

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Paweł Grala

**Leczenie operacyjne zastarzałych złamań
końca dalszego kości promieniowej
oraz przestawowych złamań kości piętowej –
propozycje własnych modyfikacji techniki operacyjnej**

Poznań 2008

© Copyright by Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu,
Poznań 2008

© Copyright by Paweł Grala, Poznań 2008

Tytuł angielski

*Operative treatment of neglected fractures of the distal end of the radius
and articular fractures of the calcaneus – proposals of own modification
of the operative technique*

Recenzent

prof. dr hab. Krzysztof Słowiński

Redaktor techniczny

Grażyna Dromirecka

Skład i łamanie

Barbara Guździol

ISBN 978-83-7597-019-7

WYDAWNICTWO NAUKOWE UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO
IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU
60-812 Poznań, ul. Bukowska 70
tel./fax (061) 854-71-51

Ark. wyd. 7,0. Ark. druk. 11,0. Papier offset kl. III 80 g/m², 70 x 100.
Wydanie I. Format B5. Zam. nr 143/08.
Druk ukończono w październiku 2008 r.

Spis treści

| | |
|--|-----------|
| Indeks skrótów używanych w pracy | 5 |
| 1. Wprowadzenie | 7 |
| 2. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna w zastarzałych, pozastawowych złamaniach końca dalszego kości promieniowej | 10 |
| 2.1. Dane epidemiologiczne | 10 |
| 2.2. Rys historyczny leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej | 11 |
| 2.3. Patomorfologia, obrazowanie i konsekwencje biomechaniczne złamania w odcinku dalszym kości promieniowej .. | 15 |
| 2.4. Systemy klasyfikacji złamań odcinka dalszego kości promieniowej | 23 |
| 2.5. Problemy leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej i powikłania w jego przebiegu – przegląd piśmiennictwa | 26 |
| 2.6. Cel badań | 33 |
| 2.7. Materiał i metody | 34 |
| 2.8. Wyniki | 41 |
| 2.9. Omówienie uzyskanych wyników | 46 |
| 2.10. Wnioski | 60 |
| 2.11. Streszczenie | 61 |
| 2.12. Summary | 64 |
| 3. Zastosowanie dystraktora kostnego w otwartej rekonstrukcji przezstawowych złamań kości piętowej | 67 |
| 3.1. Dane epidemiologiczne | 67 |
| 3.2. Rys historyczny leczenia złamań kości piętowej | 67 |
| 3.3. Patomorfologia, obrazowanie i konsekwencje biomechaniczne złamania kości piętowej | 70 |
| 3.4. Systemy klasyfikacji złamań kości piętowej | 79 |

| | |
|--|------------|
| 3.5. Problemy leczenia złamań kości piętowej i powikłania w jego przebiegu – przegląd piśmiennictwa | 83 |
| 3.6. Cel badań | 89 |
| 3.7. Materiał i metody | 90 |
| 3.8. Wyniki | 97 |
| 3.9. Omówienie uzyskanych wyników | 101 |
| 3.10. Wnioski | 112 |
| 3.11. Streszczenie | 113 |
| 3.12. Summary | 115 |
| 4. Piśmiennictwo | 118 |

Indeks skrótów używanych w pracy

AO – Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

HEF – hybrydowy stabilizator zewnętrzny (*hybrid external fixator*)

KŁ – kość łokciowa

KP – kość promieniowa

KS – kość skokowa

KT – tomografia komputerowa

LD – „*large distractor*”, duży dystraktor kostny

NDKP – nasada dalsza kości promieniowej

P – kość piętowa

PST – powierzchnia stawowa tylna

SPŁD – staw promieniowo-łokciowy dalszy

SPN – staw promieniowo-nadgarstkowy

1. Wprowadzenie

Sposoby leczenia złamań kończyn ewoluowały w historii człowieka – od spoczynku i unieruchomienia do stabilizacji wewnętrznej i wczesnego ruchu [1]. Chociaż dzisiejszy postęp w anestezjologii, farmakologii, antyseptyce i technikach operacji kostnych ułatwił leczenie złamań, to nadal wielu pacjentów doświadcza ich powikłań, w postaci przewlekłego bólu, sztywności stawów i deformacji kończyn. Wiedza z zakresu biologii zrostu kostnego i fizjologii narządu ruchu wraz z doświadczeniami pokoleń lekarzy uświadamiają zależności pomiędzy zasadami zespалania złamanych kości i uszkodzeniami sąsiadujących „tkanek miękkich” [2]. Doświadczenia ostatnich 60 lat skutkowały wysiłkami, aby połączyć i zrównoważyć zasady leczenia złamań w relatywne, jeśli nie jednoznaczne, wskazania wspomagające lekarzy w podejmowaniu optymalnych decyzji. W efekcie dąży się do uzyskania anatomicznej lub czynnościowej jakości nastawienia odłamów, leczenia minimalnie inwazyjnego w stosunku do ciężkości obrażeń i uniesienia kończyny w celu zmniejszenia obrzęku. Podstawą uznawanych dziś zasad jest uzyskanie odpowiedniej stabilności złamania, ograniczającej ból, z jednoczesnym korzystnym wpływem na proces gojenia kości, chrząstek stawowych i otaczających tkanek. Spełnienie tych warunków prowadzi do zrostu kostnego, a jednocześnie stwarza możliwość prowadzenia wczesnego, aktywnego usprawniania ruchowego [2, 3, 4].

Opierając się na takich założeniach, metody leczenia złamań ulegają ciągłym modyfikacjom; dyskusyjnym pozostaje wybór optymalnych zasad leczenia w zależności od miejsca złamania, jakości kości i stopnia jej uszkodzenia, wymagań pacjenta oraz czasu interwencji. Istotnym pytaniem pozostaje wybór łącznika mającego spełnić wymienione powyżej zasady optymalizacji leczenia złamań. Jesteśmy więc w sytuacji podobnej, jak lekarze sprzed dziesięcioleci – mamy do wyboru wiele „rozsądnych” rozwiązań terapeutycznych, jednakże wielokrotnie brakuje przekonujących dowodów naukowych o wyższości jednej metody leczenia nad innymi. Wydaje się, że przyszłość ortopedii leży w poprawie naszej zdolności do wyboru odpowiedniego postępowania dla różnych grup pacjentów. Poniższa praca opisuje szczegółowo propozycje własnych, niestosowanych dotychczas rozwiązań operacyjnych, mających rozszerzyć dostępne możliwości leczenia zastarzałych złamań dalszego końca kości promieniowej (KP) i przestawowych kości piętowej (P). W pracy stosowana jest często nazwa nasada dalsza kości promieniowej (NDKP), odpowiadająca nazewnictwu angielskiemu, a podkreślająca istotne różni-

ce w budowie i metabolizmie kości w tym odcinku w porównaniu z jej trzonem [2].

Wybór tematyki podyktowany został względną częstością występowania i opisywanymi wielokrotnie problemami w leczeniu tych złamań, a także widoczną w piśmiennictwie polskim tendencją do bardzo zdawkowego traktowania tych zagadnień. Cytowana w pracy duża liczba publikacji medycznych, dotyczących wszystkich aspektów patologii i leczenia złamań NDKP i P, odpowiada wielości problemów i kontrowersji z nimi związanych. Widoczna jest fascynacja wielu badaczy tymi trudnymi i wciąż aktualnymi zagadnieniami, a wynik przedstawionych poniżej badań ma stanowić przyczynek dla dalszych rozwiązań zadowalających lekarzy i pacjentów.

Przytoczone w dalszych częściach pracy opinie z piśmiennictwa medycznego doprowadziły do powstania założeń prowadzonych przez autora badań.

Założenia, na których opierają się prezentowane badania są następujące:

- zaniebane lub wtórnie przemieszczone pozastawowe złamania NDKP stanowią powikłanie, będące istotnym problemem klinicznym (w polskich badaniach Kędry z roku 1998 wtórne przemieszczenia dotyczyły 30% leczonych w opatrunkach gipsowych) [5]

- leczenie takich powikłań ogranicza się do zaniechania dalszych interwencji w myśl zasady „jakoś to będzie”, podpartej słynnym twierdzeniem Collesa „pomimo pourazowego zniekształcenia funkcja kończyny górnej nie jest istotnie zaburzona” lub do agresywnego postępowania operacyjnego z otwartą repozycją odłamów kostnych, a niekiedy z dodatkową osteotomią kości łokciowej (KŁ)

- istnieje luka pomiędzy wymienionymi krańcowo różnymi rodzajami leczenia; wydaje się istotnym uzupełnienie tych opcji skuteczną techniką, dającą możliwość poprawy warunków anatomicznych w obrębie dalszego końca KP przy jednocześnie niewielkiej ingerencji chirurgicznej w okoliczne tkanki

- otwarta rekonstrukcja przestawowych złamań P jest zabiegiem rzadko stosowanym, z uwagi na brak dostatecznej świadomości dramatycznych konsekwencji zaniebań w odtworzeniu anatomii kostnej dla czynności kończyny dolnej i jakości życia chorego

- trudności związane z techniką operacyjną oraz liczne możliwe powikłania leczenia rekonstrukcyjnego P stanowią dodatkową, istotną, barierę częstszego stosowania tej metody

- ułatwienie techniki operacyjnej może mieć korzystny wpływ na wynik leczenia oraz na dostępność tej metody operacyjnej.

Ponieważ istota rozważanych problemów dla dalszego odcinka KP i P jest całkowicie odrębna, stąd przez dbałość o spójność poniższej pracy, została ona podzielona na 2 odrębne części:

1. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna w zastarzałych, pozastawowych złamaniach końca dalszego kości promieniowej.
2. Zastosowanie dystraktora kostnego w otwartej rekonstrukcji przestawowych złamań kości piętowej.

2. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna w zastarzałych, pozastawowych złamaniach końca dalszego kości promieniowej

2.1. Dane epidemiologiczne

Ocenia się, że złamania NDKP stanowią niemal 20% złamań leczonych w izbach przyjęć, a większość badaczy podkreśla ich związek z osteoporozą, tym samym większą częstość występowania u kobiet. I tak, w badaniach skandynawskich oceniono ich częstość na ok. 20–30/10000 populacji rocznie, co stanowiło ponad 70% wszystkich złamań przedramienia [6, 7, 8]. Liczba ta w Danii wynosi dla kobiet 37/10000, a dla mężczyzn jedynie 16/10000; w Szwecji stosunek kobiet do mężczyzn wynosi 3,2 do 1 [7, 9]. Badania norweskie Hove'a potwierdziły, że 79% złamań NDKP dotyczy kobiet, ze znacznym wzrostem częstości po 50. roku życia. Jednocześnie wykazały u tych kobiet wyraźną zależność od pory roku, zwłaszcza od warunków atmosferycznych. U mężczyzn brak jest podobnego trendu wzrostowego, a częstość występowania jest stała [10].

Ponadto, u kobiet w wieku 50–59 lat najwięcej było złamań nieprzemieszczonych, a w przedziale 60–69 znacznie więcej przemieszczonych i rozfragmentowanych. W tym też wieku częstość złamań osiągała plateau, aby w późniejszym wieku nieznacznie się obniżyć. Sugeruje to, że również inne niż masa kostna czynniki przyczyniają się do tego złamania. Podkreśla się zwłaszcza rolę rodzaju urazu, tendencji do upadania i towarzyszących odruchów obronnych oraz jakości tkanek otaczających KP.

Powyżej 40. roku życia kobiety mają większą skłonność do upadków niż mężczyźni. Do wieku 65 lat kobiety łamią kości w odsiebnych częściach ciała, głównie przedramiona, a w wieku późniejszym ich upadki prowadzą do złamań kości umiejscowionych bardziej centralnie, to znaczy odcinka bliższego kości udowej i kręgow. Wśród mężczyzn takiej zależności nie wykazano. W 81% przypadków przyczyną obrażenia jest upadek z pozycji stojącej, a energia urazu uznana została jako znacząca tylko u 19% chorych [10]. Dla obu płci charakterystyczny jest, związany z wiekiem, spadek częstości złamań wywołanych urazem o wysokiej energii kinetycznej [9].

Częściej ulegają złamaniu kości lewego przedramienia. Wyjaśnieniem jest tendencja do odruchów obronnych ze strony ręki niedominującej, podczas kiedy dominująca jest zajęta, a poza tym ma większą masę kostną [10].

W badaniach brytyjskich oceniono, że ryzyko złamania NDKP u białej kobiety w krajach cywilizacji zachodniej wynosi 15%, podczas gdy u mężczyzny jedynie 2% [11].

W USA Owen w 1982 r. zaobserwował dwukrotny wzrost liczby złamań biodra u kobiet, które doznały złamania NDKP w wieku ponad 70 lat. Podobna współzależność nie występowała w przypadku kobiet młodszych i mężczyzn [12].

Stosunkowo niewielka liczba badań epidemiologicznych wynika z faktu, że nie więcej niż 20%, a w Polsce jeszcze mniej, chorych ze złamaniami NDKP jest przyjmowanych do szpitali, co utrudnia analizę dokumentacji [9, 13].

2.2. Rys historyczny leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej

Pierwszy opis złamania NDKP zawdzięczamy Hipokratesowi. Rozpoznał je, jako zwichnięcie w obrębie nadgarstka lub stawu promieniowo-nadgarstkowego. Pisał, że „staw ręki jest przemieszczony do wewnątrz lub na zewnątrz, lecz częściej do wewnątrz”. Jego nieprawdziwe poglądy przetrwały ponad 2000 lat. Dopiero na początku XIX wieku francuz Pouteau oraz Abraham Colles w Irlandii określili prawdziwą naturę tego obrażenia.

Claud Pouteau w 1783 r. opisał złamanie NDKP z przemieszczeniem fragmentu obwodowego. Dessault w 1801 r. nie podzielał jego opinii i podobnie jak współczesny mu Francuz Petit i starożytny Hipokrates utożsamiał te złamania ze zwichnięciami w stawie promieniowo-nadgarstkowym (SPN). Prace Pouteau nie były praktycznie znane poza Francją [1, 14–17]. Nie znał ich irlandzki profesor chirurgii Abraham Colles (1777–1843), kiedy publikował w Dublinie swoją pracę „O złamaniu nadgarstkowego końca kości promieniowej” w 1814 r. Sławę zapewnił mu między innymi ten fragment: „Złamanie to ma miejsce około 1,5 cala ponad nadgarstkowym końcem KP i ujawnia następujące cechy charakterystyczne: tylna powierzchnia przedramienia bagnetowato zniekształcona około 1,5 cala ponad nadgarstkowym końcem tej kończyny. Znaczna opuchlizna występuje na nadgarstku, a śródreżce wydaje się być cofnięte tak bardzo, iż powstaje podejrzenie, że nadgarstek przesunięty jest do tyłu. Przednia powierzchnia nadgarstka wydaje się być wypełniona (jak gdyby wypchnięta do przodu). Ta „pełność” rozciąga się do góry do około 1/3 przedramienia i kończy na nadgarstku na więzadle poprzecznym. Koniec KŁ wystaje w kierunku dłoni i wewnętrznej krawędzi kończyny. Stopień (ką) w jakim to wystawienie ma

miejsce jest różny w różnych wypadkach. Duży obrzęk, który występuje na grzbiecie ręki jest spowodowany tym, że nadgarstkowa powierzchnia KP jest skierowana nieco do tyłu zamiast spoglądać wprost na dół. Złamany koniec KP cofnięty do tyłu powoduje, że KŁ wydaje się wystawać w kierunku powierzchni dłoni, podczas gdy jest przemieszczona w kierunku wewnętrznej albo łokciowej strony kończyny” [14]. Powyższy opis pojawił się w prowincjonalnym piśmie medycznym i nie zwrócono na niego uwagi. Zmienił to dopiero Guillaume Dupuytren w czasie zajęć ze studentami i poprzez publikację swoich wykładów, a złamanie NDKP zostało na długo określone eponimem Colles. Jean Gaspar Blaise Boyrand oddzielił złamania i przemieszczenia NDKP od zwichnięć w SPN, zauważył przemieszczenie dalszego końca KŁ i towarzyszące często oderwanie wyrostka rylcowatego. August Nelaton rozszerzył badania anatomiczne, opisując różnorodność urazów prowadzących do złamań i różny stopień rozfragmentowania nasady. Przeprowadził sekcję zwłok by studiować mechanizm złamania uderzając w wypreparowaną KP za pomocą drewnianego młotka. Claude Velpeau określił zniekształcenia nadgarstka powstałe w wyniku złamania typu Collesa (z grzbietowym przemieszczeniem odłamu dalszego KP) jako „deformacja srebrnego widelca” [16, 17].

John Rhea Barton, Amerykanin, w swoim artykule z 1838 r. „O leczeniu ważnych złamań nadgarstka”, napisał: „Przypadki, które są przedmiotem moich uwag uchodzą za zwichnięcia albo za przemieszczenia ze złamaniem. Między tymi dwoma uszkodzeniami występuje tak wielka różnica, że chirurg nie może mylić jednego z drugim. Złamanie może być na dłoniowej albo na grzbietowej stronie KP”.

Kolejny dublińczyk – Robert William Smith, prowadził eksperymenty na zwłokach, które miały dowieść mechanizmu powstawania złamań. W swojej książce z 1847 r. zawarł on rozdział „Złamanie kości przedramienia w pobliżu stawu nadgarstkowego” dając opis anatomiczny złamania Collesa oraz złuszczenia nasady dalszej z jej dłoniowym przemieszczeniem, czyli tzw. złamania Smitha [16].

Odkrycie promieni rentgenowskich dało nowy bodziec do tych badań. Podczas spotkania klinicystów niemieckich Carl Beck w 1897 r. doniósł o wynikach badań rentgenowskich 44 pacjentów ze złamaniami NDKP. Rozpoczął on stosowanie promieni X w 3 miesiące po ich odkryciu przez Roentgena i opublikowaniu wyników jego badań. W 1895 r. Frederick J. Cotton z Bostonu, entuzjasta badań rentgenowskich opisał 140 pacjentów ze złamaniem Collesa. Dosyć częste opisy radiograficznych cech złamania NDKP z tego okresu są wynikiem małej objętości tkanek pozakost-

nych w okolicy nadgarstka, co umożliwiało dobrą penetrację promieniowania wytwarzanego przez niedoskonałe technicznie aparaty z tego okresu. Ważnym czynnikiem była też względna częstość tego typu obrażeń [16].

W historycznych opisach złamań NDKP uderzają trudności w użyciu eksperymentalnych modeli tego typu złamań, głównie z racji odmiennej budowy tego odcinka szkieletu u ludzi i zwierząt (brak odpowiednika u laboratoryjnych czworonogów).

Dalszy rozwój badań nad tymi złamaniami łączy się z rozwojem technik obrazowania kości przy użyciu promieniowania rentgenowskiego, co umożliwiło pełniejsze zrozumienie występującej patologii i wprowadzenie licznych systemów klasyfikacji. Postęp związany jest także z rozwojem całej chirurgii, tak pod względem wiedzy medycznej, jak i nowych możliwości technicznych i zastosowań materiałowych.

Posiadamy dziś znacznie głębszą wiedzę dotyczącą biomechaniki i biologii komórki konieczną do wyboru optymalnego sposobu leczenia złamania, jednak zasadnicze cele i założenia terapeutyczne pozostały podobne od czasów starożytnych.

Do czasów Mathijsena i Pirogowa w leczeniu złamań NDKP nie stosowano opatrunków gipsowych, a raczej typowe dla tamtych epok opatrunki z bandażu, drewna, jajek, miodu, żywicy itp. Nawet współcześni im wielcy swej epoki: Guillaume Dupuytren, Jean Gaspar-Blaise, Jean Goyrand i Auguste Neaton woleli używać prefabrykowanych, metalowych lub drewnianych unieruchomień. Jean Francois Malgaigne opisał leczenie tych złamań prostą łuską przedramienną, sięgającą dystalnie jedynie do poziomu złamania. Przedramię utrzymywał w półpronacji zawieszony na temblaku, co umożliwiało ręce grawitacyjne zgięcie i odchylenie łokciowe dla utrzymania nastawienia. Alfred Gordon z Belfastu stosował drewnianą łuskę na dłoniowej powierzchni przedramienia z klinem pod miejscem złamania, prowadzącym do powstania siły zginającej grzbietowo przemieszczone złamanie [1, 18].

W złamaniach NDKP zasada leczenia nieoperacyjnego obowiązywała do czasu, kiedy Lorentz Böhler wprowadził metodę „pins and plaster” w 1929 r. Przewidział też późniejsze użycie bardziej złożonych stabilizatorów zewnętrznych do utrzymania nastawienia metodą „ligamentotaxis”. W czasach II Wojny Światowej w Seattle, Anderson i O’Neil opisali stabilizator zewnętrzny o konstrukcji zbliżonej do dzisiejszych [33]. We wczesnych latach 50. Anglik James Ellis zastosował specjalną płytkę o kształcie litery T w leczeniu złamania Bartona (grzbietowe, brzeżne złamanie NDKP), po czym metoda ta została szeroko zaakceptowana [1, 16, 18].

Od tego czasu nie uzyskano powszechnie akceptowanego porozumienia w sprawie operacyjnego leczenia złamań NDKP, choć cele anatomiczne są jasno określone: odtworzenie długości KP, dłoniowego i łokciowego nachylenia powierzchni stawowej promieniowej, likwidacja nierówności powierzchni stawowej i utrzymanie stabilności stawu promieniowo-łokciowego dalszego (SPŁD).

Wśród innowacji, których głównym inicjatorem od lat 50. ubiegłego wieku była szwajcarska grupa Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), wymienić należy otwartą repozycję i stabilizację wewnętrzną płytą i śrubami (także w odmianie miniinwazyjnej), gwoździowanie przezskórne, mostującą i niemostującą stabilizację zewnętrzną (również wspomaganą stabilizacją wewnętrzną), stabilizację z kontrolą artroskopową i stabilizację śródszpikową [1, 17, 19, 20–36].

W latach 70. XX w. dominującą techniką pozostawała stabilizacja zewnętrzna z racji łatwości stosowania, dobrego dostępu do „tkanek miękkich” i dobrego współdziałania z innymi technikami stabilizacji wewnętrznej. Stabilizatory zewnętrzne utrzymując długość i neutralizując siły kompresyjne, skrętne i zginające, wykorzystują silne pasma więzadłowe (głównie dłoniowe) łączące koniec dalszy KP z kośćmi obu szeregów nadgarstka – „ligamentotaxis” [35, 37–42].

Choć początkowo uzyskiwano dobre wyniki tak prowadzonego leczenia, to jednak powikłania pod postacią zakażenia, obluzowania wszczepów, zeszywnienia stawów i uszkodzeń nerwów pojawiały się w aż 60% przypadków [33, 40]. Późniejsza poprawa technik operacyjnych oraz nowe rozwiązania techniczne zdecydowanie zmniejszyły te liczby [33, 34, 41, 43, 44]. Istnieje obecnie wiele typów takich stabilizatorów, stosowanych zwłaszcza w złożonych złamaniach NDKP. Nie wszystkie udoskonalenia zostały jednak zaakceptowane, np. wzbudzająca swego czasu duże nadzieje przegubowa stabilizacja zewnętrzna, w tym polski patent Deszczyńskiego – Dynastab N [1, 34, 35, 38, 41, 45–48].

W połowie lat 90. XX w. Agee opisał ciekawe rozwiązanie niektórych problemów związanych z klasyczną stabilizacją zewnętrzną złamań NDKP – stabilizator „Wrist Jack” ułatwiający odtworzenie nachylenia dłoniowego powierzchni stawowej KP. W tym czasie zaczęły też pojawiać się inne rozwiązania niemostujące, umożliwiające wczesne ruchy ręki w SPN [34, 35, 49].

Rosnąca świadomość roli anatomicznego nastawienia powierzchni stawowej KP dla dobrej funkcji ręki spowodowała w latach 80. ponowny wzrost zainteresowania otwartą repozycją i stabilizacją wewnętrzną, za-

również płytkami dłoniowymi jak i grzbietowymi [50–54]. Istotnym czynnikiem przechylającym szalę zainteresowania w kierunku zespolenia operacyjnego było zrozumienie zwykle niestabilnego charakteru złamań NDKP z częstym nawrotem deformacji po unieruchomieniu w opatrunku gipsowym [5, 13, 50, 51, 55–58].

Kolejnym etapem rozwoju metod operacyjnych było badanie opublikowane w 1995 r. przez Gesenswaya i Putnama opisujące biomechaniczną wyższość nowej płytki skonstruowanej dla NDKP będącej pierwowzorem popularnych obecnie płytek LCP (Locked Compression Plate – proponowaną od 2000 r.), w których śruby z gwintowanym łbem tworzą wraz z płytką konstrukcję stabilną kątowo [59–61]. Należy zaznaczyć, że idea płytek LCP jest zbieżna z wcześniejszym patentem Ramotowskiego – techniką ZESPOL, który nie zyskał jednak należytej popularności poza Polską. Istotną wadą tej techniki jest niemożność stosowania w złamaniach okołostawowych [62]. Syntezą, a wielokrotnie podstawą wszystkich obecnie stosowanych metod leczenia operacyjnego złamań, są publikacje szwajcarskiej fundacji AO. Aktualna wiedza medyczna i jej praktyczne zastosowanie w leczeniu operacyjnym złamań są często pochodną osiągnięć grupy AO. Jej badacze (lekarze we współpracy z inżynierami) stworzyli zintegrowany system implantów i narzędzi operacyjnych zaprojektowanych w celu realizacji biomechanicznych założeń, wypracowanych w badaniach eksperymentalnych [63].

2.3. Patomorfologia, obrazowanie i konsekwencje biomechaniczne złamania w odcinku dalszym kości promieniowej

Dalszy odcinek KP zbudowany jest głównie z kości korowej, ale stosunek kości gąbczastej do zbitej rośnie w kierunku dystalnym osiągając 38–50% na wysokości 5 mm od SPN i do 78% w odcinku podchrzęstnym. Kość gąbczasta służy głównie osłonie powierzchni stawowych, poprzez swoją elastyczność, oraz przekazywaniu obciążeń z powierzchni stawowej do trzonu kości. Okolice nasadowe KP i KŁ rozszerzają się w kierunku dalszym zwiększając stabilność stawów i zapewniając większą powierzchnię konieczną do przenoszenia obciążeń bez uszkodzeń chrząstki stawowej czy też kości podchrzęstnej [6, 40, 64]. Szeroki, dalszy koniec KP posiada dwie powierzchnie stawowe: nadgarstkową – połączenie z nadgarstkiem (kością łódeczkowatą i księżycowatą) i wcięcie łokciowe – z głową KŁ [64]. Trzy, znajdujące się na pograniczu ręki i przedramienia, stawy tworzą czynnościowo zespół funkcjonalny, który

można określić jako „przegub” o niezwykle skomplikowanej biomechanice [65]. W SPN odbywają się 4 podstawowe rodzaje ruchu ręki w stosunku do przedramienia: zgięcie dłoniowe i grzbietowe, odchylenie promieniowe i łokciowe oraz połączenie wszystkich powyższych, dające w efekcie obwodzenie. Bierze on również biernie udział w ruchach rotacyjnych, odbywających się w SPŁD [64]. Ruch w SPN jest niezależny od ruchów palców, jednak znacząco wpływa na ich funkcjonowanie. Siła chwytu jest największa kiedy nadgarstek jest zgięty grzbietowo do 35°, a najmniejsza w maksymalnym zgięciu dłoniowym. Określając obciążenia przenoszone przez powierzchnie stawowe Brand ocenił potencjalną siłę generowaną przez mięśnie przedramienia na 500 kilogramów. Badania eksperymentalne Palmera sugerują, że 80% osiowego obciążenia przenoszone jest przez KP, a 20% przez łokciową i kompleks chrząstki trójkątnej. Według dostępnych badań 46% obciążeń przenoszone jest z nadgarstka przez powierzchnię stawową dla kości księżycowatej, 43% przez dół kości łódeczkowatej, a 11% przez chrząstkę trójkątną [6, 50].

Powierzchnie kontaktu dla kości łódeczkowatej i księżycowatej są oddzielne. Zajmują one jedynie 19% całej powierzchni stawowej KP, zmniejszając się wraz ze wzrostem grzbietowego zgięcia – w 30° zgięciu powierzchnia kontaktu wynosi jedynie 13,1%. Jest to wynikiem dłoniowego nachylenia powierzchni stawowej o 10°. W warunkach prawidłowych podczas ruchów zgięcia i wyprostowania w SPN powierzchnia kontaktu przemieszcza się odpowiednio od strony grzbietowej do dłoniowej [65].

Złamanie NDKP dotyczy strefy przejściowej pomiędzy zbitą, gęstą warstwą korową trzonu kości i gąbczastą częścią dalszą, otoczoną jedynie cienką warstwą korową. Jest to więc miejsce zmniejszonej oporności, a rozprzestrzeniające się z niego szczeliny przełomu uszkadzają często większy obszar, zarówno w kierunku dalszym jak i bliższym. U ludzi dorosłych towarzyszy mu zwykle charakterystyczne przemieszczenie odłamu dalszego: zagięcie grzbietowe, przemieszczenie grzbietowe, zagięcie lub przesunięcie promieniowe, często z jego odwróceniem [6, 30, 38, 66–70]. Taka charakterystyka jest typowa dla obrażenia określanego eponimem – złamanie Collesa. Inne typy przemieszczeń złamania NDKP, poza grzbietowym, stanowią tylko około 10% przypadków [69].

Ważnym aspektem złamania NDKP jest towarzyszący mu przebieg linii przełomu przez powierzchnie stawowe SPN i/lub SPŁD [69].

Zgodnie z klasyczną teorią Lewisa z 1950 r. złamanie, którego przyczyną jest najczęściej upadek na wyprostowaną rękę, wywołane jest nałożonymi mechanizmami kompresji i dłoniowego rozciągania, działają-

cymi na odcinek dalszy KP [6, 17, 70]. Według Szabo, upadek na wyprostowaną kończynę górną przy nadgarstku ustawionym w zgięciu grzbietowym 40° – 90° spowodować może złamanie typu Collesa. Gdy zgięcie grzbietowe przekracza 90° może dojść do złamania kości nadgarstka [37]. U osób młodych złamanie powstaje na skutek gwałtownej wielokierunkowej siły, na którą składają się ściskanie, rozciąganie, ścinanie i bezpośrednie miażdżenie. Najważniejszą z nich jest osiowa kompresja [69]. Większość energii pochłaniana jest przez „tkanki miękkie” i stawy ręki: do 50% przez skórę i tkankę podskórną i dalsze 30% przez mięśnie i ścięgna. Ilość energii potrzebna do spowodowania złamania NDKP zmniejsza się z wiekiem [6, 9, 70]. Typ uszkodzenia zależy więc od wielkości i kierunku działającej siły oraz właściwości fizycznych kości. Przy grzbietowym zgięciu ręki KP łamie się rozciągając powierzchnię dłoniową, a miażdżąc grzbietową i prowadząc do jej rozfragmentowania. Z przedstawionego mechanizmu wynika proste złamanie po stronie dłoniowej, kontrastujące z wieloodłamowym po stronie grzbietowej i promieniowej [71]. Kość księżycowata może dodatkowo miażdżyć KP powodując wgniecenie odpowiadające jej części powierzchni stawowej i powstanie złamania wgnieceniewego typu „die-punch” [37, 69].

Już Stewens w 1920 r. porównał kość księżycowatą do matrycy uciskającej i rozrywającej powierzchnie stawowe KP. Podobne zmiany spowodować może kość łódeczkowata. Często współistniejące złamanie wyrostka rylcowatego KŁ jest złamaniem awulsyjnym, spowodowanym siłami dystrakcji przenoszonymi przez nieuszkodzony zespół chrząstki trójkątnej [37].

W ocenie ponad 300 złamań NDKP podanej przez Melone`a okazało się, że w ponad 90% przypadków obejmuje ono powierzchnię stawową. Takie, często poważne złamania stawowe, występują najczęściej u młodych, aktywnych fizycznie osób w wyniku urazów o dużej energii kinetycznej [68].

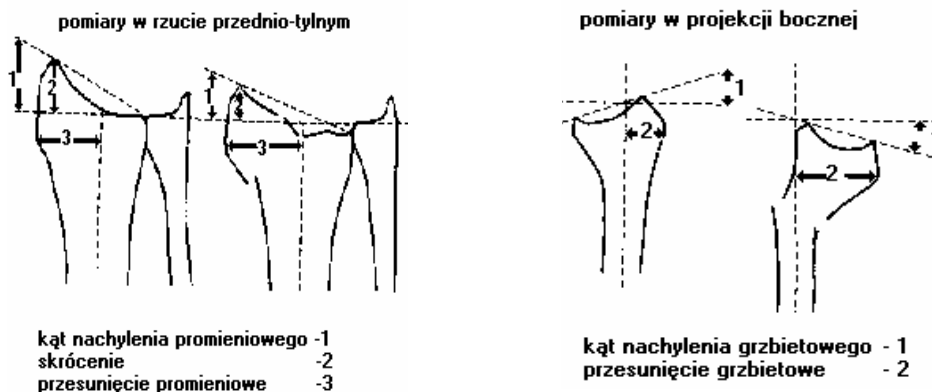
Rozróżnienie złamań przestawowych od pozastawowych (często określanych eponimami – Collesa lub Smitha przy przemieszczeniu dłoniowym) jest bardzo istotne, jako że wymagają one całkiem innej taktyki leczenia [6, 23, 68, 72].

Ważne czynnościowo i delikatne tkanki, otaczające dystalny koniec KP, ulegając uszkodzeniu w urazach o dużej energii, mogą istotnie pogarszać sprawność ręki. Przemieszczone fragmenty kostne uciskając te tkanki lub je kalecząc przyczyniają się dodatkowo do powstania ograniczeń czynnościowych. Różnorodność złamań NDKP spowodowana jest

więc także współistnieniem obrażeń pozakostnych, jak uszkodzenia więzadłowe i kompleksu chrząstki trójkątnej, niewidocznych na radiogramach [43, 67, 73, 74]. Dodatkowo zróżnicowana jest populacja zagrożona złamaniem NDKP. W wieku powyżej 40 lat staje się zauważalny znaczny wzrost częstości występowania złamań NDKP, co jest związane z pomenopauzalną i związaną z wiekiem osteopenią. Jednocześnie siła potrzebna do złamania KP stopniowo się zmniejsza, a postępujące z wiekiem zniedołężnienie zwiększa częstość urazów o niskiej energii (rozdz. 2.1). Wykazano, że zarówno kość korowa, jak i gąbczasta stanowią o całkowitej wytrzymałości osteopenicznej KP. W efekcie zarówno rozfragmentowanie grzbietowe, jak i ubytek kości gąbczastej odpowiedzialne są za typową niestabilność złamania NDKP. Znaczne rozfragmentowanie, zwłaszcza po stronie grzbietowej i promieniowej, może prowadzić do późnego skrócenia z powodu resorpcji zmiażdżonej tkanki kostnej. W przypadku pierwotnego skrócenia ponad 10 mm po promieniowej i 5 mm po łokciowej stronie końca dalszego KP można się spodziewać istotnego strukturalnego ubytku po odtworzeniu jej długości i nachylenia [38, 75].

Uszkodzenie SPŁD współistnieje ze złamaniem NDKP w ponad połowie przypadków [76, 77]. W utrzymaniu stabilności tego stawu główną rolę odgrywają chrząstka trójkątna i błona międzykostna. Oderwanie wyrostka rylcowatego KŁ towarzyszy około 50–60% złamań NDKP [76, 78].

W ocenie złamania NDKP, koniecznym jest badanie radiologiczne w dwóch standardowych projekcjach: przednio-tylnej i bocznej. Anatomiczne ukształtowanie końca dalszego KP określają trzy łatwe do wykonania pomiary w odniesieniu do osi długiej przedramienia; istotną jest też ocena wzajemnego stosunku powierzchni stawowych KP i KŁ (ryc. 2.3.1). Na zdjęciu bocznym nachylenie dłoniowe nadgarstkowej powierzchni stawowej KP wynosi 11–12°. W projekcji przednio-tylnej ocenia się: nachylenie promieniowe (kąt między linią poprowadzoną z końca wyrostka rylcowatego KP do łokciowego brzegu powierzchni stawowej i linią prostopadłą do osi długiej KP) – norma 22–23°, długość promieniową (odległość pomiędzy 2 liniami prostopadłymi do osi długiej, jedna na końcu wyrostka rylcowatego, a druga na powierzchni stawowej KŁ) – norma 11–12 mm, szerokość promieniową lub przesunięcie promieniowe – odległość między osią długą i najbardziej bocznym końcem wyrostka rylcowatego KP w porównaniu z drugą kończyną [6, 27, 79–82] (ryc. 2.3.1).



Ryc. 2.3.1. Kryteria Van der Linden i Ericssona oceny anatomicznej dalszego końca KP w warunkach anatomicznych i po złamaniu z przemieszczeniem typu Collesa.

Podane wartości uznawane są przez większość autorów i stanowią bardzo ważny punkt odniesienia, a według Van der Linden można tę ocenę znacznie uprościć. W jego pracy złamania z wysokimi wartościami przemieszczenia grzbietowego (nachylenie grzbietowe i przesunięcie grzbietowe) miały wysoki stopień kompresji (skrócenie i zmniejszenie nachylenia promieniowego). Odwrotnie przemieszczenie promieniowe nie było znacząco powiązane z przesunięciem grzbietowym i kątem grzbietowym. Tak więc z pięciu metod określania stopnia przemieszczenia KP, tylko przesunięcie promieniowe i kryteria oceny przemieszczenia grzbietowego okazały się wzajemnie niezależne. Dla przemieszczenia grzbietowego preferowany, ze względu na prostotę oznaczenia, jest pomiar kąta nachylenia grzbietowego [81].

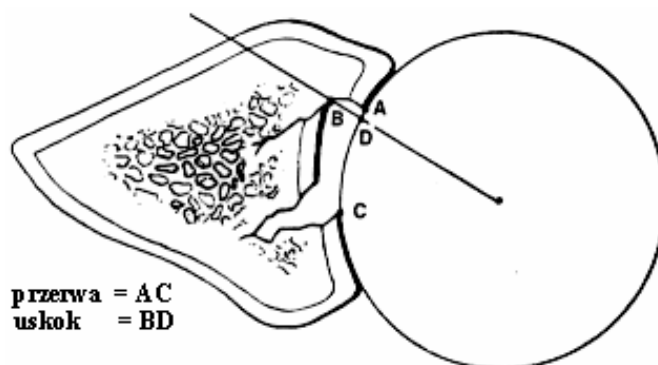
Kolejnym ważnym elementem diagnostyki jest ocena SPŁD. Jego podwinięcie jest widoczne w projekcji bocznej, szczególnie wtedy, gdy nałożony cień kości trójgraniastej nie leży w jednej linii z dystalną częścią KŁ [74, 76, 77, 82].

Nieodzownym elementem wstępnej diagnostyki jest ocena stabilności złamania. Seitz podał następujące jej kryteria:

- rozfragmentowanie warstwy korowej
- > 2 mm rozejście i obniżenie fragmentów stawowych
- > 10° katowego zagięcia głównych fragmentów, przejście szczeliny złamania na SPN lub promieniowo-łokciowy i dodatkowo złamanie szyjki KŁ [28].

Podobne kryteria sugeruje Cooney: znacznie przemieszczone złamania z grzbietowym rozfragmentowaniem, nachyleniem grzbietowym ponad 20° lub istotnym uszkodzeniem wewnątrzstawowym mają znaczną skłonność do późnego nawrotu przemieszczenia [83]. Weber w 1987 roku rozszerzył te spostrzeżenia, do niestabilnych dodając każde złamanie, w którym grzbietowa fragmentacja sięga dłoniowo od poziomu połowy trzonu na zdjęciu bocznym [40]. Z kolei zdaniem Melone`a radiograficzne wykładniki niestabilności to: przemieszczenie powierzchni stawowych o ponad 2 mm, skrócenie KP o 3–5 mm, zagięcie kątowe lub nachylenie jej powierzchni stawowej o ponad 20° w płaszczyźnie strzałkowej powodujące poważne zaburzenia mechaniki, i w końcu grzbietowe lub dłoniowe rozfragmentowanie, które eliminuje pełne kostne podparcie.

Szczególnie trudne diagnostycznie są złamania przezstawowe. Zdaniem Melone`a stanowią one aż 90% wszystkich złamań NDKP, a jedynie 30% z nich ma charakter stabilny [69]. Ocena powierzchni stawowej jest zwykle trudna w projekcjach standardowych, a zdjęcia skośne wnoszą niewiele dodatkowych informacji terapeutycznych. Coraz częściej elementem diagnostyki złamań przezstawowych jest badanie przy pomocy tomografii komputerowej [84] (ryc. 2.3.2, 2.3.3).



Ryc. 2.3.2. Ocena przemieszczenia powierzchni stawowej na podstawie radiogramów lub tomografii komputerowej.



Ryc. 2.3.3. Tomografia komputerowa złamania stawowego NDKP. Po stronie lewej – rekonstrukcja 3D złamania NDKP z typowym przemieszczeniem fragmentów stawowych złamania (typ IV wg Melone), po stronie prawej – uskok powierzchni stawowej wcięcia łokciowego KP (strzałka).

Opisane powyżej uszkodzenia zaburzając wzajemny układ kości nadgarstka i przedramienia, ich relacje czynnościowe oraz obciążenia często uszkodzonych powierzchni stawowych prowadzi do zmian zwyrodnieniowych. Sztywność stawów pogranicza ręki i przedramienia oraz bólowe ograniczenie ich sprawności prowadzi do ciężkiego okaleczenia. Niepowodzenia w leczeniu dotyczą zwykle najcięższych obrażeń u ludzi młodych, stąd następstwa socjoekonomiczne są poważne [13, 51, 85]. Dla wielu osób niezwykle istotna jest także kwestia deformacji dalszej części przedramienia i wynikający z tego dyskomfort psychiczny. W opinii Fernandez, zniekształcenie staje się zawsze objawowym, gdy nachylenie grzbietowe powierzchni stawowej nadgarstkowej KP przekracza 25° oraz gdy jest ona skrócona w stosunku do KŁ o ponad 6 mm [86] (ryc. 2.3.4).

Najczęstszą deformacją po złamaniu pozastawowym jest utrata nachylenia dłoniowego powierzchni stawowej w płaszczyźnie strzałkowej, brak jej nachylenia łokciowego w płaszczyźnie czołowej, skrócenie długości KP i rotacja odłamu dystalnego. Dodatkowo, częste jest przesunięcie odłamu dalszego w płaszczyźnie czołowej lub strzałkowej [87].

U pacjenta z takim typowym zniekształceniem należy spodziewać się ograniczenia zgięcia dłoniowego i niekiedy nadmiernego zgięcia grzbietowego. Prowadzi ono do zmiany powierzchni kontaktu powierzchni stawowych nadgarstka i w efekcie do rozwoju zmian zwyrodnieniowych. Grzbietowe nachylenie powierzchni stawowej nadgarstkowej KP zwiększa także obciążenia dystalnej części KŁ oraz prowadzi do zmian przeciążeniowych

kompleksu chrząstki trójkątnej [52, 65, 71, 88]. Innym problemem może okazać się dołączająca niestabilność nadgarstka oraz SPN, której głównym objawem jest ból i osłabienie ręki [87] (ryc. 2.3.5).



Ryc. 2.3.4. Istotna kosmetycznie deformacja po nieprawidłowo zrosniętym wieloodłamowym, otwartym złamaniu NDKP.



Ryc. 2.3.5. Poszerzenie odstępu pomiędzy kością łódeczkową i księżycową, jako objaw niestabilności nadgarstka w przemieszczonym złamaniu NDKP.

