Universität Ulm

Medizinische Fakultät

Eine retrospektive Analyse: Untersuchung des Korrekturverlustes distaler Radiusfrakturen nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese und dessen Zusammenhang mit der Besetzung der zweiten Bohrlochreihe

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Christian Hardy Höffner

aus Blaubeuren

2021

Amtierender Dekan: Prof. Dr. T. Wirth

1.Berichterstatter: Prof. Dr. R. Eisele

2.Berichterstatter: Prof. Dr. M. Kornmann

Tag der Promotion: 17.11.2022

Diese Arbeit widme ich
meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **0**

1.Einleitung **1**

1.1.Die distale Radiusfraktur 3
1.1.1.Inzidenz 3
1.1.2.OP-Indikation 3
1.1.3.Ziele der Therapie 5
1.1.4.Osteosynthese der Fraktur 5
1.1.4.1.Bewertung der Implantatlage mittels Soongklassifikation 6
1.1.5.Klassifikation 7
1.1.5.1.Die historische Klassifikation 8
1.1.5.2. Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) 9
1.2.Radiologische und physiologische Winkel 11
1.2.1.Ulnarinklination (Böhler I) 12
1.2.2.Palmarinklination (Böhler II) 12

2.Material und Methoden **14**

2.1.Patientenkollektiv 15
2.2.Osteosynthesematerial 15
2.3.Erhebung der Daten mit Allgeier PACS (PACS RVC) 16
2.4.Statistische Auswertung 17
2.5.Fallbeispiel 18
2.5.1.Beispiel 1 18
2.5.1.1.Präoperative Röntgenbilder 18
2.5.1.2.Postoperative Bilder 19
2.5.1.3.Metallentfernungsbilder 20
2.5.1.4.Soong-Beurteilung 21
2.5.2.Beispiel 2 22
2.5.2.1.Präoperative Röntgenbilder 22
2.5.2.2.Postoperative Bilder 23
2.5.2.3.Metallentfernungsbilder 24
2.5.2.4.Soong-Beurteilung 25

3.Ergebnisse **26**

3.1.Patientenalter und Geschlechterverhältnis 26
3.1.1.Mittlere Korrekturverluste der Altersgruppen 27
3.1.2.Anzahl der Frakturtypen innerhalb der Altersgruppen 28
3.1.3.Übersicht der Frakturen im Zusammenhang mit dem Alter 30
3.2.Frakturverteilung 32
3.2.1.Mittlerer Korrekturverlust der Frakturtypen 32
3.3.Korrekturverlust der gesamten Patientenkohorte 34
3.4.Korrekturverlust bei Besetzung der 2.Bohrlochreihe 36

4.Diskussion **38**

4.1.Patientenalter 38
4.2.Frakturverteilung 39
4.3.Allgemeiner Korrekturverlust und Reposition 40
4.4.Korrekturverlust bei Besetzung der 2.Bohrlochreihe 41
4.5.Soong-Klassifikation 44

5.Zusammenfassung **45**

6.Literaturverzeichnis **47**

7.Abbildungsverzeichnis **51**

Abkürzungsverzeichnis

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V
bzw.	beziehungsweise
CRPS	Complex Regional Pain Syndrom
CT	Computertomographie
et al.	et alli (und Mitarbeiter)
etc.	et cetera (und so weiter)
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Anzahl
pDMS	periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität
Proc.	Processus
z.B.	zum Beispiel

