreacyjna, laska dłoniowa	4
	duże ograniczenia aktywności codziennej i rekreacyjnej, wymaga kul, chodzika lub	0
chód wydolny :	więcej niż 3 km	5
	od 2 do 3 km	4
	od 0,5 do 1,5 km	2
	mniej niż 0,5 km	0
chodzenie po nawierzchni:	chód wydolny na każdej nawierzchni	5
	niewielkie trudności na nierównym podłożu, schodach, drabinie lub przy wchodzeniu pod górę na nierówności	3
	duże trudności na nierównym podłożu przy wchodzeniu po schodach, pod górę, na drabinę	0
chód :	chód prawidłowy	8
	utykanie	4

	duże utykanie	0
zakres ruchów skokowo-goleniowych (grzbietowe + podeszwowe) :	prawidłowy (30 ⁰ lub więcej)	8
	ograniczony (15 ⁰ do 29 ⁰)	4
	duże ograniczenie (mniej niż 15 ⁰)	0
zakres ruchów skokowo-piętowych (supinacja – pronacja) :	prawidłowy lub ograniczony śladowo (75% lub więcej)	6
	ograniczony (25%- 74%)	3
	duże ograniczenie (mniej niż 25%)	0
stabilność przednio-tylna i boczna (koślawość i szpotawość) :	stabilność zachowana	8
	wyraźna niestabilność	0

Kryteria oceny obciążalność stopy w kwestionariuszu AOFAS

3. Obciążanie stopy (do 10 punktów):	podeszwa prawidłowo obciążana, środkowa część stopy dobrze	10
	podeszwa obciążana prawidłowo, małe nieprawidłowości sklepienia środkowej części stopy, bez dolegliwości	5
	wadliwe obciążanie podeszwy, duże zniekształcenie, bóle	0

Załącznik 3

Tabela 4. Foot Function Index

Ocena bólu	bez bólu 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 najgorszy ból
	Rano po zrobieniu pierwszego kroku ?
	Podczas spaceru ?
	Kiedy stoisz ?
	Twój ból na koniec dnia ?
	Jak ciężki jest twój ból w najgorszym momencie dnia ?

Ocena trudności	bez problemu 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 bardzo duża trudność
	Kiedy wchodzisz do domu ?
	Kiedy wychodzisz na zewnątrz ?
	Idąc 10 minut pieszo ?
	Idąc po schodach – wchodząc ?
	Idąc po schodach – schodząc ?
	Stojąc na palcach ?
	Kiedy wstajesz z krzesła ?
	Wchodząc na krawężnik ?
	Podczas biegania lub szybkiego chodzenia ?

Ocena czasu	krótko 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ciągle
	Korzystasz z urządzenia wspomagającego (chodzika, kul, itp.) W pomieszczeniu ?
	Korzystasz z urządzenia wspomagającego (chodzika, kul, itp.) Na zewnątrz ?
	Jak dużo czasu ogranicza Twoją aktywność fizyczną ?

Załącznik 4

Tabela 5. SF-36 - Short Form Health Survey

	doskonały	bardzo dobry	dobry	zadowalający	niezadowalający
1. Generalnie możesz powiedzieć, że stan Twojego zdrowia jest:					

	dużo lepiej niż rok temu	trochę lepiej niż rok temu	bardzo podobnie jak rok temu	trochę gorzej niż rok temu	dużo gorzej niż rok temu
2. Jak oceniasz stan swojego zdrowia w porównaniu z analogicznym okresem ubiegłego roku?					

3. Poniżej wymieniono w punktach czynności wykonywane zazwyczaj w ciągu dnia. Czy aktualnie Twoje zdrowie ogranicza Twoje możliwości ich wykonania? Jeżeli tak, to jak bardzo ?	bardzo ograniczona	trochę ograniczona	nieograniczona wcale
czynności wymagające energii, takie jak: bieganie, podnoszenie ciężarów, uczestniczenie w sportach wymagających dużego zaangażowania			
czynności o umiarkowanej trudności, takie jak: przesuwanie stołu, odkurzanie, gra w kręgle lub golfa			
podnoszenie lub dźwiganie zakupów			
pokonywanie kilku pięter schodów			
pokonywanie jednego piętra schodów			
schylanie się lub przyklęknięcie			
spacer dłuższy niż 1 km			
spacer ok. 500 m			
spacer ok. 100 m			
kąpiel lub ubieranie się			

4. Czy w ostatnim miesiącu miałeś(-aś) problemy z pracą lub codzienną aktywnością, które wynikały ze stanu zdrowia i powodowały:	tak	nie
konieczność skrócenia czasu pracy lub innych czynności		
gorsze samopoczucie niż oczekiwałeś(-aś)		
ograniczenie w rodzaju pracy lub innych czynności		
wystąpienie utrudnień w wykonywanej pracy lub innych czynności		

5. Czy w ciągu ostatniego miesiąca miałeś(-aś) problemy związane z wykonywaną pracą lub codziennymi czynnościami wynikające z problemów emocjonalnych (np. poczucie depresji, zdenerwowanie) ?	tak	nie
skrócenie czasu wykonywanej pracy lub innej aktywności		
osiągnięcia (rezultaty) mniejsze, niż oczekiwałbyś(-aś)		
niemożność wykonywania pracy lub innej czynności tak starannie jak zwykle		

	nie, wcale	rzadko	czasami	nawet bardzo	bardzo dużo
6. Czy w ciągu ostatniego miesiąca twoje problemy zdrowotne lub emocjonalne miały wpływ na zwyczajne czynności, kontakty z rodziną, przyjaciółmi, sąsiadami lub innymi grupami ?					