Nieprawidłowy zrost z utratą prawidłowego nachylenia łokciowego odchyła kanał nadgarstka w kierunku promieniowym, zginając ścięgna zginaczy palców w niekorzystny biomechanicznie sposób. Zniekształcenie

grzbietowe, osłabia czynność prostowników i dodatkowo zwiększa ciśnienie w kanale nadgarstka [70, 87]. Zidentyfikowano kilka rodzajów zniekształceń SPN po złamaniu przestawowym NDKP. Wgniecenie powierzchni stawowej dla kości księżycowatej może wpływać na jej ustawienie, prowadząc do niestabilności nadgarstka. Przemieszczone powierzchnie stawowe prowadzą do niezborności SPN z przewlekłym dłoniowym lub grzbietowym podwichnięciem. Wszystkie wymienione czynniki sprzyjają rozwojowi zmian zwyrodnieniowych [52].

2.4. Systemy klasyfikacji złamań odcinka dalszego kości promieniowej

Eponim złamanie Collesa określa jedynie złamanie NDKP z grzbietowym przemieszczeniem, niezależnie od mechanizmu urazu, stopnia uszkodzenia kości, energii dostarczonej i uszkodzenia SPN lub SPŁD; jest więc jedynie historycznie uznanym synonimem obrażenia, lecz nie jego określeniem. Ta wygodna w codziennej działalności lekarskiej praktyka używania eponimów (Colles, Burton, Smith) jest jednak nie do przyjęcia przy definiowaniu typów złamania, dlatego też w dalszej części pracy nie będzie używana.

W latach 40. ubiegłego wieku jedyną uznaną klasyfikacją był podział Watson-Jonesa na złamania zamknięte (A), otwarte (B) lub wieloodłamowe (C), przy czym leczenie chirurgiczne zalecano tylko w otwartych [83]. Klasyczny artykuł Gartlanda i Werleya poruszył społeczność ortopedyczną, zwracając uwagę na złe wyniki leczenia złamań NDKP. Uczni zaprezentowali system ocen wyników klinicznych i jednocześnie zwrócili uwagę, że tzw. złamania Collesa są niejednolite, niektóre nie obejmują SPN (pozastawowe), inne są wewnątrzstawowe, mogą być przemieszczone (typ III) lub nie (typ II). Z ich klasyfikacji wynikało, że 88% obrażeń obejmowało powierzchnię stawową i aż 22% prowadziło do zwyrodnienia. Gartland i Werley postulowali zmianę sposobu leczenia złamań przestawowych, jako że nastawienie i unieruchomienie w opatrunku gipsowym jest w tych przypadkach często niewystarczające [89].

Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na sposób i wynik leczenia złamań NDKP jest jego stabilność (rozdz. 2.3). Jej brak prowadzi często do wtórnego przemieszczenia odłamów z nadmiernym nachyleniem grzbietowym i skróceniem. Te parametry radiologiczne oceniono jako główne czynniki sugerujące niezadowolający wynik końcowy. Obecnie uznanymi kryteriami niestabilności są: poważne rozfragmentowanie, szczególnie po-

wierzchni stawowej i obu warstw korowych okolicy nasadowej, znaczne skrócenie KP (> 2 mm) i kątowe nachylenie powierzchni stawowej ($> 10^\circ$), a także osteoporoza i interpozycja „tkanek miękkich” [6, 37, 55, 57, 58, 83, 90–93]. Kryteria te brał pod uwagę Older, wprowadzając w 1965 r. bardzo użyteczny system podziału złamań nasadowych KP oparty na rozmiarach przemieszczenia: stopniu nachylenia grzbietowego i wielkości skrócenia, oraz obecności grzbietowego rozfragmentowania kości. Podzielił złamania na cztery grupy, z których każda koreluje z ryzykiem powtórnego przemieszczenia: 70% typów III i IV (najbardziej niestabilnych) goi się ze znacznym skróceniem KP w odróżnieniu od typów I i II, gdzie skróceniu ulega około 40% [55]. Frykman w 1967 r. przedstawił system klasyfikacji opierający się na lokalizacji złamania w odcinku dalszym KP. Istotną cechą tego systemu jest określenie uszkodzenia dalszych stawów przedramienia i wyrostka rylcowatego KŁ. Jako że nie opisuje on rozmiaru i kierunku pierwotnego przemieszczenia, grzbietowego rozfragmentowania i skrócenia KP, jest często traktowany jako mniej wartościowy [6, 69, 79, 84, 94].

W 1992 r. Fernandez zaproponował podział oparty na mechanizmie urazu ze wskazaniem terapeutycznymi: zgięciowe – Colles lub Smith, kompresyjne – złamanie die-punch, ścinające – Bartona lub wyrostka rylcowatego KP, awulsyjne – złamania przyczepów więzadłowych (promieniowy lub łokciowy wyrostek rylcowaty) oraz ich kombinacja lub obrażenia o wysokiej energii [15].

W roku 1990 wprowadzono inną, również zorientowaną terapeutycznie klasyfikację złamań NDKP. Opiera się ona na rozróżnieniu pomiędzy złamaniami stabilnymi i niestabilnymi oraz przez- i pozastawowymi. Ten tzw. „System Uniwersalny” wywodzi się z klasyfikacji Gartlanda-Werleya, tzn. opiera się na obecności lub nie uszkodzenia powierzchni stawowej, stabilności i możliwości nastawienia złamania. Podaje on jednoznaczne wskazówki terapeutyczne opierając się na charakterystyce złamania [6, 84].

Fakt znacznych różnic rokowniczych i w doborze metod leczenia dla złamań przezstawowych spowodował wydzielenie ich przez niektórych badaczy z grupy złamań NDKP i opracowanie specjalnych systemów klasyfikacyjnych. Mc Murtry i Jupiter podzieliли złamania przezstawowe w zależności od liczby fragmentów. Rozwinął tę klasyfikację Melone dzieląc dalej złamania w zależności od wielkości przemieszczenia fragmentów stawowych [69]. Zgodził się z obserwacjami Gartlanda i Werleya, że większość złamań NDKP jest w istocie przezstawowa. Najczęściej są one złamaniami wieloodłamowymi i składają się na nie cztery

główne fragmenty: trzon KP, wyrostek rylcowaty oraz część przyśrodkowa, złożona z odłamu grzbietowego i dłoniowego (rozdz. 2.3 ryc. 2.3.3). Podział ten opiera się na ocenie przemieszczenia, najważniejszego z punktu widzenia biomechaniki nadgarstka, kompleksu przyśrodkowego odcinka dalszego KP, który posiada najsilniejsze przyczepy więzadłowe zarówno do nadgarstka, jak i do wyrostka rylcowatego KŁ [116].

Cooney w 1993 r., uzupełniając System Uniwersalny, na podstawie doświadczenia kliniki Mayo proponuje nieco inną klasyfikację złamań przestawowych, gdyż wg niego niektóre rodzaje złamań nie mieściły się w grupach klasyfikacji Melone'a. Nie jest on trudny do zapamiętania, a każde podgrupie jest racjonalnie przyporządkowana jedna lub więcej metod leczenia. Ich zastosowanie zależy zarówno od osobistego doświadczenia chirurga, jak i czynników zależnych od samego pacjenta, takich jak: wiek, płeć, choroby ogólnoustrojowe (np. osteoporoza) lub współistniejące obrażenia kończyny (np. dodatkowe złamanie po tej samej stronie, zespół kanału nadgarstka, obustronne uszkodzenia nadgarstka) [69, 83]. System ten nie został jednak zaakceptowany w piśmiennictwie światowym.

Niezależnie od wspomnianych różnic, celem obu powyższych systemów jest przede wszystkim zwrócenie uwagi na komponenty wewnątrzstawowe złamania. Wymagają one specjalnego podejścia terapeutycznego, obok leczenia przynasady KP.

Najbardziej szczegółowa i obecnie najczęściej stosowana jest klasyfikacja AO (Müllera) z 1990 r. opracowana przez Müllera i współpracowników, opublikowana pierwotnie w języku francuskim i niedługo potem po angielsku [95, 96] (ryc. 2.7.3). Jednocześnie fundacja AO powołała komitet czuwający nad jakością i zwartością (logiką) systemu klasyfikacji. Jest to najdokładniejszy jak dotąd system podziału złamań wszystkich kości (poza stopą – obecnie w przygotowaniu), zorganizowany w kolejności rosnącej ciężkości obrażeń kostnych i stawowych. Opiera się na obecności lub nie uszkodzenia powierzchni stawowej, liczby i lokalizacji fragmentów złamań stawowych, obecności lub nie uszkodzenia nasady. Odpowiednim cechem złamania jest przyporządkowany system alfanumeryczny (ułatwia cyfrowe opracowanie danych), a kody poszczególnych kości pochodzą z opracowania Orthopaedic Trauma Association (OTA) [96]. Cechy te, opisane są przez określenia binarne (np. stawowe-pozastawowe, proste-wieloodłamowe, trzonu-nasady itd.). Jeśli taka binarna cecha nie może zostać złamaniu przydzielona świadczy to o konieczności uzupełnienia diagnostyki (np. skorzystanie z tomografii komputerowej). System AO dzieli złamania na pozastawowe (typ A), czę-

ściowo stawowe (typ B), przestawowe (typ C). Każdy z typów dzieli się na 3 podtypy. W każdym podtypie istnieją trzy podgrupy dając razem 27 podgrup. Dodatkowo z każdą z nich można powiązać 6 rodzajów uszkodzeń KŁ (poza podtypem A1, który odnosi się tylko do KŁ), co daje sumę 147 potencjalnych grup złamań NDKP. System klasyfikacji AO stworzono w celu określenia ciężkości obrażenia, co jak przyjęto, wpływa na odległy wynik leczenia; wyższe stopnie w klasyfikacji wskazują na cięższe złamanie [93, 95-98]. Bardzo istotną cechą tego systemu jest duża zgodność w grupach głównych w ocenie pomiędzy badającymi (choć jest niższa w przypadku podgrup) oraz powtarzalność [93, 97, 98].

Dla złamań NDKP istnieją dowody na to, że przemieszczone złamania przestawowe mają z reguły gorsze rokowanie niż pozastawowe nieprzemieszczone, wydaje się więc, że obecność lub brak przemieszczenia stawowego powinna zostać uwzględniona w każdym systemie klasyfikacyjnym mającym charakteryzować ciężkość obrażenia. Klasyfikacja ta nie bierze pod uwagę przemieszczenia fragmentów złamanych powierzchni stawowych, jednak wprowadzenie dodatkowych kategorii wpłynęłoby niekorzystnie na przejrzystość systemu.

Pomimo tych zastrzeżeń jest to najczęściej obecnie używany system i, jak podaje wielu badaczy, jest przydatny prognostycznie. W ich badaniach wszystkie wyniki niezadowolające wystąpiły w złamaniach stawowych typu C2 i C3, czyli najbardziej rozfragmentowanych [58, 90, 99–104].

Obecnie, staramy się opierać leczenie na solidnych podstawach naukowych, głównie znajomości biologii gojenia złamań i anatomii, oraz ocenie stanu pacjenta i jego indywidualnych wymagań, a specyficzny system klasyfikacji powinien służyć pomocą i mieć charakter doradczy. Stąd też klasyfikacje zorientowane prognostycznie i sugerujące wybór metody leczenia, podkreślające dodatkowo wagę uszkodzenia powierzchni stawowych, wyparły popularne dawniej eponimy grupujące rozmaite typy złamań NDKP.

2.5. Problemy leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej i powikłania w jego przebiegu – przegląd piśmiennictwa

Wbrew optymistycznym spostrzeżeniom Collesa, twierdzącego że pomimo pourazowego zniekształcenia funkcja kończyny górnej nie jest istotnie zaburzona, uznaje się powszechnie, że leczenie złamań NDKP obciążone jest możliwością powikłań [5, 13, 14, 40, 50–52, 58, 67, 70, 73, 77, 80, 84, 87, 105–112]. Powikłania te związane mogą być z samym

złamaniem i być jego wynikiem lub też następstwem leczenia; często są charakterystyczne dla danej metody leczenia. Dostępne metaanalizy wyników terapii nie wykazują jednoznacznie wyższości jednej z metod nad innymi, zarówno pod względem ostatecznej czynności kończyny, jak też ilości powikłań. Rysuje się jednakże tendencja do częstszego stosowania przez lekarzy stabilizacji zewnętrznej, w miejsce stabilizacji wewnętrznej i leczenia nieoperacyjnego [34, 36, 37, 39, 40, 48, 106, 113]. Wśród metod stabilizacji wewnętrznej najczęściej wykorzystywana jest stabilizacja przezskórna drutami Kirschnera, zarówno doogniskowa (metoda Kapandji) jak też dwukorowa (np. metoda Willeneggera lub Rayhacka) [26–28, 36, 94, 113–116] (ryc. 2.5.1).



Ryc. 2.5.1. Złamanie NDKP typu 23-C2 wg AO nastawione i ustabilizowane zmodyfikowaną metodą Kapandji (gwoździowanie doogniskowe) – z zastosowaniem 3 i 2 drutów Kirschnera.

Jedynie osoby starsze, o niewielkich wymaganiach czynnościowych, stosunkowo dobrze tolerują pourazową deformację odcinka dalszego KP. Niezależnie od przyczyny takiego stanu rzeczy zależność pomiędzy stopniem deformacji dystalnego odcinka KP a czynnością ręki jest znacznie trudniejsza do wykazania i mniej przewidywalna w tej grupie chorych niż u osób młodszych [80, 112, 117, 118]. Z drugiej jednak strony, wyzwaniem dla chirurgów stają się właśnie ludzie starsi, coraz sprawniejsi i z większymi wymaganiami funkcjonalnymi niż dawniej, jednocześnie mniej skłonni do zaakceptowania deformacji i ograniczenia sprawności [13, 80].

W 1980 roku Cooney opublikował pracę, w której szczegółowo opracował dotychczasowe doświadczenia dotyczące powikłań złamań NDKP [67]. Jego zdaniem najpoważniejsze to: neuropatia uciskowa, artroza,

nieprawidłowy zrost, zerwanie ścięgna, powikłania zespolenia, niedokrwienny przykurcz Volkmanna, zeszywnienie palców, zespół ramię-ręka (często współistniejący, z co najmniej jednym, dodatkowym powikłaniem). Drobne powikłania, łatwo poddające się wczesnie podjętemu leczeniu, to: przejściowe zapalenie nerwów promieniowego i pośrodkowego, zapalenie ścięgien zginaczy i prostowników, odleżyny pod gipsem, sztywność stawów. Powikłania występowały przy każdym sposobie leczenia (w materiale własnym 31%). Największa ich ilość dotyczyła złożonych, wewnątrzstawowych złamań, a także chorych, którym podano znieczulenie miejscowe do szczeliny złamania. Wiek, płeć i mechanizm urazu wydawały się nie mieć wpływu na częstość występowania powikłań [67]. Podobne spostrzeżenia opisują inni badacze problemu [5, 22, 23, 50, 51, 53, 69, 73, 77].

Najczęstszym, izolowanym powikłaniem jest neuropatia uciskowa (7,9%). Wczesna neuropatia nerwu pośrodkowego wiąże się najczęściej z repozycją w znieczuleniu miejscowym. Neuropatia nerwu promieniowego, wywołana jest z reguły uciskiem w bruździe nerwu promieniowego kości ramiennej lub na grzbiecie ręki przez nieprawidłowo założony opatrunek gipsowy, niekiedy też podrażnieniem wszczepami stabilizatora zewnętrznego. Neuropatia nerwu łokciowego jest wynikiem ucisku przez gips. Późne neuropatie dotyczą jedynie nerwów łokciowego i pośrodkowego (ucisk przez przemieszczone fragmenty i bliźnię kostną, krwiak, utrzymujący się obrzęk, z reguły w wyniku utrzymywania wymuszonej pozycji Cotton-Lodera) [67].

Na podstawie oceny najcięższych w swojej klasyfikacji złamań przezstawowych Melone stwierdził powikłania u wszystkich chorych z grupy (15 przypadków). Złamania te dotyczyły jedynie osób młodych, aktywnych i wynikały z urazów o dużej energii. Neuropatia nerwu pośrodkowego (z powodu stłuczenia – 12, całkowitego przerwania – 1) występowała najczęściej w wyniku uszkodzenia o ostrą krawędź trzonu KP, natomiast stłuczenie nerwu łokciowego (5 przypadków) wywołane było przemieszczonym fragmentem przyśrodkowym. Ze zmianami w nerwie pośrodkowym, często współistnieje uszkodzenie ścięgna mięśnia zginacza długiego palców, a rzadko zginacza głębokiego lub prostownika długiego kciuka [68].

Jako czynnik przyczynowy neuropatii wymieniana jest także siła stosowana przy nastawianiu złamania i pozycja unieruchomienia [6, 72, 73, 83, 107, 119]. Bauman mierzył ciśnienie w kanale nadgarstka u chorych z wieloodłamowym złamaniem NDKP i wykazał jego podwyższenie nawet w pozycji neutralnej, jednak szczególnie wysokie wartości osiąga-

ło ono przy narastającym zgięciu dłoniowym [119]. Jedną z przyczyn zwężenia przekroju poprzecznego kanału nadgarstka może być grzbietowe podwichnięcie ręki, spowodowane zrostem KP w nieprawidłowym ustawieniu – grzbietowe nachylenie powierzchni stawowej promieniowej. Ta deformacja prowadzi też do grzbietowego nachylenia kości księżycowatej i zgięcia stawu śródnadgarstkowego [73]. Do ucisku zawartości kanału nadgarstka może dochodzić w sytuacji, gdy obrzęk lub odłamy kostne zajmą część wolnej przestrzeni [73].

Neuropatię nerwu łokciowego opisał już Cotton w 1922 r. (najczęściej pod postacią zaburzeń czucia), jako rzadkie powikłanie wynikające z nawracającego podwichnięcia głowy KŁ. Natomiast ucisk nerwu łokciowego w kanale Guyona jest mało prawdopodobny [73, 107].

W materiale Aro u 17% leczonych chorych rozwinęły się objawy neurologiczne, przy czym większość złamań wynikała z urazów o niskiej energii i żaden nie doznał bezpośredniego uszkodzenia nerwu [107].

Zwyrodnienie stawów nadgarstka jest przyczyną około 20% powikłań [67, 120]. Ocena tych zmian jest w dużej mierze subiektywna. Biorąc pod uwagę dyskretne kryteria radiologiczne i kliniczne Knirk i Jupiter w 1986 r. ocenili odsetek późnych zmian zwyrodnieniowych u młodych pacjentów z wielodłamowymi złamaniami NDKP na 65% [52].

Subtelne formy zwyrodnienia, pod postacią zaniku chrząstek stawowych z niewielkim odczynem osteosklerotycznym w warstwie podchrzęstnej, odpowiedzialne są za słabość chwytu i zmniejszenie zakresu ruchu. Ból pojawia się w bardziej zaawansowanych formach zmian degeneracyjnych. Częściej dochodzi do zwyrodnienia SPŁD niż SPN. Artroza SPŁD wynika z dwóch przyczyn: nieprawidłowego ustawienia wcięcia łokciowego KP spowodowanego przemieszczeniem promieniowym i grzbietowym odłamu dystalnego, oraz skrócenia tej kości. Poważne obrażenia SPŁD, wymagające wczesnej rekonstrukcji, stanowią ok. 10% złamań NDKP. Jest to staw różniący się dynamicznie od promieniowo-nadgarstkowego, a zmiany zwyrodnieniowe wynikające ze zmiennej mechaniki stawu są bardziej subtelne. Polegają raczej na tworzeniu osteofitów, a nie podchrzęstnej sklerotyzacji kości [121]. Zdaniem wielu autorów, pomimo częstego występowania objawów radiologicznych, rzadko towarzyszą im objawy kliniczne. Leczenie chirurgiczne tych zmian jest więc sporadyczne [6, 22, 52, 53, 67, 71, 77, 101, 121]. Z uwagi na korelację, pomiędzy utrwalonym przemieszczeniem powierzchni stawowej KP a występowaniem pourazowego zwyrodnienia stawu, wielu autorów postuluje operacyjne nastawienie fragmentów sta-

wowych tak, aby uskok między nimi był mniejszy niż 2 mm [3, 20, 22, 32, 52, 66, 68, 79, 83–86, 92, 100, 102, 107, 109, 122].

Utrata repozycji występuje najczęściej po złamaniach niestabilnych i wielodłamowych leczonych zachowawczo [5, 6, 15, 28, 33, 50, 51, 67–69, 72, 79, 92, 99, 101, 102, 111, 112, 123]. Zdaniem Cooneya, powszechna technika nastawienia i unieruchomienia w pełnym nawróceniu z odchyleniem łokciowym jest błędna, szczególnie w wielodłamowych niestabilnych złamaniach; zgadza się on z opinią Sarmiento, że najlepszym ustawieniem dla zmniejszenia sił deformujących jest odwrócenie przedramienia [67, 124]. Wczesna utrata nastawienia i późne zapadnięcie się odłamów świadczą o niestabilności złamania [55, 67, 75]. W opinii Jenkinsa z 1989 r., wtórne przemieszczenie w pierwszym tygodniu jest stosunkowo rzadkie, a większość złamań wykazuje stopniowy, powolny wzrost przemieszczenia w późniejszym okresie [115]. W materiale Altissimi późne przemieszczenia były częstsze niż wczesne (do 1 tygodnia). Spośród 47 chorych 17% doznało skrócenia KP, które ustabilizowało się w pierwszym tygodniu, 25% w ciągu drugiego tygodnia, a 57% wykazywało progresywne skracanie aż do czasu uzyskania zrostu. Pomimo doraźnie zadowalającego nastawienia 67% złamań z pierwotnym skróceniem powyżej 4 mm wygoiło się ze znaczącym skróceniem (ponad 2 mm) [58]. Podobnie Solgaard w 1986 r. wykazał, że większość wtórnych przemieszczeń pojawiała się w pierwszych 2 tygodniach [125].

Nieprawidłowy zrost dalszego końca KP polega najczęściej na nachyleniu grzbietowym, utracie nachylenia promieniowego i skróceniu. Czasem też, odłamek dalszy może być odwrócony w stosunku do przedramienia [69, 87]. Bilic, oceniając złamania Collesa leczone nieoperacyjnie, stwierdził, że zrost w nieprawidłowym ustawieniu jest częsty (około 70%), z czego 30% wymaga późniejszej interwencji chirurgicznej [126]. Najczęstszą przyczyną tego powikłania jest nieprawidłowe zaklasyfikowanie złamania i w następstwie przeoczenie wskazań do interwencji chirurgicznej [5, 75, 126, 127].

Bardzo trudno jest określić dopuszczalne przemieszczenie odłamku dalszego w złamaniu pozastawowym KP. Zwykle obserwujemy objawy radiologiczne przemieszczenia jako deformację, która doprowadza lub nie do ograniczeń czynnościowych. Wynik usprawniania jest w takich sytuacjach nieprzewidywalny [80, 87]. W przypadkach niekorzystnych późnymi objawami są osłabienie i sztywność ręki oraz ból. Zdaniem wielu autorów ich nasilenie zwykle koreluje z jakością nastawienia [5, 21, 71, 76, 77, 87, 110, 112, 128, 129]. Chirurgiczna rekonstrukcja późnych

deformacji jest technicznie trudna i często niepełna, jednak interwencje tego typu są opisywane jako częste [71, 87, 129]. Jednym z ważniejszych parametrów anatomicznych wymagających korekcji jest nachylenie powierzchni stawowej nadgarstkowej. Badania Shorta i Kazuki wykazały, że zmiana tego kąta w płaszczyźnie strzałkowej z 10° dłoniowego na grzbietowe, prowadzi do znacznego zwiększenia obciążenia KŁ oraz do zmiany pola kontaktu dla kości nadgarstka [65, 71]. Geissler wykazał dodatkowo, poważne zaburzenia biomechaniczne w SPŁD związane z porazowym skróceniem KP [21, 82] (rozdz. 2.9). Jakość nastawienia odłamów pozastawowych dokładnie określa skala opracowana przez Lidströma i zmodyfikowana przez Sarmiento w 1980 r. [4, 120] (tab. 2.7.2). Skalę tę wykorzystuję w części badawczej pracy (rozdz. 2.7).

Skrócenie KP i często współistniejąca niestabilność promieniowo-łokciowa spowoduje postępujące podwichnięcie SPŁD z bólem i deformacją, oraz ograniczeniem rotacji. Wyniki pierwotnego leczenia tych uszkodzeń są lepsze niż zabiegów wykonywanych późno [21, 61, 76, 77, 80]. W najpoważniejszych przypadkach stosuje się resekcję końca dalszego KŁ, ale efekty tego zabiegu rzadko są zadowalające. Korzystniejszą metodą leczenia jest zabieg Darracha, zwłaszcza u chorych z uprzednimi objawami zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych SPŁD [61, 80, 87, 110, 130, 131]. Podobne poglądy przedstawił w 1982 r. Fernandez. Uznał on, że osteotomia skracająca KŁ lub resekcja jej głowy nie odtwarza prawidłowej anatomii dystalnej części przedramienia i patologicznego łuku zgięciowo-wyprostnego, stąd osteotomia korekcyjna KP jest operacją bardziej fizjologiczną [111].

Poglądy dotyczące wpływu złamania wyrostka rylcowatego KŁ lub jego stawu rzekomego na wynik końcowy są rozbieżne. W doświadczeniu Geisslera większość obrażeń tego typu goi się z powstaniem zrostu włóknistego i pozostaje bezobjawowa, jednakże leczenie czynnościowe z użyciem stabilizacji zewnętrznej lub wewnętrznej może prowadzić do objawowego braku zrostu [82].

Zerwanie ścięgien jest bardzo rzadkim powikłaniem. Dotyczy zwykle prostownika długiego kciuka, zginacza głębokiego wskaziciela i zginacza długiego kciuka. Przyczyną są przemieszczone fragmenty kostne, a operacyjne leczenie tych uszkodzeń wymaga przeszczepu ścięgien lub ich przemieszczenia, gdyż regułą jest ubytek kilku centymetrów tkanki [67]. Częściej uszkodzenie tego typu może być wynikiem leczenia operacyjnego, przede wszystkim przezskórnego gwoździowania [6, 23, 27, 43, 67, 94].

Jednym z najpoważniejszych powikłań jest przykurcz Volkmana, będący wynikiem ucisku przez opatrunek gipsowy lub zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych przedramienia. Jest bardzo rzadki po złamaniu NDKP, a jego leczenie operacyjne jest mało efektywne [114].

Częstość rozpoznawania algodystrofii (CRPS I – *Complex Regional Pain Syndrome*) po złamaniu NDKP waha się według różnych autorów od 0,02% do 37% [132–137]. Żyłuk stwierdził ją u 14% pacjentów po leczeniu zachowawczym. Zespół częściej rozwijał się u kobiet, w przypadku złamań przemieszczonych pierwotnie lub wygojonych w nieprawidłowym ustawieniu. Powtarzanie repozycji nie wpływało na częstość zespołu. Tylko 21% osób w 2–4 miesiącu po złamaniu nie zgłaszało dolegliwości, a u wielu ból barku (prawdopodobnie wywołany zapaleniem jednego lub obu ścięgien mięśnia dwugłowego ramienia) był większy niż przedramienia i ręki. Niektórzy autorzy uważają, że nadwrażliwość na dotyk grzbietowych powierzchni palców rąk jest czułym objawem algodystrofii, czego jednak Żyłuk nie potwierdza. Wczesne rozpoznanie i prawidłowe leczenie rokuje wyzdrowienie w około 90% przypadków. Podstawową formą terapii jest niebolesna rehabilitacja, a błędem jest forsowanie ruchu wg zasady „ćwicz mimo bólu” [136]. Po zastosowaniu leczenia operacyjnego częstość występowania algodystrofii jest podobna, choć np. Schuind w grupie chorych leczonych stabilizacją zewnętrzną rozpoznał ją tylko w 1% przypadków [138]. W dawnej (1963 r.) opinii Lyncha i Steina, ucisk nerwu pośrodkowego może inicjować dystrofię, stąd powszechnie akceptowana konieczność leczenia operacyjnego, odbarczającego nerw w kanale nadgarstka [50, 73, 107, 139, 140]. Aro sugeruje, że konieczność wymiany opatrunku gipsowego w pierwszym tygodniu po urazie jest najczęściej konsekwencją nadmiernego obrzęku, który może prowadzić do powikłań uciskowych będących czynnikiem ryzyka rozwoju algodystrofii [107]. Podobnie Jupiter podejrzewa rozwój dystrofii w przypadku narastającego bólu, obrzęku, upośledzenia ruchomości i parestezji [6].

Ograniczenia ruchowe rąk dotyczą najczęściej stawów międzypaliczkowych bliższych, a wyjątkowo SPN. Najczęściej są powikłaniem nieprawidłowo założonego opatrunku gipsowego lub zbyt późno podjętych ruchów. Przykurcz palców, pomimo prawidłowego wyniku anatomicznego, jest stosunkowo częstym powikłaniem stabilizacji zewnętrznej złamań NDKP [35, 37, 38, 47, 70, 141, 142]. W takiej sytuacji wiąże się najczęściej ze szponowatym ustawieniem ręki. Wynika to z faktu, że w klasycznej stabilizacji zewnętrznej mostującej siły trakcyjne działają

grzbietowo do osi rotacji nadgarstka, powodując jego zgięcie i odruchowy przeprost w stawach śródrečno-palcowych. Z punktu widzenia biomechaniki rozciągnięcie nadgarstka przenosi napięcie na mięśnie palców i prowadzi do ich szponiastego ustawienia, może też doprowadzić do opóźnienia zrostu oraz późnego skrócenia KP [34, 67, 141–145].

Wszystkie wymienione powyżej problemy wpływają na ostateczny efekt leczenia złamań NDKP, stąd brane są pod uwagę w wartościowych klinicznie systemach oceny jego wyników. W takim zastosowaniu szeroko zaakceptowano skalę Gartlanda-Werleya opierającą się na subiektywnych i obiektywnych miernikach funkcji ręki i kończyny górnej. Istotną cechą jakościową tej skali jest duża zgodność ocen sprawności ręki opartych na tym systemie wśród różnych badających [4, 89, 112] (tab. 2.7.1).

Zakażenie stanowi zagrożenie leczenia przy stosowaniu wszystkich metod inwazyjnych. Głębokie zakażenia, mogące prowadzić do rozwoju przewlekłego zapalenia kości, są stosunkowo rzadkie i zwykle wikłają złamania otwarte lub stabilizację wewnętrzną płytkami. W przypadku leczenia złamań NDKP metodami małoinwazyjnymi zakażenie jest szczególnie częste po zastosowaniu stabilizatorów zewnętrznych. Proces zapalny dotyczy zwykle miejsca kontaktu wszczepów ze skórą. Usunięcie implantu, ogólna, krótkotrwała antybiotykoterapia i miejscowa pielęgnacja rany prowadzą do całkowitego wyleczenia [6, 37, 40, 44, 143, 144].

2.6. Cel badań

Jednym z najczęściej występujących powikłań złamań NDKP jest przetrwałe przemieszczenie w przypadkach nieleczonych oraz zaniedbanych lub jego nawrót po leczeniu nieoperacyjnym [5, 6, 36, 37, 53, 56, 57, 58, 67, 87, 108, 112, 115]. Może to prowadzić do bardzo poważnych następstw dla czynności ręki i całej kończyny górnej (rozdz. 2.3). Próba ponownego zamkniętego nastawienia i jego utrzymania w unieruchomieniu zewnętrznym może być uzasadniona, jeżeli przemieszczenie zostanie wykryte odpowiednio wcześnie (do dwóch tygodni). Znacznie opóźnione rozpoznanie wymaga zwykle interwencji operacyjnej z otwartym nastawieniem [58, 61, 87].

Badania podjąłem w celu potwierdzenia teoretycznych przesłanek sugerujących możliwość wprowadzenia nowego, korzystnego biomechanicznie rozwiązania problemu zastarzałych lub wtórnie przemieszczonych, pozastawowych złamań NDKP. Opisałem własną propozycję wykorzystania techniki operacyjnej, dostępnej dotychczas dla innych wska-

zań – hybrydowa stabilizacja zewnętrzna w złamaniach nasady bliższej i dalszej kości piszczelowej [146].

Założenia hybrydowej stabilizacji zewnętrznej respektują aktualny stan wiedzy dotyczącej gojenia złamań oraz usprawniania leczniczego narządu ruchu. Zaletą tej metody ma być efektywność biomechaniczna. Zastosowanie techniki stabilizacji hybrydowej pozwala uniknąć potencjalnych, niekorzystnych następstw technik otwartej repozycji i stabilizacji wewnętrznej oraz mostującej stabilizacji zewnętrznej w zastarzałych złamaniach NDKP.

Zasadnicze cele badawcze to:

- optymalizacja opcji terapeutycznych poprzez rozwiązanie kompromisowe między stosowanymi dotychczas, krańcowo różnymi rodzajami leczenia powikłań złamań NDKP: zaniechaniem dalszych interwencji lub agresywnym postępowaniem operacyjnym z otwartym nastawieniem odłamów kostnych, a niekiedy z dodatkową osteotomią KŁ;

- udokumentowanie zalet i wad proponowanej metody leczenia – hybrydowej stabilizacji zewnętrznej w zaniedbanych lub wtórnie przemieszczonych pozastawowych złamaniach NDKP.

2.7. Materiał i metody

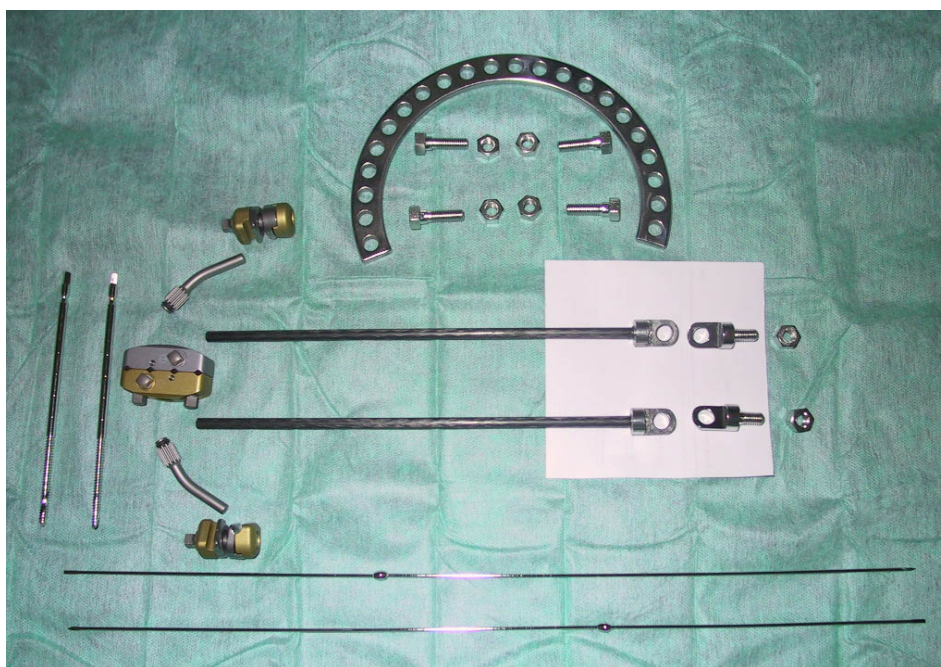
Wypełniając cel badań wykonałem prospektywną analizę wyników leczenia zastarzałych złamań NDKP, przy zastosowaniu hybrydowej stabilizacji zewnętrznej stabilizatorem w modyfikacji własnej. W założeniach, istotnymi cechami zaproponowanej metody są: minimalna traumatyzacja tkanek w okolicy dalszej przedramienia oraz wytworzenie korzystnych biomechanicznie warunków w miejscu złamania dla szybkiego gojenia kości przy równoczesnej możliwości wczesnego powrotu czynności uszkodzonej kończyny.

Pierwotnie, hybrydowy stabilizator zewnętrzny (*Hybrid External Fixator* – HEF) został zaprojektowany i zatwierdzony przez grupę AO do leczenia złamań dalszego i bliższego końca kości piszczelowej [146, 147].

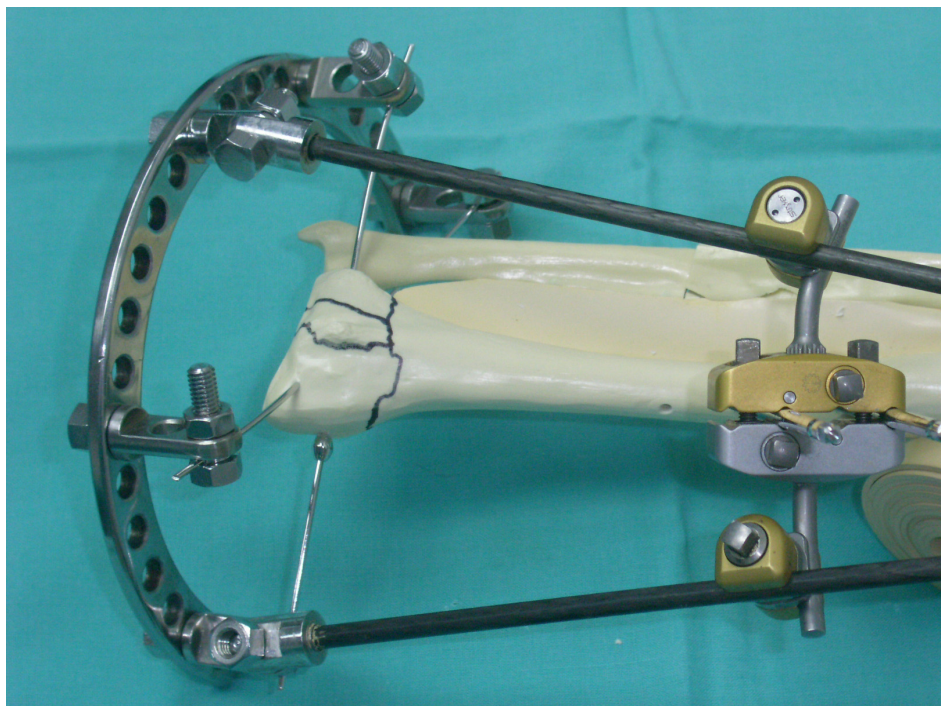
Prace nad możliwością zastosowania hybrydowej stabilizacji zewnętrznej w leczeniu złamań NDKP rozpocząłem w 1997 r. Po raz pierwszy zaprezentowałem ją na I Kongresie Polskiego Towarzystwa Chirurgii Ręki w Poznaniu w maju 1999 r. Opracowywana koncepcja zakładała, że połączenie zalet okężnego stabilizatora Ilizarowa z konstrukcją ramową daje szansę na utrzymanie ustawienia odłamów i umożliwia nieograniczony ruch ręki w SPN. Jednocześnie elastyczność drutów Kirschnera stabilizujących odłam

dalszy ma korzystny wpływ na proces gojenia kości [148]. Na tej podstawie można się więc spodziewać dobrych wyników czynnościowych i anatomicznych leczenia [49]. Cel badania i jego metodyka zostały zaakceptowane przez Komisję Etyczną Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w 1997 roku.

Prace innych badaczy, oparte na badaniach zwłok, określające tzw. „bezpieczne strefy” dla umieszczania drutów Kirschnera w dalszej części przedramienia i charakteryzujące właściwości różnych rodzajów stabilizatorów klasycznych oraz hybrydowych, dokumentują korzystne właściwości biomechaniczne stabilizatorów hybrydowych i usprawiedliwiają ich zastosowanie kliniczne [49, 146–154].



Ryc. 2.7.1. Elementy hybrydowego stabilizatora zewnętrznego. Łącznik własnej konstrukcji na białym tle.



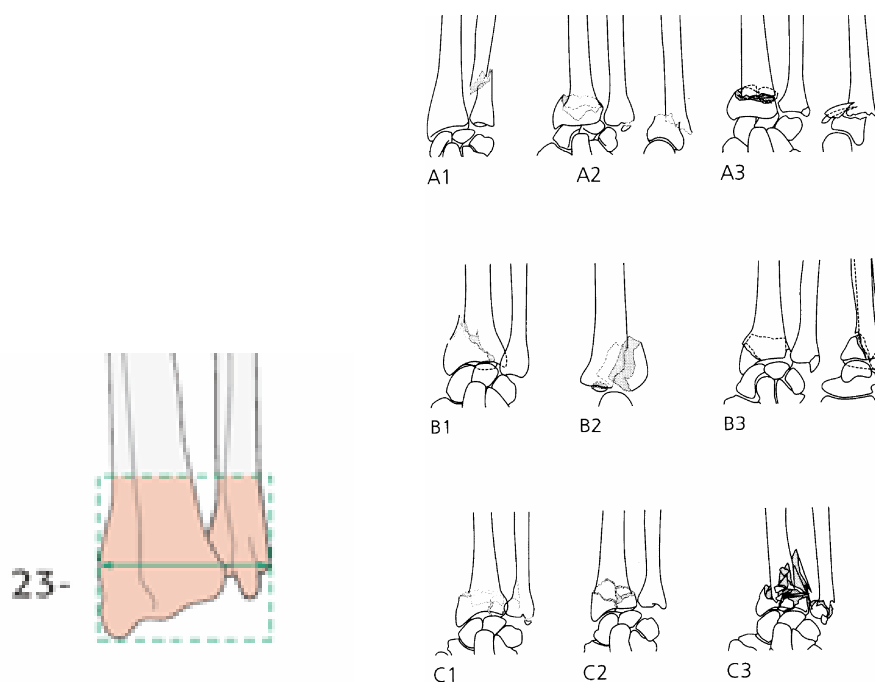
Ryc. 2.7.2. Hybrydowy stabilizator zewnętrzny w modelu kości syntetycznej.

Material

Do grupy badanej zakwalifikowałem 14 pacjentów z zastarzałymi złamaniami NDKP leczonych HEF. W latach 2002–2006 wszyscy oni doznali wieloodłamowych, pozastawowych złamań ze znaczącym przemieszczeniem odłamu dalszego. W dwóch przypadkach przyczyną były obrażenia o wysokiej energii kinetycznej, w pozostałych 12 był to upadek na wyprostowaną rękę. Dane dotyczące płci i wieku chorych oraz typu złamania opisane zostały w tabeli 2.8.1. Diagnostyka przedoperacyjna polegała na badaniu klinicznym oraz wykonaniu radiogramów w projekcjach ap i bocznej dalszego końca KP z nadgarstkiem.

Zastosowanie HEF było zawsze wyborem wtórnym, poprzedzone nieudanymi próbami leczenia nieoperacyjnego – manualnym nastawieniem w znieczuleniu miejscowym oraz unieruchomieniem w opatrunku gipsowym przedramiennym. W czterech przypadkach, przed interwencją operacyjną, podjęto więcej niż jedną próbę korekty ustawienia odłamów (tab. 2.8.1.). W sześciu przypadkach pierwotne leczenie odbywało się poza macierzystą kliniką autora.

Złamania zaklasyfikowałem stosując system AO [95] (ryc. 2.7.3) (rozdz. 2.4).