1.Einleitung

Die operative Versorgung distaler Radiusfrakturen ist zur alltäglichen Routine im unfallchirurgischen Arbeitsalltag geworden. Dies liegt nicht allein an der in den 1990er Jahren entwickelten Plattenosteosynthese und der damit einhergehenden verbesserten, bzw. genaueren Reposition unter Sicht, sondern auch die erhöhte Lebenserwartung und der demographische Wandel der heutigen Bevölkerung spielen eine wesentliche Rolle. Insbesondere Frakturen bei älteren Menschen sind von osteoporotischen Vorgängen geprägt. Häufig ist hierbei ein Stolpersturz, im Sinne eines Niedrigrasanztraumas die klassische Unfallanamnese. Während ältere Menschen eher Frakturen nach häuslichen Stürzen erleiden, ist der Unfallhergang bei jüngeren Menschen meist auf Hochrasanztraumata, zum Beispiel bei Aktivsportarten oder Autounfällen, zurückzuführen. Unterschieden werden, unabhängig von Energie des Traumas, Stürze auf die dorsalextendierte Hand, also eine Extensionsfraktur, auch Colles-Fraktur genannt, sowie Stürze auf die palmarflektierte Hand, also eine Flexionsfraktur, auch Smith-Fraktur genannt. Auf eine genauere Einteilung nach Unfallhergang, sowie die Klassifikation der Frakturen durch die Arbeitsgesellschaft für Osteosynthesefragen (AO) wird später eingegangen.

Nicht nur die Quantität, sondern auch die Komplexität der Frakturen nimmt in den letzten Jahren deutlich zu. Demnach steht die Notwendigkeit, sowie die Sinnhaftigkeit invasiver Therapien, außer Frage.

Die unfallchirurgische Therapie strebt insbesondere auch durch die steigende Komplexität der Frakturen nach Fortschritt. Dies schlägt sich deutlich in den veränderten Behandlungskonzepten der letzten 30 Jahre nieder. Hierbei wandelte sich die Art der Osteosynthese von Drahtosteosynthesen, über einfache Plattenosteosynthesen, hin zu winkelstabilen Plattenosteosynthesen, welche vor allem durch exakte anatomische Anpassung an den OP-Situs, heutzutage als Goldstandard angesehen werden können.

Nun stellt sich die Frage, ob die kontinuierliche Weiterentwicklung der Therapie distaler Radiusfrakturen, nicht doch einer Innovation hinterherhinkt. So treten auch nach intraoperativ exakter Reposition der Fragmente, sogenannte Korrekturverluste, bzw. sekundäre Resorptionsverluste des distalen Radius auf. Herstellerfirmen von winkelstabilen, volaren Platten propagieren seither, dass die

zusätzliche Besetzung der zweiten Bohrlochreihe zu geringeren bis keinen Korrekturverlusten führen. Doch ist diese Aussage wirklich klinisch haltbar, oder sollte die Verwendung weiterer Schrauben dem Operateur und seiner intraoperativen Einschätzung über die Notwendigkeit überlassen werden?

Die hier vorliegende Arbeit untersucht den Korrekturverlust nach winkelstabiler Plattenosteosynthese distaler Radiusfrakturen, sowie deren Korrelation mit der zweiten Schraubenreihe und weiteren Faktoren wie, Alter und Komplexität der Frakturen.

1.1.Die distale Radiusfraktur

Laut Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) ist von distalen Radiusfrakturen die Rede bei einer Frakturlinie bis 3cm proximal des radiocarpalen Gelenks.[4, 13]Die Frakturen können einerseits extraartikulär oder intraartikulär verlaufen, wobei das Verhältnis hierbei 3:1 beträgt.[4, 13, 51]

1.1.1.Inzidenz

Wie bereits erwähnt, steigt die Quantität der distalen Radiusfrakturen an. Frakturen des distalen Radius sind derzeit mit 16-20% aller Frakturen, am häufigsten.[17]
Die Inzidenz liegt für Frauen über 35 Jahren bei 0,37% und für Männer bei 0,09%, mit steigendem Alter erhöht sich die Inzidenz, demnach haben Frauen über 50 Jahre ein 15% und Männer ein 2% Risiko eine Radiusfraktur zu erleiden.[4] Das Verhältnis von Frau zu Mann liegt gesamt bei 3,9:1.[49]