	nigdy	bardzo rzadko	rzadko	wyjątkowo często	bardzo często
7. Ile razy odczuwałeś(-aś) ból w ciągu ostatniego miesiąca ?					

	wcale	trochę	średnio	nawet bardzo	bardzo
8. Jak często w ciągu ostatniego miesiąca ból zakłócał Twoją normalną pracę (zawodową i					

domową) ?					
-----------	--	--	--	--	--

9. Poniższe pytania dotyczą Twojego samopoczucia w ciągu ostatniego miesiąca. Na każde pytanie proszę udzielić jednej odpowiedzi najbardziej zbliżonej do stanu faktycznego. Ile razy wystąpił dany objaw w ciągu ostatniego miesiąca ?	cały czas	dużo czasu	mało czasu	większość czasu	jakiś czas	wcale
a) byłeś(-aś) pełen(-na) animuszu						
b) byłeś(-aś) bardzo zdenerwowany						
c) czuleś(-aś) się nic nie wart(-a) i nic nie było w stanie cię pocieszyć						
d) byłeś(-aś) wyciszony(-a) i spokojny(-a)						
e) byłeś(-aś) pełen(-na) energii						
f) byłeś załamany(-a) i smutny(-a)						
g) czuleś się zmarnowany(-a)						
h) byłeś(-aś) szczęśliwy(-a)						
i) byłeś(-aś) zmęczony(-a)						

	cały czas	większość czasu	część czasu	mało czasu	wcale
10. Jak często w ciągu ostatniego miesiąca Twoje zdrowie fizyczne lub stan emocjonalny wpływały na kontakty towarzyskie (spotkania z rodziną i przyjaciółmi) ?					

11. Jak bardzo prawdziwe lub fałszywe są według Ciebie poniższe stwierdzenia ?	szczególnie prawdziwe	czasami prawdziwe	nie wiem	czasami fałszywe	szczególnie fałszywe
a) uważam, że stan mojego zdrowia jest lepszy niż innych osób, które znam					
b) jestem zdrowszy od innych osób, które znam					
c) przypuszczam, że stan mojego zdrowia ulegnie pogorszeniu					
d) stan mojego zdrowia jest doskonały					

Załącznik 5 Zgoda Komisji Bioetycznej



UNIwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

KOMISJA BIOETYCZNA PRZY UNIwersytecie Medycznym
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Collegium Stomatologicum
ul. Bukowska 70
60-812 Poznań

tel. (+48 61) 854 73 36
www.bioetyka.ump.edu.pl

Uchwała nr 40/19

Ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (t.j. Dz. U. z 2018 r., poz. 617 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. z 1999 r., Nr 47, poz. 480); Ustawy z dnia 6 września 2001 r. Prawo farmaceutyczne (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 2211 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. z 2004 r., Nr 101, poz. 1034 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 18 maja 2005 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie sposobu prowadzenia badań klinicznych z udziałem małoletnich (Dz. U. z 2005 r., Nr 101, poz. 845); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie zgłaszania niespodziewanego ciężkiego niepożądanego działania produktu leczniczego (Dz. U. z 2004 r., Nr 104, poz. 1108); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie wzywania niespodziewanego ciężkiego niepożądanego działania produktu leczniczego do inzynieracji oraz wysokości opłat za złożenie tych wniosków (Dz. U. z 2016 r., poz. 208); Ustawy z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 211, z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2010 r. w sprawie wzorów wniosków o pozwolenie na wprowadzenie produktu leczniczego do obrotu (Dz. U. z 2010 r., Nr 194, poz. 1290); Ustawy z dnia 18 marca 2011 r. o Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (t.j. Dz. U. z 2016 r., poz. 1718 z późn. zm.); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie Dobrej Praktyki Klinicznej (Dz. U. z 2012 r., poz. 489); Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 12 października 2018 r. w sprawie wzorów dokumentów przedkładanych w związku z badaniem klinicznym produktu leczniczego oraz opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. z 2018 r., poz. 1994); w oparciu o Deklarację Helsińską - Zasady Etycznego Postępowania w Eksperymentach Medycznych z Udziałem Ludzi oraz przepisy ICH GCP.

Komisja Bioetyczna, na posiedzeniu w dniu 10 stycznia 2019 r.

rozpatrzyła wniosek dotyczący prowadzenia badań naukowych.

**Kierownicy projektu: prof. dr hab. med. Leszek Romanowski
dr n.med. Maciej Bręborowicz**

**Miejsce prowadzenia badań:
Katedra i Klinika Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki
Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu**

Główny badacz: lek. Krystian Pyszel

Temat badań:

**„Funkcja stopy po leczeniu operacyjnym złamań śródstawowych kości
piętowej przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego Calcanail”.**

Komisja wydała uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu tego wniosku

**potwierdza się zgodność
z oryginałem**

Przewodniczący Komisji Bioetycznej
przy Uniwersytecie Medycznym
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
mgr inż. Barbara Undrych
tel. 61 854 62 51
e-mail: bundrych@ump.edu.pl

2019-01-21

Przewodniczący Komisji

prof. zw. dr hab. med. Paweł Chęciński