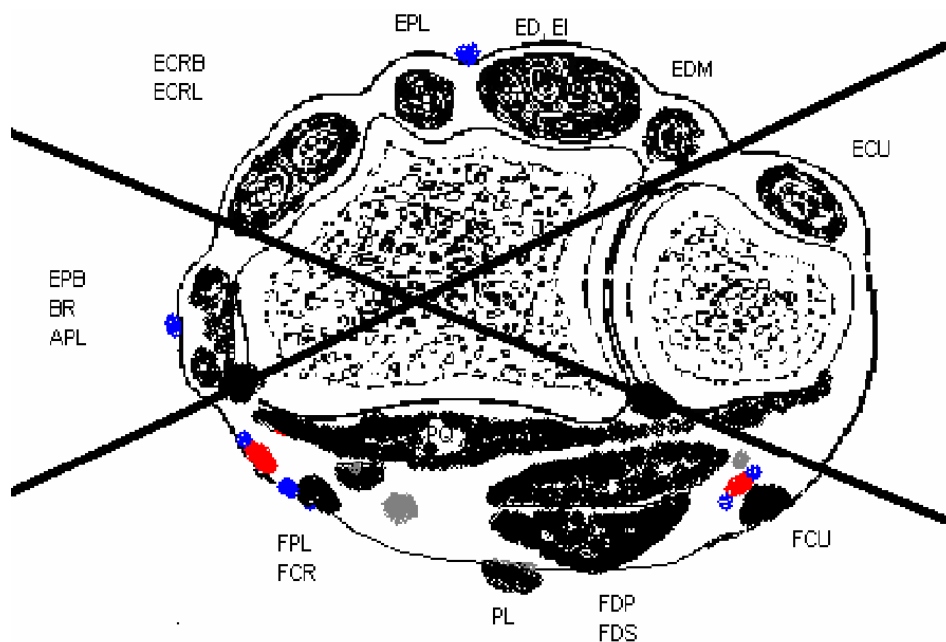
Ryc. 2.7.3. Po stronie lewej dwa numery przypisane nasadzie dalszej KP w klasyfikacji AO (Müllera): 2 – określenie KP, 3 – określenie segmentu kości – nasada dalsza (na podstawie zasady kwadratu, którego boki są równe najszerszemu wymiarowi nasady). Po stronie prawej schematycznie przedstawiona klasyfikacja złamań NDKP wg AO (wg Synthes GmbH).

Wszystkie złamania uznałem za niestabilne zgodnie z kryteriami Seitza i Cooneya (rozdz. 2.3): znaczne rozfragmentowanie warstwy korowej dłoniowej lub grzbietowej, zagięcie kątowe złamania przekraczające 20° , osteoporoza lub nawrót przemieszczenia po pierwotnym zadowalającym nastawieniu [28, 83].

Wskazaniami radiologicznymi do interwencji operacyjnej w wymienionych wyżej złamaniach było nachylenie powierzchni stawowej promieniowej na zdjęciu bocznym przekraczające 20° , skrócenie KP przekraczające 5 mm oraz podwichnięcie stawów promieniowo-nadgarstkowego i promieniowo-łokciowego dalszego (rozdz. 2.5). Czas pomiędzy urazem a operacją wynosił dwa do pięciu tygodni (średnia – 3). Przed zakwalifikowaniem chorych do grupy badanej uzyskałem od każdego świadomą zgodę na uczestnictwo.

Metody

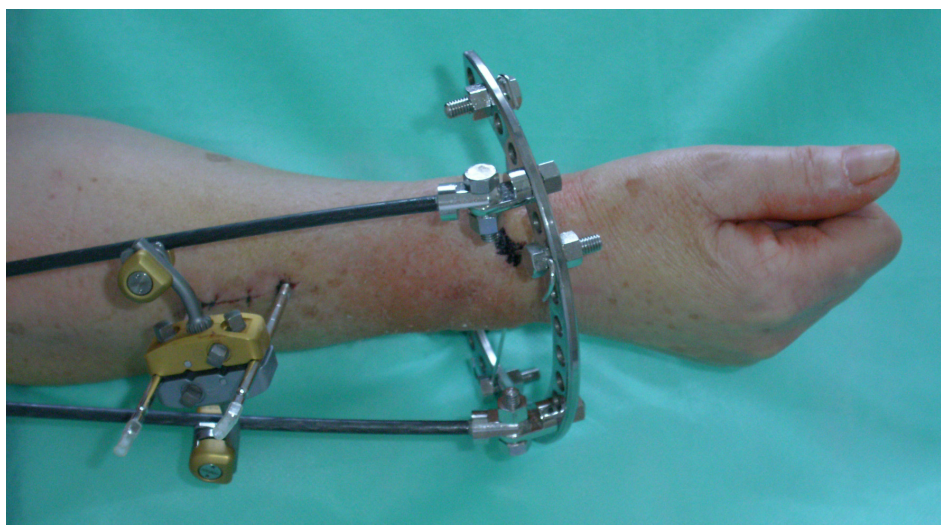
Operację przeprowadzałem w znieczuleniu ogólnym pod kontrolą monitora rentgenowskiego. Przedramię utrzymywałem w odwróceniu. Zastosowany stabilizator zewnętrzny składa się z pierścienia Ilizarowa 3/5 będącego bazą dla dwóch naprzężonych drutów Kirschnera z oliwką wprowadzonych przez „strefy bezpieczne” i mocowanych do odłamu dalszego KP (stalowy – Master-Med, Kraków lub włókno węglowe – Synthes, Solothurn, Szwajcaria) połączonego zaprojektowanym przeze mnie łącznikiem i prętami z włókna węglowego z elementem łączącym dwa grotowkręty (Stryker Howmedica Osteonics, Kalamazoo, MI, USA). Druty Kirschnera (1,8 mm) wprowadzałem w odłamek dalszy przez tzw. „strefy bezpieczne” sugerowane przez Lindsay i Ludvigsena [147, 150] (ryc. 2.7.4).



Ryc. 2.7.4. Strefy bezpieczne wprowadzania drutów Kirschnera w dalszym odcinku przedramienia. Przekrój poprzeczny: kolor niebieski – żyły, kolor czerwony – tętnice, kolor szary – nerwy, kolor czarny – mięśnie (skrót – pierwsze litery nazw łacińskich).

Po nacięciu skóry i rozwarstwieniu kleszczykami hemostatycznymi tkanek pokrywających kość, wprowadzałem dwa druty Kirschnera z oliwką, pod kontrolą monitora rentgenowskiego. Nie stosowałem niedokrwienia

kończyny, co umożliwiło palpacyjną lokalizację tętnic dalszego odcinka przedramienia, będących istotnymi punktami topograficznymi. Dwa gro-towkręty Schantza (4,0 mm, samogwintujące) wprowadzałem w KP przez nacięcie pomiędzy mięśniem ramiennie-promieniowym i prostownikiem promieniowym nadgarstka, na wysokości ich połączenia mięśniowo-ścięgienistego, po uprzednim nawierceniu kości (ryc. 2.7.5).



Ryc. 2.7.5. Hybrydowy stabilizator zewnętrzny w złamaniu NDKP (pacjent 2).

Zamknięte nastawienie odłamów, poprzez zastosowanie manualnego wyciągu osiowego za elementy stabilizatora, następowało po ich zainstalowaniu w kości i wstępnym połączeniu. Jakość nastawienia kontrolowa-łem śródoperacyjnie przy użyciu podglądu rentgenowskiego. Po uzyska-niu anatomicznego ustawienia odłamów kostnych śruby układu dokręca-łem, ostatecznie usztywniając konstrukcję zewnętrzną [144].

Z założenia stabilizator usuwałem po 8 tygodniach w doustnej sedacji Midazolamem i w miejscowym znieczuleniu 1% Lidokainą. Jest to okres typowy dla leczenia przy użyciu stabilizacji zewnętrznej mostującej, w którym dochodzi do pierwotnej konsolidacji odłamów, odpornej na fizjo-logiczne obciążenia [35, 47, 93, 101, 108, 123, 144, 155].

We wczesnym okresie pooperacyjnym (dwa dni), wykonywano co-dzienne zmiany opatrunków w miejscach penetracji skóry przez wszczę-py stabilizatora. Ćwiczenia zgięciowo-wyprostne ręki, w zakresie tole-rancji bólu, zalecane były od drugiego dnia po operacji. Odradzałem, natomiast, ćwiczenia rotacyjne.

Rutynowej oceny radiologicznej i klinicznej dokonywałem bezpośrednio po operacji oraz w drugiej lub trzeciej dobie (wypis ze szpitala), następnie po 2, 8, 14 tygodniach i po roku. Wyniki czynnościowe oceniałem – w systemie Gartlanda-Werleya zmodyfikowanym przez Sarmiento, natomiast anatomiczne stosując, także zmodyfikowaną, skalę Lidströma [4, 89, 120] (tab. 2.7.1 i 2.7.2) (rozdz. 2.5).

Tab. 2.7.1. Skala Gartlanda-Werley'a w modyfikacji Sarmiento`1975

| Ocena nastawienia | pkt |
|---|------|
| Trwałe zniekształcenie (0–3 pkt) | |
| wystający wyrostek rylcowaty KŁ | 1 |
| nachylenie grzbietowe | 2 |
| przesunięcie promieniowe | 2–3 |
| Ocena subiektywna (0–6 pkt) | |
| bardzo dobra: bez bólu, ograniczenia ruchu lub niesprawności | 0 |
| dobra: ból okresowo, niewielkie ograniczenie ruchu, bez niesprawności | 2 |
| dostateczna: ból okresowo, niewielkie ograniczenie ruchu, wrażenie słabości nadgarstka, niewielkie ograniczenie sprawności i aktywności | 4 |
| zła: ból, ograniczenie ruchu, niesprawność, znaczące ograniczenie aktywności | 6 |
| Ocena obiektywna (0–5 pkt) | |
| ograniczenie zgięcia grzbietowego (< 45°) | 5 |
| ograniczenie odchylenia łokciowego (< 15°) | 3 |
| ograniczenie supinacji (< 50°) | 2 |
| ograniczenie zgięcia dłoniowego (< 30°) | 1 |
| ograniczenie odchylenia promieniowego (< 15°) | 1 |
| ograniczenie obwodzenia | 1 |
| ból w stawie PŁD | 1 |
| siła chwytu (60% lub mniej w porównaniu ze stroną przeciwną) | 1 |
| ograniczenie pronacji (< 50°) | 2 |
| Powikłania (0–5 pkt) | |
| Zmiany zwyrodnieniowe | |
| minimalne | 1 |
| minimalne z bólem | 3 |
| umiarkowane | 2 |
| umiarkowane z bólem | 4 |
| poważne | 3 |
| poważne z bólem | 5 |
| Powikłania neurologiczne (nerw pośrodkowy) | 1–3 |
| Ograniczenie czynności palców | 1–2 |
| Wynik końcowy (zakres punktowy) | |
| Bardzo dobry | 0–2 |
| Dobry | 3–8 |
| Dostateczny | 9–20 |
| Zły | ≥ 21 |

Ostateczna ocena wyniku czynnościowego i anatomicznego miała miejsce po około 12 miesiącach od leczenia operacyjnego. Zgodnie z danymi z piśmiennictwa po tym okresie nie należy spodziewać się istotnej poprawy czynności kończyny górnej, niezależnie od prowadzonej rehabilitacji [5, 6, 50, 53, 58, 60, 106, 120, 144]. W aspekcie anatomicznym, po roku, dochodzi do przebudowy zrośniętej KP w odcinku dalszym, stąd uzyskany wynik anatomiczny należy traktować jako ostateczny [39, 53, 112, 123, 129].

Tab. 2.7.2. Skala Lidströma oceny anatomicznej w modyfikacji Sarmiento`1980

| Ostateczny kąt nachylenia grzbietowego (°) | Utrata długości promieniowej (mm) | Zmiana kąta nachylenia promieniowego (°) | Ocena każdego pomiaru |
|--|-----------------------------------|--|-----------------------|
| neutralny | poniżej 3 | 0-4 | 0 |
| 1-10 | 3-6 | 5-9 | 1 |
| 11-14 | 7-11 | 10-14 | 2 |
| 15 | 12 | 15 | 4 |

Ocena: bardzo dobra 0
 dobra 1-3
 dostateczna 4-6
 zła 7-12

2.8. Wyniki

Wszystkie złamania leczone opisaną metodą zagoiły się, a wyniki anatomiczne i czynnościowe przedstawia tabela 2.8.1.

Tab. 2.8.1. Wyniki anatomiczne (pooperacyjne/po roku) i czynnościowe po roku od złamania NDKP leczonego hybrydową stabilizacją zewnętrzną

| Nr/płeć | Wiek | Klasyfikacja złamań wg AO | Wynik anatomiczny wg Lidströma | Ocena po roku | Wynik czynnościowy wg Gartlanda-Werley'a | Ocena po roku | powikłania, wielokrotne nastawienia (X) |
|---------|------|---------------------------|--------------------------------|---------------|--|---------------|---|
| 1/ K | 56 | A3.2 | 0 / 0 | bardzo dobra | 2 | bardzo dobra | zakażenie |
| 2/ K | 70 | A3.2 | 0 / 1 | dobra | 2 | bardzo dobra | (X) |
| 3/ M | 41 | A3.1 | 0 / 0 | bardzo dobra | 5 | dobra | nadmierne rozciągnięcie |
| 4/ K | 42 | A2.2 | 1 / 1 | dobra | 10 | zadowalająca | algodystrofia |
| 5/ K | 62 | A3.1 | 0 / 0 | bardzo dobra | 1 | bardzo dobra | |
| 6/ K | 34 | A3.3 | 1 / 1 | dobra | 2 | bardzo dobra | |
| 7/ K | 69 | A3.3 | 1 / 2 | dobra | 4 | dobra | |
| 8/ M | 39 | A2.3 | 2 / 2 | dobra | 4 | dobra | |
| 9/ M | 42 | A3.1 | 1 / 0 | bardzo dobra | 9 | zadowalająca | algodystrofia (X) |
| 10/ K | 39 | A2.3 | 0 / 0 | bardzo dobra | 1 | bardzo dobra | podrażnienie n.łokciowego |
| 11/ K | 49 | A3.1 | 0 / 0 | bardzo dobra | 0 | bardzo dobra | |
| 12/ M | 50 | A3.3 | 0 / 0 | bardzo dobra | 8 | dobra | algodystrofia (X) |
| 13/ K | 62 | A.3.2 | 1 / 3 | dobra | 3 | dobra | (X) |
| 14/ M | 56 | A2.3 | 0 / 0 | bardzo dobra | 2 | bardzo dobra | |

Wszystkie złamania wygoiły się z dobrym lub bardzo dobrym wynikiem anatomicznym. Wyniki czynnościowe leczenia były mniej korzystne u wszystkich trzech chorych z powikłaniami algodystroficznymi. Najgorsze, jedyne dwa przypadki wyników zadowalających w skali Gartlanda-Werleya dotyczą właśnie tej grupy osób.

Oboje pacjenci, którzy doznali złamania NDKP w okolicznościach sugerujących znaczącą energię urazu (6. i 8.), uzyskali dobry i bardzo dobry ostateczny wynik leczenia. W jednym przypadku, powikłanym powierzchowną infekcją w miejscu kontaktu drutu Kirschnera ze skórą, konieczne było wczesne usunięcie stabilizatora po sześciu tygodniach. Zakażenie objawiające się obrzękiem przedramienia, bólem i gorączką pojawiło się w cztery tygodnie po operacji (ryc. 2.8.1). Objawy ustąpiły

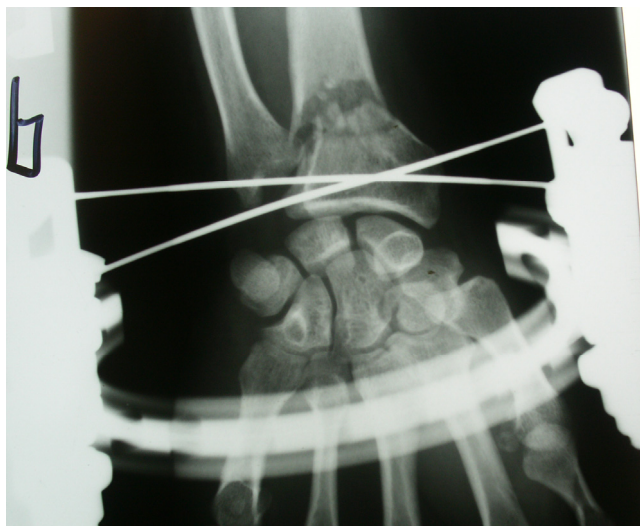
po usunięciu stabilizatora z oczyszczeniem kanałów po drutach oraz systemowej, trzydniowej antybiotykoterapii o szerokim spektrum. Przez 10 dni leczenie uzupełniałem grzbietowym podłużnikiem gipsowym przedramiennym.



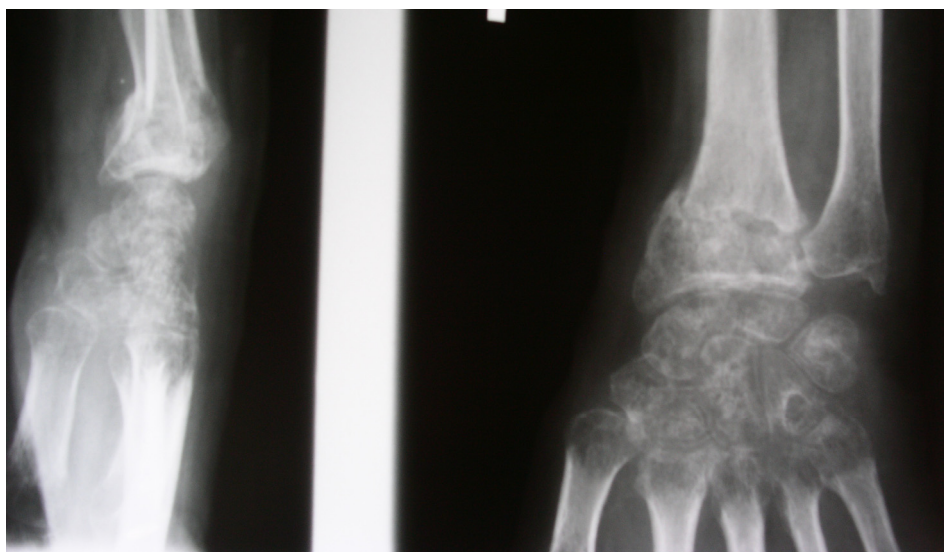
Ryc. 2.8.1. Objawy zakażenia w miejscu penetracji skóry przez druty Kirschnera. Objawy utrzymywały się od 8 dni. Stosowano jedynie miejscową pielęgnację miejsc zakażonych (pacjent 1.). Zdjęcie podczas demontażu stabilizatora.

Pacjenci bez powikłań (10 osób) nie mieli problemów z wczesnym podjęciem ćwiczeń zgięciowo-wyprostnych nadgarstka. W czterech przypadkach doszło do nadmiernego rozciągnięcia odłamów kostnych, co zostało stwierdzone na radiogramach pooperacyjnych (ryc. 2.8.2). Interwencja naprawcza nastąpiła w pierwszych dwóch godzinach po zabiegu u dwóch chorych (3. i 12.), u dwóch pozostałych na drugi dzień – koniec pierwszej doby (4. i 9.).

Bezbolesna, pooperacyjna regulacja stabilizatora przywróciła prawidłowe stosunki anatomiczne we wszystkich przypadkach, lecz tylko jedna z tych osób (pacjent 3.) była wolna od późnych powikłań. W trzech pozostałych przypadkach pojawiły się objawy poważnej algodystrofii (ryc. 2.8.3).



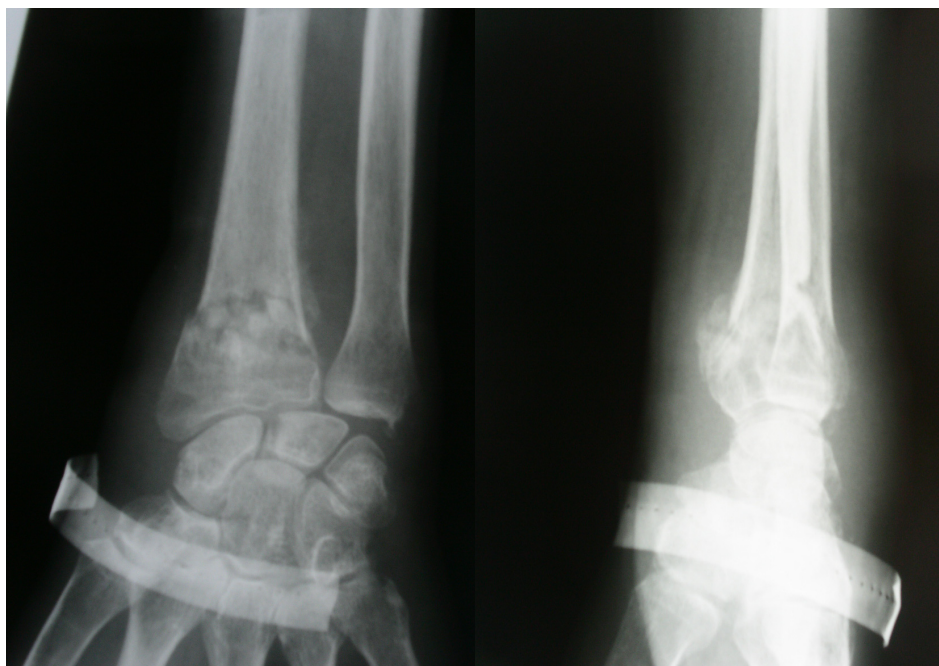
Ryc. 2.8.2. Radiogram w projekcji przednio-tylnej – pierwsza doba pooperacyjna. Widoczne nadmierne rozciągnięcie odłamów kostnych utrzymywane przez stabilizator zewnętrzny (pacjent 4.). Wydłużenie KP 10 mm wg kryteriów Van der Linden i Ericssona.



Ryc. 2.8.3. Radiologiczne objawy zaawansowanej algodystrofii w obrębie kości ręki – pacjent 4.

Jeden przypadek (pacjent 10.) przejściowego podrażnienia nerwu łokciowego był powikłaniem wprowadzenia drutu Kirschnera z dostępu

dłoniowo-łokciowego. Objawy podrażnienia stwierdzono już podczas wprowadzania drutu, stąd zmiana miejsca na bardziej łokciowe. Po trzech miesiącach objawy całkowicie ustąpiły.



Ryc. 2.8.4. Złamanie końca dalszego kości promieniowej po usunięciu stabilizatora hybrydowego – bardzo dobry wynik anatomiczny (pacjent 5.).

Podsumowanie statystyczne wyników z tabeli 2.8.1. W badanej grupie kobiety stanowiły 64%, a mężczyźni 36% leczonych.

Tab. 2.8.2. Częstości obserwowane: oceny anatomiczne i czynnościowe – podsumowanie

| ocena anatomiczna | ocena czynnościowa bardzo dobra | ocena czynnościowa dobra | ocena czynnościowa zadowalająca | Razem |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------|
| bardzo dobra | 5 | 2 | 1 | 8 |
| % | 62,50 | 25,00 | 12,50 | |
| dobra | 2 | 3 | 1 | 6 |
| % | 33,33 | 50,00 | 16,67 | |
| Ogół | 7 | 5 | 2 | 14 |

Analiza statystyczna testami Chi kwadrat Pearso i χ^2 NW nie wykazała zależności pomiędzy wynikiem anatomicznym i czynnościowym dla objętej badaniami liczebności grupy.

Tab. 2.8.3. Częstości obserwowane: czynność ręki – powikłania

| ocena czynnościowa | powikłania tak | powikłania nie | Razem |
|--------------------|----------------|----------------|-------|
| bardzo dobra | 1 | 6 | 7 |
| % | 14,29 | 85,71 | |
| dobra | 1 | 4 | 5 |
| % | 20,00 | 80,00 | |
| zadowolająca | 2 | 0 | 2 |
| % | 100,00 | 0,00 | |
| Ogół | 4 | 10 | 14 |

Podobnie, analiza statystyczna testami Chi kwadrat Pearso i χ^2 NW nie wykazały zależności pomiędzy uzyskanym wynikiem czynnościowym a powikłaniami w leczeniu.

Tab. 2.8.4. Częstości obserwowane: odtworzenie anatomii – powikłania

| ocena anatomiczna | powikłania tak | powikłania nie | Razem |
|-------------------|----------------|----------------|-------|
| bardzo dobra | 3 | 5 | 8 |
| % | 37,50 | 62,50 | |
| dobra | 1 | 5 | 6 |
| % | 16,67 | 83,33 | |
| Ogół | 4 | 10 | 14 |

2.9. Omówienie uzyskanych wyników

Dobre i bardzo dobre wyniki anatomiczne oraz w większości dobre i bardzo dobre wyniki czynnościowe są pożądanym celem leczenia wszystkich złamań. Zwykle przyjmuje się, że dobry wynik anatomiczny stanowi dobry prognostyk powrotu funkcji kończyny [3, 5, 21, 44, 71, 77, 87, 105, 106, 110, 124, 128, 156, 157]. Taka zależność nie jest możliwa do wykazania w przedstawionych wynikach badania, z racji stosunkowo niewielkiej

liczebności grupy badanych. Uzyskanie większej liczebności grupy jest trudne i wymaga bardzo długiego okresu badawczego, co wynika z wąskich wskazań medycznych i zasady kwalifikacji pacjentów, zgodnie z założeniami „dobrej praktyki klinicznej” do oceny skuteczności hybrydowej stabilizacji zewnętrznej w zastarzałych pozastawowych złamaniach NDKP.

Doświadczenie chirurgiczne uzupełnione znajomością anatomii dalszego odcinka przedramienia („strefy bezpieczne” dla drutów Kirschnera) umożliwia niepowikłane umocowanie elementów stabilizatora do głównych odłamów złamania [150, 152]. Bliskość istotnych struktur anatomicznych i wymienionych stref stanowi jednak poważne zagrożenie. W opisanym grupie, pomimo zachowania zasad bezpieczeństwa chirurgicznego podczas „przezskórnego” wprowadzania drutów Kirschnera, doszło do przejściowego podrażnienia nerwu łokciowego. Powikłanie to jest charakterystyczne dla opisanego metody leczenia, stąd nie ma możliwości odniesienia się do danych z piśmiennictwa. Istotnym jest, że nie miało ono wpływu na uzyskany ostateczny wynik leczenia.

Nie odnotowałem przypadków uszkodzenia gałęzi czuciowej nerwu promieniowego przy wprowadzaniu grotowkrętów stabilizatora w trzon KP metodą otwartą. Ryzyko tego powikłania jest oceniane na około 10–20% i zdarza się częściej przy zamkniętym wprowadzaniu wkrętów [28, 33, 37, 40, 42, 43, 143].

Manipulacja odłamek dystalnym umocowanym do pierścienia Ilizarowa jest bardzo efektywna, stąd możliwość nastawienia odłamów nawet w późnych okresach gojenia, ale i znaczące ryzyko nadmiernego rozciągnięcia odłamów oraz otaczających je „tkanek miękkich”. Jeżeli pozostanie nierozpoznane może prowadzić do algodystrofii, prawdopodobnie na skutek trakcyjnego uszkodzenia nerwu pośrodkowego. Uszkodzenie takie zostało udowodnione w badaniu elektromiograficznym we wszystkich trzech opisanych powyżej przypadkach (ryc. 2.9.1). Nie można jednak wykluczyć innych przyczyn algodystrofii, często wymienianych w piśmiennictwie, gdyż wszystkie badane przypadki reprezentowały grupę wysokiego ryzyka. W badanej grupie do takich czynników należą: lokalizacja obrażeń, wielokrotne manipulacje w znieczuleniu miejscowym, w jednym przypadku objawy ciasnoty pod opatrunkiem gipsowym [67, 73, 132–137, 158].

| MOTOR NERVES: | Lat [ms] | SD | Amp [mV] | SD | CV [m/s] | SD | Amp% [%] | SD | F-M [ms] | SD |
|------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|-----|-------------|----|-------------|-----|
| Right Median | | | | | | | | | 25.0 | 2.5 |
| Wrist - APB | 7.3 | 11.0 | 1.8 | -3.0 | | | | | | |
| Bel Elb - Wrist | 12.0 | | 0.0 | | 42.6 | | -100 | | | |
| Ab Elb - Bel Elb | 12.9 | | 0.0 | | 66.7 | | --- | | | |
| Axilla - Ab Elb | 14.4 | | 0.0 | | 53.3 | 3.3 | --- | | | |
| Right Ulnar | | | | | | | | | 23.8 | 0.8 |
| Wrist - ADM | 4.0 | 2.9 | 5.7 | -2.6 | | | | | | |
| Be Elb - Wrist | 5.6 | | 5.2 | | 68.8 | | -9 | | | |
| Ab Elb - Be Elb | 8.0 | | 3.4 | | 70.8 | | -35 | | | |
| Axilla - Ab Elb | 11.3 | | 2.6 | | 65.2 | | -25 | | | |

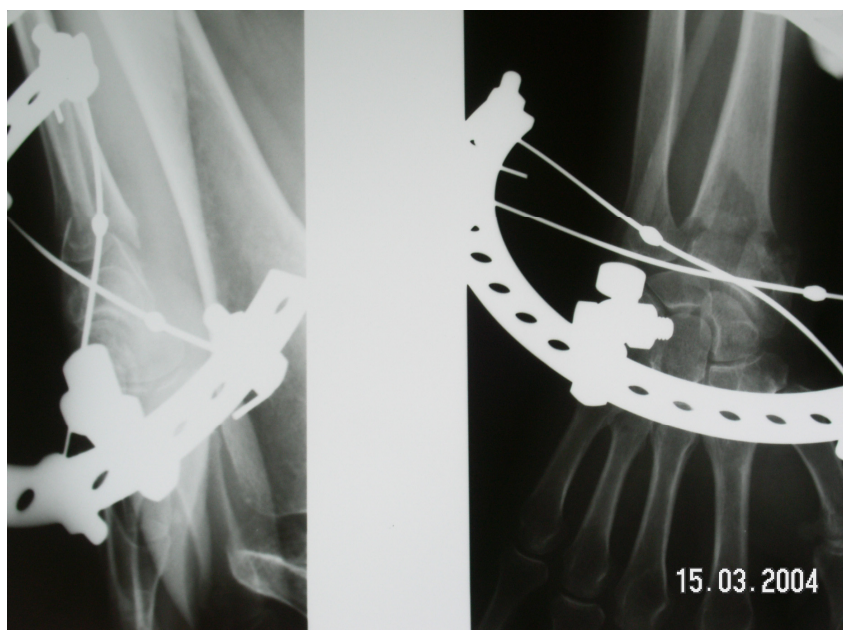
| SENSORY NERVES: | Lat [ms] | SD | Amp [uV] | SD | CV [m/s] | SD | Amp% [%] | SD |
|-----------------|-------------|-----|-------------|------|-------------|-----|-------------|----|
| Right Median | | | | | | | | |
| Wrist - Dig II | 3.2 | 0.7 | 15 | | 53.8 | | | |
| Right Ulnar | | | | | | | | |
| Wrist - Dig V | 2.8 | 0.1 | 4.2 | | 52.2 | | | |
| Right Radial | | | | | | | | |
| IOD I - Forearm | 2.6 | | 16 | -1.6 | 66.7 | 1.1 | | |

Ryc. 2.9.1. Wynik badania elektromiograficznego w 6 miesięcy po usunięciu stabilizatora (pacjent 4.): znaczne obniżenie amplitudy odpowiedzi ruchowej w nerwie pośrodkowym oraz zwolnieniu przewodzenia we włóknach ruchowych tego nerwu – głównie na poziomie przedramienia; obraz sugeruje zaawansowaną aksonopatię prawego nerwu pośrodkowego (współistniejące uszkodzenie nerwu łokciowego po zwichnięciu w stawie łokciowym).

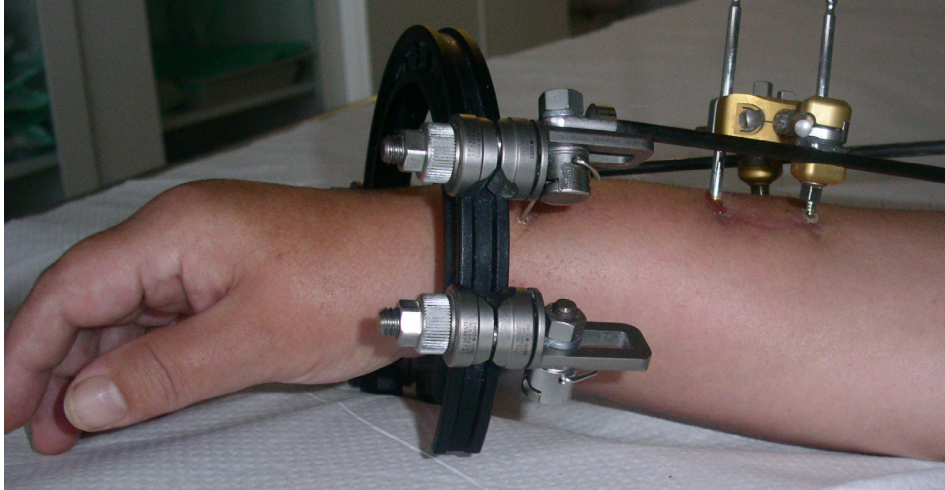
Nadmierne rozciągnięcie odłamów kostnych nie jest widoczne podczas zabiegu operacyjnego – nastawienie, często z użyciem dużej siły trakcyjnej jest jego ostatnim etapem. Początkowo jest ono „maskowane” elastycznością drutów Kirschnera. Przykurcz tkanek otaczających zastarzałe złamanie NDKP równoważy naprężenia drutów Kirschnera pierścienia Ilizarowa. Dopiero stopniowo, we wczesnym okresie pooperacyjnym, dochodzi do rozciągnięcia „tkanek miękkich” z jednoczesnym zmniejszeniem naprężeń w implantach. Efektem końcowym jest nadmierne rozciągnięcie odłamów kostnych (z przerwą pomiędzy nimi do 10 mm) wraz z otaczającymi tkanekami. We wszystkich czterech przypadkach najwcześniejsze pooperacyjne radiogramy (około godziny po zabiegu) wykazywały obecność tego problemu. Wczesna korekcja rozciągnięcia jest łatwa, gdyż wymaga jedynie poluzowania śrub mocujących pręty z pierścieniem Ilizarowa. Dochodzi wówczas do następowego dostosowania się rozciągniętych tkanek. Nadmierne rozciągnięcie jest prawdopodobne, zwłaszcza w przypadkach późno operowanych (w prezentowanym materiale do pięciu tygodni od złamania). Algodystrofia (21% w opisanym materiale) zawsze przedłuża leczenie, wią-

że się z bólem i prowadzi do ograniczenia sprawności kończyny, pogarszając istotnie wynik leczenia. W piśmiennictwie częstość tego powikłania oceniana jest na 7–22% [39, 67, 99, 123, 132, 133, 135, 136, 142]. Według Cronier'a algodystrofia pozostaje najczęstszym poważnym powikłaniem po stabilizacji zewnętrznej (17,5%), a ryzyko zwiększa się wraz ze wzrostem rozciągnięcia, nadmiernego zgięcia i odchylenia łokciowego. Najczęstszym jej następstwem czynnościowym jest przykurcz palców [159] (rozdz. 2.5).

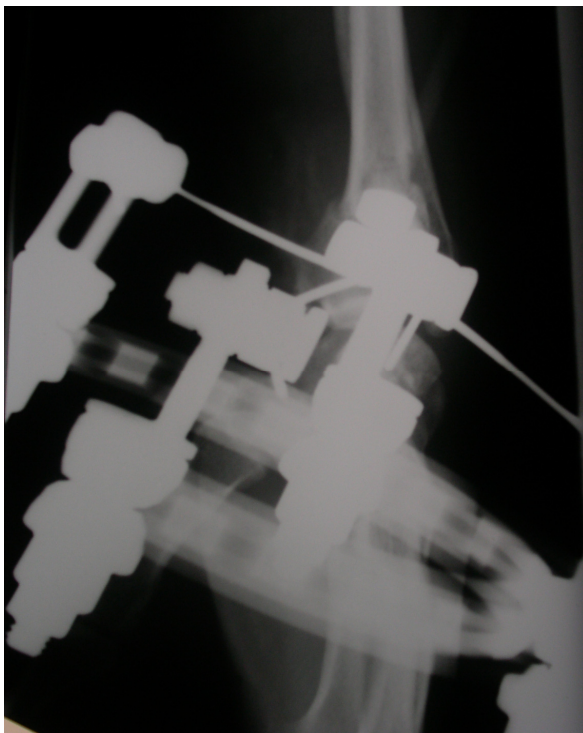
Innym istotnym problemem, utrudniającym ocenę nastawienia, jest lokalizacja pierścienia Ilizarowa w rzucie SPN w bocznej projekcji radiologicznej. Z tego też powodu początkowo wykonywano, znacznie deformując obraz, projekcje skośne (ryc. 2.9.2). W okresie późniejszym zastosowałem pierścień z włókna węglowego lub montowałem druty Kirschnera na wysięgnikach (ryc. 2.9.5), by przemieścić stalowy pierścień w kierunku nadgarstka. Przezierność pierścienia z włókna węglowego dla promieni rentgena okazała się wystarczająca, jednakże masywne elementy mocujące istotnie zaburzają możliwości oceny zdjęć w projekcji bocznej (ryc. 2.9.3ab). Konieczna jest zatem odpowiednia rotacja przedramienia, na podglądzie rentgenowskim, w celu uzyskania najkorzystniejszej projekcji (ryc. 2.9.4).



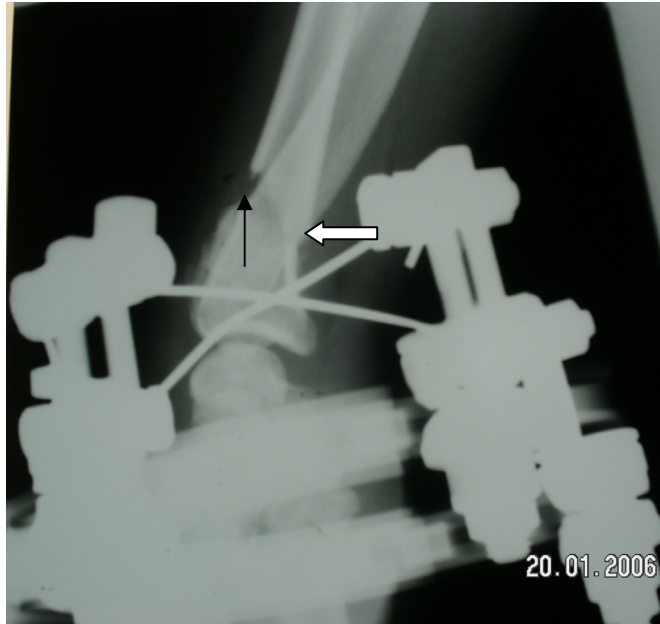
Ryc. 2.9.2. Zniekształcony obraz dalszego odcinka przedramienia w projekcjach skośnych. Zwraca uwagę nadmierne rozciągnięcie odłamów kostnych – jego rozmiary są trudne do oceny w projekcji skośnej.



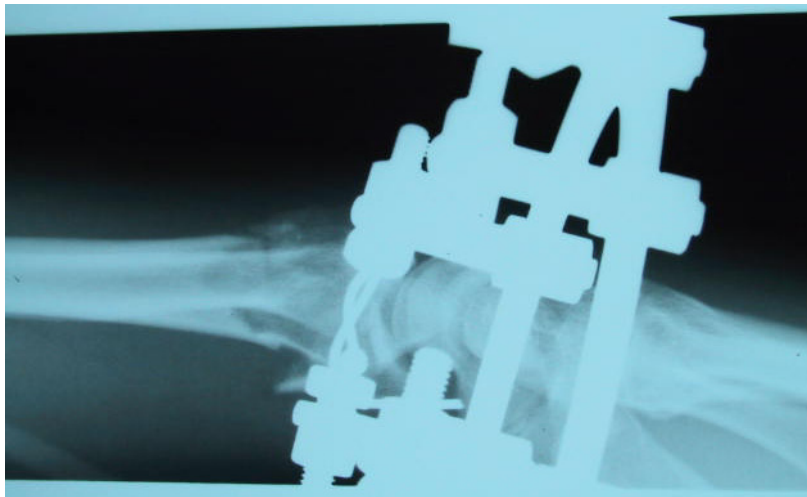
Ryc. 2.9.3a. Konstrukcja hybrydowa stabilizatora zewnętrznego z zastosowaniem pierścienia z włókna węglowego.



Ryc. 2.9.3b. Zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej – przedramię ustabilizowane stabilizatorem z pierścieniem z włókna węglowego. Elementy mocujące istotnie zaburzają możliwość oceny ustawienia odłamów.

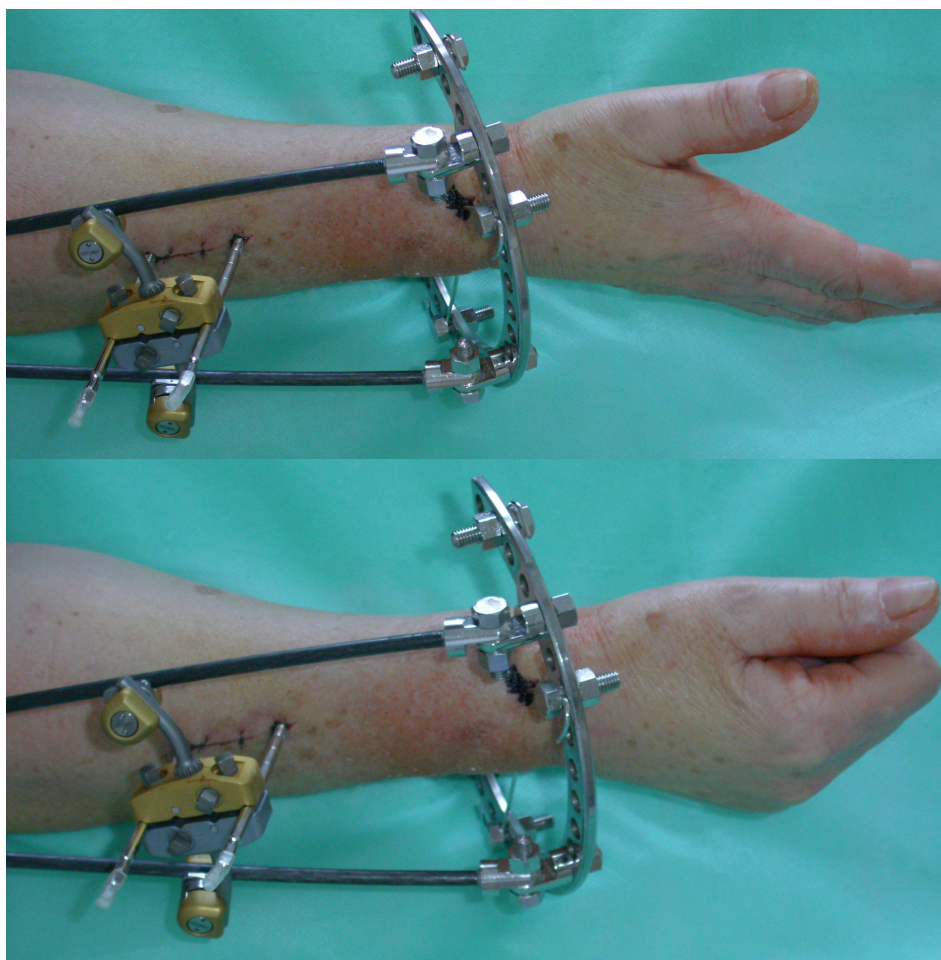


Ryc. 2.9.4. Zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej przedramienia ustabilizowanego stabilizatorem z pierścieniem z włókna węglowego. Odpowiednia rotacja przedramienia umożliwia ocenę ustawienia odłamów. Widoczny ubytek zmiażdżonej kości korowej w warstwie grzbietowej (czarna strzałka) i dobre odtworzenie warstwy korowej dłoniowej (biała strzałka).