1.1.2.OP-Indikation

Nicht jede distale Radiusfraktur bedarf einer operativen Therapie, Insbesondere durch zufriedenstellende klinische Ergebnisse, war die Therapie lange sehr konservativ geprägt.[15, 20] Auch wenn größtenteils gute Ergebnisse durch konservative Behandlungen erreicht wurden, waren in bis zu 30% der Fälle die Behandlungsergebnisse unbefriedigend.[44] Nicht nur aufgrund dessen, sondern auch durch eine schnellere Rehabilitation der Patienten, fand die operative Therapie seit den 1980er Jahren immer mehr Anklang.
Die konservative Therapie wird, hier ohne weitere Darstellung, nur knapp erläutert, da in vorliegender Studie ausschließlich operative Versorgungen in Betracht gezogen wurden.
Als Indikation zur nicht operativen Therapie gilt:

- Stabile extraartikuläre Frakturen
- Nicht oder gering dislozierte, intraartikuläre Frakturen
- Lokale oder allgemeine Kontraindikationen gegen eine Operation
- Primär reponierbare und retinierbare Frakturen mit Instabilitätskriterien
- Ablehnung einer vorgeschlagenen Therapie

[4, 44]

Nicht operativ werden zwei Arten unterschieden:

- die Reposition mittels manuellem Zug (Zug an der Hand und Daumendruck auf das distale Radiusfragment)
- Reposition unter kontinuierlichem Zug (Aufhängung der Hand über Mädchenfänger, sowie Druck auf distales Radiusfragment)

Nachrepositionen oder mehrere Repositionsversuche müssen vermieden werden, da dadurch das Risiko für ein komplexes Regionales Schmerzsyndrom steigt (CRPS).[44]

Als etablierte Indikation für eine operative Therapie gilt:

- Instabile Frakturen
- Dislozierte intraartikuläre Frakturen
- Frakturen mit geschlossenem Weichteilschaden zweiten und dritten Grades
- Offene Frakturen zweiten und dritten Grades
- Traumatische N. Medianus-Kompression
- Begleitende Gefäß- und/oder Nervenverletzungen
- Erfolglose konservative Repositions- und Retentionsversuche
- Dislozierte Smith-Frakturen
- Akute Durchblutungsstörungen nach Reposition
- Komplexe Begleitverletzungen des Handgelenkes und der Handwurzel

[4]

1.1.3.Ziele der Therapie

Unabhängig von Art der Therapie gilt es für den behandelnden Arzt folgende Ziele zu erreichen:

- Schmerzlosigkeit
- Mobilität und Kraft
- Herstellung der Handgelenksfunktion
- Komplikationsvermeidung
- Wiedereingliederung in soziales Umfeld
  [41]

1.1.4.Osteosynthese der Fraktur

Distale Radiusfrakturen können über verschiedenste Herangehensweisen invasiv behandelt werden. Beispielsweise mit klassischer Plattenosteosynthese von palmar oder dorsal, aber auch mit winkelstabilen Platten von palmar bzw. dorsal. Wobei im Falle der winkelstabilen Platten, unidirektionale von multidirektionalen Platten unterschieden werden müssen. Unidirektionale Systeme besitzen einen vorgegebenen Winkel von Schrauben zur Plattenebene, welcher durch ein Gewinde an der Platte verriegelt wird. Multidirektionale Systeme besitzen ebenfalls ein Verriegelungssystem. Meist durch Materialverformung oder durch spezielle Schraubenköpfe verwirklicht, können die Schrauben in variablen Winkeln zur Platte eingebracht werden.[20, 33, 35, 43]. Klassische Plattenosteosynthese, im Sinne der Kompressionsplatte, ist häufig nur unzureichend geeignet für komplexe Frakturen, insbesondere im osteoporotisch veränderten Knochen, da die Platten-Schrauben-Verbindung, den Dislokationskräften instabiler Frakturen nicht entgegenwirken kann.[42] Aufgrund dessen sollten heutzutage winkelstabile Osteosyntheseplatten zur Anwendung kommen.
Winkelstabile Platten können als Fixateur-interne bezeichnet werden, da sie wie im Prinzip des Fixateur-externe die Fraktur überbrücken, anstatt sie zu schienen.[13, 42, 53] Die Platte nimmt hierbei die Kräfte aus dem distalen Radiusfragment auf und überträgt sie proximal der Fraktur wieder auf den Radius.[53] Durch dieses Prinzip kann die Fraktur lastfrei ausheilen. Anhand der Möglichkeit- die Platte anatomisch anzupassen, sowie durch die Multidirektionalität der Schrauben, kann eine Schraubenlage im Frakturspalt größtenteils verhindert werden.[43] Durch das

bereits erwähnte Prinzip der Überbrückung werden deutlich günstigere biomechanische Eigenschaften erreicht, wodurch die Stabilität steigt und die Rate der Sekundärdislokationen sinkt.[42, 45] Zusätzliche Spongiosaplastiken werden heutzutage selten benötigt, da durch die winkelstabile Osteosynthese eine dauerhafte Retention erreicht wird. Die genannten Vorteile senken die postoperativen Komplikationen deutlich, so dass sekundäre Korrekturmaßnahmen nur noch wenig nötig sind.[31]
In der vorliegenden Arbeit wurden ausschließlich Frakturen, welche mit palmarer winkelstabiler Osteosyntheseplatte versorgt wurden, untersucht.

1.1.4.1.Bewertung der Implantatlage mittels Soongklassifikation

Soong et al. [47] haben eine Klassifikation entwickelt, bei der die Implantatlage, bzw. die Prominenz der Osyteosyntheseplatte in Bezug zur Watershedlinie bei palmarer Plattenosteosynthese beurteilt wird. Soong et al unterscheiden von Grad 0 bis Grad 2.
Zur Beurteilung werden zwei Parallelen gezeichnet. Die Erste Linie (Grün) verläuft entlang der Kortikalis des Radiusschaftes, die zweite Linie (Rot) verläuft dazu parallel durch den am meisten palmar gelegen Teil des distalen Radiuskopfes, diese Linie wird auch kritische Linie genannt. [47]
Befindet sich der prominenteste Punkt der Osteosyntheseplatte eher dorsal der kritischen Linie, so handelt es sich um einen Grad 0. Überschreitet der prominenteste Punkt die kritische Linie, befindet sich jedoch proximal der distalen Kante, handelt es sich um einen Grad 1. Ist der Punkt distaler, sowie palmarer der distalsten Kante, überschreitet die Platte damit die Watershedlinie und wird als Grad 2 eingestuft. [12, 47]