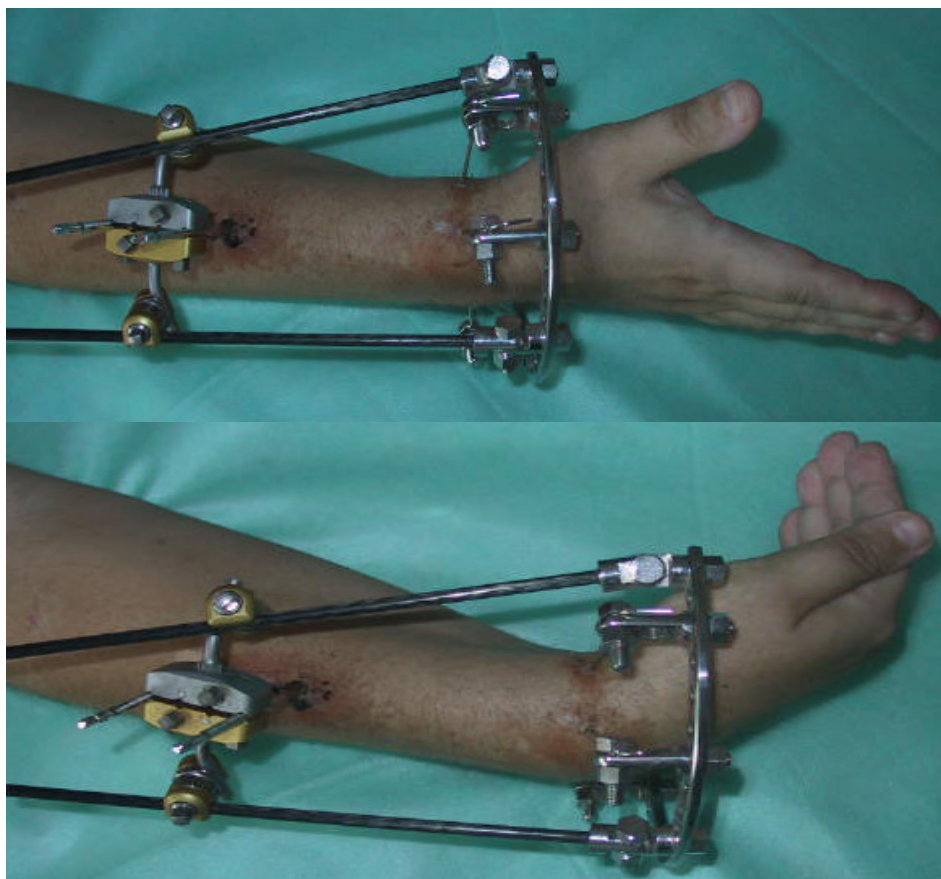


Ryc. 2.9.5. Zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej przedramienia ustabilizowanego stabilizatorem z drutami Kirschnera na wysięgnikach w celu ułatwienia obrazowania SPN.

W przeciwieństwie do Lindsay nie uznaję możliwości przyparcia głowy kości łokciowej przez druty Kirschnera za rzecz niepożądaną [150]. W moim przekonaniu, takie przyparcie daje dodatkowy efekt dynamicznie stabilizujący w przypadkach współistniejącego często uszkodzenia SPŁD [4, 74, 76, 77, 82] (ryc. 2.7.4). Dodatkowo, z racji możliwości współistnienia ukrytych uszkodzeń tego stawu, pozwalałem pacjentom wykonywać ruchy zgięciowo-wyprostne w SPN, jednak odradzałem ruchy rotacyjne przedramienia (ryc. 2.9.6 i 2.9.7). Po roku nikt z badanych chorych nie skarżył się na dolegliwości ze strony SPŁD.



Ryc. 2.9.6. Pełen zakres ruchu palców w trzeciej dobie po stabilizacji złamania NDKP stabilizatorem hybrydowym.



Ryc. 2.9.7. Pełen zakres ruchów w SPN w trzeciej dobie po stabilizacji złamania NDKP stabilizatorem hybrydowym. Montaż drutów Kirschnera na wysięgnikach w celu ułatwienia obrazowania SPN w projekcji bocznej.

Nie obserwowałem problemów w gojeniu tkanek otaczających dalszy koniec KP, pomimo bliskości oliwki drutu Kirschnera do powierzchni skóry. W jedynym przypadku powierzchownego zakażenia proces zapalny był jednakowo nasilony na obydwu końcach drutu Kirschnera, zarówno tej z oliwką jak i bez.

Stosunkowo mało (tylko 1 chory z 14 czyli 7%) powikłań zapalnych w miejscach przejścia wszczepów stabilizatora, podobnie jak jedno przejściowe podrażnienie nerwu łokciowego, jest prawdopodobnie wynikiem precyzyjnej techniki operacyjnej z przed- i śródoperacyjną identyfikacją zagrożeń anatomicznych oraz dobrej współpracy z pacjentami. W badanej grupie obserwowałem pozytywną motywację do wykonywania zale-

ceń. W klasycznej stabilizacji zewnętrznej spodziewać się można od 20, aż do 85% powikłań, najczęściej zapalnych [35, 44, 123, 145, 160]. Po zabiegu nie zalecam specjalnej pielęgnacji miejsc penetracji skóry przez implanty, a jedynie zwykłe czynności higieniczne. W badaniu z 2005 r. Egol wykazał, że niezależnie od tego, czy pacjenci leczeni stabilizacją zewnętrzną odkażali miejsca penetracji skóry czy też nie, mało istotne klinicznie, powierzchowne powikłania zapalne występowały z taką samą częstością (ok. 19%) [160].

Możliwe też, że późne wykonywanie zabiegu – zawsze po ustąpieniu obrzęku, a tym samym wygojeniu obrażeń tkanek otaczających KP, miało istotny wpływ na niewielką liczbę powikłań zapalnych [35].

Wyeliminowanie mechanizmu „ligamentotaxis” do nastawienia odłamów pozwala uniknąć problemu ograniczeń ruchomości ręki i umożliwia podjęcie opóźnionego zamkniętego nastawienia odłamów kostnych. Trójpłaszczyznowa, bezpośrednia, zamknięta kontrola odłamu dystalnego, z anatomicznym odtworzeniem długości promieniowej, nachylenia dłoniowego i promieniowego powierzchni stawowej promieniowej zdaje się być największą zaletą opisywanego stabilizatora. Inne metody przezstawowej (mostującej) stabilizacji zewnętrznej nie mogą wywierać wystarczającej siły rozciągającej, koniecznej do nastawienia zaniedbanych złamań. W takich przypadkach prowadzą raczej do niekorzystnego biomechanicznie rozciągnięcia nadgarstka [39, 40, 41, 70, 100, 123, 141–143, 146]. W badaniach *in vivo* nastawienie stabilizatorem promieniowo-promieniowym (niemostującym) jest zdecydowanie efektywniejsze niż przy użyciu konstrukcji klasycznej (mostującej). Powodem jest bezpośrednia kontrola odłamu dalszego (podobnie do mechanizmu działania HEF). Objawia się to zwłaszcza w zakresie odtworzenia nachylenia dłoniowego. W klasycznej, przezstawowej stabilizacji zewnętrznej dystrakcja, odchylenie łokciowe i nieznaczne zgięcie mogą nastawić większe, obwodowe fragmenty posiadające przyczepy więzadłowe. Samo zgięcie ręki nie może jednak odtworzyć nachylenia dłoniowego powierzchni stawowej KP, gdyż grzbietowe więzadła torebki stawowej są luźniejsze i bardziej rozciągliwe niż dłoniowe, nie mogą więc odpowiednio obrócić fragmentu dalszego [34, 35, 100, 141, 157]. Jednocześnie, jak wspomniałem w rozdziale 2.5, niekorzystne biomechanicznie rozciągnięcie nadgarstka przenosi naprężenia na ścięgna mięśni zginaczy i prostowników palców. Prowadzi to do szponiastej deformacji ręki; może też spowodować opóźnienie zrostu oraz późne skrócenie KP [34, 67, 141–145]. Odtworzenie i utrzymanie prawidłowych warunków anatomicznych w oto-

czeniu dalszego końca KP jest szczególnie istotne dla czynności stawów tej okolicy. Short wykazał, że zmiana nachylenia powierzchni stawowej z 10° dłoniowego na 45° grzbietowego zwiększa obciążenie KŁ z 21 do 67% całości obciążeń przedramienia. Pozostałe obciążenia koncentrowały się na grzbietowej i promieniowej części dołu kości łódeczkowatej, przy zaniku obciążenia stawu promieniowo-księżycowatego. Klinicznie taka sytuacja może powodować ból w SPN i ograniczenie siły chwytu. Jeżeli dołączy się skrócenie KP, rezultatem jest dysfunkcja SPŁD objawiająca się ograniczeniem rotacji przedramienia i bolesnym zakleszczeniem się KŁ na promieniowej [71]. W badaniach na zwłokach Kazuki dowiódł, że w zależności od zmiany długości KP w stosunku do KŁ zmienia się także lokalizacja pola przenoszenia obciążeń. Przy skróceniu KP powierzchnia kontaktu dla kości księżycowatej przesuwa się na kompleks chrząstki trójkątnej, zmniejsza się obciążenie stawu promieniowo-księżycowatego o 22%, a stawu promieniowo-łódeczkowatego wzrasta o 13%. Powierzchnia kontaktu kości księżycowatej zmniejsza się dodatkowo w przypadku zrostu KP w nachyleniu grzbietowym (w stopniu proporcjonalnym do nasilenia deformacji) i jednocześnie przesuwa się w kierunku grzbietowym [65]. W opinii Geisslera skrócenie KP prowadzi do mechanicznego zakleszczenia chrząstki trójkątnej, a dodatkowo przesuwanie się w warunkach prawidłowych po powierzchni stawowej głowy KŁ więzadło trójkątne, ulega naciągnięciu i zablokowaniu w położeniu grzbietowym lub dłoniowym, a to ogranicza rotację. Przyparcie łokciowo-nadgarstkowe po dłuższym czasie prowadzi do zmian degeneracyjnych chrząstki trójkątnej i patologicznego kontaktu pomiędzy kością księżycową a głową KŁ [82].

Pewną niekorzystną cechą opisywanej techniki stabilizacji hybrydowej jest brak obrazowania nadgarstka w wyciągu („traction view”). Zdjęcia radiologiczne w projekcji ap, po zastosowaniu stabilizatora mostującego, mogą uwidaczniać ukryte dotąd uszkodzenia więzadłowe śródnadgarstkowe wymagające wczesnego leczenia operacyjnego (niestabilność nadgarstka). Z drugiej strony istnieją także badania wykazujące szkodliwy wpływ rozciągnięcia na gojenie się uszkodzeń stawu łódeczkowo-księżycowatego [40, 149].

Utrzymanie pooperacyjnych parametrów nastawienia odłamów złamania leczonych HEF potwierdza dobrą stabilność opisanej konstrukcji. Podobnych wniosków dostarczyły badania preparatów anatomicznych z poważnie niestabilnymi złamaniami NDKP. Wyniki tych badań wykazały, że HEF jest konstrukcją stabilną przy obciążeniach odpowiadających tym, którym poddane są przedramiona w warunkach *in vivo* [149–152].

Dwa pręty stabilizatora, połączone z pierścieniem Ilizarova i prętami Steinmanna trzonu KP, tworzą dwie, stosunkowo sztywne, trójkątne struktury płaszczyznowe, znacząco ograniczające deformacje spotykane w konstrukcjach jednopłaszczyznowych. Należy jednocześnie podkreślić, że *in vivo* ruch pomiędzy głównymi odłamami kostnymi zależy od sił przyłożonych do kości, typu złamania, jakości nastawienia oraz od stanu tkanek otaczających złamanie [146–149, 151, 152]. Niestety, ważne spostrzeżenie z innych badań – 90-stopniowy kąt przecięcia drutów Kirschnera stabilizatora Ilizarowa, dający najwyższą odporność na zginanie, nie może, ze względów anatomicznych (strefy bezpieczne), być zastosowany w opisywanym HEF [144, 147, 149–152]. Bliskie sąsiedztwo wszczepów kostnych i szczeliny złamania oraz mała odległość prętów stabilizatora od skóry dodatkowo zwiększają sztywność konstrukcji [156].

Zależność stabilizatora Ilizarowa od napiętych, cienkich stalowych drutów wielopłaszczyznowo i współśrodkowo przebijających kość (z ich relatywną osiową giętkością) jest korzystna dla tworzenia jednorodnej kostniny, podczas gdy zwiększona sztywność pojawiająca się przy wzrastających obciążeniach chroni złamanie przed przemieszczeniami. Taka kombinacja wszystkich przedstawionych cech może w części wyjaśniać krótki czas gojenia złamań opisywany przez Ilizarowa i innych [38, 148, 153, 161].

W badanej grupie chorych osiem tygodni stabilizacji zewnętrznej okazało się okresem wystarczającym dla uzyskania zrostu. W doniesieniach innych autorów okres unieruchomienia wacha się w granicach 5–10 tygodni [35, 47, 93, 101, 108, 123, 156]. Jako że wszystkie opisane w pracy złamania wygoiły się bez opóźnień, nie widzę konieczności zwiększania stabilności poprzez dodawanie dodatkowego drutu („drop wire”) lub pierścienia bazowego w odłamie dystalnym.

Podkreślenia wymaga fakt uzyskania dobrych i bardzo dobrych wyników anatomicznych u wszystkich pacjentów z badanej grupy. Pomijając historyczne wnioski Collesa, z innych źródeł wiadomo, że deformacja końca dalszego KP może prowadzić do bólu, sztywności, niestabilności, osłabienia i uszkodzeń nerwów i wymagać późniejszych, dużo bardziej inwazyjnych metod leczenia operacyjnego [24, 36, 50, 51, 53, 57, 84, 86–88, 105–107, 110, 130, 131]. Hastings i Melone donosili, że wyniki czynnościowe leczenia złamań NDKP o różnej ciężkości uszkodzeń kostnych są porównywalne w przypadkach osiągnięcia podobnych parametrów anatomicznych nastawienia. Jednocześnie ich wnioski podtrzymują tezę, że sukces leczenia jest pozytywnie zależny od jakości nastawienia [68, 89, 92, 108].

Najczęściej przyjmuje się, że ponad 20° nachylenia grzbietowego powierzchni stawowej promieniowej na zdjęciu bocznym, ponad 15° nachylenie grzbietowe kości księżycowatej, poważne podwichnięcie SPN oraz przemieszczenie SPŁD są wskazaniami do interwencji chirurgicznej mającej doprowadzić do poprawy stosunków anatomicznych w tym rejonie. Należy dodatkowo brać pod uwagę wymagania czynnościowe pacjenta [77, 80].

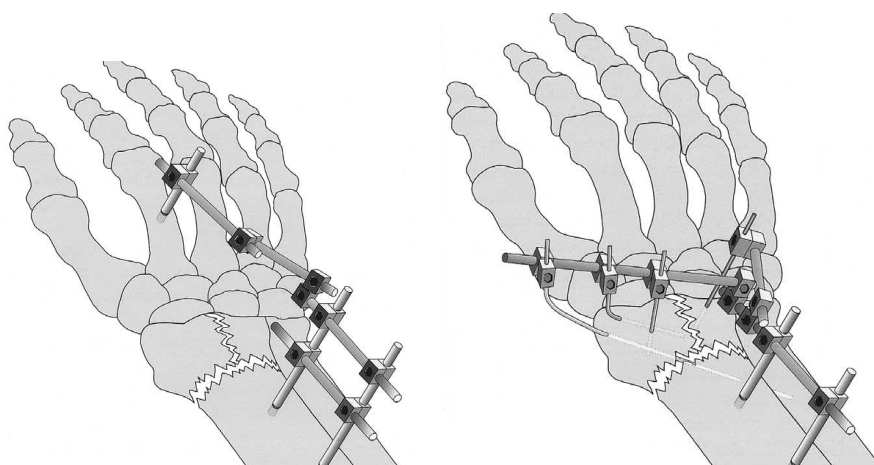
W dostępnym piśmiennictwie brak podobnych sugestii dotyczących leczenia utrwalonych przemieszczeń dłoniowych, stąd wydaje się, że ostrożna decyzja o interwencji powinna być oparta jedynie na ocenie funkcji kończyny. Powtórne nastawienie w znieczuleniu ogólnym lub splotu ramiennego w okresie do 2 tygodni od złamania daje zwykle dobry wynik, lecz do jego utrzymania konieczne jest zastosowanie którejś z metod leczenia operacyjnego [58, 61, 80, 112]. Przy użyciu hybrydowej stabilizacji zewnętrznej uzyskane wyniki anatomiczne korelują z doniesieniami innych autorów dotyczących analogicznego materiału, stosujących metody otwartej repozycji i stabilizacji wewnętrznej płytą i śrubami [15, 22, 28, 31, 61, 68, 86, 108].

Metody otwartej rekonstrukcji KP są obarczone dużym ryzykiem powikłań związanych głównie z rozległym dostępem chirurgicznym [32, 50, 54, 61, 67, 79, 87, 88, 92, 108]. Według Jupitera aż 26% chorych po późnych interwencjach operacyjnych tego typu miało powikłania [6].

Panuje zgodne przekonanie, iż wczesne podjęcie czynności ręki jest korzystne dla dobrego gojenia kości, chrząstki stawowej oraz otaczających je „tkanek miękkich”. Koncepcje stabilizatorów niemostujących, dynamicznego ortezowania i wczesnego uruchamiania stawów po stabilnym zespoleniu kości opierają się na wynikach badań określających biologię gojenia chrząstek stawowych i wpływ ruchu na ich metabolizm. Jednocześnie zmiany wsteczne, włókniste w strukturach więzadłowych i ścięgniastych, otaczających stawy, nasilają się proporcjonalnie do czasu unieruchomienia, opóźniając znacznie, a niekiedy ograniczając powrót czynności kończyny [34, 39, 45, 47, 90, 122, 146, 148, 151, 152, 154, 161–163]. Nie mniej istotna jest wygoda chorego i jego wymagania czynnościowe w okresie leczenia. Ograniczenie unieruchomienia do samej KP pozwala uniknąć powikłań typowych dla przedłużonego unieruchomienia ręki w zgięciu. Pozostawienie ręki wolnej i umożliwienie wczesnych ruchów czynnych było możliwe we wszystkich niepowikłanych przypadkach leczonych HEF. W grupie pacjentów z podobnym typem złamań NDKP leczonych zachowawczo czynnościowym ortezo-

waniem (z pozostawieniem SPN wolnym), niezależnie od siebie, Sarmiento, Ledingham i Moir uzyskali wcześniejszy powrót pełnej funkcji ręki w porównaniu z grupami leczonymi standardowym opatrunkiem gipsowym z objęciem ręki [4, 162, 163].

Wykorzystanie zalet wczesnego ruchu było impulsem do skonstruowania innych niż opisany powyżej stabilizatorów niemostujących (promieniowo-promieniowych). Ich zastosowanie bywa często związane z problemami mechanicznymi. Większość wymaga odpowiedniej dla dwóch gwintowanych prętów Steinmanna, około 2 cm szerokości odłamu dystalnego [34, 35, 38–40, 45, 48, 72, 101, 108, 155]. Z kolei w stabilizatorze skonstruowanym przez Gradla konieczna jest pierwotna stabilizacja zewnętrzna mostująca [100]. Dla tej ostatniej metody stabilizacji wyklucza się więc przypadki zaniedbane (ryc. 2.9.8).



Ryc. 2.9.8. Stabilizator niemostujący opisany przez Gradla w 2005 r. – strona prawa. Konstrukcja mostująca z pierwszego etapu zabiegu – strona lewa, jest zamieniana na niemostującą po nastawieniu i ustabilizowaniu odłamu dalszego KP [100].

Innym dyskutowanym sposobem leczenia jest wykorzystanie stabilizatorów mostujących z mechanizmem zawiasowym. Okazało się ono trudne technicznie i powiązane z wysoką częstością nawrotu przemieszczenia (do 28%), nawet przy ograniczeniu zgięcia grzbietowego [38, 47, 48, 149]. Niedawne badania Krishnana, stabilizacji niemostującej z zastosowaniem masywnych wszczepów kostnych, wykazały dodatkowo znaczące niebezpieczeństwo zerwania ścięgna prostownika długiego kciuka (do 5%) [164]. Stosując stabilizację hybrydową opierającą się na wpro-

wadzeniu drutów Kirschnera, stosunkowo bezpiecznych dla tkanek miękkich otaczających KP, nie odnotowałem tego typu powikłania. Podobnie w badaniach Gradla druty Kirschnera stabilizatora nie ograniczały ruchów ręki, a jednocześnie nie prowadziły do powikłań ze strony ścięgien [100]. Tak więc, także w tym względzie HEF zdaje się być korzystną alternatywą dla innych rozwiązań, w tym niemożliwych. Wpisuje się on, zgodnie z rozwijanymi od lat 80. XX wieku koncepcjami AO, w filozofię odchodzenia od podejścia „mechanicznego” w stronę „biologicznego” w leczeniu złamań [2]. W takim ujęciu stabilizacja operacyjna ma wspomagać naturalny proces gojenia. Nie wykonano badania densytometrycznego kości u leczonych chorych, lecz biorąc pod uwagę wiek, płęć i mechanizm urazu możemy podejrzewać zmiany osteoporotyczne u wielu z nich. Choć osteoporoza wymieniana jest jako czynnik wpływający negatywnie na stabilność złamania, to w badanej grupie nie zauważyłem jej wpływu na wynik anatomiczny. Osoby starsze, z dużym prawdopodobieństwem osteoporozy (wiek oraz niskoenergetyczny mechanizm urazu), uzyskiwały porównywalne z chorymi młodszymi parametry anatomiczne. Prawdopodobnie przyczyniło się do tego dobre kotwiczenie skrzyżowanych drutów Kirschnera, w relatywnie gęstej kości podchrzęstnej odłamu dalszego KP [143, 147, 148, 152]. Brak entuzjazmu wielu autorów do leczenia operacyjnego powikłań zrostu NDKP wynika głównie z trudności w manipulacji i kontroli ustawienia, zwykle osteoporotycznego, odłamu dalszego. Nowe rozwiązania techniczne, głównie płyty LCP (locked compression plate) ze stabilnymi kątowno śrubami ułatwiają te trudne zabiegi, jednak wymagają rozległego dostępu operacyjnego [61]. W powyższych wskazaniach hybrydowa stabilizacja zewnętrzna wydaje się rozsądną alternatywą nawet dla tych nowoczesnych i drogich rozwiązań.

Bardzo dobre i dobre wyniki czynnościowe leczenia HEF (poza trzema przypadkami powikłanymi algodystrofią) po roku obserwacji są porównywalne z wynikami Gradla (20 bardzo dobrych, 3 dobre i 1 dostateczny) stosującego podobne rozwiązanie [100]. Swoją stabilizator stosował jedynie jako leczenie pierwotne, tym samym ograniczając problemy typowe dla złamań zaniedbanych: postępujący zrost odłamów w nieprawidłowym ustawieniu, przykurcz „tkanek miękkich”, i ich uszkodzenie przez dotychczasowe próby leczenia, zanik kostny w okolicy złamania związany z unieruchomieniem i procesem gojenia. Co jest również istotne nie wykorzystuje on pierścienia Ilizarowa jako bazy dla wielopłaszczyznowej stabilizacji odłamu dalszego, a swoją konstrukcją opiera jedy-

nie na drutach Kirschnera, jednostronnie zamocowanych w stabilizatorze (ryc. 2.9.8). Taka sytuacja uniemożliwia wykorzystanie korzystnych dla biologii tkanki kostnej cech stabilizatora pierścieniowego [148].

Ważnym czynnikiem wpływającym korzystnie na przedstawione wyniki, choć nie związanym z metodą leczenia, mogła być niewielka energia kinetyczna urazu w większości przedstawionych przypadków, stąd w grupie badanej były złamania typowo zgięciowe bez widocznych na radiogramach uszkodzeń powierzchni stawowych [35].

Stosunkowo niewielka liczebność badanej grupy chorych oraz brak grupy kontrolnej są skutkiem przyjęcia bardzo wąskich wskazań do zastosowania HEF. W czteroletnim okresie objętym badaniami, jedynie 14 pacjentów wyraziło świadomą zgodę na takie leczenie. Uzyskanie porównywalnej grupy kontrolnej, leczonej jedną z alternatywnych metod, wymagałoby wielośrodkowych badań. Takie próby, oparte na kontaktach towarzyskich, nie przyniosły pozytywnego rezultatu.

2.10. Wnioski

Z przedstawionych badań i doświadczeń z zastosowania hybrydowej stabilizacji zewnętrznej w złamania końca dalszego kości promieniowej wynikają następujące wnioski:

1. Stabilizacja hybrydowa końca dalszego kości promieniowej z wykorzystaniem „stref bezpiecznych” wprowadzania drutów Kirschnera jest zabiegiem bezpiecznym.

2. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna zastarzałych złamań końca dalszego kości promieniowej jest metodą umożliwiającą nastawienie i stabilne unieruchomienie odłamów kostnych.

3. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna spełnia założenia nowoczesnego, „biologicznego” leczenia złamań: minimalizuje traumatyzację okolicznych tkanek oraz umożliwia wczesny, pełen zakres ruchu w stawie promieniowo-nadgarstkowym.

4. Wczesne nadmierne rozciągnięcie głównych odłamów kostnych w złamaniach końca dalszego kości promieniowej jest częste w obrażeniach zastarzałych i należy zawsze podejmować działania jemu zapobiegające.

5. Nadmierne rozciągnięcie odłamów złamania końca dalszego kości promieniowej może prowadzić do uszkodzenia nerwu pośrodkowego.

6. Trakcyjne uszkodzenie nerwu pośrodkowego jest czynnikiem ryzyka rozwoju algodystrofii.

7. Powikłania algodystroficzne doprowadziły do niekorzystnych następstw czynnościowych oraz istotnie wydłużyły proces leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej.

8. Przy zastosowaniu hybrydowej stabilizacji zewnętrznej możliwe jest zamknięte nastawienie zaniedbanych pozastawowych złamań końca dalszego kości promieniowej, nawet po pięciu tygodniach od urazu.

2.11. Streszczenie

Złamania końca dalszego kości promieniowej (NDKP) są bardzo częste, niejednokrotnie lekceważone, ale w praktyce klinicznej stanowią nadal duże wyzwanie. Pomimo opracowania wielu metod operacyjnych i nieoperacyjnych, w ponad 100-letniej historii leczenia, jego wyniki często pozostawiają niezadowolonego pacjenta i lekarza. Oczywistym pozostaje cel leczenia złamań w odcinku dalszym kości promieniowej (KP), jednak wypracowane standardy wzbudzają kontrowersje. Nieprzestrzeżenie ich, prowadzenie przez młodych niedoświadczonych lekarzy w warunkach Izby Przyjęć czy Oddziału Ratunkowego jest przyczyną częstego zgłaszania się do poradni konsultacyjnych pacjentów z późnymi przemieszczeniami tego typu złamań. Pozostawienie złamania dalszego końca KP przemieszczonym, poza defektem kosmetycznym, prowadzi zwykle do różnego rodzaju zaburzeń czynności ręki. Główną ich przyczyną jest ból, a może być on efektem wielu powikłań powstałej deformacji np.: podwichnięcia stawu promieniowo-łokciowego dalszego (SPLD), deformacji stawu promieniowo-nadgarstkowego (SPN) z rozwojem zmian zwyrodnieniowych, nieprawidłowego nachylenia powierzchni stawowej SPN ze zmianą powierzchni kontaktu dla kości nadgarstka i kości łokciowej (KŁ), a także patologicznym rozkładem obciążeń, oraz algodystrofii i innych powikłań neurologicznych. Niezwykle istotne są też przykurcze stawów ręki i dalszego odcinka przedramienia będące zwykle powikłaniem różnych metod leczenia. Interwencja operacyjna z użyciem technik otwartego nastawienia i stabilizacji wewnętrznej odłamów KP jest w tych przypadkach trudna i zwykle nie prowadzi do pełnego wyzdrowienia, podobnie jak różne modyfikacje zabiegów resekcyjnych KŁ (np. Sauve-Kapandji czy Darracha). Zastosowany w opisanej grupie chorych hybrydowy stabilizator zewnętrzny (HEF) stanowi godną rozważenia alternatywę innych metod leczenia, będąc w założeniu małoinwazyjną i zorientowaną „biologicznie” techniką leczenia.

Material i metody

Poddałem ocenie wyniki zastosowania własnej modyfikacji HEF w grupie 14 pacjentów z zastarzałymi złamaniami NDKP. Do grupy badanej zakwalifikowano chorych z pozastawowymi złamaniami NDKP doznanymi zarówno w wyniku urazów o małej, jak i dużej energii kinetycznej. Wszyscy byli pierwotnie leczeni nieoperacyjnie, zamkniętym nastawieniem i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym przedramiennym. Miarą nieskuteczności dotychczasowego leczenia był nawrót przemieszczenia lub pierwotny brak korekcji, oceniane według następujących kryteriów radiologicznych: nachylenie powierzchni stawowej promieniowej na zdjęciu bocznym przekraczające 20°, skrócenie KP przekraczające 5 mm oraz podwichnięcie stawów promieniowo-nadgarstkowego i promieniowo-łokciowego dalszego. Wszyscy doznali złamań zaklasyfikowanych jako niestabilne wg kryteriów Seitz'a i Cooney'a oraz jako typ A stosując system AO. Badania przeprowadzono za zgodą uczelnianej Komisji Etycznej i po uzyskaniu świadomej zgody każdego z zakwalifikowanych chorych.

Operację przeprowadzałem w znieczuleniu ogólnym, pod kontrolą rentgenowską. Przedramię utrzymywałem w odwróceniu. Zastosowany stabilizator zewnętrzny składa się z pierścienia Ilizarowa 3/5 będącego bazą dla dwóch naprężonych drutów Kirschnera z oliwką, wprowadzonych przez „strefy bezpieczne” sugerowane przez Lindsay i Ludvigsena i mocowanych do odłamu dalszego KP połączonego zaprojektowanym przeze mnie łącznikiem i prętami z włókna węglowego z elementem łączącym dwa grotowkręty Schantza (4,0 mm, samogwintujące). Grotowkręty wprowadzałem w odcinek dalszy trzonu KP. Zabieg kończyło zamknięte nastawienie odłamów, poprzez zastosowanie manualnego wyciążu osiowego za elementy stabilizatora.

Stabilizator usuwałem po 8 tygodniach w warunkach ambulatoryjnych. Standardowa pielęgnacja miejsc kontaktu wszczepów stabilizatora i skóry oraz ćwiczenia zgięciowo-wyprostne palców i SPN prowadzone były od drugiej doby pooperacyjnej.

Oceny radiologicznej i klinicznej dokonywałem bezpośrednio po operacji, oraz w drugiej lub trzeciej dobie, następnie po 2, 8, 14 tygodniach i po roku. Wyniki czynnościowe oceniałem – w zmodyfikowanym systemie Gartlanda-Werleya, natomiast anatomiczne – stosując, także zmodyfikowaną, skalę Lidströma.

Wyniki

Wszystkie złamania wygoiły się z dobrym lub bardzo dobrym wynikiem anatomicznym. Wyniki czynnościowe leczenia były mniej korzyst-

ne u wszystkich trzech chorych z powikłaniami algodystroficznymi (dwa wyniki zadowolające), natomiast nie obserwowałem wpływu energii urazu. W jednym przypadku doszło do powierzchownej infekcji w miejscu wprowadzenia drutów Kirschnera. Pacjenci bez powikłań (10 przypadków) nie mieli problemów z wczesnym podjęciem ćwiczeń zgięciowo-wyprostnych nadgarstka. W czterech przypadkach doszło do nadmiernego rozciągnięcia odłamów kostnych, co zostało stwierdzone na radiogramach pooperacyjnych i skorygowane do drugiej doby po zabiegu. Pomimo przywrócenia prawidłowych stosunków anatomicznych, u trzech z nich doszło do rozwoju algodystrofii. Jeden przypadek przejściowego podrażnienia nerwu łokciowego był powikłaniem wprowadzenia drutu Kirschnera z dostępu dłoniowo-łokciowego.

Wnioski

1. Stabilizacja hybrydowa końca dalszego kości promieniowej z wykorzystaniem „stref bezpiecznych” wprowadzania drutów Kirschnera jest zabiegiem bezpiecznym.

2. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna zastarzałych złamań końca dalszego kości promieniowej jest metodą umożliwiającą nastawienie i stabilne unieruchomienie odłamów kostnych.

3. Hybrydowa stabilizacja zewnętrzna spełnia założenia nowoczesnego, „biologicznego” leczenia złamań: minimalizuje traumatyzację okolicznych tkanek oraz umożliwia wczesny, pełen zakres ruchu w stawie promieniowo-nadgarstkowym.

4. Wczesne nadmierne rozciągnięcie głównych odłamów kostnych w złamaniach końca dalszego kości promieniowej jest częste w obrażeniach zastarzałych i należy zawsze podejmować działania jemu zapobiegające.

5. Nadmierne rozciągnięcie odłamów złamania końca dalszego kości promieniowej może prowadzić do uszkodzenia nerwu pośrodkowego.

6. Trakcyjne uszkodzenie nerwu pośrodkowego jest czynnikiem ryzyka rozwoju algodystrofii.

7. Powikłania algodystroficzne doprowadziły do niekorzystnych następstw czynnościowych oraz istotnie wydłużyły proces leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej.

8. Przy zastosowaniu hybrydowej stabilizacji zewnętrznej możliwe jest zamknięte nastawienie zaniedbanych pozastawowych złamań końca dalszego kości promieniowej, nawet po pięciu tygodniach od urazu.

2.12. Summary

Operative treatment of neglected fractures of the distal end of the radius and articular fractures of the calcaneus – proposals of own modification of the operative technique.

Part I. Hybrid external fixation in neglected, extrarticular fractures of the distal radius.

Fractures of the distal end of the radius are very common (DRF), often disrespected, but very challenging in the clinical practice. Many methods of operative and conservative treatment were invented, nevertheless, over one hundred years long history of their treatment leaves both, the patient and his doctor unsatisfied. The goal of treatment stays obvious but the elaborate therapeutic standards in DRF remain controversial. Incompliance with these, treatment by young, often inexperienced physicians in the Emergency Room is the cause for common recurrent dislocations of such fractures seen by consulting specialists. Leaving the distal end of the radius dislocated, apart from cosmetic defect, leads to various hand function abnormalities. The main reason for them, it is pain. It may originate from many complications of such deformation, e.g.: distal radio-ulnar joint (DRUJ) subluxation, radio-carpal joint (RCJ) deformity with development of late arthritis, incorrect angulation of the radial articular surface of the RCJ with changes of the carpal and ulnar contact areas leading to their overloading, neurologic damage and algodystrophy. Contractures of the joints of the hand and distal forearm are additional, important negative factors that originate from various methods of treatment.

Operative intervention with the use of techniques of open reduction and internal fixation of the fragments of the distal radius is difficult in these cases and often leads to suboptimal results. Similarly, various modifications of ulnar resectional procedures (e.g. Sauve-Kapandji or Darach) provide dissatisfying outcomes. The use of hybrid external fixator (HEF) in this group of patients seems to be a valuable alternative to the above mentioned methods, being a promising, minimally invasive and “biology” oriented treatment method.

Material and methods

I evaluated the results of treatment in a group of 14 patients with neglected fractures of the distal end of the radius. Patients included sustained extraarticular DRF due to both: low and high energy trauma. All were initially treated nonoperatively, with closed reduction and cast immobilization. Ineffectiveness of the previous treatment lead to primary non-

reduction or recurrence of the dislocation. Angulation of the radio-carpal articular surface exceeding 20° on lateral radiograph, shortening of the radius of more than 5mm on the ap radiograph and subluxation of the RCJ and DRUJ were the anatomic criteria used. All fractures were classified as unstable according to the Seitz and Cooney's criteria and as type A in the AO classification system. This study protocol received permission of the ethical board of Poznan University of Medical Sciences in Poland and an informed consent from all participants was obtained.

The operation was performed under general anesthesia, with intraoperative radiographic control. The forearm was kept supinated. One part of the fixator used is a 3/5 Ilizarov ring with two pretensioned Kirschner wires with olives attached, inserted into the ultradistal radius through the "safe zones" as suggested by Lindsay and Ludvigsen. With a self designed connection element, the ring is attached to two carbon fibre rods and the proximal part of the fixator attached to the shaft of the radius with two selftapping Schantz pins. The last stage of this operation was closed reduction of the fracture with manual manipulation of the fixators elements. HEF was removed after 8 weeks on ambulatory basis. Standard pin-site care and flexion-extension exercises of the fingers and wrist were started on the second postoperative day.

Radiographic and clinical evaluation was performed immediately following the operation and on the second or third day, later after 2, 8, 14 weeks and a year. The functional result was evaluated with the modified Gartland-Werley grading system, while the anatomical outcome with a modified Lidström scale.

Results

All fractures healed with good or very good anatomic result. The functional result was less favorable in all three patients with algodystrophy (two satisfactory results), however, the effect of energy of the initial impact was not significant. In one case, a superficial infection at the Kirschner wire-skin interface ensued. Patients without complications (10 cases) had no problems with early flexion-extension exercises. In four cases excessive, postoperative distraction of the fracture fragments was noticed and was corrected until the second day. Despite the restoration of normal anatomic features of the distal radius, algodystrophy ensued in three patients. One case of transient ulnar nerve irritation complicated the introduction of a Kirschner wire from the ulno-palmar portals.

Conclusions

1. The risk of complications, after hybrid external fixation of the distal end of the radius through the “safe zones”, is low.
2. Hybrid external fixation of neglected fractures of the distal radius is an effective and minimally invasive technique leading to reduction and stable fixation of bone fragments.
3. Hybrid external fixation fulfills the concept of a modern, “biologic” approach to fracture treatment with the possibility of early, full range motion of the radio-carpal joint.
4. Early hyperdistraction of main fracture fragments in fractures of the distal radius is very likely in neglected injuries and should be avoided.
5. Excessive distraction of bone fragments in fractures of the distal radius may lead to median nerve injury.
6. Traction injury to the median nerve may lead to the development of algodystrophy.
7. Algodystrophic complications result in serious unfavorable functional effects and significantly delay recovery after fractures of the distal radius.
8. Hybrid external fixation allows closed reduction of neglected, extrarticular fractures of the distal radius even after five weeks from injury.

3. Zastosowanie dystraktora kostnego w otwartej rekonstrukcji przezstawowych złamań kości piętowej

3.1. Dane epidemiologiczne

Złamania P stanowią około 2% wszystkich złamań i są najczęstszymi złamaniami stępu (65%) [165–168]. Jednakże w holenderskich badaniach z roku 2006 złamania te stanowiły przyczynę jedynie 0,8% wszystkich hospitalizacji z powodu złamań [169]. Aż 75–80% z nich obejmuje też powierzchnię stawową tylną P, a dalsze 80% z przezstawowych jest przemieszczone [167, 169–174]. Złamanie P w 90% jest wynikiem osiowego przeciążenia i najczęściej dotyczy robotników przemysłowych (głównie mężczyzn w wieku 30–60 lat) oraz kierowców, prowadząc w efekcie do długotrwałej niepełnosprawności [165, 167, 168, 175–181]. Statystyki z Nowego Jorku podają, że większość tych chorych jest całkowicie niezdolnych do pracy przez trzy lata, a częściowo przez pięć lat. Złamania P stanowią tam przyczynę 22% niepełnosprawności wśród chorych po złamaniu kończyny dolnej [178].

Koszty ekonomiczne z tym związane są bardzo istotne. W wieloosrodkowych badaniach kanadyjskich okazało się, że bezpośredni koszt leczenia operacyjnego i dalszych kontroli w ciągu pierwszego roku wynosił średnio 3 100 USD, a rok leczenia nieoperacyjnego 950 USD. Proporcje te uległy odwróceniu po przeanalizowaniu kosztów związanych z niezdolnością do pracy. Oceniano je na 19 000 USD w grupie operowanych, a 28 000 u leczonych zachowawczo. Dodatkowo artrodeza podskokowa stosowana jako zabieg ratujący w ciężkich zmianach zwyrodnieniowych po złamaniu P (częstsza w grupie nieoperowanej pierwotnie), podnosiła koszty niezdolności do pracy do 58 000 USD [181].

Złamania pozastawowe dotyczą zwykle trzonu P, natomiast złamania wyrostka przedniego jedynie 10–15% z nich (jedyne rodzaje złamań P częstszy u kobiet) [167].

Około 10% tych złamań współistnieje z kompresyjnymi złamaniami odcinka piersiowego i lędźwiowego kręgosłupa, a 20% z innymi złamaniami w obrębie kończyn dolnych [178].

3.2. Rys historyczny leczenia złamań kości piętowej

Złamania P były opisywane już od czasów Hipokratesa. Zawsze wiązały się ze złym rokowaniem, jako że są zwykle wywołane bezpośrednim urazem uszkadzającym powierzchnię stawową, pozastawową anatomie

i biomechanikę pięty oraz tkanki sąsiadujące [182–184]. Leczenie było wypadkową możliwości diagnostycznych i leczniczych swoich czasów, stąd od czasów Hipokratesa do początków XIX w. polegało ono na „starym zaniedbaniu” [184, 185]. Pierwszy dokładny opis leczenia złamania P pojawił się we Francji w 1720 r. – Petit i DeSault zalecali spoczynek do czasu zrostu odłamów [186]. Bardziej precyzyjnie odniósł się do tego Malgaigne w 1843 r., a jego dokładne opisy złamania P zostały potwierdzone dopiero niedawno, przy zastosowaniu tomografii komputerowej (KT) [187, 188]. W 1855 r. Clark opisał leczenie tych złamań przy zastosowaniu urządzenia wyciągowego [184, 185].

W czasach tych leczenie złamań P zawsze związane było ze złymi wynikami, co obrazowo podsumował Cotton i Wilson w 1916 r. – „człowiek, który złamał piętę jest skończony” [183, 189]. Uznawali jednocześnie, że leczenie operacyjne jest przeciwwskazane; złamanie nastawiali młotkiem na poduszce z piasku. Choć początkowo byli entuzjastami tej metody, to około 1920 r. zarzucili ją koncentrując się na leczeniu złamań wygojonych nieprawidłowo [190, 191]. Zgadzał się z nimi Mc Laughlin twierdząc, że próby operacyjnego ustabilizowania tych złamań podobne są do „przybijania kremowego ciasta do ściany” [190].

Pierwszy opis leczenia operacyjnego pochodzi od szkockiego chirurga Bella z 1882 r. Wykonywał on zabieg otwartego nastawienia odłamów P, jednakże ich nie zespałał [185]. Pionierami otwartego leczenia złamań P byli głównie Francuzi: Morestin w 1902 r., Leriche w 1913 (jako pierwszy zastosował płytę i śruby), Lenormant w 1928 r. i Merle D'Aubigne w 1937 r. (zalecał zwłaszcza przezskórne gwoździowanie), a także Palmer w 1948 r. Rekomendowali oni dostęp boczny z uniesieniem podskokowej powierzchni stawowej i pierwotnym stosowaniem przeszczepów kostnych. Skorzystali wtedy z powodzeniem z rozwoju techniki obrazowania rentgenowskiego, co umożliwiło rozważania różnych opcji terapeutycznych. Donosili zresztą o osiągnięciu, do dzisiaj niemożliwym do powtórzenia – 90% dobrych wyników leczenia. Ta metoda została zaadoptowana przez Lawrence Böhlera w 1948 r., lecz później zarzucona z uwagi na nieakceptowaną ilość powikłań (głównie infekcyjnych) i zastąpiona metodą Westhuesa – stosowane od 1932 r. przezskórne gwoździowanie przez guz piętowy – nadal często stosowaną w Polsce [184, 185, 188, 191–198]. Böhler sugerował leczenie operacyjne już w 1931 r., lecz sam leczył wówczas wyciągiem szkieletowym i podkreślał wartość odtworzenia anatomicznego kąta guza piętowego (tzw. kąta Böhlera) [191]. Jako pierwszy dokonał też klasyfikacji złamań P [187].