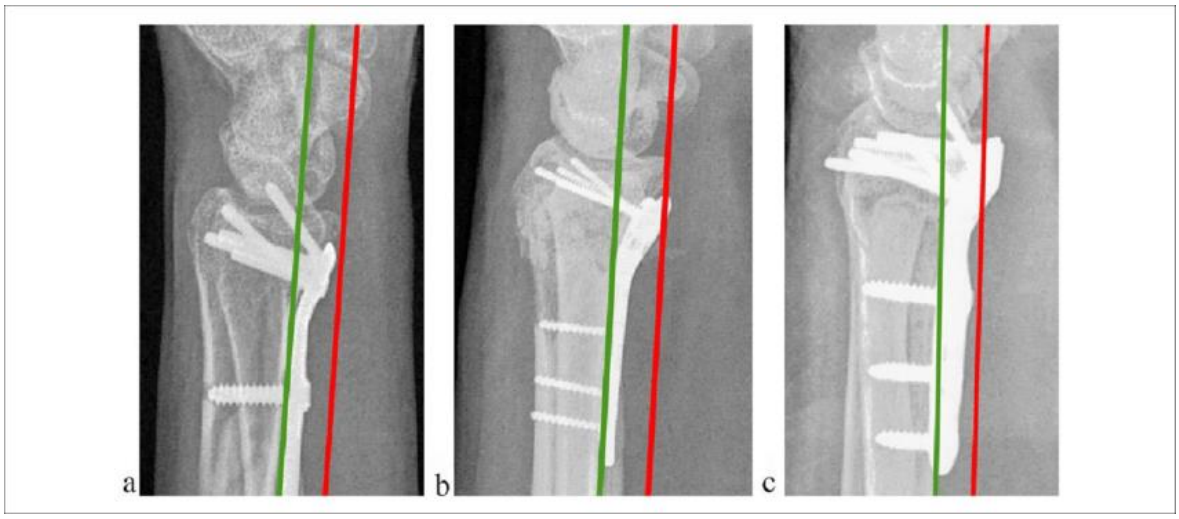


Abbildung 1: Soong Klassifikation 0-2

a = Grad 0 b= Grad 1 c= Grad 2
(entnommen aus: Intrarater and Interrater Reliability of the Soong Classification for Distal Radius Volar Locking Plate Placement [14])

Lutsky et al. konnten eine hohe Zuverlässigkeit der Klassifikation aufweisen, und somit bestätigen dass die Klassifikation geeignet ist um den Grad der Plattenprominenz aufzuzeigen.[13, 23]

1.1.5.Klassifikation

Da nicht sämtliche Frakturen gleich sind und diese insbesondere je nach Unfallhergang und der Energie des Traumas deutliche Unterschiede aufweisen, ist es selbstverständlich, dass es unzählige Klassifikationen gibt. Einige wenige sollen hier Erwähnung finden, jedoch nicht weiter ausgeführt werden:

- Rayhack-Klassifikation
- Melone-Klassifikation
- Frykman-Klassifikation
- Pechlaner-Klassifikation
- Mayo-Klassifikation
- Fernandez-Klassifikation

[4, 9]

Aufgrund der weiten Verbreitung der historischen Klassifikationen, sowie der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) im klinischen Alltag, sollen diese kurz erläutert werden.

1.1.5.1.Die historische Klassifikation

- Extensionsfraktur:
    - Colles-Fraktur → Extraartikuläre Extensionsfraktur mit Dislokation des distalen Fragments nach dorso-radial
    - Barton-Fraktur → partiell artikuläre Extensionsfraktur mit dorsalem Kantenfragment
- Flexionsfraktur:
    - Smith-Fraktur → Extraartikuläre Flexionsfraktur mit Dislokation des distalen Fragments nach palmar und radial
    - Reversed Barton-Fraktur → partiell artikuläre Flexionsfraktur mit palmarem Kantenfragment
- Kompressionsfraktur:
    - Die-Punch-Fraktur → intraartikuläre Fraktur mit Sprengung der intermediären Säule des Radius (Fossa lunata radii) (Dreisäulenmodell nach Rikli)

- Sonstige Frakturen:
    - Chauffeur-Fraktur → intraartikuläre Fraktur nach direkter Krafteinwirkung oder forcierter Dorsalextension mit Radialabduktion

1.1.5.2. Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

A → Extraatrikuläre Fraktur

- A1: isolierte distale Ulnarfraktur
- A2: einfach distale Radiusfraktur (Colles/Smith-Fraktur)
- A3: mehrfragmentäre distale Radiusfraktur

B → Partiell artikuläre Fraktur

- B1: sagittale Radiusfraktur
- B2: dorsales Kantenfragment (Barton-Fraktur)
- B3: palmares Kantenfragment (Reversed Barton-Fraktur)

C → Intrartikuläre Fraktur

- C1: einfach artikulär, sowie einfach metaphysär
- C2: einfach artikulär, sowie metaphysär mehrfragmentär
- C3: artikulär und metaphysär mehrfragmentär

[32]