Obustronny dostęp operacyjny został wprowadzony przez Merle d'Aubigne w 1936 r. Poza przezskórnym gwoździowaniem stosował on osteosyntezę śrubami i ta metoda jest nadal szeroko akceptowana [192]. Podobnie leczył Essex-Lopresti na początku lat 50. XX w.; złamania pozastawowe stabilizował przezskórnie („tongue-type fracture”), a przezstawowe („joint-depression type fracture”) metodą otwartą [190].

Ten dosyć burzliwy rozwój technik operacyjnych podsumował Goff w swoim opracowaniu z 1938 r. Opisał on, aż 41 różnych metod operacyjnego leczenia złamań P [188]. Inne metody leczenia chirurgicznego, jak stosowane już od lat 40. XX w. pierwotna lub wtórna artrodeza podskokowa (popularna zwłaszcza w Kanadzie), pierwotna potrójna artrodeza, czy też całkowita resekcja P, nigdy nie zyskały szerokiego uznania [188, 190–192, 199]. Bracia Judet w 1954 r. sugerowali utrzymanie nastawienia fragmentu powierzchni stawowej tylnej („thalamus” wg mianownictwa Destota z 1937 r.) przy użyciu śruby ciągnącej, poprzez fragment korowo-gąbczasty pobrany z piszczeli w kierunku podpórki skokowej [200]. Okazało się to jednak niewystarczającym, gdyż tak odtworzony „thalamus” zapadał się w pozostałe części zmiażdżonej kości. Wraz z upływem czasu i przybywaniem doświadczenia stało się oczywistym, że warunkiem koniecznym dla korzystnego wyniku leczenia jest odtworzenie także pozastawowej anatomii P. Stąd też, pod koniec lat 60. XX w., wyłonił się następujący standard: odtworzenie anatomii stawów P oraz kształtu części pozastawowej, to znaczy prawidłowe usytuowanie stawów w stosunku do wyrostka przedniego i guza [169, 188, 190, 201–206]. Wszystkie te osiągnięcia były często niweczone powikłaniami wynikającymi z niewystarczającego rozwoju radiologii (brak tomografii komputerowej), anestezjologii, antybiotykoterapii i antyseptyki, technologii implantów, a także niedostatecznej znajomości podstaw biologii kostnej. W rezultacie nastąpił powrót do leczenia nieoperacyjnego lub mało inwazyjnej przezskórnej stabilizacji przemieszczonych fragmentów złamań [188, 190, 197, 207–209].

Obecnie coraz większa rzesza chirurgów i ortopedów zaleca pierwotną operacyjną rekonstrukcję P. Jest to zabieg powszechnie uznany jako obligatoryjny we wszystkich innych przypadkach złamań przestawowych. Większość lekarzy zaleca stabilną osteosyntezę, natomiast dobór dostępu operacyjnego (przyśrodkowy, boczny lub obustronny) oraz rodzaju implantu są nadal dyskutowane [188, 190, 192, 210–217]. Postęp w tej dziedzinie dotyczy głównie ostatnich 20 lat i łączy się z rozwojem i dostępnością KT (i opartej na niej klasyfikacji Sandersa), zasad stabilizacji wewnętrznej AO, antybiotykoterapii i anestezjologii. Wiele doniesień

o zadowalających wynikach leczenia operacyjnego współlistnieje z podobnymi wynikami leczenia nieoperacyjnego, stąd utrzymujące się w środowisku chirurgicznym różnice poglądów, co do standardu leczenia przestawowych złamań P [178, 188–190, 192, 203, 204, 209, 211–213, 218–221].

3.3. Patomorfologia, obrazowanie i konsekwencje biomechaniczne złamania kości piętowej

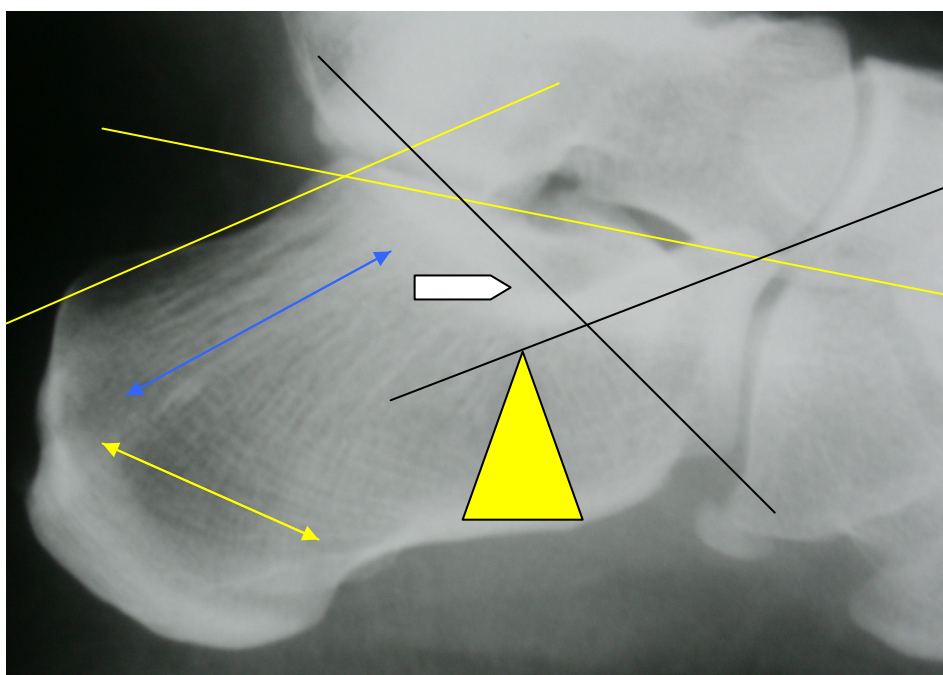
Największa w stopie – P, służy jako podpora ciała w pozycji pionowej oraz silna dźwignia przenosząca napięcie ścięgna Achillesa na stopę [182, 191]. Prawidłowy kształt P jest warunkiem dobrego funkcjonowania całej stopy, a liczne współtworzone przez nią stawy (skokowo-piętowe i skokowo-sześcienny), a także ich zawile relacje kinematyczne są podstawą ruchów w stawie skokowym dolnym i umożliwiają prawidłowy chód. Współpracując umożliwiają skośną rotację tyłostopia i są w znacznej mierze odpowiedzialne za pronację i supinację stopy. Dodatkowo, nawrócenie w stawie skokowym dolnym blokuje stawy stępu umożliwiając stopie działanie jako sztywnej platformy, służącej do odbicia podczas chodu [183, 191, 222]. Odbicie zależne jest również od fizjologicznej długości kolumny bocznej stopy, której istotną część stanowi P. Prawidłowe pionowe podparcie ciała jest zależne od anatomicznego ustawienia P poniżej osi obciążeń piszczeli [191]. Dodatkowo, istotne są otaczające P struktury z tkanek miękkich, często uszkodzone pierwotnie podczas urazu lub wtórnie przez niedokrwienie, interwencję chirurgiczną lub późną deformację wadliwie zrosniętej kości.

Przyczyną złamania P są upadki z wysokości, wypadki komunikacyjne oraz rzadziej poślizg z upadkiem na jednym poziomie. Złamania przestawowe i wieloodłamowe, będące przedmiotem tej pracy, powstają w wyniku urazów o dużej energii kinetycznej [171, 183, 191]. Do współlistniejących ze złamaniem uszkodzeń sąsiednich tkanek dochodzi wskutek, dominujących na stronie przyśrodkowej P, sił ścinających i rozciągających, a kompresyjnych na stronie podeszwowej. Tkanki pokrywające boczną ścianę P pozostają relatywnie nieuszkodzone, stąd pęcherze naskórkowe pojawiają się zwykle po stronie przyśrodkowej, a wybroczyny na podeszwie [191].

Charakterystyczną cechą złamań P jest ich skomplikowana morfologia z rozfragmentowaniem kości. Większość przypadków (70–80%), obejmuje uszkodzenie powierzchni stawowej tylnej (PST) tworzącej staw skokowo-piętowy tylny i na tych obrażeniach koncentruje się większość badaczy [171, 172, 177, 182, 188, 199, 213]. Równocześnie jednak

uszkodzeniu ulegają pozostałe górne stawy P, w podobnym do PST odstęku [222].

W obrazie radiologicznym P charakterystyczny jest łukowaty układ beleczek kostnych przypominający katedralne sklepienie, odpowiadający rozkładowi obciążeń osiowych i naprężeń oraz skorupa istoty korowej o różnej grubości w zależności od lokalnych obciążeń. Najbardziej przejrzysty ich układ można prześledzić na zdjęciach w projekcji bocznej [177, 188, 223, 224] (ryc. 3.3.1).



Ryc. 3.3.1. Radiogram boczny nieuszkodzonej P. Układ głównych beleczek kostnych ukształtowanych na skutek obciążeń kompresyjnych (strzałka niebieska) oraz rozciągających (strzałka żółta). Trójkąt neutralny (żółty) w obrębie beleczek o rozrzedzonym układzie. Pogrubiała kość korowa wzniesienia (thalamus) oznaczona białą strzałką. Wyznaczone liniami: żółtymi kąt Böhlera oraz Gissane'a czarnymi.

Beleczki kostne przeciwdziałające obciążeniom kompresyjnym mają układ zbieżny, podtrzymując powierzchnię stawowe P, natomiast beleczki ukształtowane na skutek naprężeń rozciągających rozchodzą się rozbieżnie z powierzchni podszwowej kości [182]. Największe zagęszczenie beleczek występuje w okolicy podskokowej, poniżej PST P – tzw. obszar wzniesienia (thalamus) podpierający powierzchnię stawową. Poniżej tej

powierzchni stawowej znajduje się obszar o bardziej rzadkim ułożeniu beleczek kostnych – trójkąt neutralny, będący miejscem osłabienia odporności kości, przede wszystkim na obciążenia osiowe. Jest on miejscem szczególnie narażonym na złamania w mechanizmie kompresyjnym. W tym obszarze wnikają do P naczynia krwionośne [177, 182, 191]. Kość zbita jest szczególnie delikatna na bocznej, stosunkowo płaskiej i płytko podskórnio położonej ścianie P, ulegając w tym miejscu charakterystycznemu wybrzuszeniu i rozfragmentowaniu przy złamaniach kompresyjnych – poszerzenie P [182] (ryc. 3.3.2).

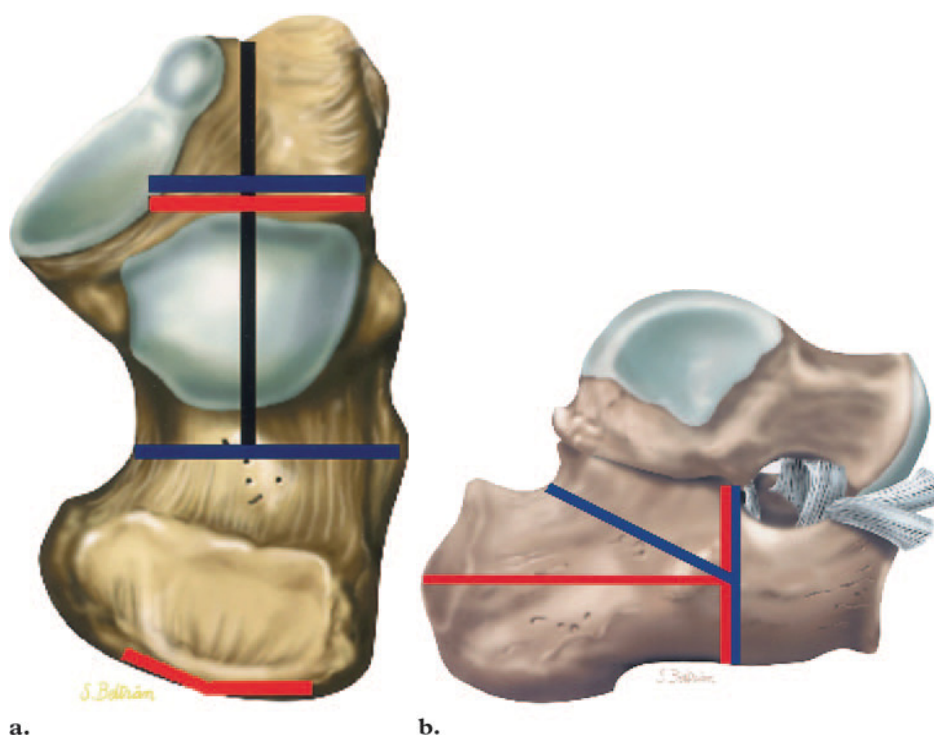


Ryc. 3.3.2. Przekrój poziomy przez tyłostopie w badaniu KT. Widoczne rozfragmentowanie P ze skróceniem jej długości, poszerzeniem, szpotawym ustawieniem guza piętowego, wbitym w trzon i obróconym ku przodowi bocznym fragmentem PST (czarna strzałka) oraz pokrywającą go wybrzuszoną (biała strzałka), cienką warstwą korową ściany bocznej. Nieprzemieszane złamania powierzchni stawowej dla kości sześciennej.

Wzdłuż szyi P kość korowa jest gruba i odporna, tworząc wraz z masywnymi beleczkami kości korowej wzniesienia, widoczny na radiogramie kąt Gissane`a (norma 120–145°). Dalej ku tyłowi kości widoczny brzeg istoty korowej tworzy kąt Böhlera (pomiędzy guzem piętowym i PST). Pomiar tego kąta (norma 25–40°) ma znaczenie w ocenie jakości nastawienia odłamów kostnych i ewentualnego obniżenia (spłaszczenia) P, a według niektórych lekarzy jest też istotny rokowniczo [174, 177, 182, 188, 213, 225].

Tkanka kostna gąbczasta zapewnia dobrą sprężystość P, chroniąc ją przed uszkodzeniami nawet przy dużych i nagłych przeciążeniach. Przekraczając jej wytrzymałość mechaniczną pionowe obciążenie przez kość skokową (KS), a w szczególności przez jej klinowaty wyrostek boczny powoduje powstanie dwóch pierwotnych linii złamania w miejscu kąta Gissane'a. Złamanie, powstałe na skutek sił ścinających, rozpoczyna się do przodu od PST i biegnie dalej, w płaszczyźnie strzałkowej, ku tyłowi przez PST [177, 182, 201, 211, 222, 225, 226]. Powstaje charakterystyczna linia przełomu dzieląca P na dwie części: przednio-przyśrodkową z podpórką skokową (stabilnie połączona więzadłowo z KS oraz przyparta ścięgnem zginacza długiego palucha i przez to nieprzemieszczona w stosunku do KS) oraz tylnoboczną, a każda z nich zawiera fragment PST. Umieszczenie przełomu na PST zależne jest od pozycji stopy podczas przeciążenia. W nawróceniu tyłostopia złamanie biegnie bliżej przyśrodkowej krawędzi PST, w odwróceniu odwrotnie – znajduje się w położeniu tylnobocznym. W przypadku gdy stopa jest ustawiona w położeniu krańcowej koślawości szczelina złamania może przebiegać bocznie od PST, prowadząc do powstania złamania całkowicie pozastawowego [177, 182, 183, 187, 188, 211, 225, 227, 228]. Zsuwająca się przyśrodkowo KS z podpórką skokową P skraca i poszerza piętę, obracając (nawet o 90°) i wbijając część boczną PST w trzon kości. Prowadzi to do wybrzuszenia bocznej ściany P (ryc. 3.3.2). Guz piętowy przemieszcza się ku górze i przyśrodkowo przyczyniając się do obniżenia i poszerzenia P [199]. Niejednokrotnie uszkodzeniu ulega także staw piętowo-sześcienny (ryc. 3.3.2). W przypadku dalszego niszczenia fragmentu przyśrodkowego PST przez napierającą KS dochodzi do powstania kolejnej szczeliny dzielącej ten fragment na pośredni (zwykle obniżony o około 2 mm) oraz nieprzemieszczony przyśrodkowy [182]. Druga linia pierwotnego złamania powstaje na skutek wbijania się bocznego wyrostka KS i miażdżenia P w miejscu kąta Gissane'a. Ta linia przełomu biegnie w płaszczyźnie czołowej i może prowadzić do fragmentacji odłamu przednio-przyśrodkowego. Na zdjęciu bocznym to kompresyjne złamanie jest widoczne jako przewrócona litera „Y”, z gałęzią tylną przechodzącą poziomo w kierunku guzowatości P jako „złamanie typu języka” lub bardziej pionowo jako „typu obniżenia powierzchni stawowej” wg Essex-Lopresti (rozdz. 3.4) (ryc. 3.3.3). Oba rodzaje odróżnia połączenie guza piętowego z fragmentem bocznym PST w pierwszym typie i jego brak w drugim. Ramię przednie tego złamania przechodzi pionowo przez kąt Gissane'a; prowadzi do powstania fragmentu przednio-bocznego połączonego z po-

wierzchnią stawową dla kości sześciennej [182, 208] (ryc. 3.3.3). To właśnie złamanie ma najbardziej znaczący wpływ na wybrzuszenie powierzchni bocznej P, poszerzenie kości oraz jej spłaszczenie.



Ryc. 3.3.3. Obrazy górnej (a) i bocznej (b) powierzchni P. Przebieg pierwotnych linii złamania ścinającego (linia czarna) oraz kompresyjnego (linie niebieskie – „obniżenie powierzchni stawowej”, linie czerwone – „typu języka”); wg Daftary.

Podejrzenie kliniczne złamania P wymaga zdjęcia rentgenowskiego w płaszczyźnie bocznej. Potwierdza ono obecność złamania i jest wykorzystywane do pomiaru kąta Böhlera i Gissane’a oraz umożliwia ocenę obniżenia wysokości P. Spłaszczenie takie jest bardzo charakterystyczną cechą wieloodłamowych złamań P. Obniżenie PST pojawia się w przypadku, gdy cała powierzchnia stawowa jest oddzielona od podpórki stawowej. W sytuacji, gdy jedynie boczna część PST jest obniżona (i zwykle obrócona) na zdjęciu widoczny jest objaw podwójnej gęstości (podwójny zarys PST), a kąt Böhlera może być prawidłowy (ryc. 3.3.4). Widoczny obrócony fragment PST (najczęściej ustawiony prostopadle w

stosunku do fragmentu przyśrodkowego powierzchni stawowej) jest też określany jako objaw „wschodzącego słońca” lub „podwójnego cienia”.



Ryc. 3.3.4. Radiogram boczny złamanej P. Krzyżykiem oznaczono cień przyśrodkowej, nieprzemieszczonej części PST, a strzałką powierzchnię obróconego i obniżonego fragmentu bocznego PST – objaw „podwójnego cienia”.

Projekcja ta pozwala też na rozpoznanie awulsyjnych złamań guza piętowego i wyrostka przedniego [177, 188]. Dla oceny prawidłowych wartości powyższych kątów wskazane może być porównawcze badanie radiologiczne drugiej, nieuszkodzonej P. Zbędnym jest wykonywanie zdjęć w płaszczyźnie przednio-tylnej (ocena stawu piętowo-sześciennego oraz wybrzuszenia bocznej powierzchni trzonu P – poszerzenie pięty), a także zdjęcia osiowego – projekcja Harrisa (uwidacznia guz piętowy – jego szpotawe lub koślawe ustawienie, podpórkę skokową i w różnym stopniu PST oraz umożliwia ocenę stopnia poszerzenia P) [224].

Wykonanie wymienionych powyżej zdjęć nie jest konieczne przed operacją, jeśli dysponujemy KT. Wśród dodatkowych projekcji radiograficznych, najczęściej stosowaną jest ujęcie Brodena stosowane do obrazowania PST [187, 199, 224, 229] (ryc. 3.3.5). Może ono być użyteczne podczas zabiegu operacyjnego (bardzo trudna ocena wzrokowa powierzchni stawowej, zwłaszcza po jej nastawieniu) oraz dla kontroli pooperacyjnej (duża ilość artefaktów w badaniu KT – obecność metalowych implantów) [171, 224].



Ryc. 3.3.5. Radiogram wygojonego złamania P w projekcji Brodena. Kontrola po operacyjnej rekonstrukcji złamania przestawowego P. Widoczne anatomiczne odtworzenie PST (strzałka).

Pozostałe z wymienionych projekcji, wymagając manipulacji stopą nasilają, i tak znaczne, dolegliwości bólowe, a nawet mogą być niewykonalne z uwagi na często występujące współistniejące obrażenia [230]. Dodatkowo, opisane projekcje nie dają obrazu niezbędnego do podejmowaniu decyzji o sposobie leczenia oraz porównywaniu jego rezultatów (klasyfikacje złamań – rozdz. 3.4) [183, 187, 191, 224, 230–232]. Reasumując, ocena nasilenia deformacji P i jej potencjalnych następstw jest możliwa na podstawie klasycznych radiogramów, jednak nie pozwalają one rozróżnić złamań możliwych do rekonstrukcji operacyjnej od tych, w których interwencja taka jest skazana na niepowodzenie. Jednocześnie przeprowadzenie zabiegu operacyjnego bez dokładnego planowania przedoperacyjnego zmniejsza szanse na odtworzenie anatomii P [166, 183, 186, 191, 218, 231]. Tak więc, wydaje się, iż należy unikać podejmowania leczenia operacyjnego przestawowych złamań P przez ośrodki nieposiadające możliwości diagnostyki komputerowej [182, 214, 224, 231]. W złamaniach przestawowych P standardem jest obecnie diagnostyka obrazowa z wykorzystaniem KT, umożliwiającą ocenę

morfologii złamania zgodnie z opracowanym przez Sandersa systemem klasyfikacji [171, 187, 214, 224, 231, 233, 234] (rozdz. 3.4 i 3.7). Do diagnostyki przedoperacyjnej wykorzystuje się płaszczyznę badania nachyloną do czołowej pod kątem 30° (z powodu anatomicznego kąta nachylenia PST – 50° do osi długiej P). Przekrój ten nie uwidacznia, bardzo częstego, obrotu ku przodowi (wokół osi poprzecznej) bocznego fragmentu PST. Wynika to z łukowatego kształtu PST w obu płaszczyznach, czołowej i strzałkowej, a stąd przemieszczenie tylnej części powierzchni stawowej ku przodowi stwarza wrażenie zborności stawu [227]. Obrócony fragment jest jednak widoczny na zdjęciu radiologicznym w projekcji bocznej. Poza obrazem kości przekrój taki uwidacznia umiejscowienie ścięgien mięśni strzałkowych i zginacza długiego palucha (niekiedy przemieszczony pomiędzy odłamy uniemożliwiających ich nastawienie). Następny obraz uzyskuje się pod kątem 90° do czołowego, równoległe do osi długiej P. Przekrój ten obrazuje staw piętowo-sześcienny, przednio-dolną część PST, podpórkę skokową i ścianę boczną [187, 224, 229] (ryc. 3.3.2). Z uwagi na pojawiające się problemy w rozumieniu pojęcia czołowy i osiowy w stosunku do P, niekiedy zlecamy dwa przekroje: jeden równoległy do podszwy a drugi prostopadły do powyższego. Dostępne w niektórych ośrodkach możliwości cyfrowej obróbki wyników badania pozwalają na dowolne (niestandardowe) ułożenie kończyn dolnych, co jest szczególnie ważne w przypadkach ze współistniejącymi obrażeniami kończyn dolnych [230].

Wynikająca z wygojenia przemieszczonych fragmentów kostnych deformacja P powoduje różnorodne zaburzenia mechaniczne i dolegliwości ze strony stawów oraz struktur pozastawowych. Charakterystycznymi są: zwyrodnienie stawu skokowego dolnego, skrócenie i obniżenie tyłostopia z jego szpotawością lub koślawością, zakleszczenie lub zwichnięcie ścięgien mięśni strzałkowych, przyparcie P do strzałki oraz ustawionej poziomo KS do piszczeli, a także zmianę dźwigni dla ścięgna Achillesa z osłabieniem funkcji mięśnia brzuchatego łydki [188, 199, 235, 236].

Deformacje anatomiczne stawów prowadzą w konsekwencji do ich zwyrodnienia, podobnie jak zaburzenie ich wzajemnych relacji. Istotne zakłócenie funkcji stawu skokowego dolnego jest wynikiem zarówno uszkodzenia PST, jak też powierzchni stawowej przedniej i środkowej oraz zaburzonych relacji pomiędzy nimi (także w złamaniach pozastawowych) [183, 222, 236, 237]. Niestety bezpośrednia ocena czynności poszczególnych stawów podskokowych jest w warunkach „in vivo” praktycznie niemożliwa [236, 237]. Spłaszczenie P (spłaszczenie kąta Böhlera), spowodowane uniesieniem guza piętowego wraz z jego skróceniem i szpotawością, zmniejsza ramię działania

mięśnia brzuchatego łydki osłabiając go. Szpotawa deformacja prowadzi też do ekscentrycznego obciążania rotującej się PST oraz KS i w efekcie do bolesnych zmian zwyrodnieniowych. Taka patologiczna pronacja stopy wywołuje zmiany w tkankach podeszwy o typie odcisków i modzeli. Dodatkowo spłaszczenie P prowadzi do poziomego ustawienia KS i jej przedniego przyparcia do przedniej krawędzi piszczeli, z następczym zwyrodnieniem oraz bólem. Nadmierne wybrzuszenie powierzchni bocznej P powoduje jej przyparcie do kostki bocznej z bólem i możliwym zakleszczeniem ścięgien mięśni strzałkowych. Oczywiście jest także, iż takie deformacje utrudniają, a niekiedy wręcz uniemożliwiają dobranie odpowiedniego obuwia [185, 201, 214, 224] (ryc. 3.3.6). Jak wynika z powyższego przeglądu najczęstszym objawem opisanych deformacji jest ból i sztywność stawów, często z osłabieniem siły stopy, a jedyną metodą umożliwiającą uniknięcie takich konsekwencji jest operacyjna rekonstrukcja anatomicznego kształtu P.



Ryc. 3.3.6. Istotna czynnościowo deformacja tyłostopia po wieloodłamowym przestawowym złamaniu P leczonej zachowawczo. Po roku od urazu konieczność używania obuwia sportowego z wkładką podpiętową oraz ból wymagający stosowania kul łokciowych.

Ciekawy obraz zmian patologicznych wywołanych zaburzeniem anatomii P daje badanie podograficzne. Kinner oceniając rozkład powierzchni kontaktu stopy oraz siły nacisku w zależności od fazy chodu wyciągał pośrednio wnioski o czynności stawu skokowego dolnego. Charakterystyczną cechą podogramu po złamaniach przestawowych P jest boczne przesunię-

cie osi chodu oraz poszerzenie powierzchni kontaktu zarówno dla tyło-, jak i przodostopia. Jednocześnie obciążenia tyło- i śródstopia ulegały zwiększeniu, a przodostopia zmniejszeniu. Fazy kontaktu stopy były istotnie przedłużone. Wymienione zmiany korelowały pozytywnie z oceną czynnościową stopy po wygojonym stawowym złamaniu P [237].

3.4. Systemy klasyfikacji złamań kości piętowej

Pierwszym, który przedstawił rozbudowany system klasyfikacji złamań P był Böhler. Opisał on osiem grup złamań: grupy 1–4 pozastawowe i 5–8 wewnątrzstawowe, jednak poza opisem nie wykazał korelacji tego systemu z wynikiem leczenia [238]. Następnie Palmer precyzyjnie opisał patomechanizm złamania P i na tym opisie oparł swoją klasyfikację złamań P [239] (rozdz. 3.3).

Podobnie Essex-Lopresti (1952 r.) opierał klasyfikację złamań P na mechanizmie złamania. Rezultatem był system dzielący je na dwa podstawowe typy w oparciu o lokalizację wtórnej linii złamania wewnątrzstawowego: z obniżeniem powierzchni stawowej i typu języka (rozdz. 3.3). Było to istotne dlatego, że dla typu pierwszego zalecano otwarte nastawienie, a dla typu języka – zamknięte nastawienie i stabilizację śrubami [226]. To mianownictwo jest nadal używane w opisie złamań P, zwłaszcza w Polsce [174, 196, 197, 207].

Niektórzy do dziś stosują system klasyfikacji Warricka i Bremmera z 1953 r. Jest on zbliżony do systemu Essex-Lopresti i oparty na mechanizmie urazu, położeniu strzałkowej szczeliny złamania i ilości przemieszczonych fragmentów kostnych. Badacze ci zaobserwowali również, że pierwotna linia złamania może przebiegać do przodu i przyśrodkowo lub do tyłu i bocznie od PST [194, 240].

Soeur i Remy zaproponowali klasyfikację opartą na ilości fragmentów stawowych P widocznych na zdjęciach radiologicznych w projekcji bocznej, osiowej i przednio-tylnej. Złamania nieprzemieszczone zaklasyfikowane zostały jako I°, trójfragmentowe jako II° i wieloodłamowe jako stopień III. System ten stanowił podstawę dla stosowanych dzisiaj podziałów, opartych na dokładnej analizie patologii złamania w badaniu KT [187, 188, 240, 241]. Dopiero bowiem KT umożliwiła dokładne poznanie patologii złamań P wstępnie opisywanych przez Malgaigne'a, Palmera i Essex-Lopresti. Pierwszym z systemów opartych na tym badaniu była klasyfikacja Crosby i Fitzgibbonsa, sugerująca prosty trójstopniowy podział oparty na uszkodzeniu PST. W typie pierwszym odłamy PST są nieprzemieszczone, w drugim

rozejście lub uskok przekraczają 2 mm, a w trzecim powierzchnia stawowa jest rozfragmentowana [186]. Najbardziej użytecznym w działalności praktycznej i najszerzej stosowanym jest system klasyfikacyjny opracowany przez Sandersa w roku 1993. Opiera się na ocenie ilości i umiejscowienia szczelin złamania na czołowym przekroju PST w badaniu KT. Złamania pozastawowe są sklasyfikowane jako typ I, z jedną szczeliną złamania jako typ II, z dwiema jako III, a z trzema lub więcej jako typ IV. Typ III z obniżeniem centralnego fragmentu PST jest morfologicznie podobny do złamania „die-punch” NDKP. Dodatkowo linia przelomu umiejscowiona bocznie kodowana jest jako A, pośrednia jako B i przyśrodkowa jako C [187] (ryc. 3.4.1 i 3.7.1). System ten okazał się użytecznym, nie tylko w planowaniu leczenia, ale również jako wskazówka prognostyczna. W grupie badanych przez Sandersa chorych ze złamaniami przezstawowymi P typu II i III osiągnięto bardzo dobre lub dobre wyniki u odpowiednio 73% i 70% leczonych operacyjnie. W grupie ze złamaniami typu IV uzyskano jedynie 9% takich wyników [187].



Ryc. 3.4.1. Porównawcze tomogramy obu P w przekroju czołowym przez powierzchnię skokową tylną. Złamanie typu IIA wg Sandersa. Widoczne wybrzuszenie ściany bocznej P (biała strzałka) pokrywające przemieszczony boczny fragment PST. Pomiędzy kostką boczną, a ścianą bocznią P widoczne usidłone ścięgna mięśni strzałkowych (czarna strzałka).

Zwipp ze współpracownikami wprowadził sumacyjny 12-punktowy system, odpowiadający ilości głównych fragmentów (2–5) i zaangażowanych powierzchni stawowych (0–3), jak również nasileniu uszkodzeń tkanek miękkich oraz sąsiadujących kości (dodatkowe 4 punkty). Oba systemy wykazały zbliżoną wartość prognostyczną w dużych populacjach chorych, jednak system Sandersa jest łatwiejszy w użyciu [188, 233].

Klasyfikacja Sandersa nie jest systemem pełnym, nie obejmuje bowiem mniej licznych złamań pozastawowych P, mających jednak istotny wpływ na biomechanikę chodu, a niekiedy przemieszczające całą PST (ryc. 3.4.2). Spośród 150 kolejnych złamań P de Souza wykazał, że jedynie 113 mogło zostać zaklasyfikowanych przy zastosowaniu metody Sandersa (65 typu II, 27 typu III, 21 typu IV). Co istotne, w tak dużej grupie chorych nie było złamań nieprzemieszczonych (typ I wg Sandersa). W pozostałych 23 przypadkach złamanie znajdowało się bezpośrednio do przodu i przyśrodkowo od PST wzdłuż zatoki stępu, w 8 bezpośrednio do tyłu od stawu, a w 6 biegło w poprzek PST. W grupie ze złamaniem do przodu od PST zauważalne było znaczne rozfragmentowanie z obniżeniem całej powierzchni stawowej (widoczne na zdjęciu rentgenowskim w projekcji bocznej jako pusta, poszerzona przestrzeń podskokowa) [240] (ryc. 3.4.2). Złamania takie są niekiedy klasyfikowane jako typ IIC wg Sandersa (ryc. 3.7.1). Według Thorena są one typowe dla ustawienia stopy w odwróceniu podczas osiowego przeciążenia [228]. W KT złamania tego typu są widoczne najlepiej w przekrojach strzałkowych, choć w typowych przekrojach czołowych według Sandersa poszerzenie jest również zauważalne.

W większości przypadków, z przebiegiem szczeliny złamania wzdłuż osi długiej P (typowo klasyfikowane w systemie Sandersa), radiogram boczny nie wykazuje poszerzenia przestrzeni podskokowej. Dzieje się tak z uwagi na rzutowanie nieprzemieszczonego fragmentu przyśrodkowej PST – charakterystycznym jest objaw podwójnego cienia (ryc. 3.3.4).

Złamania takie są typowe dla sytuacji, gdy stopa jest ustawiona w pozycji neutralnej, natomiast złamania z wtórną linią przełomu ku tyłowi od PST, są wynikiem przeciążenia nawróconej stopy [177, 182, 183, 187, 188, 211, 227, 228] (rozd. 3.3).

Większość badaczy stosujących klasyfikację Sandersa jest zgodna, że złamanie z uszkodzeniem powierzchni stawowej (podlegające tej klasyfikacji) korzystniej jest leczyć otwartą rekonstrukcją, natomiast pozostałe mogą być niekiedy leczone metodami małoinwazyjnej stabilizacji przezskórnej drutami Kirschnera lub śrubami [171, 181, 191, 193, 214, 220, 221, 225,

234, 240, 242–246]. Istotnym jest również, że do rozpoznania i odpowiedniego zaklasyfikowania złamania P wystarczy zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej i badanie KT w przekroju czołowym P [182, 224].



Ryc. 3.4.2. Poszerzona przestrzeń podskokowa (strzałka) w rentgenowskiej projekcji bocznej. Wieloodłamowe złamanie P do przodu i przyśrodkowo od PST z obniżeniem całej powierzchni stawowej. Odpowiada typowi IIC wg Sandersa lub języka wg Essex-Lopresti.

Pomimo dostępności wielu, w tym jednoznacznie wartościowych klinicznie systemów klasyfikacji, używane są one jedynie przez niektórych lekarzy leczących złamania P operacyjnie. W Holandii jedynie 29% chirurgów przyznaje się do ich stosowania, w tym 37% stosuje oparty na KT system Sandersa, 32% starszy i mniej wartościowy rokowniczo system Essex-Lopresti, a 25% metodę Zwippa [169]. Jako że 49% złamań P jest tam leczonych operacyjnie otwartą rekonstrukcją, przez porównanie można ocenić, że niewielka ilość chorych leczonych tą metodą w Polsce przekłada się na równie rzadkie stosowanie wartościowych systemów klasyfikacji [169, 224]. W piśmiennictwie krajowym przeważa podział Essex-Lopresti, a zwykle wystarcza ocena kąta Böhlera na zdjęciu bocznym [174, 196, 197, 207]. Stosowanie istotnej w leczeniu otwartym klasyfikacji Sandersa jest wyjątkowe [214, 224].

3.5. Problemy leczenia złamań kości piętowej i powikłania w jego przebiegu – przegląd piśmiennictwa

Złamaniu P, które jest zwykle wynikiem urazu o dużej energii kinetycznej towarzyszą uszkodzenia sąsiadujących tkanek, niejednokrotnie wpływające w istotny sposób na końcowy wynik leczenia [178, 189–191, 198, 216, 231]. Już w latach 30. ubiegłego wieku Böhler zauważył, że „złamania P należy leczyć tak, jak wszystkie inne, tzn. należy dążyć do anatomicznego nastawienia odłamów i jego utrzymania aż do wygojenia kości, a dodatkowo należy ćwiczyć jak najwięcej stawów” [238]. Pozostawienie złamania przemieszczonym lub nieoperacyjne próby poprawy ustawienia odłamów zwykle kończą się niepowodzeniem leczenia z trwałym okaleczeniem. Czynność kończyny dolnej ma w takiej sytuacji tendencję do stałego pogarszania się, a szczególne nasilenie dolegliwości pojawia się zwykle w drugiej dekadzie po złamaniu. Jest to tym bardziej istotne, że złamania P dotyczą zwykle ludzi młodych [181, 218]. Z drugiej strony leczenie operacyjne nie daje jednoznacznie dobrych rezultatów, a samo w sobie związane jest z ryzykiem poważnych powikłań. Leczenie utrudniają często współistniejące liczne dodatkowe obrażenia, głównie kręgosłupa i kończyn [178, 180, 190, 247, 248]. Dodatkowo wybór optymalnego sposobu leczenia złamań P utrudnia brak jednoznacznego i wartościowego klinicznie systemu klasyfikacji oraz uniwersalnej metody oceny jego wyników. Opisano bowiem ponad 20 systemów klasyfikacyjnych mających scharakteryzować zmienność złamań P oraz tyleż systemów oceny wyników [166, 183, 191, 249, 250] (rozd. 3.4).

W takich warunkach trudno jest porównywać wyniki i wyciągać jednoznaczne wnioski, jednak analiza niektórych parametrów anatomicznych zyskała szeroką aprobatę. Przyjmuje się bowiem, że szansa na dobry wynik leczenia jest związana z odtworzeniem równej PST oraz prawidłowego kąta Gissane’a i Böhlera [165, 171, 174, 183, 185, 187, 207, 210, 221, 237, 248–250]. Pomimo nadmiaru propozycji klasyfikacyjnych utrudniających przyjęcie standardów leczenia, po analizie licznych pozycji piśmiennictwa można przyjąć dość skomplikowany logicznie wniosek – w przypadkach leczonych operacyjnie z odtworzeniem prawidłowych warunków anatomicznych, wyniki będą lepsze, niż u odpowiadających im chorych leczonych nieoperacyjnie, jednak lepszym jest wynik nie leczonego niż tego, u którego w wyniku zabiegu operacyjnego nie uzyskano anatomicznej rekonstrukcji P lub doszło do innych powikłań [165, 167, 171, 183, 185, 245, 248]. W swoich badaniach Sanders zaobserwo-

wał następujące zjawisko: „choć anatomiczne nastawienie jest potrzebne dla dobrego wyniku leczenia, to jednak nie gwarantuje sukcesu”. Ten paradoks wiązał z pierwotnym uszkodzeniem chrząstki stawowej [190, 231].

Z wielośrodkowych badań kanadyjskich wynika jeszcze uzupełnienie tego wywodu – pacjenci młodszy, kobiety, osoby o mniejszym obciążeniu stopy w pracy zawodowej i nie uzyskujący rekompensaty rentowej z powodu niepełnosprawności, reagowali korzystniej na leczenie operacyjne. Co ważne, czas leczenia jest u nich krótszy, a tym samym powrót do pracy wcześniejszy. Jednocześnie koszty leczenia i niepełnosprawności w tej grupie maleją [181] (rozdz. 3.1).

Zaniechanie interwencji operacyjnej w leczeniu pierwotnym może się wiązać z koniecznością późnych zabiegów rekonstrukcyjnych zmniejszających nasilenie kalectwa.

W grupie chorych z przestawowymi złamaniami P leczonymi nieoperacyjnie Howard zanotował 19% poważnych powikłań, wymagających wtórnej interwencji operacyjnej, głównie osteotomii ściany bocznej i artrodezy podskokowej [248].

Istotnym pozakostnym czynnikiem wpływającym na wynik leczenia, niezależnie od przyjętej metody, jest możliwość wystąpienia zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych stopy w pierwszych dobach po złamaniu. Następstwem tego zwykle nieleczonego (późne rozpoznanie) powikłania jest przykurcz palców stopy, jej nadmierne wydrażenie, sztywność i przewlekły ból [171, 183, 214, 248, 251–253]. Częstość jego występowania ocenia się na 1–10%, z czego u połowy chorych rozwija się znacząca deformacja stopy [183, 191, 248, 251, 253]. Podobnie ryzyko zakrzepicy żył głębokich kończyny dolnej oraz jej konsekwencje są istotnym zagrożeniem każdej ze stosowanych metod leczenia. Metody umożliwiające wczesny ruch stopy (brak leczenia – „troskliwe zaniedbanie”, stabilna osteosynteza) wraz z profilaktyką farmakologiczną, pozwalają to ryzyko znacznie ograniczyć [181, 248]. Jak wspomniałem powyżej (rozdz. 3.4), niezależnie od przyjętego sposobu leczenia, niepowodzenie przejawia się przewlekłym bólem, sztywnością i osłabieniem stopy, jednakże szczególnie poważne następstwa wiążą się z zakażeniem P [178, 181, 198, 214]. Ból lokalizuje się zwykle w bocznej części tyłostopia i nasila podczas obciążania kończyny, a sztywność dotyczy stawu skokowego i palców stopy (z niekiedy nadmiernym wydrażeniem stopy). Przyczyn bólu, po stawowym złamaniu P, może być bardzo wiele. Od uszkodzenia i wtórnych zmian wstecznych w stawach skokowo-piętowych, poprzez uszkodzenie ścięgien mięśni, uszkodzenie nerwu łydkowego, wzajemne

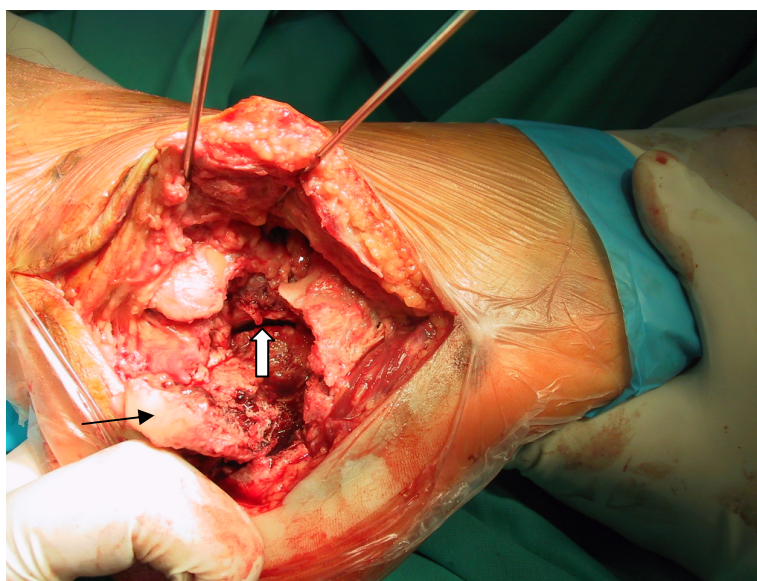
przyparcie przemieszczonych kości, uszkodzenie podpiętowej poduszki tłuszczowej, zwłóknienie krótkich mięśni stopy na skutek ich niedokrwienia, po nieprawidłowe obciążanie stopy podczas chodu [165, 171, 187, 199, 205, 213, 237, 251, 254, 255]. Ból mający swą przyczynę w uszkodzeniu stawowym ma tendencję do nasilania się z czasem, wraz z postępem zmian zwyrodnieniowych, istotnie pogarszając wynik leczenia [218]. W badaniu fizykalnym zwraca uwagę poszerzenie i obniżenie tyłostopia.

Podsumowując powyższy przegląd należy podkreślić, że większość badaczy uznaje leczenie operacyjne za wskazane w przypadkach złamań przestawowych ze znaczącym przemieszczeniem, prowadzącym do deformacji P. Uznaje się, że zabieg operacyjny ma na celu odtworzenie wysokości, długości i szerokości P, anatomiczną rekonstrukcję wszystkich powierzchni stawowych oraz stabilną osteosyntezę umożliwiającą wczesne podjęcie funkcji ruchowej [165, 171, 174, 183, 185, 187, 190–192, 213, 214, 240, 244, 248, 256–260]. Należy jednak podkreślić znaczną ilość przeciwwskazań do leczenia otwartego. Należą do nich patologie otaczających P tkanek, w tym choroby naczyń krwionośnych, zaburzenia odpornościowe i zaawansowany wiek biologiczny. U pacjentów z przeciwwskazaniami do otwartej rekonstrukcji, lecz jednocześnie wymagających poprawy warunków anatomicznych istnieją wskazania do jednego z zabiegów małoinwazyjnych [165, 171, 183, 185, 207, 212, 246, 257, 258, 261]. Zwykle wykonuje się je z zastosowaniem podglądu rentgenowskiego, choć Gavlik i Zwipp wykorzystują podgląd artroskopowy PST [257]. Wprowadzenie przezskórne prętów Steinmanna jako manipulatorów („joystick”), a następnie gwintowanych drutów Kirschnera, gwintowanych prętów Schantza lub śrub gąbczastych kaniulowanych prowadzi do różnego stopnia stabilizacji odłamów. Implanty wprowadza się zarówno od powierzchni bocznej, jak i od tyłu, od strony guza piętowego. Manipulacje takie mają szanse powodzenia jedynie w przypadku zastosowania dystrakcji odciągającej guz piętowy i rozklinowującej odłamy w przypadkach bez przemieszczeń stawowych [183, 185, 202, 244].

Dla pacjentów mogących odnieść korzyść z otwartej repozycji i stabilnej osteosyntezy istnieje kilka opcji terapeutycznych, związanych głównie z różnymi dostęпами operacyjnymi. Jednak powikłania takiego leczenia stanowią nadal bardzo istotne zagrożenie. W analizowanej przez Howarda i Buckleya grupie 226 chorych leczonych operacyjnie poważne powikłania wystąpiły w 25% przypadków. Najczęściej występującym był ból, lecz najistotniejszym zakażenie, do którego doszło w ponad 10% przypadków [248]. Inni autorzy określają częstość problemów z gojeniem ran na 18–25% [172, 181, 212, 214, 255].

Ból jest niekiedy przyczyną późnej interwencji operacyjnej z zastosowaniem artrodezy podskokowej. Artrodeza jest zwykle konieczna u chorych nieoperowanych pierwotnie (w badaniach Buckley`a 16%), natomiast w grupie ze zrekonstruowaną operacyjnie P jest rzadka (wg Buckley`a 3%). Podobne wnioski przedstawił Csizy [171, 255].

W leczeniu operacyjnym Mc Reynolds zalecał dostęp przyśrodkowy, Palmer boczny wzdłuż ścięgien mięśni strzałkowych, natomiast obecnie najczęściej stosowanym jest boczny rozszerzony [171, 183, 191, 194, 201, 214, 239, 240, 248, 256]. Jego zaletą jest bezpośredni dostęp do okolicy największych zniszczeń kostnych oraz możliwość wizualizacji stawu pięto-wo-skokowego tylnego [183, 191, 214, 259]. Podokostnowe odwarstwienie płata tkanek z bocznej powierzchni P, zawierającego ścięgna mięśni strzałkowych, nerw łydkowy i więzadło strzałkowo-piętowe, ogranicza uszkodzenia „tkanek miękkich” i unaczynienia kości. Wszyscy autorzy podkreślają wagę techniki atraumatycznej „no touch” w preparowaniu i odciąganiu płata, zwłaszcza w miejscu jego zagięcia [165, 171, 183, 185, 191, 201, 214, 240, 259]. Tak odpreparowany płat jest utrzymywany w odgięciu, odsłaniając boczną powierzchnię P, przy użyciu drutów Kirschnera wprowadzonych w KS i łódkowatą (ryc. 3.5.1).



Ryc. 3.5.1. Odchylenie płata tkanek ze ściany bocznej P przy użyciu drutów Kirschnera. W dnie rany widoczna otwarta ściana boczna z odwróconym na zewnątrz fragmentem bocznym PST (czarna strzałka) oraz szczelina stawowa pomiędzy KS a nieprzemieszczonym fragmentem przyśrodkowym PST (biała strzałka).

Nastawienie odłamów – najpierw odtworzenie PST, kolejno kąta Gissane’a, guza piętowego i jej trzonu – jest zakończone stabilizacją z użyciem ukształtowanej anatomicznie, niskoprofilowej płytki i śrub [165, 171, 183, 185, 191, 201, 214, 240, 259] (ryc. 3.5.2).



Ryc. 3.5.2. Radiogram boczny po rekonstrukcji złamania P typu Sanders IIA niskoprofilową płytką rekonstrukcyjną i śrubami.

Dostęp przyśrodkowy spopularyzowany początkowo przez McReynoldsa w 1958 r. jest obecnie propagowany przez Bourdeaux. Pozwala on na odtworzenie ściany przyśrodkowej P, przez co przywraca długość i wysokość, a częściowo także szerokość kości. Stosuje proste cięcie równoległe do podeszwy, w połowie odległości pomiędzy nią i kostką przyśrodkową. Zaletą tego cięcia jest dostęp do lepszej jakości kości, stosunkowo mało rozfragmentowanej, co ułatwia jej anatomiczną rekonstrukcję z odtworzeniem głównie długości P i korekcją szpotawości guza piętowego. Wadą natomiast jest bliskość anatomiczna przyśrodkowego pęczka naczyniowo-nerwowego, konieczność pośredniego nastawienia ściany bocznej oraz brak dostępu do stawu piętowo-skokowego tylnego [191, 194, 202, 211]. Dostęp obustronny zaleca Stephenson, wychodząc ze słusznego założenia, że łączy on w sobie zalety obu dostępów. Niestety

łączy też ich wady. Po przyśrodkowej stronie stosuje cięcie pionowe, pomiędzy ścięgnem Achillesa i kostką przyśrodkową, natomiast pęczek naczyniowo-nerwowy przesuwana do przodu. Stabilizacja odłamów z dostępu przyśrodkowego wykonywana jest przy użyciu skobli kostnych. Choć Stephenson donosił o dobrych wynikach anatomicznych i czynnościowych, to ze względu na liczbę powikłań (27% zakażeń) i długi czas trwania zabiegu w niedokrwieniu, metoda ta nie znalazła wielu naśladowców [194, 202, 211].

Wskazania do otwartej rekonstrukcji P, niezależnie od preferowanego dostępu, są obecnie opierane na ocenie ogólnego stanu chorego, jego wymagań czynnościowych, miejscowej jakości tkanek otaczających kość oraz klasyfikacji Sandersa [171, 190, 201, 212, 214, 259] (rozdz. 3.4).

W przypadku złamań ze znaczącą destrukcją PST (typ IV wg Sandersa), zdaniem niektórych ortopedów, istnieją wskazania do pierwotnej artrodezy [170, 255, 260, 261].

W tym miejscu ponownego podkreślenia wymaga doniosła rola KT jako podstawowego narzędzia pomagającego w podejmowaniu decyzji zabiegowych. Klasyczne obrazowanie radiologiczne uniemożliwia odróżnienie relatywnie łatwych do operacyjnej rekonstrukcji złamań P od tych, w których jest ona niemożliwa. Przy zastosowaniu najczęstszego dostępu bocznego, anatomia całej P jest odtwarzana w odniesieniu do przednio-przyśrodkowego fragmentu zawierającego podpórkę skokową. Jedynie KT umożliwia pełne zrozumienie przebiegu linii złamania, wielkości, stopnia i kierunku przemieszczenia odłamów kostnych. Taka „mapa drogowa” pozwala chirurgowi na kontrolowanie przebiegu zabiegu operacyjnego i osiągnięcie zamierzonego celu anatomicznego [182, 213, 224, 225].

W każdej z metod otwartej rekonstrukcji P często dyskutowanym problemem są wskazania do stosowania strukturalnych przeszczepów kostnych w miejsce zawsze pojawiającego się ubytku w trzonie kości. Niektórzy standardowo wprowadzają przeszczep kostny, inni niekiedy, a niektórzy (również autor tej rozprawy) nigdy [171, 183, 185, 189–191, 201, 202, 212, 214, 221, 248, 256, 259]. Innym, jednak mniej kontrowersyjnym tematem jest rutynowe stosowanie drenażu ssącego. Thermann i Letournel zalecają go rutynowo; ja drenażu nie stosuję, mimo intensywnego krwawienia, uznając dren za dodatkowe utrudnienie zamknięcia rany pooperacyjnej. Jest ono zawsze problemem z uwagi na obkurczanie się skóry na spłaszczonej i skróconej pięcie oraz znaczny obrzęk [183, 185, 191, 201, 214].

Wszystkie z wymienionych metod wymagają około trzymiesięcznego okresu nieobciążania P.

Wśród nowych koncepcji leczenia złamań P wymienić należy zastosowanie stabilizatora Ilizarova z dystrakcją odłamów. Metoda ta, umożliwiając wczesne częściowe obciążanie, ogranicza dystrofię kości i tkanek otaczających P, głównie poduszki tłuszczowej podpiętowej oraz zapobiega ruchom utrzymywanego w dystrakcji uszkodzonego stawu piętowo-skokowego tylnego. Odtworzenie pozastawowej anatomii kości podobnymi metodami małoinwazyjnymi jest korzystną alternatywą u chorych z przeciwwskazaniami do otwartej rekonstrukcji [207, 259].

Powyższy przegląd sugeruje wiele możliwości operacyjnej interwencji pomimo istotnych wątpliwości co do wyników takiego leczenia. W efekcie bardzo zróżnicowany jest algorytm postępowania wśród lekarzy zajmujących się problemem przestawowych złamań P. Sugestywny obraz tych różnic dają holenderskie wielośrodkowe badania z 2007 r. Jedynie 46% spośród pacjentów z przestawowymi złamaniami P leczono otwartą repozycją ze stabilizacją wewnętrzną, 39% nieoperacyjnie, a 10% przeskrótnym gwoździowaniem [169].

W powyższym przeglądzie skoncentrowano się na roli odtworzenia PST w uzyskaniu optymalnego wyniku leczenia. Podobny rozkład akcentów jest charakterystyczny dla współczesnego piśmiennictwa [171, 183, 191, 201, 212, 231, 259]. Należy jednak zwrócić uwagę na istotne zastrzeżenia Mirica do takiego podejścia. Na podstawie badań patoanatomii złamań P stwierdził on, że wiele z niekorzystnych wyników leczenia operacyjnego może wynikać z zaniedbań w odtworzeniu pozostałych powierzchni stawowych P, a zwłaszcza przedniej i środkowej. Uznał, że utrzymujące się problemy czynnościowe, pomimo dobrego odtworzenia powierzchni PST, można jedynie w części przypadków wyjaśnić uszkodzeniem chrząstek stawowych. Miric podpira się badaniami anatomopatologicznymi Wagnera wykazującymi, że średnie fizjologiczne obciążenie przedniej i środkowej powierzchni stawowej jest o 50% większe niż PST. Obciążenie to zwiększa się przy zmianie ustawienia powierzchni stawowych wobec szyi KS [228, 236].

Dalsze udoskonalenia leczenia operacyjnego, mające na celu poprawę możliwości anatomicznej rekonstrukcji i zmniejszenie ilości powikłań, mają za zadanie poprawę rokowania w tym bardzo ciężkim obrażeniu. Opisane w tej rozprawie udoskonalenie techniki operacyjnej powinno być kolejnym krokiem w tym kierunku.

3.6. Cel badań

Dotychczasowe opisy techniki operacyjnej stosowanej w leczeniu przestawowych złamań P zalecają stosowanie drutów Kirschnera do

odsunięcia odreparowanego płata tkanek pokrywających kość (rozdz. 3.5). Metoda ta, choć efektywna i stosunkowo atraumatyczna oraz wygodna dla asysty, nie poprawia jednak wizualizacji stawu piętowo-skokowego tylnego w porównaniu z użyciem haków chirurgicznych. Dodatkowo, typowymi dla tej operacji, są poważne problemy z manipulacją i rozklinowaniem guza piętowego w białego w odłamy trzonu P. W przedstawionych badaniach określiłem istotne cechy dostępnego dotąd dla innych wskazań dystraktora kostnego, zastosowanego śródoperacyjnie oraz dokonałem analizy zalet i wad jego zastosowania porównując z opisaną powyżej techniką klasyczną. W ocenie opisanej metody posłużyłem się obiektywnymi kryteriami anatomicznymi, określającymi jakość rekonstrukcji P oraz poddałem analizie istotne śródoperacyjnie cechy zabiegu operacyjnego.

Zasadnicze cele badawcze to:

- przedstawienie własnych doświadczeń w otwartej rekonstrukcji stawowych złamań P;
- ocena przydatności własnej modyfikacji standardowej techniki operacyjnej, przez ich porównanie.

3.7. Materiał i metody

W Klinice Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastikowej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu pacjentów zakwalifikowanych do otwartej rekonstrukcji wieloodłamowych złamań P leczymy z zastosowaniem rozszerzonego dostępu bocznego.

Założeniem tego zabiegu jest odtworzenie anatomii powierzchni stawowych i części pozastawowej P, a tym samym biomechaniki tyłostopia (rozdz. 3.3). Istotą przedstawionej koncepcji jest modyfikacja standardowego zabiegu rekonstrukcyjnego, polegająca na wyeliminowaniu drutów Kirschnera utrzymujących przednio-górny płat „tkanek miękkich”, co umożliwia szerokie rozwarcie stawu piętowo-skokowego tylnego z jednoczesnym ograniczeniem asysty operacyjnej do jednej osoby (w technice klasycznej konieczne są dwie).

Materiał

Pacjenci z badanej grupy doznali złamania P z przemieszczeniem PST – uskok powierzchni stawowej w badaniu KT ponad 1 mm (klasyfikacja wg Sandersa – typ II i III; do oceny wykorzystywałem przekrój poprzeczny przez staw skokowo-piętowy tylny w jego najszerszym miej-

scu). Do leczenia operacyjnego metodą standardową kwalifikowałem osoby w wieku 18 do 60 lat, dotychczas sprawne, niepalące, bez cukrzycy i objawów choroby niedokrwiennej kończyn dolnych, oraz innych zmian chorobowych tkanek otaczających P. Wykluczyłem osoby ze złamaniami otwartymi, obustronnymi oraz współistniejącymi obrażeniami lub chorobami ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego.

W okresie 3 lat (2002–2005) leczyłem operacyjnie 23 odpowiadających powyższym kryteriom chorych (19 mężczyzn i 4 kobiety), wykorzystując metodę otwartego nastawienia z rozszerzonego dostępu bocznego i osteosyntezy płytą rekonstrukcyjną (Synthes) i śrubami ciągnącymi stabilizującymi nastawioną PST. Osoby te stanowiły grupę kontrolną.

Drugą grupę leczonych, w okresie 13 miesięcy (sierpień 2005–czerwiec 2006) stanowią pacjenci, u których w trakcie operacyjnej rekonstrukcji stawowego złamania P zastosowałem dystraktor kostny. Leczyłem tym sposobem 19 pacjentów z wieloodłamowymi przestawowymi złamaniami P. Zasady kwalifikacji i dyskwalifikacji z leczenia operacyjnego były identyczne ze stosowanymi w grupie pierwszej.

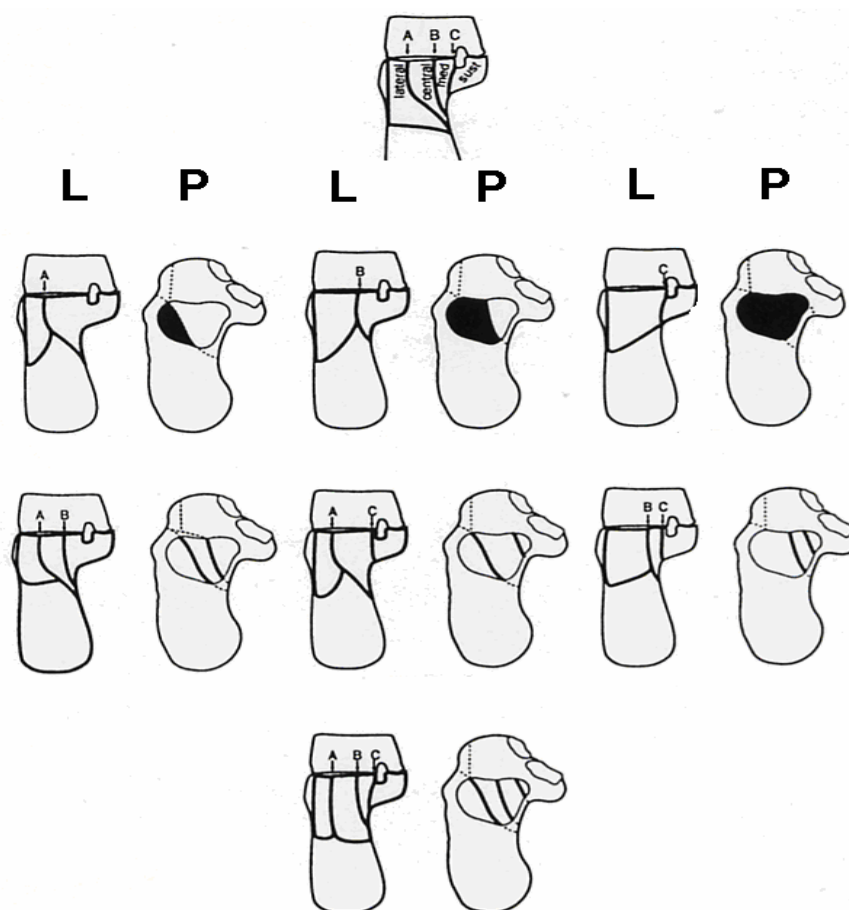
Metody

Ocenę przedoperacyjną P opierałem standardowo na radiogramie bocznym i w razie stwierdzenia przemieszczeń – badaniu kości w KT wg Sandersa (ryc. 3.7.1).

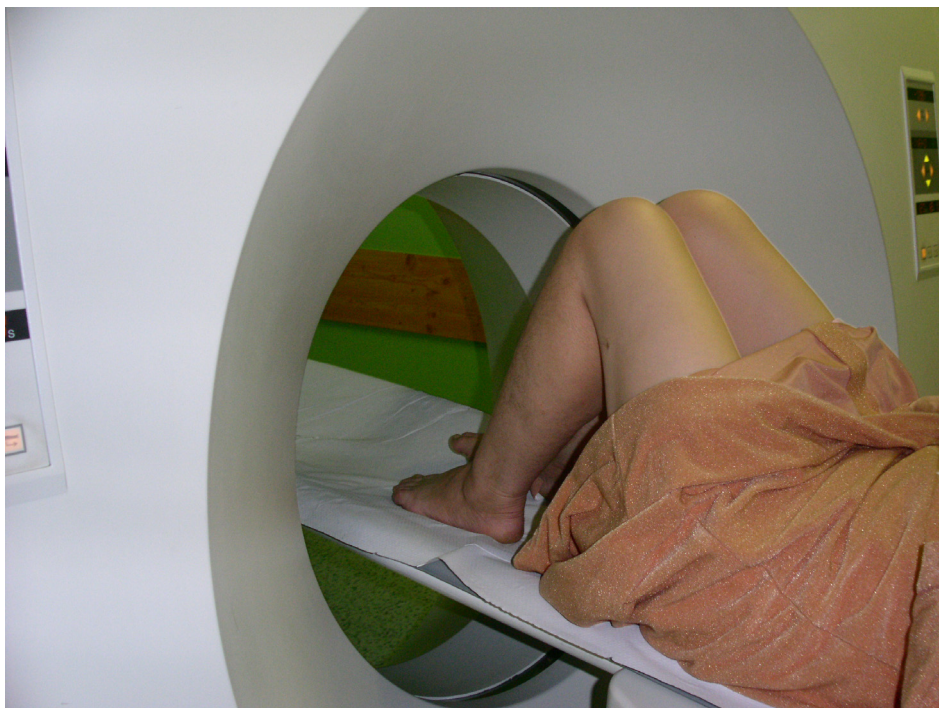
Do badania pacjenta układa się w pozycji leżącej na plecach z kończynami dolnymi zgiętymi w stawach biodrowych i kolanowych. Stopy są często trzymane razem, oparte na powierzchni stołu i obie skanowane dla porównania. Po uzyskaniu bocznego obrazu próbnego należy uzyskać przekroje czołowe (co 5 mm) prostopadłe do PST, a oceny klasyfikacyjnej dokonuje się w oparciu o przekrój z najszerszą widoczną PST. Następny obraz uzyskuje się pod kątem 90° do czołowego, równoległe do osi długiej P. W przypadku współistnienia obrażeń uniemożliwiających standardowe ułożenie kończyn dolnych, badanie wykonywano przy wyprostowanych kończynach odpowiednio rotując głowicę tomografu (ryc. 3.7.2).

Operację wykonywałem w okresie ustępowania obrzęku – marszczenia się skóry i gojenia pęcherzy naskórkowych (6–18 dzień od urazu, średnia – 11 dni). Zabieg operacyjny przeprowadzałem w niedokrwieniu kończyny i osłonie antybiotykowej (jednorazowa dawka cefalosporyny II generacji), bez użycia śródoperacyjnej fluoroskopii (ryc. 3.9.1). Pacjent operowany był w ułożeniu na brzuchu lub na przeciwnym boku. W żadnym przypadku nie stosowałem przeszczepów kostnych do uzupełnienia

ubyteków trzonu P oraz pooperacyjnego drenażu ssącego. Standardowym dostępem był dostęp boczny rozszerzony. Ostateczną stabilizację odłamów uzyskiwałem stosując śrubę ciągnącą na PST oraz niskoprofilową płytę rekonstrukcyjną utrzymującą kształt P (Synthes). Po zabiegu nie stosowałem unieruchomienia zewnętrznego; pacjentom zalecałem wczesny ruch w maksymalnym zakresie tolerowanego bólu. Pionizację rozpoczynano w drugiej dobie pooperacyjnej (w 6 przypadkach opóźnienie wyniosło 4–16 dni z uwagi na współistniejące obrażenia) z jednoczesnym zakazem obciążania kończyny przez 6 tygodni.



Ryc. 3.7.1. Klasyfikacja Sandersa przestawowych złamań P. Po stronie lewej graficzny odpowiednik przekroju czołowego w tomografii komputerowej przez najszersze miejsce stawu skokowo-piętowego tylnego, po prawej odpowiadający widok z góry. W pierwszym szeregu złamania typu II, w drugim typu III, w trzecim typu IV; wg Sandersa [187].



Ryc. 3.7.2. Obrazowanie złamanej P w KT.

Pierwsze kontrolne radiogramy wykonywano w 6 tygodniu po zabiegu, decydując zwykle o rozpoczęciu częściowego obciążania operowanej kończyny. Wyniki leczenia oceniałem w sposób prospektywny. Kolejne radiologiczne badania kontrolne prowadziłem po upływie 12 tygodnia, a następne po roku od zabiegu operacyjnego. Jakość nastawienia oceniałem na podstawie następujących parametrów:

1) odtworzenie PST (zdjęcie rentgenowskie w projekcji Brodena): wynik bardzo dobry – powierzchnia gładka, dobra – uskok 1–2 mm, zły – uskok > 2 mm;

2) kąt Böhlera (zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej): wynik bardzo dobry – kąt porównywalny ze stroną przeciwną w zakresie $\pm 10^\circ$, dobry – jeśli różnica nie przekracza $\pm 20^\circ$, pozostałe traktowałem jako złe.

Wynik czynnościowy określałem na podstawie systemu Creighton-Nebraska po roku od operacji (tab. 3.7.1).

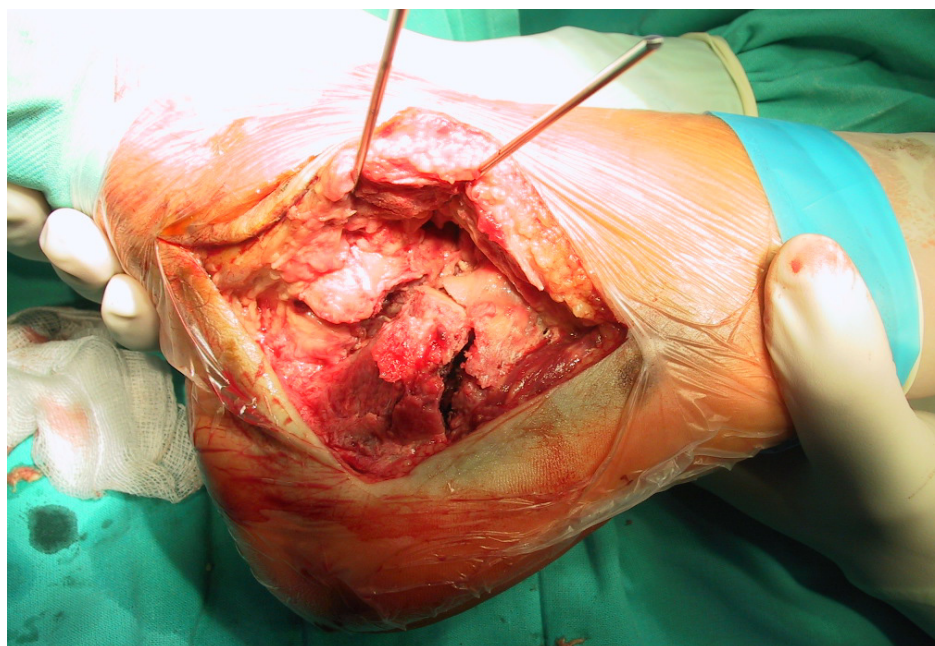
Tab. 3.7.1. Skala Creighton-Nebraska dla oceny klinicznej wyników leczenia złamań P [29]

| Oceniany element | Punktacja |
|--|--|
| Ból (30 pkt.) Podczas aktywności: – bez bólu przy chodzeniu – nieznaczny ból przy chodzeniu – ból przy obciążaniu kończyny – ból znacznie ograniczający aktywność Podczas spoczynku: – bez bólu – ból umiarkowany – ból wymagający nieznacznych dawek NLPZ – silny ból nieustępujący po NLPZ | 15 10 5 0 15 10 5 0 |
| Aktywność (20 pkt.) – nieograniczona aktywność – może przejść bez bólu około 1 km lub stać przez ponad ½ godziny – może przejść bez bólu poniżej 1 km lub stać przez mniej niż ½ godziny – porusza się tylko w obrębie pomieszczeń – nie może chodzić | 20 15 10 5 0 |
| Zakres ruchów (20 pkt.) 25°–30° = 80–100% 20°–25° = 60–80% 15°–20° = 40–60% 10°–15° = 20–40% śląd ruchu | 20 15 10 5 0 |
| Powrót do pracy (20 pkt.) – w pełnym wymiarze, poprzednie stanowisko – w pełnym wymiarze z ograniczeniami – w pełnym wymiarze, zmiana pracy – w ograniczonym wymiarze czasu – nie może podjąć pracy | 20 15 10 5 0 |
| Zmiana rozmiaru obuwia (5 pkt.) – bez zmian – zmiana | 5 0 |
| Obrzęk (5 pkt.) – bez obrzęku – nieznaczny – umiarkowany – znaczny | 5 3 2 0 |
| Zsumowana liczba punktów | Maks. 100 |

90–100 pkt. – wynik bardzo dobry
80–89 pkt. – wynik dobry
65–79 pkt. – wynik zadowalający
< 65 pkt. – wynik zły

Porównałem także średni czas od odsłonięcia P do ostatecznej stabilizacji PST u chorych leczonych z użyciem LD i grupy leczonej bez użycia dystraktora. Diagnostyka przedoperacyjna, kwalifikacja do zabiegu operacyjnego, usprawnianie pooperacyjne oraz badania kontrolne wykonywane były według tego samego schematu w obu badanych grupach. Jedyną różnicą było śródoperacyjne zastosowanie dystraktora kostnego zamiast drutów Kirschnera podtrzymujących odsunięty płat tkankowy z bocznej powierzchni P.

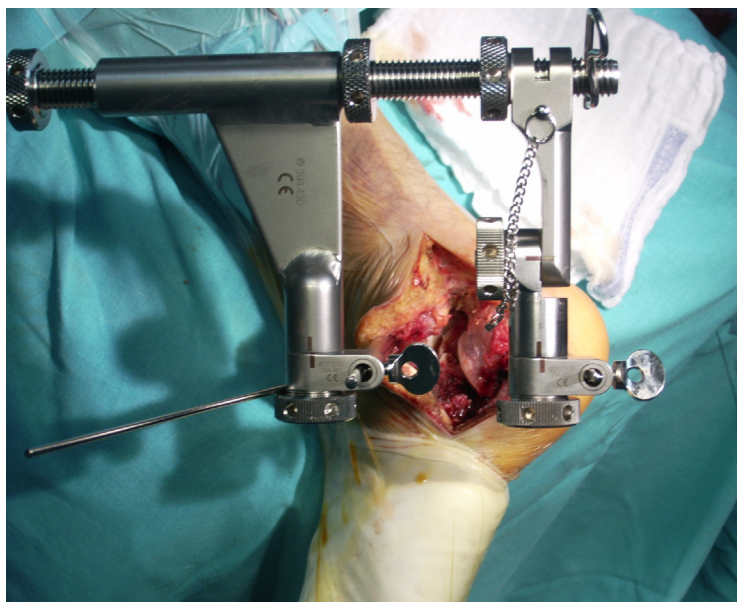
Przednio-górny płat „tkanek miękkich”, oddzielonych w sposób standardowy od bocznej ściany P w warstwie podokostnowej, jest wstępnie utrzymywany w odchyleniu hakami chirurgicznymi. W pierwszej grupie leczonych stosowałem technikę standardową (rozdz. 3.5), w której odchylony ku górze płat był utrzymywany w swoim położeniu przez dwa lub trzy druty Kirschnera grubości 1,8–2,0 mm wprowadzone w KS i często w kość sześcienną (ryc. 3.7.3).



Ryc. 3.7.3. Odsłonięta powierzchnia boczna P. Płat tkankowy, wraz ze ścięgnami mięśni strzałkowych, odwarstwiony i odciągnięty przy pomocy dwóch drutów Kirschnera.

W drugiej grupie zaniechałem ich stosowania, a w to miejsce, napinając ku górze opisany płat, wprowadzam w KS gładki pręt Steinmanna 4,5

mm ukośnie około 30° ku górze w płaszczyźnie czołowej. Podobnie rozwiążę typowe, poważne problemy z manipulacją i rozklinowaniem guza piętowego oraz fragmentu bocznego PST wbitego w odłamy trzonu P. W pierwszej grupie stosowałem do tego celu gładki pręt Steinmanna 4,5 mm wprowadzony w guz piętowy (technika „joystick”) lub element mocujący stabilizatora „pinless”. W drugiej grupie techniki te zastąpiłem ukośnym (około 30°), ku przodowi w płaszczyźnie czołowej wprowadzeniem w guz piętowy, około 0,5 do 1,0 cm od guzowatości gładkiego pręta Steinmanna 4,5 mm. Pręt ten odciąga ku tyłowi i dołowi tkanki miękkie z tylnego brzegu rany. Na tak wprowadzonych prętach montowany jest duży dystraktor kostny („large distractor” LD – Synthes) i przy jego pomocy odłamy P zostają rozciągnięte i rozklinowane, aż do momentu, kiedy szczelina stawu skokowo-piętowego tylnego rozszerzy się do około 7–10 mm. Osiągany zakres rozwarcia stawu jest zależny od subiektywnego wrażenia oporu śruby dystrykcyjnej urządzenia. Po zainstalowaniu dystraktora ustawienie prętów Steinmanna zmienia się na prostopadłe dzięki prowadnicom urządzenia. Prowadzi to do nieznacznego obrócenia KS do wewnątrz i dodatkowego rozwarcia stawu skokowo-piętowego tylnego, a także zniesienia szpotawej deformacji i skrócenia guza piętowego (ryc. 3.7.4).



Ryc. 3.7.4. Dystraktor kostny w przestawowym złamaniu P. Widoczne obniżenie bocznego fragmentu PST.

3.8. Wyniki

Wyniki anatomiczne i czynnościowe po roku od zabiegu operacyjnego u chorych z pierwszej badanej grupy (operacja standardowa) przedstawia tabela 3.8.1.

Tab. 3.8.1. Wynik odległy leczenia chorych z grupy pierwszej

| Płeć, wiek | Typ złamania wg klasyfikacji Sandersa | Wynik anatomiczny | Wynik czynnościowy | Czas stabilizacji PST w min | Powikłania: przykurcz palców (p), zakażenie (i) |
|------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|---|
| M 46 | II | dobry | dobry | 40 | |
| M 26 | II | dobry | dostateczny | 32 | P |
| M 57 | II | bardzo dobry | dobry | 30 | P |
| K 59 | II | dobry | dobry | 40 | |
| K 19 | III | dobry | dobry | 33 | P |
| M 33 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 14 | |
| M 48 | III | bardzo dobry | dobry | 29 | |
| K 32 | II | bardzo dobry | dobry | 25 | |
| M 44 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 17 | |
| M 25 | III | dobry | dobry | 38 | P |
| M 22 | II | bardzo dobry | dobry | 19 | |
| M 52 | III | bardzo dobry | bardzo dobry | 32 | |
| M 34 | III | dobry | bardzo dobry | 33 | |
| M 29 | III | dobry | dobry | 30 | |
| M 57 | III | dobry | dostateczny | 36 | P, I |
| M 48 | II | bardzo dobry | dobry | 20 | |
| M 39 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 22 | |
| M 33 | II | dobry | dobry | 19 | |
| K 37 | III | bardzo dobry | dobry | 29 | P |
| M 50 | II | bardzo dobry | dobry | 20 | P |
| M 31 | III | dobry | dobry | 30 | |
| M 50 | III | dobry | dobry | 32 | |
| M 26 | III | Dobry | Dobry | 28 | |

Wyniki anatomiczne i czynnościowe po roku od zabiegu operacyjnego u chorych z drugiej badanej grupy (z zastosowaniem dystraktora) przedstawia tabela 3.8.2.

Tab. 3.8.2. Wynik ostateczny leczenia chorych z grupy drugiej

| Płeć, wiek | Typ złamania wg klasyfikacji Sandersa | Wynik anatomiczny | Wynik czynnościowy | Czas stabilizacji PST w min | Powikłania: przykurcz palców (p), zakażenie (i) |
|------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|---|
| M 26 | II | dobry | dobry | 39 | P |
| M 57 | II | bardzo dobry | dobry | 35 | P |
| K 59 | II | dobry | bardzo dobry | 30 | |
| K 19 | III | dobry | dobry | 42 | P |
| M 33 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 11 | |
| M 48 | III | dobry | dobry | 31 | |
| K 32 | II | bardzo dobry | dobry | 19 | |
| M 44 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 21 | |
| M 22 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 14 | |
| M 52 | III | bardzo dobry | dobry | 19 | |
| M 34 | III | dobry | dobry | 20 | |
| M 29 | III | dobry | dobry | 34 | |
| M 57 | III | dobry | dostateczny | 20 | P, I |
| M 48 | II | bardzo dobry | dobry | 16 | |
| M 39 | II | bardzo dobry | bardzo dobry | 15 | |
| M 33 | II | dobry | dobry | 12 | |
| K 37 | III | bardzo dobry | bardzo dobry | 22 | |
| M 50 | II | bardzo dobry | dobry | 12 | P |
| M 31 | III | dobry | dobry | 18 | |

U wszystkich operowanych chorych uzyskałem dobry lub bardzo dobry wynik anatomiczny leczenia, opierając się na parametrach radiologicznych.

Odległy wynik czynnościowy określiłem jako dobry i bardzo dobry u 39 z 42 chorych (93%), a jedyne trzy wyniki dostateczne (7%) związane były zawsze, z co najmniej jednym powikłaniem. Średni czas stabilizacji PST w grupie operowanej bez dystraktora wynosił 28 minut (zakres 14–42), podczas kiedy przy zastosowaniu dystraktora wynosił 22 minuty (zakres 11–42).

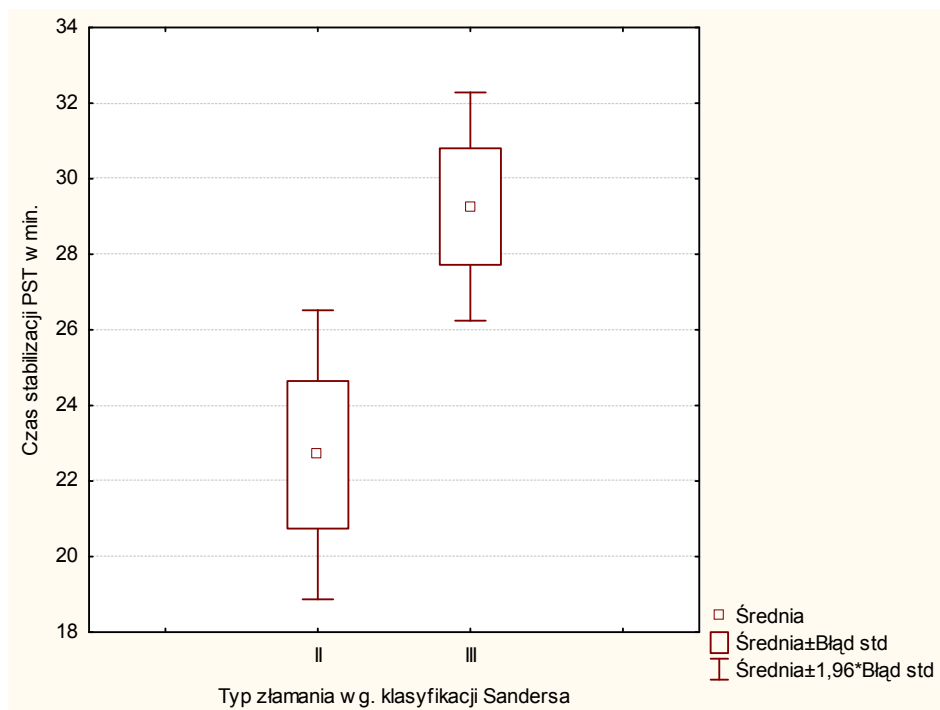
Podsumowanie statystyczne wyników z tabeli 3.8.1 i 3.8.2

Nie wykazano zależności pomiędzy częstością danego typu złamania P a płcią, jednakże mężczyźni znacznie częściej niż kobiety doznawali tego typu uszkodzeń (34/8). Wykazano natomiast istotną zależność pomiędzy typem złamania wg klasyfikacji Sandersa, a uzyskanym wynikiem anatomicznym ($p = 0,00527$). Sumując wyniki w obu grupach chorych, w II typie złamania u 69,6% ($n = 16$) pacjentów uzyskałem bardzo dobry wynik anatomiczny, natomiast w przypadku złamania typu III taki wynik uzyskałem tylko u 26,3% ($n = 5$) pacjentów. Nie wykazano, aby wynik czynnościowy był zależny od typu złamania. Wykazano natomiast istotną zależność między wynikiem anatomicznym a uzyskanym wynikiem czynnościowym ($p = 0,0113$). U 42,9% osób z bardzo dobrym wynikiem anatomicznym uzyskałem też bardzo dobry wynik czynnościowy, natomiast w grupie z dobrym wynikiem anatomicznym bardzo dobry wynik czynnościowy uzyskałem tylko u 9,5% operowanych.

Stwierdziłem także, że częstość powikłania w postaci przykurczu palców jest niezależna od typu złamania. Przykurcze palców obserwowałem u 26,1% pacjentów ze złamaniem typu II wg Sandersa i u 31,6% ze złamaniem typu III.

Analizując wiek badanych nie stwierdziłem istotnej różnicy w wieku pacjentów z II typem i III typem złamania.

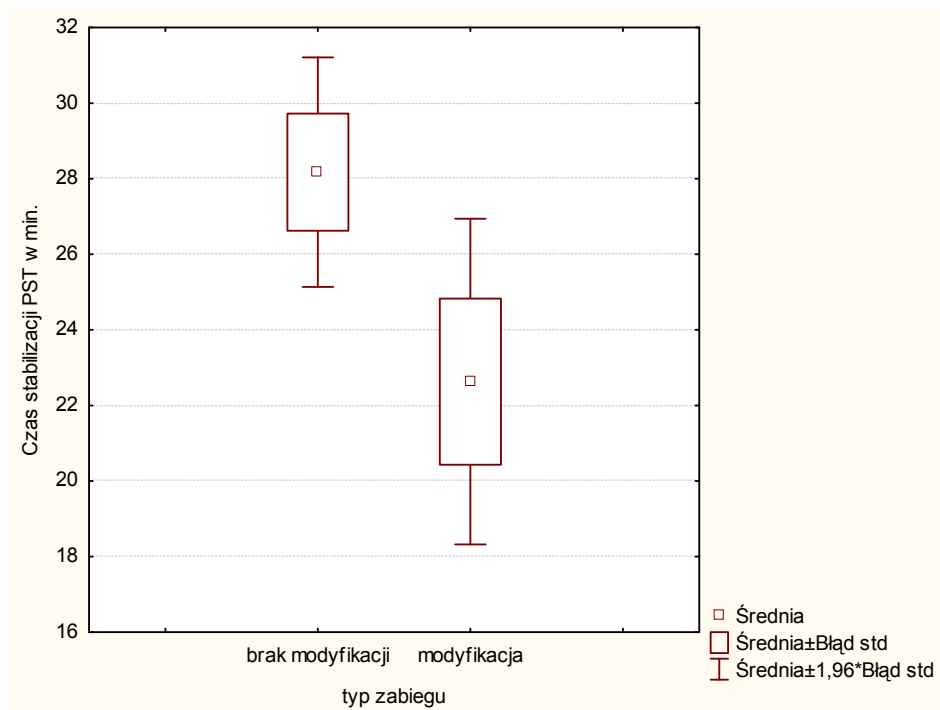
Porównując czas stabilizacji PST w zależności od typu złamań wg Sandersa stwierdziłem istotną różnicę ($p = 0,0143$). Średni czas stabilizacji w III typie złamania wynosił 29,3 min, a w typie II był krótszy – 22,7 min (ryc. 3.8.1).



Ryc. 3.8.1. Wykres zależności czasu stabilizacji PST od typu złamania.

Nie stwierdziłem, aby zastosowanie LD wpływało na lepsze wyniki anatomiczne lub czynnościowe. Podobnie, zastosowanie tej modyfikacji operacyjnej nie wpływało na częstość wystąpienia powikłania w postaci przykurczu palców.

Wykazałem natomiast, że zastosowanie dystraktora istotnie skraca średni czas stabilizacji PST – z 28,2 min do 22,6 min ($p = 0,0411$) (ryc. 3.8.2).