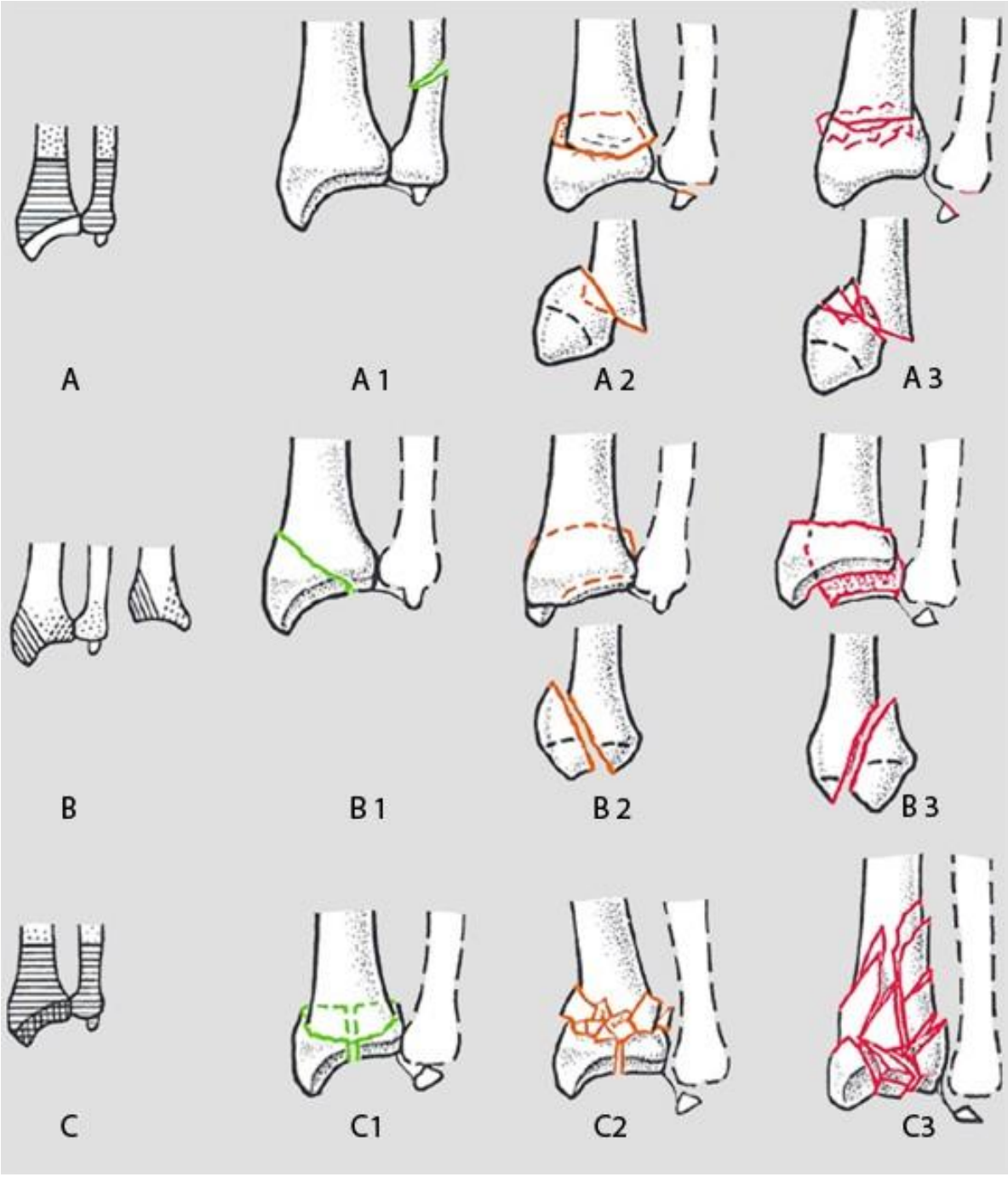


Abbildung 2: Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO-Klassifikation) distaler Radiusfrakturen

(entnommen aus: Zeichen, J.; Distale Radiusfraktur Aktueller Stand der Versorgungsmöglichkeiten; Trauma und Berufskrankheit 2014 [54])

In der hier vorliegenden Arbeit wird zur allgemeinen Übersichtlichkeit, sowie zur Vergleichbarkeit, ausschließlich die AO-Klassifikation angewendet.