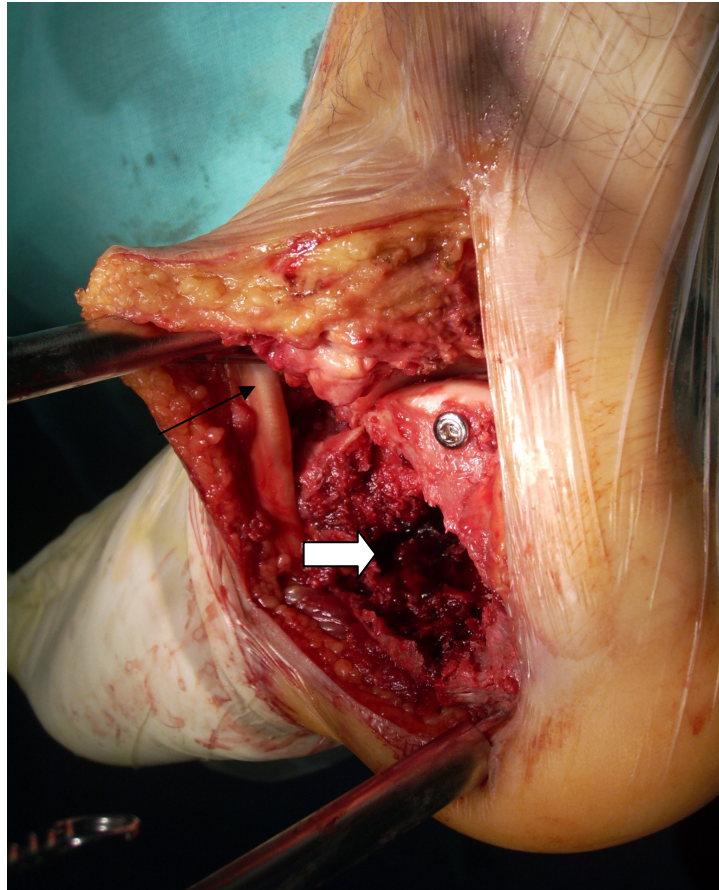
Ryc. 3.8.2. Wykres zależności czasu stabilizacji PST od śródoperacyjnego zastosowania LD.

3.9. Omówienie uzyskanych wyników

Zastosowałem standardowe kryteria kwalifikacji chorych i dostęp operacyjny [171, 248, 257, 260]. Podobnie cel anatomiczny odpowiada dobrze opisanym kryteriom [171, 183, 192, 204, 221, 241, 248, 259] (rozdz. 3.7). Wielu autorów wskazuje na znaczenie oceny wartości kąta Böhlera, gdyż jego zmniejszenie (spłaszczenie) prowadzi do bardziej poziomego ustawienia KS na KP i w rezultacie zaburza mechanikę stawu skokowego górnego i skokowo-łódkowatego [171, 183, 255, 259] (rozdz. 3.3 i 3.5). W wielu doniesieniach naukowych podnosi się także znaczenie odtworzenia anatomii powierzchni stawowej tylnej KP, jako czynnika ograniczającego ryzyko rozwoju zmian zwyrodnieniowych i bólu [178, 180, 187, 199, 201, 213, 215, 220, 229, 231, 237, 242, 243, 246, 247, 249, 252]. Dobre i bardzo dobre wyniki anatomiczne, oraz najczęściej dobre czynnościowe, uzyskane w grupie opisanych powyżej chorych są zbieżne z opublikowanymi przez innych autorów w podobnych populacjach chorych [171, 192, 193, 201, 204]. Stosując odmienny od naszego system

oceny Zwipp donosi o 46% bardzo dobrych, 42% dobrych, 11% zadowalających i 1% złych wyników w grupie 194 chorych [192]. Wśród autorów stosujących system Creighton-Nebraska: Crosby uzyskał 50% bardzo dobrych i 30% dobrych wyników, a Monsey 30% bardzo dobrych, 26% dobrych oraz 44% złych i umiarkowanych w stosunkowo jednorodnej grupie pacjentów ze złamaniem typu Sanders II. W grupie ze złamaniem Sanders III Monsey donosi o 22% bardzo dobrych, 22% dobrych, 22% umiarkowanych i 30% złych wyników [193, 204]. W przedstawionym materiale różnice takie są również zauważalne i wskazują na istotny walor rokowniczy zastosowanej klasyfikacji [183, 191, 193, 204, 231]. Zastosowana przez mnie metoda oceny, opracowana przez Crosby'ego, jest szeroko stosowana w świecie i opiera się na ocenie podobnych, subiektywnych parametrów jak inne systemy np. Maryland [171, 180, 187, 193, 204, 212, 229] (rozdz. 3.7).

Zaniechanie stosowania przeszczepów kostnych w celu uzupełnienia ubytku trzonu P (największy, w obrębie względnie mniej obciążanego tzw. trójkąta neutralnego) nie spowodowało w opisanej grupie chorych pogorszenia wyniku anatomicznego (ryc. 3.9.1). Tufescu i Buckley porównali pacjentów leczonych z zastosowaniem przeszczepu oraz bez. Nie byli oni w stanie wykazać jakichkolwiek obiektywnych radiologicznych lub czynnościowych zalet uzupełniania ubytku P kością gąbczastą [175]. Wyjaśnieniem może być fakt, że tzw. trójkąt neutralny – miejsce o ubogiej strukturze kostnej bezpośrednio pod przednią częścią PST jest w warunkach fizjologicznych obciążane jedynie nieznacznie [183, 212, 256]. W badaniu z 2006 roku Schepers donosi o stosowaniu przeszczepu kostnego u 20% operowanych chorych ze złamaniem P w Holandii, a dodatkowo 42% ankietowanych chirurgów stosowało je okazjonalnie. Aż 38% przyznało, że nigdy nie stosują przeszczepów kości gąbczastej [169]. Niekiedy sposobem zaopatrywania ubytku w trzonie P jest wprowadzenie cementu kostnego w tym wchłaniałnego (NorianSC) w miejsce ubytku [243, 262].



Ryc. 3.9.1. P rozciągnięta przy użyciu dystraktora udowego. Po odtworzeniu i stabilizacji PST śrubą ciągnącą widoczny powstały ubytek w trzonie kości (biała strzałka). Na górnym przecie Steinmanna widoczne napinające się ścięgna mięśni strzałkowych (czarna strzałka).

Dobry wynik anatomiczny jest pozytywnym prognostykiem dla funkcji kończyny w przyszłości. Nie można się jednak spodziewać prostej zależności: anatomiczna rekonstrukcja – dobry wynik czynnościowy. W prezentowanym materiale bardzo dobry wynik anatomiczny wiązał się z dobrym lub bardzo dobrym wynikiem czynnościowym. Jednak z drugiej strony uzyskanie dobrego wyniku anatomicznego tylko wyjątkowo umożliwia osiągnięcia bardzo dobrego wyniku czynnościowego (n = 2). Znaczący wpływ tkanek otaczających P i ich uszkodzeń na wynik ostateczny oraz sytuacji socjo-ekonomicznej pacjenta sprawia, że jest on zawsze wielką niewiadomą [171, 220, 225, 245]. Przewlekły ból, jako

najczęstszy objaw złego wyniku leczenia złamania P, stanowi często wskazanie do dalszych zabiegów ratujących czynność kończyny np. artrodezy podskokowej [169, 170, 190, 242, 259, 262]. Według danych z Holandii dotyczy to aż 21% leczonych tam chorych [169]. W warunkach amerykańskich artrodezie poddaje się 16% chorych po nieoperacyjnym leczeniu złamań P i jedynie 3% po jej rekonstrukcji [171, 255].

Znaczny obrzęk stopy we wczesnym okresie leczenia, z często współistniejącymi zmianami skórnymi (wybroczyny, pęcherze), skłania do rozważenia konieczności fascjotomii.

U wszystkich chorych z badanej grupy wykonywaliśmy bezpośrednie pomiary ciśnienia w 3 przedziałach powięziowych tyłostopia. Pomimo znaczącego podwyższenia ciśnienia w każdym przypadku nie znajdowaliśmy wszystkich klinicznych cech typowych dla zespołu, stąd zaniechanie wykonania nacięć [263]. W materiale innych autorów fascjotomie wykonywane są z różną częstością od 0% do 20% przypadków zdiagnozowanego zespołu ciasnoty [170, 171]. Uznaje się, że ciasnota dotyczy około 10% chorych ze złamaniem P. Połowa z nich doznaje w efekcie zwłóknienia „tkanek miękkich” stopy z ich deformacją i przykurczem palców [171].

W moim materiale problem dotyczył 12 chorych i nikogo z nich nie zaliczyłem do grupy z bardzo dobrym wynikiem czynnościowym.

Podkreślenia wymaga fakt stosunkowo niewielkiej ilości powikłań gojenia rany, pomimo zaniechania stosowania pooperacyjnego drenażu ssącego. Uznałem, że postępowanie takie ograniczy typowe dla opisanego zabiegu problemy z zamknięciem rany [171]. Infekcja jest najbardziej dramatycznym powikłaniem operacji (do 25% przypadków wliczając powierzchowne problemy z gojeniem rany) [165, 178, 190, 198, 220, 245]. Pomimo zaniechania stosowania pooperacyjnego drenażu ssącego liczba powikłań zapalnych w przedstawionym poniżej materiale – 5% (n = 2), jest porównywalna z najkorzystniejszymi wśród cytowanych autorów [171, 183, 190, 192, 213, 243]. Zwipp donosi o infekcjach powierzchownych u 6,7% chorych i zapaleniu kości u 2,2% [192]. Podobne dane pochodzą z Holandii: 16% problemów z gojeniem rany i 2% głębokich zakażeń [169]. Buckley w wielośrodkowym badaniu na ponad 400 pacjentach stwierdził 5% głębokich infekcji [171]. Uznanymi czynnikami ryzyka zakażenia po otwartej rekonstrukcji P są: cukrzyca, nikotynizm i niewydolność naczyniowa. Ograniczam zagrożenie powikłaniami poprzez unikanie operacji u chorych z grupy ryzyka, profilaktykę antybiotykową, opóźnioną interwencję oraz delikatne preparowanie tkanek pokrywających kość. W przypadku głębokich zakażeń z ubytkiem tkankowym niewiele

jest możliwości pokrycia rany w tej okolicy wartościowymi płatami tkan-
kowymi [165, 171]. Zwykle, dochodzi jedynie do rozejścia brzegów rany
w okolicy kąta nacięcia, jednak odpowiednie postępowanie miejscowe
pozwała zazwyczaj na wygojenie. Przyczyną jest często nieprawidłowe
odpreparowanie bocznego płata skórno-okostnowego lub nadmierne na-
pięcie zszytych tkanek spowodowane ich obrzękiem lub nadmiernym
obkurczeniem [165, 171, 178]. W moim materiale dwa przypadki rozej-
ścia zagoiły się w ciągu miesiąca od pojawienia. Jeden z nich dotyczył
brzeżnej martwicy skóry w okolicy kąta cięcia, a ubytek pojawił się
wkrótce po zabiegu, w drugim dopiero po usunięciu szwów w 14 dniu od
operacji, z rzekomo wygojonej rany. Jeden przypadek głębokiej infekcji
(*Staphylococcus aureus*) wymagał usunięcia implantu oraz resekcji brze-
gów kości; płytki ubytek pokryto gąbką kolagenową nasączoną gentamy-
cyną (*Garamycin Schwamme*) (ryc. 3.9.2).



Ryc. 3.9.2. Ubytek kości i tkanek pokrywających po chirurgicznym opracowaniu zaka-
żonej rany pooperacyjnej. Stan po usunięciu implantów.

Wygojenie rany uzyskano po zastosowaniu metody VAC (ryc. 3.9.3).



Ryc. 3.9.3. Ubytek tkankowy powstały po usunięciu implantu i chirurgicznym opracowaniu rany – leczenie VAC.

Podobnie jak inni autorzy istotne znaczenie przypisują decyzji o czasie podjęcia interwencji operacyjnej [165, 190, 199]. Czekam niekiedy do trzech tygodni (zwykle 8–15 dni), aż do ustąpienia obrzęku i wygojenia pęcherzy naskórkowych. W tym czasie chora kończyna jest utrzymywana w uniesieniu, a skóra pielęgnowana. Zwykle, zwłaszcza w obrażeniach będących wynikiem urazów o wysokiej energii kinetycznej dochodzi do znacznych zmian niedokrwiennych w skórze i tkance podskórnej okołopiętowej. W piśmiennictwie pojawiają się sugestie stosowania pomp pneumatycznych dla przyspieszenia ustępowania obrzęku, lecz efekty takich działań są kwestionowane [165, 190].

W przypadku powikłań zapalnych, długotrwała antybiotykoterapia (nawet do 4 tygodni) i codzienna pielęgnacja rany z jej dokładnym opracowaniem chirurgicznym jest postępowaniem z wyboru [165, 178]. Podobnie w prezentowanym materiale wszystkie tego typu przypadki zostały

wygojone. Szczególnie cenną zdobyczą ostatnich lat wydaje się metoda VAC. Poza jednym, dramatycznym w przebiegu, wygojonym przypadkiem zakażenia P po jej operacyjnej rekonstrukcji, w warunkach Kliniki Chirurgii Urazowej w Poznaniu stosujemy tę metodę także w innych ciężkich przypadkach zakażeń narządu ruchu. Wyniki, które osiągamy wydają się wspierać wnioski z publikacji dotyczących zastosowań metody [264, 265].

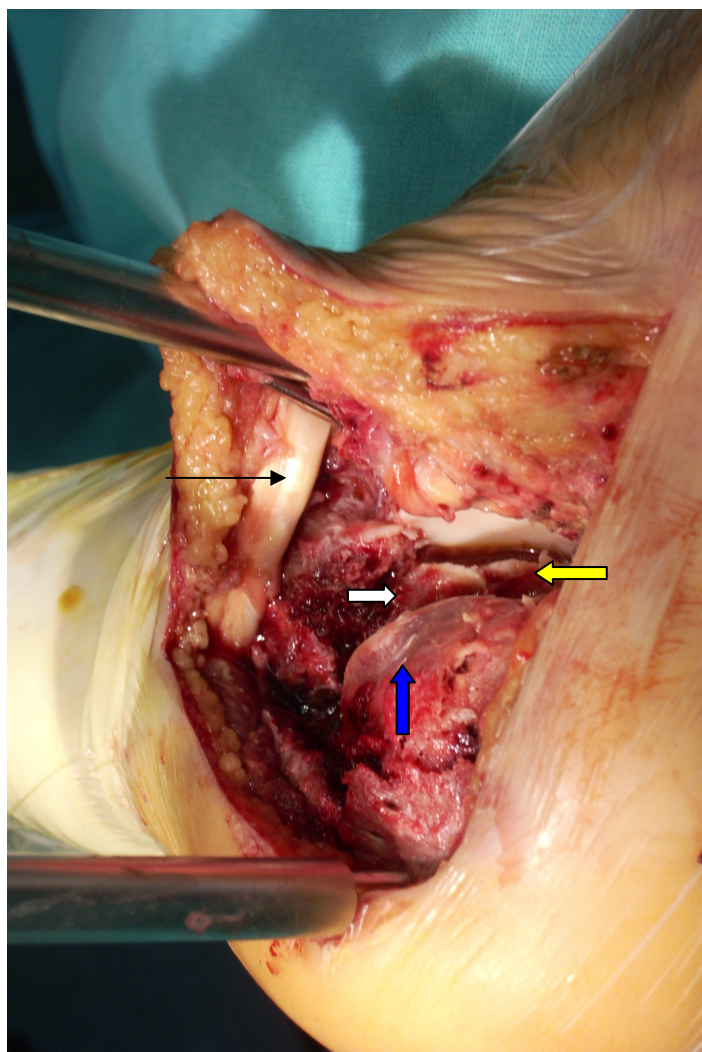
Jedyną różnicą w technice operacyjnej pomiędzy badanymi grupami chorych było zastąpienie bardziej pracochłonnych i mniej efektywnych technik ekspozycji oraz nastawienia odłamów złamania P, zastosowaniem LD (rozdz. 3.7). W mojej opinii technika ta ułatwia wizualizację, rozklinowanie i następnie nastawienie odłamów. Dowodzi tego skrócenie czasu zabiegu operacyjnego. Dodatkowym elementem mogącym mieć wpływ na skrócenie tego czasu może być również rosnące doświadczenie operatora, na czym skorzystali głównie pacjenci z grupy leczonej z użyciem LD.

Zastosowanie tego urządzenia w przezstawowych złamaniach P nie zostało dotychczas odnotowane w piśmiennictwie medycznym (baza Medline). Jedynymi są doniesienia o zastosowaniu LD w korekcyjnych zabiegach artrodezy podskokowej z powodu następstw złamań P oraz w artroskopii stawu skokowego [260, 266].

W badanej grupie gładki pręt Steinmanna wprowadzony w KS bardzo stabilnie utrzymywał odchylony grzbietowo płat tkankowy. Wykonanie dystrakcji przy pomocy LD prowadzi zawsze do rozklinowania odłamów P (również stawowych), rozciągnięcia guza piętowego i korekcji jego szpotowości. Dotychczas stosowano w tym celu klamry kostne ze stabilizatora „pinless”, klasyczną mostującą stabilizację zewnętrzną lub pręty Schantza i Steinmanna mające działać na guz piętowy jak „joystick” [190, 214, 259, 267, 268]. Działania takie są umiarkowanie skuteczne i często praco- i czasochłonne. Uzyskany, po zastosowaniu dystraktora, bardzo dobry wgląd w staw piętowo-skokowy tylny ogranicza znacznie wskazania do stosowania śródoperacyjnego podglądu rentgenowskiego. W obu opisanych grupach chorych śródoperacyjne monitorowanie rentgenowskie nigdy nie było używane. Stosuję zawsze metodę polegającą na odreparowaniu tkanek pomiędzy KS a ścięgnem Achillesa, przez co uzyskuję dodatkowo wgląd w część tylną PST oraz możliwość kontroli palcem ściany przysrodkowej P.

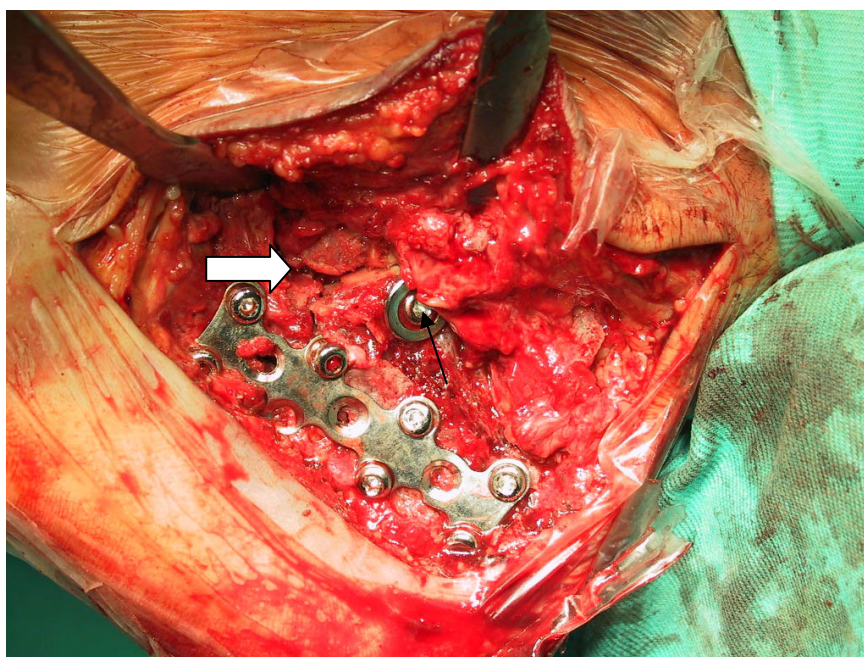
LD utrzymywał odłamy P w rozciągnięciu przez cały okres trwania zabiegu bez konieczności angażowania asysty (ryc. 3.9.4). Rozwarcie

stawu wynosi około 6–8 mm w jego części bocznej, zwążając się stopniowo w kierunku przyśrodkowym. Stosując opisaną technikę możliwe jest wykonywanie trudnego zabiegu operacyjnej rekonstrukcji P jedynie w asyście instrumentariuszki.

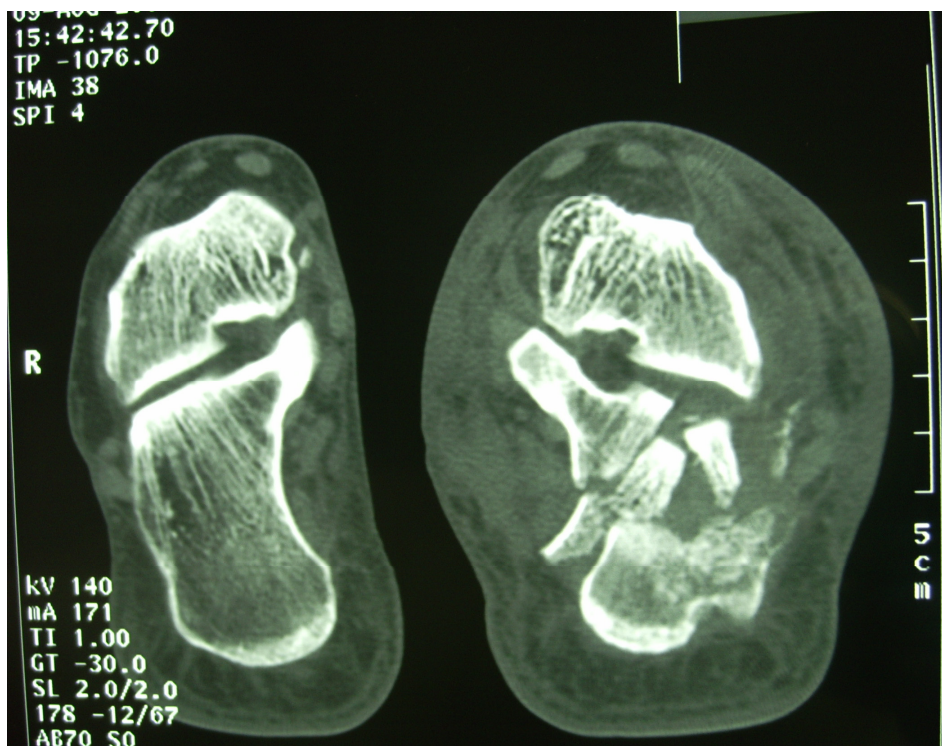


Ryc. 3.9.4. Dystrakcja stawu skokowo-piętowego tylnego przy zastosowaniu LD. Na górnym przecięciu Steinmanna widoczne napinające się ścięgna mięśni strzałkowych (czarna strzałka), natomiast w głębi stawu nieprzemieszczony fragment przednio-przyśrodkowy (żółta strzałka) i środkowy (biała strzałka) złamania P – typ III wg Sandersa. Wgnieciony i obrócony fragment boczny PST (strzałka niebieska).

Szczególnie istotnym szczegółem technicznym jest konieczność demontażu LD po nastawieniu i stabilizacji trzonu z powierzchnią stawową i guza P. Pozostawiony dystraktor uniemożliwia odtworzenie kąta Gissane'a oraz nastawienie odłamów wyrostka przedniego. Usuwając dystraktor należy pozostawić pręty Steinmanna. Pręt górny nadal utrzymuje odchylony przednio-górny płat tkankowy, natomiast tylny-dolny może służyć do manipulacji guzem piętowym. Zwykle wstępnie ustabilizowaną w części stawowej i trzonie P płytkę klinuję na (przez krańcowy, tylny-dolny otwór płyty) lub przed tylny-dolny pręt Steinmanna. Manewr ten, utrzymuje rozciągnięty i nastawiony guz piętowy po demontażu dystraktora. Wyrostek przedni zostaje ściągnięty hakiem jednozębnym w kierunku płytki rekonstrukcyjnej utrzymującej śrubami odłamy trzonu i guza P. Przy utrzymywaniu dystrakcji jest to niewykonalne.

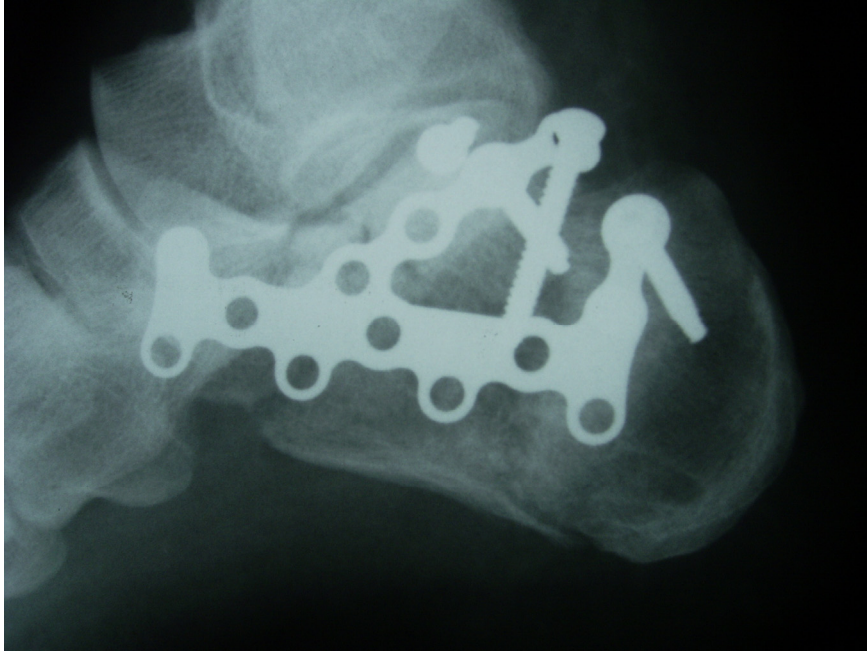


Ryc. 3.9.5. Płytką rekonstrukcyjną utrzymującą odłamy trzonu, guza i wyrostka przedniego P. Śruba ciągnąca z podkładką utrzymująca nastawienie PST (czarna strzałka). Odtworzony anatomicznie kąt Gissane'a (widoczna typowa, pionowa, wtórna linia przełomu) pomiędzy PST i wyrostkiem przednim P oznaczony białą strzałką.



Ryc. 3.9.6. Przedoperacyjne badanie P – po stronie lewej złamanie stawowe typu III wg Sandersa, po prawej porównawczy obraz kości nieuszkodzonej. Pacjent z grupy leczonej dystraktorem kostnym.

Niewielka jest możliwość porównywania wyników leczenia między ośrodkami w kraju. Poza pracami Rapały brakuje doniesień o stosowaniu otwartej repozycji zarówno części stawowej, jak i pozastawowej P, a dodatkowo żaden z autorów nie stosuje uznanych, wartościowych rokowniczo klasyfikacji złamań i systemów oceny wyników leczenia. Stosowana zwykle klasyfikacja Essex-Lopresti jest mało przydatna w ocenie uszkodzeń powierzchni stawowej. W efekcie metody terapeutyczne stosowane w oparciu o nią (zamknięte „nastawienie” i stabilizacja przezskórna wiązką drutów Kirschnera, metoda Westhuesa, stabilizacja DERO lub Ilizarowa) nie są metodami mogącymi przywrócić optymalne warunki anatomiczne w niemal 80% przypadków opisywanych złamań P [174, 196, 207, 210, 269].



Ryc. 3.9.7. Radiogram pooperacyjny w projekcji bocznej – pacjent z ryc. 3.9.8. Widoczne prawidłowe odtworzenia parametrów anatomicznych złamanej P (bardzo dobry wynik anatomiczny) przy zastosowaniu płytki rekonstrukcyjnej i śruby ciągnącej.

Uznałem, że porównywanie wyników czynnościowych w obu grupach po roku od zabiegu operacyjnego nie jest konieczne, gdyż opisana modyfikacja techniki operacyjnej nie ma wpływu na czynnościowy wynik odległy przy porównywalnym wyniku anatomicznym. Zastosowanie LD ułatwia osiągnięcie anatomicznego ustawienia odłamów złamania, co z kolei jest uznawane za czynnik korzystny rokowniczo (rozdz. 3.4 i 3.5). Porównywanie grup chorych, którzy uzyskali taki sam ostateczny wynik leczenia jest więc bezcelowe.

Pewnym ograniczeniem powyższej pracy jest brak grupy porównawczej z podobnymi złamaniami i stanem biologicznym, leczonych nieoperacyjnie. Pomimo możliwości dotarcia do takiej grupy pacjentów (np. z innych ośrodków) nie nadają się oni do uwzględnienia w grupie kontrolnej z uwagi na niepełną diagnostykę – nie byli oni badani przy użyciu KT, co tym samym uniemożliwia sklasyfikowanie złamań wg Sandersa. Wykonanie takich badań porównawczych w naszym ośrodku jest niemożliwe z etycznego punktu widzenia. Jesteśmy bowiem przekonani o konieczności operacyjnej, anatomicznej rekonstrukcji stawowych złamań P w określonych grupach chorych (rozdz. 3.7).

3.10. Wnioski

Z przedstawionych badań i własnego doświadczenia w operacyjnym leczeniu stawowych złamań kości piętowej wynikają następujące wnioski:

1. Odpowiednio zmontowany dystraktor udowy jest użyteczny w zabiegach otwartej rekonstrukcji przezstawowych złamań kości piętowej z dostępu bocznego.

2. Zastosowanie dystraktora umożliwia dobrą wizualizację ważnych struktur anatomicznych w operowanym obszarze, ogranicza ilość osób asystujących przy zabiegu oraz znacząco skraca czas operacji w stosunku do techniki standardowej.

3. Zaniechanie stosowania pooperacyjnego drenażu rany operacyjnej oraz uzupełniania ubytków trzonu kości piętowej przeszczepami kostnymi nie prowadzi do zwiększenia ilości powikłań infekcyjnych ani też do utraty anatomicznych parametrów nastawienia.

4. Leczenie operacyjne rekonstrukcją stawowych złamań kości piętowej umożliwia uzyskanie dobrych i bardzo dobrych wyników anatomicznych w wybranych grupach chorych.

5. Operacyjne odtworzenie prawidłowej anatomii złamanej kości piętowej rokuje odzyskanie sprawności kończyny.

6. Powikłania urazu i leczenia operacyjnego stawowych złamań kości piętowej wpływają istotnie na pogorszenie wyniku czynnościowego.

7. Przezstawowe złamania kości piętowej są trzykrotnie częstsze u mężczyzn niż u kobiet.

8. Wynik anatomiczny leczenia operacyjnego stawowych złamań kości piętowej nie jest zależny od stopnia uszkodzenia powierzchni stawowej tylnej w zakresie II/III° wg Sandersa.

9. Wynik czynnościowy po leczeniu rekonstrukcyjnym złamania kości piętowej nie jest zależny od typu złamania w zakresie II/III° wg Sandersa, a jedynie od jakości repozycji.

10. Typ złamania kości piętowej wg Sandersa jest niezależny od wieku chorego.

3.11. Streszczenie

Stawowe złamania kości piętowej (P) są częste, stanowią jednocześnie znaczący problem kliniczny. Pomimo opracowania wielu metod operacyjnych i nieoperacyjnych, w ponad 100-letniej historii leczenia, wyniki leczenia są nie zawsze satysfakcjonujące. Nawet cel anatomiczny leczenia złamań stawowych złamań P nie jest jednoznacznie akceptowany. Stąd oczywiste pozostają kontrowersje dotyczące jego standardów. Taka sytuacja, szczególnie wyraźna w warunkach polskich, skutkuje częstym pourazowym okaleczeniem chorego. Pozostawienie przemieszczonych, zarówno wewnątrz- jak i zewnątrzstawowych, elementów P prowadzi do bólu i zwykle do różnego rodzaju zaburzeń czynności stopy. Ból ten może być efektem wielu powikłań zarówno procesu leczenia, jak i pozostawionej deformacji, np.: niezborność stawów skokowo-piętowych prowadząca do rozwoju zmian zwyrodnieniowych i ograniczeń zakresu ruchu w stawie skokowym dolnym, wybrzuszenie bocznej powierzchni P skutkujące uwięzieniem ścięgien mięśni strzałkowych i jej przyparciem do kostki bocznej, skrócenie P osłabiające dźwignię ścięgna Achillesa oraz jej spłaszczenie wymuszające poziome ustawienie kości skokowej (KS) z jej przyparciem do przedniej krawędzi piszczeli. Niezwykle istotne są też przykurcze palców stopy wynikające ze zmian niedokrwiennych krótkich mięśni stopy.

Najszersze uznanie w zapobieganiu tego typu następstwom złamania P zyskała operacja otwartej rekonstrukcji kości z rozszerzonego dostępu bocznego. Celem przeprowadzonych badań jest ocena zastosowanego w opisaney grupie chorych dużego dystraktora kostnego (LD), jako modyfikacji standardowej techniki operacyjnej, mającej w założeniu ułatwić ją i przyspieszyć.

Materiał i metody

Poddałem ocenie wyniki leczenia dwóch grup chorych ze stawowymi złamaniami P. Pierwsza z analizowanych grup 23 chorych leczona była standardową techniką rekonstrukcji P z rozszerzonego dostępu bocznego. Druga, do której zakwalifikowałem 19 chorych leczona była zmodyfikowaną przeze mnie techniką. Modyfikacja polegała na zastosowaniu LD w celu utrzymania odsuniętych płatów „tkanek miękkich” ze ściany bocznej P, nastawienia odłamów stawowych i guza piętowego oraz zwiększenia rozwarcia stawu skokowo-piętowego tylnego w celu jego lepszej wizualizacji. Wszystkich chorych operowałem w niedokrwieniu kończyny,

nie uzupełniałem powstałego ubytku w trzonie P przeszczepami kostnymi oraz zaniechałem stosowania pooperacyjnego drenażu ssącego. Po roku od rozpoczęcia leczenia dokonałem analizy uzyskanych wyników anatomicznych i czynnościowych oraz czasu trwania zabiegu operacyjnego. Przedoperacyjna diagnostyka opierała się na potwierdzeniu złamania radiogramem w projekcji bocznej, po czym była uzupełniana badaniem złamanej P w tomografii komputerowej (KT). Na podstawie przekroju czołowego przez staw skokowo-piętowy tylny klasyfikowałem złamania wg systemu Sandersa. Wynik anatomiczny leczenia oceniałem na podstawie odtworzenia następujących parametrów radiologicznych: kąta Böhlera, kąta Gissane'a i powierzchni stawowej-tylnej (PST). W celu oceny czynnościowej zastosowałem skalę Creighton-Nebraska. Szczegółowej analizie poddano powikłania stosowanego leczenia.

Wyniki

Wszystkie złamania wygoiły się z dobrym lub bardzo dobrym wynikiem anatomicznym. Wyniki czynnościowe leczenia były mniej korzystne u wszystkich 12 chorych, którzy doznali powikłań urazu lub w przebiegu leczenia. Najczęściej obserwowanym powikłaniem (n = 12) był przykurcz palców stopy z ich młotkowatym ustawieniem. Szczególnie niekorzystny wpływ miało zakażenie P u dwóch chorych – wynik dostateczny. Pozostali uzyskali ocenę dobrą (n = 28) lub bardzo dobrą (n = 11) w skali Creighton-Nebraska. Czas trwania zabiegu był znamienne krótszy w grupie leczonych z użyciem dystraktora, niż w grupie leczonych standardowo.

Wnioski

1. Odpowiednio zmontowany dystraktor udowy jest bardzo użyteczny w zabiegach otwartej rekonstrukcji przestawowych złamań kości piętowej z dostępu bocznego.
2. Zastosowanie dystraktora umożliwia dobrą wizualizację ważnych struktur anatomicznych w operowanym obszarze, ogranicza ilość osób asystujących przy zabiegu oraz znacząco skraca czas operacji, w stosunku do techniki standardowej.
3. Zaniechanie stosowania pooperacyjnego drenażu rany operacyjnej oraz uzupełniania ubytków trzonu kości piętowej przeszczepami kostnymi nie prowadzi do zwiększenia ilości powikłań infekcyjnych ani też do utraty anatomicznych parametrów nastawienia.

4. Leczenie operacyjne rekonstrukcją stawowych złamań kości piętowej umożliwia uzyskanie dobrych i bardzo dobrych wyników anatomicznych w wybranych grupach chorych.

5. Operacyjne odtworzenie prawidłowej anatomii złamanej kości piętowej rokuje odzyskanie sprawności kończyny.

6. Powikłania urazu i leczenia operacyjnego stawowych złamań kości piętowej wpływają istotnie na pogorszenie wyniku czynnościowego.

7. Przeważające złamania kości piętowej są trzykrotnie częstsze u mężczyzn niż u kobiet.

8. Wynik anatomiczny leczenia operacyjnego stawowych złamań kości piętowej nie jest zależny od stopnia uszkodzenia powierzchni stawowej tylnej w zakresie II/III° wg Sandersa.

9. Wynik czynnościowy po leczeniu rekonstrukcyjnym złamania kości piętowej nie jest zależny od typu złamania w zakresie II/III° wg Sandersa, a jedynie od jakości repozycji.

10. Typ złamania kości piętowej wg Sandersa jest niezależny od wieku chorego.

3.12. Summary

Operative treatment of neglected fractures of the distal end of the radius and articular fractures of the calcaneus – proposals of own modification of the operative technique.

Part II. Open reconstruction of articular fractures of the calcaneus with the use of a large femoral distractor.

Articular fractures of the calcaneus are common, presenting a significant clinical problem. Despite over 100 years of history of its treatment, both nonoperative and invasive methods do not give repetitively good results. Even the anatomic goal stays is not uniformly accepted. For these reasons the standards of care for articular fractures of calcaneus remain controversial. Such situation, especially clear in Poland, often leads to severe posttraumatic disability. Leaving the intra- and extrarticular bone fragments dislocated leads to pain and various types of foot function disorders. Pain may result from many possible complications, of both the treatment and the deformity e.g: incongruence of talo-calcaneal joints leading to arthritis and restriction of subtalar motion, bulging of the lateral wall of the calcaneus causing peroneal tendons entrapment and fibulocalcaneal abutment, shortening of the calcaneus weakens the lever arm of the Achilles tendon and its flattening puts the talus into horizontal po-

sition with abutment against the anterior tibial rim. Toe contractures are a complication of ischemic damage of the short muscles of the foot. The widest acceptance in preventing such poor outcomes was gained by open calcaneal reconstruction from the extended lateral approach. This study was described to evaluate the results of such treatment and introduce the intraoperative use of a large femoral distractor to facilitate and accelerate the standard operative procedure.

Material and methods

The results of treatment of two groups of patients with articular fractures of the calcaneus were evaluated. First, includes 23 cases treated operatively with standard reconstruction procedure through the extended lateral approach. In the second group of 19 patients, a modification of the standard operative technique was used. It consists of the use of a large femoral distractor (LFD) for holding the retracted soft tissue flap of the lateral calcaneal wall, reduction of articular and tuberosity fragments and to increase visualization by distraction of the posterior talo-calcaneal joint. All operated limbs were exsanguinated, the defect in the body of calcaneus was not supported with bone grafting and postoperative drainage was given up.

A year from the operation final results were evaluated. The anatomic and functional results, together with the operative time were taken under consideration. Preoperative diagnostic work up was based on lateral radiogram of the calcaneus, completed with computed tomography (CT) when articular fracture was suspected. Coronal cuts through the posterior talo-calcaneal joint were evaluated using the Sanders classification system. Anatomic result was assessed using the following radiographic criteria: restoration of Böhler angle, Gissane angle and the posterior articular surface (PAS). The Creighton-Nebraska outcome system was used for functional results. Special attention was drawn to the presence of complications.

Results

All fractures healed with good or very good anatomic result. The functional outcome was less favorable in all 12 cases with complications related to the initial injury or its treatment. The most common (n = 12) was toe contracture with mallet deformity, probably resulting from initial ischemia due to compartment syndrome. Infection (n = 2) was a particularly important negative prognostic factor. All other cases received good (n = 28) or very good (n = 11) scoring with the Creighton-Nebraska sys-

tem. The operative time was significantly shorter in the modified group than in the standard operative protocol.

Conclusions

Appropriately inserted large femoral distractor is very useful in open reconstruction of articular calcaneal fractures via the extended lateral approach.

2. The distractor allows good visualization of important anatomic structures in the operative area, decreases the need for additional assistants and significantly reduces the operative time as related to the standard technique.

3. Abandoning of bone grafting and postoperative suction drainage does not result in increase of infectious complications or instability of calcaneus fixation.

4. Operative reconstruction of articular calcaneal fractures gives high rate of good and very good anatomic and functional outcome.

5. Operative reconstruction of normal calcaneal anatomy is a good prognostic factor for restoration of normal function of the lower limb.

6. Complications of the initial injury and of operative treatment significantly worsen the functional outcome.

7. Articular calcaneal fractures are three fold more often in males than females.

8. Anatomic result of operative reconstruction of articular calcaneal fractures is non dependent of the amount of articular involvement in the range II/III° of Sanders classification.

9. Functional result of an open operative treatment of articular fractures of the calcaneus is not dependent of the type of fracture in the range II/III° of Sanders classification, but only on the quality of reduction (anatomic result).

10. The type of calcaneal fracture according to Sanders classification is independent of the patients age.

4. Piśmiennictwo

1. Harness N.G., Meals R.A. The history of fracture fixation of the hand and wrist. *Clin. Orthop.* 2006; 445: 19-29.
2. Rüedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO principles of fracture management. Vol.1 ch. 2 - Ito K., Perren S.M. Biology and biomechanics in bone healing. AO Publishing Zurich, Switzerland, Thieme 2007.
3. Llinas A., McKellop H.A., Marshall G.J., Sharpe F, Bin L., Kirchen M., Sarmiento A. Healing and remodelling of articular incongruities in rabbit fracture model. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75-A: 1508-23.
4. Sarmiento A., Zagorski J., Sinclair W. Functional bracing of Colles' fractures: a prospective study of immobilization in supination vs. pronation. *Clin. Orthop.* 1980; 146: 175-83.
5. Kędra R., Pielka S. Ocena wyników leczenia złamań nasady dalszej kości promieniowej. *Pol. Przegl. Chir.* 1998; 70, 7: 724-31.
6. Jupiter J.B. Current concepts review. Fractures of the distal end of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 1991; 73-A: 461-9.
7. Larsen C.F., Lauritsen J. Epidemiology of acute wrist trauma. *Int. J. Epidemiol.* 1993; 22, 5: 911-6.
8. Sommerkamp T.G., Seeman M., Silliman J., Jones A, Patterson S., Walker J., Semmler M., Larsen C.F., Lauritsen J. Epidemiology of acute wrist trauma. *Int. J. Epidemiol.* 1993; 22: 911-6.
9. Mallamin H., Ljunghall S. Incidence of Colles' fracture in Uppsala. A prospective study of a quarter-million population. *Acta. Orthop. Scand.* 1992; 63 (2): 213-5.
10. Hove L.M., Fjeldsgaard K., Reitan R., Skjeie R., Sorensen F.K. Fractures of the distal radius in a norwegian city. *Scand. J. Plast. Reconstr.* 1995; 29: 263-7.
11. Cummings S.R., Kelsey J.L., Nevitt M.C., O'Dowd K.J. Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures. *Epidemiol. Rev.* 1985; 7: 178-208.
12. Owen R.A., Melton L.J., Johnson K.A., Ilstrup D.M., Riggs B.L. Incidence of Colles' fracture in a North American community. *Am. J. Public Health* 1982; 72: 605-7.
13. Szymański K., Grała P., Siwiński D. Wybrane aspekty socjoekonomiczne złamań kości promieniowej w miejscu typowym. *Kwart. Ortop.* 1997; 3: 64-7.
14. Colles A. On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinburgh Med. Surg. Journal* 1814; 10: 182-6.
15. Fernandez D., Jupiter J.B. Fractures of the Distal Radius. Edited, New York, Springer-Verlag, 1996.
16. Peltier L.F. Fractures of the distal end of the radius. An historical account. *Clin. Orthop.* 1984; 187: 18-23.