1.2.Radiologische und physiologische Winkel

Zu den diagnostischen Verfahren bei Verdacht auf Frakturen zählt neben der klinischen Untersuchung, mit Überprüfung der Frakturzeichen, der pDMS, der Palpation, sowie der Funktionsprüfung, vor allem die radiologische Sicherung der Verdachtsdiagnose. Hierbei werden standardisiert Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen angefertigt. Der Strahlengang ist einmal posterior/anterior und einmal seitlich.[10, 19] Dies ist nötig um das Ausmaß der Verletzung bzw. des Frakturverlaufs und eventuell eine intraartikuläre Fraktur oder Trümmerzone zu sichten. Insbesondere präoperativ sind Röntgenaufnahmen unerlässlich durchzuführen.

Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographien (MRT) sind selten indiziert und werden lediglich in sehr komplexen Fällen oder zur Beurteilung von Komplikationen angewendet.

Als radiologisches Kriterium für eine erfolgreiche Reposition und bereits bei der Diagnostik dienen die Gelenkflächenneigungswinkel, auch Böhler I und Böhler II genannt.

1.2.1.Ulnarinklination (Böhler I)

Die Ulnarinklination kann im posterior/anterioren Strahlengang gemessen werden. Die Neigung der radialen Gelenkfläche wird anhand einer orthogonalen Linie durch die radiäre Schaftachse gemessen. Die Ulnarinklination beträgt im Mittel etwa 22-23°, schwankt je nach Literatur jedoch zwischen 20 und 30 °.[13, 22, 54]

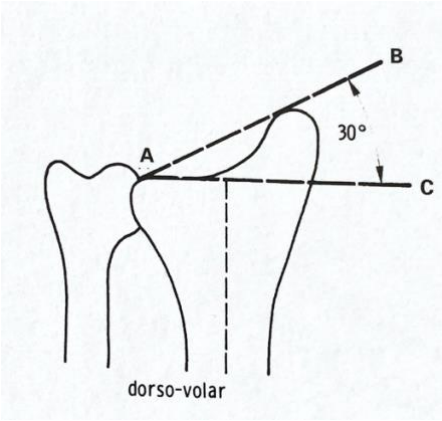


Abbildung 3: Böhler I Winkel

(entnommen aus: Friedrich H.W. Heuck, Brigitte R.G. Bast; Radiologische Skizzen und Tabellen; peripheres Skelett; Georg Thieme Verlag Stuttgart 1994)

1.2.2.Palmarinklination (Böhler II)

Die Palmarinklination wird im seitlichen Strahlengang bestimmt. Hier wird ebenfalls anhand einer orthogonalen Linie, durch die Schaftachse des Radius, die Gelenkflächenneigung gemessen. Sie beträgt etwa 10-15°.[13, 22, 54]

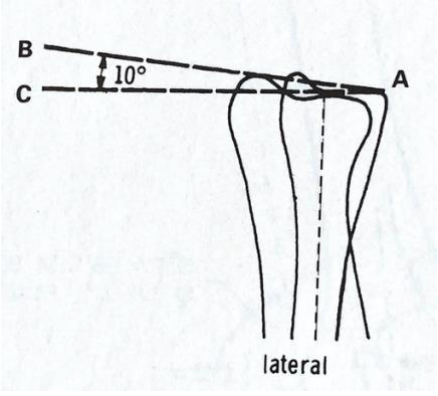


Abbildung 4: Böhler II Winkel

(entnommen aus: Friedrich H.W. Heuck, Brigitte R.G. Bast; Radiologische Skizzen und Tabellen; peripheres Skelett; Georg Thieme Verlag Stuttgart 1994)

Die oben genannten Winkel dienen zum einen als diagnostisches Maß, wie weit eine Fraktur dislozíert ist, zum Anderen als postoperatives Kriterium ob die

Reposition erfolgreich war. Die Reposition sollte stets in einem physiologischen Rahmen stattfinden, so dass der Patient ein bestmögliches Heilungsergebnis, sowie eine gute Funktionalität, erwarten kann.
Im Falle der hier vorliegenden Studie werden die Winkel zum Vergleich nach Metallimplantation und Metallexplantation verwendet, um anschließend den bereits erwähnten Korrekturverlust ermitteln zu können.