17. Peyroux L.M., Dunaud J.L., Caron M., Ben Slamia I., Kharrat M. La technique de Kapandji et son evolution dans le traitement des fractures de l'extremite inferieure du radius. *Ann. Chir. Main* 1987; 6: 109-22.
18. Green D. Pins and plaster treatment of comminuted fractures of the distal end of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57-A: 304-10.
19. LeVay D. *The History of Orthopaedics.* Edited, Park Ridge, New Jersey, The Parthenon Publishing Group, 1990.
20. Culp R.W., Osterman A.L. Arthroscopic reduction and internal fixation of distal radius fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1995; 26: 739-48.
21. Geissler W.B., Freeland A.E. Arthroscopically assisted reduction of intraarticular distal radial fractures. *Clin. Orthop.* 1996; 327: 125-34.
22. Jupiter J.B. Plate fixation of fractures of the distal aspect of the radius: relative indications. *J. Orthop. Trauma* 1999; 13: 559-69.
23. Jupiter J.B., Lipton H. The operative treatment of intraarticular fractures of the distal radius. *Clin. Orthop.* 1993; 292: 48-61.
24. Ring D., Prommersberger K., Jupiter J.B. Combined dorsal and volar plate fixation of complex fractures of the distal part of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-A:1646-52.
25. Dowdy P.A., Patterson S.D., King G.J., Roth J.H., Chess D. Intrafocal (Kapandji) pinning of unstable distal radius fractures: a preliminary report. *J. Trauma* 1996; 40: 194-8.
26. Kapandji A. L'embrochage intra-focal des fractures de l'extremite inferieure du radius dix ans apres. *Ann. Chir. Main* 1987; 6,1: 57-63.
27. Greatting M.D., Bishop A.T. Intrafocal (Kapandji) pinning of unstable fractures of the distal radius. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 301-7.
28. Seitz Jr W.H., Putnam M.D., Dick H.M. Limited open surgical approach for external fixation of distal radius fractures. *J. Hand Surg.* 1990; 15-A: 288-93.
29. Fischer T., Koch P., Saager C., Kohut G.N. The radio-radial external fixator in the treatment of fractures of the distal radius. *J. Hand Surg.* 1999; 245-B: 604-9.
30. Cooney W.P., Berger R.A. Treatment of complex fractures of the distal radius. Combined use of internal and external fixation and arthroscopic reduction. *Hand Clin.* 1993; 9: 603-12.
31. Putnam M.D., Fischer T. Treatment of unstable distal radius fractures: methods and comparison of external distraction and ORIF versus external distraction-ORIF neutralization. *J. Hand Surg.* 1997; 22-A: 238-51.
32. Rogachefsky R.A., Lipson S.R., Applegate B., Ouellette E.A., Savenor A.M., McAuliffe J.A. Treatment of severely comminuted intraarticular fractures of the distal end of the radius by open reduction and combined internal and external fixation. *J. Bone Joint Surg.* 2001; 83-A: 509-19.
33. Prichett J. External fixation or closed intramedullary pinning for unstable Colles' fractures? *J. Hand Surg.* 1995; 77-B: 267-9.

34. Agee J.M. External fixation. Technical advantages based upon multiplanar ligamentotaxis. *Orthop. Clin. North Am.* 1993, 24: 265-74.
35. Capo J.T., Swan K.G., Tan V. External fixation techniques for distal radius fractures. *Clin. Orthop.* 2006; 445: 30-41.
36. Handoll H.H.G., Madhok R. Managing fractures of the distal radius in adults. Clinical and research implications from systematic reviews of existing trials. *Acta Orthop. Scand. (Suppl. 305)* 2002; 73: 45-8.
37. Szabo R.M. Comminuted distal radius fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1992; 23:1-5.
38. Pennig D.W. Dynamic external fixation of distal radius fractures. *Hand Clin.* 1993; 9: 587-602.
39. McQueen M.M., Michie M., Court-Brown C.M. Hand and wrist function after external fixation of unstable distal radial fractures. *Clin. Orthop.* 1992; 285: 200-4.
40. Weber S.C., Szabo R.M. Severely comminuted distal radial fracture as an unsolved problem: complications associated with external fixation and pins and plaster techniques. *J. Hand Surg.* 1986; 11-A: 157-65.
41. Wolfe S.W., Lorenze M.D., Austin G., Swigart C.R., Panjabi M.M. Load-displacement behavior in a distal radial fracture model. *J. Bone Joint Surg.* 1999; 81-A, 1: 53-8.
42. Solgaard S., Bunker C., Solund K. Displaced distal radius fractures. A comparative study of early results following external fixation, functional bracing in supination, or dorsal plaster immobilization. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 1989; 109: 34-8.
43. Raskin K.B., Melone C.P. Jr. Unstable articular fractures of the distal radius. Comparative techniques of ligamentotaxis. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 275-86.
44. McQueen M.M., Simpson D., Court-Brown C.M. Use of the Hoffman 2 Compact External Fixator in the treatment of redisplaced unstable distal radial fractures. *J. Orthop. Trauma* 1999; 13: 501-5.
45. Clyburn T.A. Dynamic external fixation for comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 1987; 69-A: 248-54.
46. Kawaguchi S., Sawada K., Nabeta Y., Hayakawa M., Aoki M. Recurrent dorsal angulation of the distal radius fracture during dynamic external fixation. *J. Hand Surg.* 1998; 235-A: 920-5.
47. Sommerkamp T.G., Seeman M., Silliman J., Jones A., Patterson S., Walker J., Semmler M., Browne R., Ezaki M. Dynamic external fixation of unstable fractures of the distal part of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 1994; 76-A: 1149-61.
48. Deszczyński J., Nowak P., Karpiński J., Mikusek R. Assessment of early results of treatment of intra-articular epiphyseal distal radius fractures with Dynastab N external fixator. *Arthroscopy Joint Surg.* 2006; 2(4):32-36.

49. Grala P., Słowiński K., Tondel W. Teoretyczne przesłanki zastosowania Hybrydowego Stabilizatora Zewnętrzny w złamaniach nasady dalszej kości promieniowej. *Now. Lek.* 1999; Suppl: 194-9.
50. Ark J., Jupiter J.B. The rationale for precise management of distal radius fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 205-10.
51. Boyd L.G., Horne J.G. The outcome of fractures of the distal radius in young adults. *Injury* 1988; 19: 97-100.
52. Knirk J.L., Jupiter J.B. Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J. Bone Joint Surg.* 1986; 68-A, 5: 647-59.
53. Kopylov P., Johnell O., Redlund-Johnell I., Bengner U. Fractures of the distal end of the radius in young adults: a 30-year follow-up. *J. Hand Surg.* 1993;181-B: 45-9.
54. Dumont C., Sturmer K.M. Palmar plate fixation for unstable distal radius fractures displaced dorsally. *Operat. Orthop. Traumatol.* 2003; 2: 130-50.
55. Older T.M., Stabler E.V., Cassebaum W.H. Colles fracture: evaluation and selection for therapy. *J. Trauma* 1965; 5: 469-76.
56. Warwick D., Field J., Prothero D., Gibson A., Bannister G.C. Function ten years after Colles' fracture. *Clin. Orthop.* 1993; 295: 270-4.
57. Dixon S., Allen P., Bannister G. Which Colles' fractures should be manipulated? *Injury* 2005; 36: 81-3.
58. Altissimi M., Mancini G.B., Azarra A., Ciaffoloni E. Early and late displacement of fractures of the distal radius. The prediction of instability. *Int. Orthop.* 1994, 18: 61-5.
59. Gesensway D., Putnam M., Mente P., Lewis J. Design and biomechanics of a plate for the distal radius. *J. Hand Surg.* 1995; 20-A: 1021-7.
60. Wright T., Horodyski M., Smith D. Functional outcome of unstable distal radius fractures: ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation. *J. Hand Surg.* 2005; 30-A: 289-99.
61. Ring D. Treatment of the neglected distal radius fracture. *Clin. Orthop.* 2005; 431: 85-92.
62. Ramotowski W., Granowski R., Bielawski J. Osteosynteza metodą ZE-SPOL. *Teoria i praktyka kliniczna.* Warszawa PZWL 1988; 13-14.
63. AO's History. AO Media Services, CH-Davos 2004.
64. Bochenek A., Reicher M. *Anatomia człowieka. T I.* PZWL Warszawa 1990.
65. Kazuki K., Kusunoki M., Shimazu A. Pressure distribution in the radiocarpal joint measured with a densitometer designed for pressure-sensitive film. *J. Hand Surg.* 1991; 16-A, 3: 401-8.
66. Basselt R.L. Displaced intraarticular fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 1987; 21: 148-52.
67. Cooney W.P., Dobyns J.H., Linscheid R.L. Complications of Colles' fractures. *J. Bone Joint Surg.* 1980; 62-A: 613-9.

68. Melone C.P. Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. *Clin. Orthop.* 1986; 202: 103-11.
69. Melone C.P. Distal radius fractures: patterns of articular fragmentation. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 239-53.
70. Hove L.M., Furnes O., Nilsen P.T., Oulie H.E., Solheim E., Molster A.O. Closed reduction and external fixation of unstable fractures of the distal radius. *Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.* 1997; 31: 159-64.
71. Short W.H., Palmer A.K., Werner F.W., Murphy D.J. A biomechanical study of distal radial fractures. *J. Hand Surg.* 1987; 12-A, 4: 529-34.
72. Kongsholm J., Olerund C. Plaster cast versus external fixator for unstable intraarticular Colles` fractures. *Clin. Orthop.* 1989; 241: 57-65.
73. McCarroll R. Nerve injuries associated with wrist trauma. *Orthop. Clin. North Am.* 1984; 15: 279-87.
74. Hollingsworth R. The importance of the ulnar side of the wrist in fractures of the distal end of the radius. *Injury* 1976; 7: 263-6.
75. Leone J., Bhandari M., Adili A., Mckenzie S., Moro J., Dunlop B. Predictors of early and late instability following conservative treatment of extra-articular distal radius fractures. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2004; 124: 38-42.
76. Cheng S.L., Axelrod T.S. Management of complex dislocations of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop.* 1997; 341: 183-91.
77. Lindau T., Hagberg L., Adlercreutz C., Jonsson K., Aspenberg P. Distal radioulnar instability is an independent worsening factor in distal radial fractures. *Clin. Orthop.* 2000; 376: 229-35.
78. Bishay M., Aguilera X., Dunkerley D. External fixation of comminuted intra-articular wrist fractures: a new technique. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B, Supp I.
79. Fitoussi F., Chow S.P. Treatment of displaced intra-articular fractures of the distal end of the radius with plates. *J. Bone Joint Surg.* 1997; 79-A: 1303-12.
80. Jupiter J.B., Ring D. A comparison of early and late reconstruction of the distal end of the radius. *J. Bone Joint Surg.* 1996; 78-A: 739-48,
81. Van der Linden W., Ericson R. Colles` fracture. How should its displacement be measured and how it should be immobilized. *J. Bone Joint Surg.* 1981; 63-A:1285-8.
82. Geissler W.B., Fernandez D.L., Lamey D.M. Distal radioulnar joint injuries associated with fractures of the distal radius. *Clin Orthop* 1996; 327: 135-46.
83. Cooney W.P. Fractures of the distal radius. A modern treatment based classification. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 211-6.
84. Lipton H.A., Wollstein R. Operative treatment of intraarticular distal radial fractures. *Clin. Orthop.* 1996; 327: 110-24.
85. Catalano L.W., Cole J., Gelbermann R., Evanoff B.A., Gilula L.A., Borelli J. Displaced intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. *Long*

- term results in young adults after open reduction and internal fixation. *J. Bone Joint Surg.* 1997; 79-A: 1290-302.
86. Fernandez D.L., Geissler W.B. Treatment of displaced articular fractures of the radius. *J. Hand Surg.* 1991; 16-A: 375-84.
 87. Jupiter J.B., Ring D., Weitzel P.P. Surgical treatment of redisplaced fractures of the distal radius in patients older than 60 years. *J. Hand Surg.* 2002; 27-A: 714-23.
 88. Miyake T., Hashizume H., Inoue H., Shi Q., Nagayama N. Malunited Colles` fracture. Analysis of stress distribution. *J. Hand Surg.* 1994; 19-B: 737-42.
 89. Gartland J.J. Jr., Werley C.W. Evaluation of healed Colles` fractures. *J. Bone Joint Surg.* 1951; 33-A: 895-907.
 90. Dienst M., Wozasek G.E., Seligson D. Dynamic external fixation for distal radius fractures. *Clin. Orthop.* 1997; 338: 160-71.
 91. Stoffelen D., Bross P. Minimally displaced distal radius fractures: do they need plaster treatment? *J. Trauma* 1998; 44, 3: 503-5.
 92. Hastings H., Leibovic S.J. Indications and techniques of open reduction. Internal fixation of distal radius fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 309-26.
 93. Simic P.M., Weiland A.J. Fractures of the distal aspect of the radius: changes in treatment over the past two decades. *J. Bone Joint Surg.* 2003; 85-A: 552-64.
 94. Rayhack J.M. The history and evolution of percutaneous pinning of displaced distal radius fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1993; 24: 287-300.
 95. Müller M.E., Nazarian S., Koch P., Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of the long bones. Springer 1990, Berlin Heidelberg New York, pp 106-15.
 96. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification Fracture and Dislocation compendium. *J. Orthop. Trauma* 1996; 10 (Supp 1): V-IX: 1-154.
 97. Kreder H.J., Hanel D.P., McKee M., Jupiter J.B., McGillivray G., Swiontkowski M.F. Consistency of AO fracture classification for the distal radius. *J. Bone Joint Surg.* 1996; 78-B: 726-31.
 98. Andersen D.J, Blair W.F., Steyers C.M. Jr, Adams B.D., el-Khoury G.Y., Brandser E.A. Classification of distal radius fractures: an analysis of intraobserver reliability and intraobserver reproducibility. *J. Hand Surg.* 1996; 21-A: 574-82.
 99. Cannegieter D.M., Puttmann J.W. Cancellous grafting and external fixation for unstable Colles` fractures. *J. Bone Joint Surg.* 1997; 79-B: 428-32.
 100. Gradl G., Jupiter J.B., Gierer P., Mittlmeier T. Fractures of the distal radius treated with a nonbridging external fixation technique using multiplanar K-wires. *J. Hand Surg.* 2005; 30-A, 5: 960-8.

101. Van Dijk J.P., Laudy F.G.J. Dynamic external fixation versus non-operative treatment of severe distal radial fractures. *Injury* 1996; 27: 57-61.
102. Horesh Z., Volpin G., Hoerer D., Stein H. The surgical treatment of severe comminuted intraarticular fractures of the distal radius with the small AO External Fixation Device. *Clin. Orthop.* 1991; 263: 147-53.
103. Mancini G.B., Altissimi M., Pucci G. Open reduction and internal fixation of articular fractures of the distal radius. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B: Supp I.
104. Ziegler J-P., Remigier A. The treatment of unstable fractures of the distal end of the radius with a radioradial external fixator and functional after-treatment. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B: Supp I.
105. Fritz T., Wersching D., Klavara R., Kireglstein C. Combined wire fixation in the treatment of Colles fracture. A prospective, controlled trial. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 1999; 119: 171-8.
106. Paksima N., Panchal A., Posner M.A., Green S.M., Mehiman C.T., Hiebert R. A meta-analysis of the literature on distal radius fractures: review of 615 articles. *Bull Hosp. Jt. Dis.* 2004; 62: 40-6.
107. Aro H., Koivunen T., Katevuo K., Nieminen S., Aho A.J. Late compression neuropathies after Colles' fractures. *Clin. Orthop.* 1988; 233: 217-25.
108. McQueen M.M. Redispaced unstable fractures of the distal radius. A randomised prospective study of bridging versus non-bridging external fixation. *J. Bone Joint Surg.* 1998; 80-B: 665-9.
109. Mehta J.A., Bain G.I., Heptinstall R.J. Anatomical reduction of intra-articular fractures of the distal radius. An arthroscopically-assisted approach. *J. Bone Joint Surg.* 2000; 82-B: 79-86.
110. Ladd A.L., Huene D.S. Reconstructive osteotomy for malunion of the distal radius. *Clin. Orthop.* 1996; 327: 158-71.
111. Fernandez D. Correction of post-traumatic wrist deformity in adults by osteotomy, bone-grafting and internal fixation. *J. Bone Joint Surg.* 1982; 64-A, 8: 1164-78.
112. Grala P., Szymański K., Reszelski P., Siwiński D. Anatomiczna i funkcjonalna ocena ręki i dalszego odcinka przedramienia po złamaniu kości promieniowej w miejscu typowym. *Pol. Przegl. Chir.* 1996; 68, 2: 175-9.
113. Kreder H., Hanel D., Agel J., McKee M., Schemitsch E., Trumble T., Stephen D. Indirect reduction and percutaneous fixation versus open reduction and internal fixation for displaced intra-articular fractures of the distal radius: a randomised, controlled trial. *J. Bone Joint Surg.* 2005; 87-B: 829-36.
114. Strohm P.C., Muller C.A., Boll T., Pfister U. Two procedures for Kirschner wire osteosynthesis of distal radial fractures. A randomized trial. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-A: 2621-8.
115. Jenkins N.H. The unstable Colles fracture. *J. Hand Surg.* 1989; 14-B: 149-54.

116. Siwiński D., Grala P., Tondel W., Gołąb W. Wczesne wyniki leczenia złamań dalszego końca kości promieniowej sposobem Kapandji. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 1993; 58, 2: 8-13.
117. Young B.T., Rayan G.M. Outcome following nonoperative treatment of displaced distal radius fractures in low-demand patients older than 60 years. *J. Hand Surg.* 2000; 25-A:19-28.
118. Chung K.C., Kotsis S.V., Kim H.M. Predictors of functional outcomes after surgical treatment of distal radius fractures. *Hand Surg.* 2007; 32-A: 76-83.
119. Bauman T.D., Gelberman R.H., Mubarak S.J. The acute carpal tunnel syndrome. *Clin. Orthop.* 1981; 156: 151-6.
120. Lidstrom A. Fractures of the distal end of the radius: a clinical and statistical study of end results. *Acta Orthop. Scand.* 1959; Suppl 41.
121. Af Ekenstam F., Engkvist O., Wadin K. Results from resection of the distal end of the ulna after fractures of the lower end of the radius. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 1982; 16: 177-88.
122. Lynn A.K., Brooks R.A., Bonfield W., Rushton N. Repair of defects in articular joints. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-B, 8: 1093-9.
123. Rikli D.A., Kupfer K., Bodoky A. Long-term results of the external fixation of distal radius fractures. *J. Trauma* 1998; 44: 970-6.
124. Sarmiento A., Pratt G.W., Berry N.C., Sinclair W.F. Colles' fractures. Functional bracing in supination. *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57-A: 311-7.
125. Solgaard S. Early displacement of distal radius fracture. *Acta Orthop. Scand.* 1986; 57: 229-31.
126. Bilic R. Distal radius malunion. Incidence and treatment. *J. Bone Joint Surg.* 1995, 77-B: Supp II.
127. Jeong G., Kaplan T., Liporace F., Pakisma N., Koval K. An evaluation of two scoring systems to predict instability in fractures of the distal radius. *J. Trauma* 2003; 57: 1043-7.
128. Vidal M.A. Instability of the distal radioulnar joint associated with fractures of the distal radius: incidence and treatment. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B: Supp II.
129. Pennig D., Gausepohl T., Mader K. Corrective osteotomies in malunited distal radius fractures: external fixation as one stage and hemicallotaxis procedures. *Injury* 2000; 31: 78-91.
130. Dimitriou C., Pournaras J., Symeonides P. The Sauve`-Kapandji procedure in malunited Colles' fractures. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B: Supp I.
131. Tulipan D.J., Eaton R.G., Eberhart R.E. The Darrach procedure defended: technique redefined and long-term follow-up. *J. Hand Surg.* 1991; 16-A: 438-44.
132. Atkins R.M., Duckworth T., Kanis J.A. Algodystrophy following Colles fracture. *J. Hand Surg.* 1989; 14-B: 161-4.
133. Field J., Atkins R.M. Algodystrophy is an early complication of Colles' fracture. What are the implications? *J. Hand Surg.* 1997; 22-B, 2: 178-82.

134. Bickerstaff D.R., Kanis J.A. Algodystrophy: an under-recognized complication of minor trauma. *Br. J. Rheum.* 1994; 33: 240-8.
135. Dijkstra P.U., Groothoff J.W., ten Duis H.J., Geertzen J.H. Incidence of complex regional pain syndrome type I after fractures of the distal radius. *Eur. J. Pain* 2003; 7(5): 457-62.
136. Żyluk A. Algodystrofia po złamaniach nasady dalszej kości promieniowej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 1996; LXI, 4: 349-54.
137. Zollinger P.E., Tuinebreijer W.E., Kreis R.W., Breederveld R.S. Effect of vitamin C on frequency of reflex sympathetic dystrophy in wrist fractures: a randomised trial. *Lancet* 1999; 354: 2025-8.
138. Schuind F. Reflex sympathetic dystrophy: incidence, prevention and treatment. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77-B: Supp II.
139. Stein A.H. The relation of median nerve compression to Sudek's syndrome. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1962; 115: 713-20.
140. Lynch A.C., Liposcomb P.R. The carpal-tunnel syndrome and Colles' fractures. *J.A.M.A.* 1963; 185: 363-6.
141. Kaempffe F.A., Wheeler D.R., Peimer C.A., Hvidsak K.S., Ceravolo J., Senall J. Severe fractures of the distal radius: effect of amount and duration of external fixator distraction on outcome. *J. Hand Surg.* 1993; 18-A: 33-41.
142. Combalia A. Over-distraction of the radio-carpal and mid-carpal joints with external fixation of comminuted distal radial fractures. *J. Hand Surg.* 1995; 20-B: 566-7.
143. Howard P.W., Stewart H.D., Hind R.E., Burke F.D. External fixation or plaster for severely displaced comminuted Colles' fractures? A prospective study of anatomical and functional results. *J. Bone Joint Surg.* 1989; 71-B: 68-73.
144. Grala P., Kierzyńska G., Machyńska-Bućko Z. Hybrid external fixation of unstable distal radius fractures: initial experience. *J. Orthopaed. Traumatol.* 2005; 6:138-44.
145. Sanders R.A., Keppel F.L., Waldrop J.I. External fixation of distal radial fractures: results and complications. *J. Hand Surg.* 1991;16-A: 385-91.
146. Pugh K.J., Wolinsky P.R., Pienkowski D., Banit D., Dawson J.M. Comparative biomechanics of hybrid external fixation. *J. Orthop. Trauma* 1999; 13(6): 418-25.
147. Ludvigsen Y.C., Wentorf F., Wolf T., Puynam M.D. Hybrid fixation of distal radius fractures. AAOS 1999 Annual Meeting Scientific Program Hybrid Fixation.
148. Ilizarov G.A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin. Orthop.* 1989; 238: 249-91.

149. Goslings J.C., Ferguson S.J., Perren R.A., Tepic S. Biomechanical analysis of dynamic external fixation devices for the treatment of distal radial fractures. *J. Trauma* 1999; 46(3): 407-12.
150. Lindsay C.S., Richards R.S., King G.J.W., Patterson S.D., Hung L.K. Ilizarov hybrid external fixation for fractures of the distal radius: part I. Feasibility of transfixation wire placement. *J. Hand Surg. Am.* 2001; 26(2): 210-20.
151. Yang L., Nayagam S., Saleh M. Stiffness characteristics and inter-fragmentary displacements with different hybrid external fixators. *Clin. Biomech.* 2003; 18: 166-72.
152. Dunning C.E., Lindsay C.S., Bicknell R.T., Johnson J.A., King G.J.W. Ilizarov hybrid external fixation for fractures of the distal radius: Part II. Internal fixation versus Ilizarov hybrid external fixation: stability as assessed by cadaveric simulated motion testing. *J. Hand Surg.* 2001; 26-A, 2: 218-27.
153. Salter R.B. The biologic concept of continuous passive motion on synovial joints: the first 18 years of research and its clinical application. *Clin. Orthop.* 1989; 242: 12-25.
154. Guilak F., Jones W.R., Ting-Beall H.P., Lee G.M. The deformation behavior and mechanical properties of chondrocytes in articular cartilage. *Osteoarthritis cartilage* 1999; 7: 59-70.
155. Uchikura C., Hirano J., Kudo F., Satomi K., Ohno T. Comparative study of nonbridging and bridging external fixators for unstable distal radius fractures. *J. Orthop. Sci.* 2004; 9: 560-5.
156. Behrens F.F. General theory and principles of external fixation. *Clin. Orthop.* 1989; 241: 15-23.
157. Bartosh R.A., Saldana M.J. Intra-articular fractures of the distal radius: a cadaveric study to determine if ligamentotaxis restores radiopalmar tilt. *J. Hand Surg.* 1990; 15-A: 18-21.
158. Grala P. Powikłania algodystroficzne u pacjentów ze złamaniem nasady dalszej kości promieniowej w miejscu typowym leczonych operacyjnie i zachowawczo – problemy diagnostyki i terapii. *Now. Lek.* 2001; 70, 6: 665-72.
159. Cronier P., Talha A., Toulemonde J.L., Jaeger F., Guntz M. Resultats de la distraction par fixateur externe metacarporadial dans les fractures de l'extermite distale du radius. *J. Chir.* 1991; 128, 1: 8-12.
160. Egol K.A., Paksima N., Puopolo S., Klugman J., Hiebert R., Koval K.J. Treatment of external fixation pins about the wrist: a prospective, randomized trial. *J. Bone Joint Surg.* 2006; 88-A: 349-54.
161. Chehade M.J., Pohl A.P., Percy M.J., Nawana N. Clinical implications of stiffness and strength changes in fracture healing. *J. Bone Joint Surg.* 1997; 79-B: 9-12.

162. Moir J.S., Murali S.R., Ashcroft G.P., Wardlaw D., Matheson A.B. A new functional brace for the treatment of Colles' fractures. *Injury* 1995; 26, 9: 587-93.
163. Ledingham W.M., Wytch R., Goring C.C., Matheson A.B., Wardlaw D. On immediate functional bracing of Colles' fracture. *Injury* 1991; 22,3: 197-201.
164. Krishnan J., Wigg A.E., Walker R.W., Slavotinek J. Intraarticular fractures of the distal radius: a prospective randomized controlled trial comparing static bridging and dynamic non-bridging external fixation. *J. Hand Surg.* 2003; 28-B: 417-21.
165. Lim E.V.A., Leung J.P.F. Complications of intraarticular calcaneal fractures. *Clin. Orthop.* 2001; 391: 7-16.
166. Eastwood D.M., Gregg P.J., Atkins R.M. Intra-articular fractures of the calcaneum. Part I: pathological anatomy and classification. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75-B: 183-8.
167. Nickelbur S., Dixon T.B., Probe R. Calcaneus fractures. *Digital Data 2005 – eMedicine CME.*
168. Rogers L.F. The foot. W: Rogers LF. *Radiology of skeletal trauma*, 2nd edn. New York. Churchill Livingstone 1992: 1429-521.
169. Schepers T., van Lieshout E.M.M., van Ginhoven T.M., Heetveld M.J., Patka P. Current concepts in the treatment of intra-articular calcaneal fractures: results of a nationwide survey. *International Orthopaedics (SICOT)* 2007.
170. Buch B.D., Myerson M.S., Miller S.D. Primary subtalar arthrodesis for the treatment of comminuted calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 1996; 17: 61-70.
171. Buckley R., Tough S., McCormack R., Pate G., Leighton R., Petrie D., Galpin R. Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures. *J. Bone Joint Surg.* 2002; 84-A: 1733-44.
172. Kundel K., Funk E., Brudscher M., Bickel L. Calcaneal fractures: operative versus nonoperative treatment. *J. Trauma* 1996; 41: 839-45.
173. Palmar H.V., Triffitt P.D., Gregg P.J. Intra-articular fractures of the calcaneum treated operatively or conservatively. A prospective study. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75-B: 932-7.
174. Rapała K. 30 lat doświadczeń dotyczących leczenia 150 stawowych złamań kości piętowych. *Chir. Narz. Ruchu. Ortop. Pol.* 1998; LXIII (5): 407-12.
175. Tufescu T.V., Buckley R. Age, gender, work capability, and worker's compensation in patients with displaced intraarticular calcaneal fractures. *J. Orthop. Trauma* 2001; 15: 275-9.
176. Coughlin M.J. Calcaneal fractures in the industrial patient. *Foot Ankle Int.* 2000; 21: 896-905.
177. Carr J.B. Mechanism and pathoanatomy of the intraarticular calcaneal fracture. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 36-40.

178. Bernstein S.A. Late sequelae of calcaneal fractures. *Clin. Podiatric Med. Surg.* 2000; 17(1): 81-95.
179. Eastwood D.M., Phipp L. Intra-articular fractures of the calcaneum: why such controversy? *Injury* 1997; 28, 4: 247-59.
180. Buckley R., Meek R. Comparison of open versus closed reduction of intra-articular calcaneal fractures: a matched cohort in workman. *J. Orthop. Trauma* 1992; 6(2): 216-22.
181. Brauer C.A., Manns B.J., Ko M., Donaldson C., Buckley R. An economic evaluation of operative compared with nonoperative management of displaced intra-articular calcaneal fractures. *J. Bone Joint Surg.* 2005; 87-A, 12: 2741-9.
182. Daftary A., Haims A.H., Baumgaertner M.R. Fractures of the calcaneus: A review with emphasis on CT. *RadioGraphics* 2005; 25,5: 1215-26.
183. Barei D.P., Bellabarba C., Sangeorzan B.J., Benischke S.K. Fractures of the calcaneus. *Orthop. Clin. North Am.* 2002; 33(1): 263-85.
184. Lowery R.B.W., Calhoun J. Fractures of the calcaneus. Part I: anatomy, injury mechanism and classification. *Foot Ankle Int.* 1996; 17(4): 230-5.
185. Thermann H., Krettek C., Hufner T., Schrott H.E., Albrecht K., Tscherne H. Management of calcaneal fractures in adults. Conservative versus operative treatment. *Clin. Orthop.* 1998; 353: 107-24.
186. Crosby L.A., Kamins P. The history of the calcaneal fracture. *Orthop. Rev.* 1991; 20: 501-9.
187. Sanders R., Fortin P., DiPasquale T., Walling A. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 87-95.
188. Rammelt S., Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury* (2004) 35: 443-61.
189. Buddecke D.E., Mandracchia V.J. Calcaneal fractures. *Clin. Podiatric Med. Surg.* 1999; 16(4): 769-91.
190. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J. Bone Joint Surg.* 2000; 82-A, 2: 225-49.
191. Juliano P., Nguyen H. Fractures of the calcaneus. *Orthop. Clin. North Am.* 2001; 32(1): 35-51.
192. Zwipp H., Tscherne H., Thermann H., Weber T. Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 76-86.
193. Crosby L.A., Fitzgibbons T.C. Open reduction and internal fixation of type II intra-articular calcaneus fractures. *Foot Ankle Int.* 1996; 17(5): 253-8.
194. Stephenson J.R. Surgical treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. A combined lateral and medial approach. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 68-75.
195. Rapała K. Bezgipsowe leczenie stawowych złamań kości piętowej zespolonej wiązką drutów Kirschnera. *Wiad. Lek.* 1992; XLV, 21-22: 832-4.

196. Ciesielczyk B., Kolenda M., Nowik M. Problemy leczenia złamań kości piętowych. *Now. Lek.* 2004; 73, 1: 7-10.
197. Teodorski S., Palczewski D., Mydlak A. Wyniki leczenia złamania kości piętowej w materiale własnym. *Now. Lek.* 2004; 73, 2: 106-9.
198. Tornetta P. Percutaneous treatment of calcaneal fractures. *Clin. Orthop.* 2000; 375: 91-6.
199. Romash M.M. Reconstructive osteotomy of the calcaneus with subtalar arthodesis for malunited calcaneal fractures. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 157-67.
200. Judet R., Judet J., Lagrange J. Traitement des fractures du calcaneum comportant une disjonction astragalo-calcaneenne. *J. Mem. Acad. Chir.* 1954; 80: 158-60.
201. Letournel E. Open treatment of acute calcaneal fractures. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 60-7.
202. Johnson E.E., Gebhardt J. Surgical management of calcaneal fractures using bilateral incisions and minimal internal fixation. *Clin. Orthop.* 1993; 290: 117-24.
203. Melcher G., Degonda F., Leutenegger A., Ruedi T. Ten year follow-up after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus. *J. Trauma* 1995; 38: 713-6.
204. Monsey R.D., Levine B.P., Trevino S.G., Kristiansen T.K. Operative treatment of acute displaced intraarticular calcaneus fractures. *Foot Ankle Int.* 1995; 16(2): 57-63.
205. O'Brien J., Buckley R., McCormack R., Pate G., Leighton R., Petrie D., Galpin R. Personal gait satisfaction after displaced intraarticular calcaneal fractures: a 2–8 year follow up. *Foot Ankle Int.* 2004; 25: 657-65.
206. Randle J.A., Kreder H.J., Stephen D., Hu R., Jaglal S., Williams J. Should calcaneal fractures be treated surgically? A meta-analysis. *Clin. Orthop.* 2000; 377: 217-27.
207. Niedźwiedzki T., Mierniczek W., Szeliga P. Leczenie zmiążdżeniowych złamań kości piętowej trójplaszczynową korekcją w aparacie Ilizarowa – doniesienie wstępne. *Now. Lek.* 2004; 73, 3: 206-8.
208. Hanam S.R., Dale S.J. Conservative treatment of calcaneal fractures: a preliminary report. *J. Foot Surg.* 1985; 24, 2: 127-31.
209. Houghton G.R. Weight-relieving cast for comminuted os calcis fractures – a preliminary report. *Injury* 1984; 16: 63-4.
210. Rapała K., Remiszewski A. Stabilne zespolenie stawowych złamań kości piętowych. *Chir. Narz. Ruchu Ortop Pol.* 1994; LIX, supl. 3: 481-4.
211. Burdeaux B.D. Fractures of the calcaneus: open reduction and internal fixation from the medial side, a 21-year prospective study. *Foot Ankle Int.* 1997; 18: 685-92.
212. Hutchinson F., Huebner M.K. Treatment of os calcis fractures by open reduction and internal fixation. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 225-9.

213. Lewis G. Biomechanics as a basis for management of intra-articular fractures of the calcaneus. *J. Am. Podiatric Med. Ass.* 1999; 89(5): 234-46.
214. Grala P., Mańkowski B., Machyńska-Bućko Z. Powikłania przemieszczonych złamań kości piętowej. *Ortop. Traum. Rehab.* 2007; 9, 2: 198-205.
215. Llinas A., McKellop H.A., Marshall G.J., Sharpe F., Bin Lu, Kirchen M., Sarmiento A. Healing and remodeling of articular incongruities in rabbit fracture model. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75-A: 1508-23.
216. Lynn A.K., Brooks R.A., Bonfield W., Rushton N. Repair of defects in articular joints. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-B, 8: 1093-9.
217. Guilak F., Jones W.R., Ting-Beall H.P., Lee G.M. The deformation behavior and mechanical properties of chondrocytes in articular cartilage. *Osteoarthritis cartilage* 1999; 7: 59-70.
218. Allmacher D.H., Galles K.S., Marsh J.L. Intra-articular calcaneal fractures treated nonoperatively and followed sequentially for 2 decades. *J. Orthop. Trauma* 2006; 20: 464-9.
219. Barla J., Buckley R., McCormack R., Pate G., Leighton R., Petrie D., Galpin R. Displaced intraarticular calcaneal fractures: long-term outcome in women. *Foot Ankle Int.* 2004; 25: 853-6.
220. Bondi R., Padua R., Bondi L., Battaglia A., Romanini E., Campi A. Treatment of calcaneal fractures: the available evidence. *J. Orthopaed. Traumatol.* 2007; 8: 36-41.
221. O'Farrel D.A., O'Byrne J.M., McCabe J.P., Stephens M.M. Fractures of the os calcis: improved results with internal fixation. *Injury* 1993; 24: 263-5.
222. Miric A., Patterson B. Pathoanatomy of intra-articular fractures of the calcaneus. *J. Bone Joint Surg.* 1998; 80-A: 207-11.
223. Lewandowski M., Blok A., Kalita R. Przydatność badania TK w diagnostyce i planowaniu leczenia złamań kości piętowej. *Ortop. Traum. Rehab.* 2002; 5: 27-32.
224. Grala P., Machyńska-Bućko Z., Kierzyńska G. Radiographic imaging of calcaneal fractures - the surgeons view point. *Pol. J. Radiol.* 2007; 72, 2: 88-91.
225. Hammesfahr J.F. Surgical treatment of calcaneal fractures. *Orthop. Clin. North Am.* 1989; 20: 679-89.
226. Essex-Lopresti P. The mechanism, reduction technique and results in fractures of the os calcis. *Br. J. Surg.* 1952; 39: 395-419.
227. Ebraheim N.A., Biyani A., Padanilam T., Paley K. A pitfall of coronal computed tomographic imaging in evaluation of calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 1996; 17(8): 503-5.
228. Thoren O. Os calcis fractures. *Acta Orthop. Scand.* 1964; Suppl. 70: 1-116.
229. Song K.S., Kang C.H., Min B.W. Preoperative and postoperative evaluation of intra-articular fractures of the calcaneus based on computed tomography scanning. *J. Orthop. Trauma* 1997; 11: 435-40.

230. Wechsler R.J., Schweitzer M.E., Karasick D., Deely D.M., Morrison W. Helical CT of calcaneal fractures: technique and imaging features. *Skeletal Radiol.* 1998; 27(1): 1-6.
231. Sanders R., Gregory P. Operative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus. *Orthop. Clin. North Am.* 1995; 26, 2: 203-14.
232. Maxfield J.E., McDermott F.J. Experience with the Palmer open reduction of fractures of the calcaneus. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 37-A: 99-106.
233. Andermahr J., Jesch A.B., Helling H.J., Jubel A., Fischbach R., Rehm K.E. CT morphometry for calcaneal fractures and comparison of the Zwipp and Sanders classifications. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 2002; 140(3): 339-46.
234. Furey A., Stone C., Squire D., Harnett J. Os calcis fractures: analysis of interobserver variability in using Sanders classification. *J. Foot Ankle Surg.* 2003; 42(1): 21-3.
235. Rapala K. Mechanizm stawowych złamań kości piętowej w badaniach doświadczalnych, anatomopatologicznych oraz w obrazach rentgenowskich i tomografii komputerowej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 1992; LVII: 230-3.
236. Wagner U.A., Sangeorzan B.J., Harrington R.M., Tencer A.F. Contact characteristics of the subtalar joint: load distribution between the anterior and posterior facets. *J. Orthop. Res.* 1992; 10: 535-43.
237. Kinner B.J., Best R., Falk K., Thon K.P. Is there a reliable outcome measurement for displaced intra-articular calcaneal fractures? *J. Trauma* 2002; 53: 1094-102.
238. Böhler L. Diagnosis, pathology and treatment of fractures of the os calcis. *J. Bone Joint Surg.* 1931; 13: 75-88.
239. Palmer I. The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus: open reduction with the use of cancellous shafts. *J. Bone Joint Surg.* 1948; 30-A: 2-8.
240. de Souza L.J., Rutledge E. Grouping of intraarticular calcaneal fractures relative to treatment options. *Clin. Orthop.* 2004; 420: 261-7.
241. Soeur R., Remy R. Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamis portion. *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57-B: 413-21.
242. AO Publishing. Intraarticular calcaneal fractures; operative management. *Orthop. Trauma Dir.* 2004; 2: 9-16.
243. Hatzokos I., Karataglis D., Papadopoulos P., Dimitriou C., Christodoulou A., Pournaras J. Treatment of intra-articular comminuted os calcis fractures. *Orthopedics* 2006; 29: 25-32.
244. Levine D.S., Helfet D.L. An introduction to the minimally invasive osteosynthesis of intra-articular calcaneal fractures. *Injury* 2001; 32: 51-54.
245. Thordarson D.B., Krieger L.E. Operative versus non operative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus: a prospective randomized trial. *Foot Ankle Int.* 1996; 17: 2-9.

246. Bajammal S., Tornetta III P., Sanders D., Bhandari M. Displaced intra-articular calcaneal fractures. *J. Orthop. Trauma* 2005; 19, 5: 360-4.
247. Benirschke S., Sangeorzan B. Extensive intraarticular fractures of the foot: surgical management of calcaneal fractures. *Clin. Orthop.* 1993; 292: 128-34.
248. Howard J.L., Buckley R., McCormack R., Pate G., Leighton R., Petrie D., Galpin R. 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: 241-9.
249. Kerr P.S., Prothero D.L., Atkins R.M. Assessing outcome following calcaneal fracture: A rational scoring system. *Injury* 1996; 27: 35-8.
250. Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle, hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994; 15(7): 349-53.
251. Myerson MS, Manoli A. Compartment syndromes of the foot after calcaneal fractures. *Clin Orthop* 1993; 290: 142-50.
252. Eastwood D.M., Langkamer V.G., Atkins R.M. Intra-articular fractures of the calcaneum. Part II: open reduction and internal fixation by the extended lateral transcaneal approach. *J. Bone Joint Surg.* 1993; 75-B: 189-95.
253. Mittlmeier T., Machler G., Lob G., Mutschler W., Bauer G., Vogl T. Compartment syndrome of the foot after intraarticular calcaneal fracture. *Clin. Orthop.* 1991; 269: 241-8.
254. Braly W.G., Bishop J.O., Tullos H.S. Lateral decompression for malunited os calcis fractures. *Foot Ankle Int.* 1985; 6(2): 91-6.
255. Csizy M., Buckley R., Tough S., Leighton R., Smith J., McCormack R., Petrie D., Galpin R. Displaced intra-articular calcaneal fractures. Variables predicting late subtalar fusion. *J. Orthop. Trauma* 2003; 17, 2: 106-12
256. Geel C.W., Flemister A.S. Jr. Standardized treatment of intraarticular calcaneal fractures using an oblique lateral incision and no bone graft. *J. Trauma* 2001; 50:1083-9
257. Gavlik J.M., Rammelt S., Zwipp H. Percutaneous, arthroscopically-assisted osteosynthesis of calcaneus fractures. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2002; 122: 424-8.
258. Paul M., Peter R., Hoffmeyer P. Fractures of the calcaneum. A review of 70 patients. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-B: 1142-5.
259. Stone M. Intra-articular calcaneal fractures. Current concepts. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 1995; 12: 551-64.
260. Burton D.C., Olney B.W., Horton G.A. Late results of subtalar distraction fusion. *Foot Ankle Int.* 1998; 19(4): 197-202.
261. Bednarz P.A., Beals T.C., Manoli A. Subtalar distraction bone block fusion: an assesment of outcome. *Foot Ankle Int.* 1997; 18, 12: 785-91.

262. Huber F.X., Hillmeier J., McArthur N., Kock H., Meeder P.J. The use of nanocrystalline hydroxyapatite for the reconstruction of calcaneal fractures: preliminary results. *J. Foot Ankle Surg.* 2006; 45(5): 322-8.
263. Kierzyńska G., Grala P. Ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych na stopie po złamaniu kości piętowej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 2006; 71, 5: 400.
264. Sibbald R.G., Mahoney J. A consensus report on the use of vacuum-assisted closure in chronic, difficult-to-heal wounds. *Ostomy. Wound. Manage.* 2003; 49: 52-66.
265. Page J.C., Newswander B., Schwenke D.C., Hansen M., Ferguson J.. Retrospective analysis of negative pressure wound therapy in open foot wounds with significant soft tissue defects. *Adv Skin Wound Care* 2004; 17: 354-64.
266. Kumar V.P., Satku K. The A-O femoral distractor for ankle arthroscopy. *Arthroscopy* 1994; 10(1): 118-9.
267. Ballmer F.T., Hertel R., Ballmer P.M. Other applications of the small AO external fixator to the lower limb injury. *Injury* 1994; 25 suppl. 4: S-D73.
268. Heim D., Weyman A., Schulz M. Pinless calcaneal traction. *J. Orthop. Trauma* 1994; 8: 338-42.
269. Król R. Wczesne wyniki leczenia wieloodłamowych przezstawowych złamań kości piętowej z zastosowaniem stabilizatora „DERO”. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 1996; LXI, 5: 479-85.