2.Material und Methoden

Die Studie wurde nach Bestätigung durch die Ethikkommission der Bayerischen Landesärztekammer durchgeführt. (Ethikantrag 2019-049)

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine radiologisch retrospektive Nachuntersuchung von Frakturen des distalen Radius, welche mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgt wurden.
Das Ziel der durchgeführten Untersuchung ist es, radiologisch das Ergebnis der Frakturversorgung in Hinsicht auf den sekundären Korrekturverlust nach winkelstabiler Plattenosteosynthese, zu evaluieren. Hierfür wurden, wie oben beschrieben, die Böhler I und II- Winkel in den postoperativen Röntgenbildern nach Implantat -Insertion und Explantation gemessen und verglichen.
Die zweite Bohrlochreihe galt als besetzt, sobald mind. zwei Schrauben inseriert wurden.
Die Hypothesen lauten wie folgt:

- Die Besetzung der zweiten Bohrlochreihe im distalen Frakturfragment führt zu geringeren Korrekturverlusten und somit zu besseren Ergebnissen gegenüber der Versorgung nur mit einer besetzten Bohrlochreihe
- Patienten höheren Alters weisen stärkere Korrekturverluste auf als junge Patienten
- Der Korrekturverlust korreliert mit der Komplexität der Fraktur. Umso komplexer die Fraktur, desto höher der Korrekturverlust

2.1.Patientenkollektiv

Insgesamt wurden zwischen Dezember 2011 und April 2019 200 Radiusfrakturen mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese am Stiftungsklinikum Neu-Ulm (Donauklinik) versorgt und konnten retrospektiv ausgewertet werden. Das Geschlechterverhältnis betrug etwa 1:3,6 (43 Männer: 157 Frauen). Vier Patienten erlitten Frakturen beider Radien, weshalb diese Patienten doppelt gezählt wurden.

2.2.Osteosynthesematerial

Sämtliche in der Studie untersuchten distalen Radiusfrakturen wurden mittels einer palmaren winkelstabilen Osteosyntheseplatte der Firma Medartis (Basel, Schweiz) versorgt. Medartis bietet eine breitgefächerte Palette an verschiedensten Osteosyntheseplatten an, wobei im Falle der Frakturversorgung am Stiftungsklinikum Neu-Ulm (Donauklinik) ausschließlich die Aptus Verblockungs-Frakturplatte Anwendung fand. [25]



Abbildung 5: Verwendete winkelstabile Platte der Fa. Medartis Typ APTUS Radius (links und rechts)

(entnommen aus: Distales Radiussystem 2.5. Aptus Wrist Medartis AG Basel[25])

Die Osteosyntheseplatten bieten folgende wichtige Merkmale:

- Anatomisch vorgebogene Implantate zur einfachen intraoperativen Anwendung
- Zweireihige Lochanordnung im distalen Bereich der Radiusplatten für eine optimale subchondrale Stabilität
- TriLock – variabler Verblockungswinkel von bis zu ±15° in jedem Plattenloch für frakturspezifisches Positionieren der Platte
- Keine Gefahr der Kaltverschweissung
- Geringe Systembauhöhe selbst bei einem maximal eingestellten Schraubenwinkel von ±15° zur Schonung von Weichteilen
- Stark abgerundete Kanten und hochpolierte Oberflächen für maximale Weichteilschonung
- K-Draht Löcher zur temporären Plattenfixierung und zur Überprüfung der korrekten Schraubenlage
- Frühmobilisierung durch das Prinzip des „Fixateur Interne“

  [26]

Ein weiterer Vorteil der Aptus Frakturenplatte ist die primäre Fixierung der Platte innerhalb eines Gleitloches im proximalen Fragment. Dadurch bleibt die Platte in proximal-distaler Richtung verschieblich. Sollte anschließend das Ergebnis korrigiert werden müssen, kann die Platte in Längsrichtung verschoben werden.[27] Insbesondere durch dieses Prinzip kann das Überschreiten der Watershed-Linie verhindert werden und postoperative Komplikationen, wie Beugesehnenirritationen bleiben aus.

2.3.Erhebung der Daten mit Allgeier PACS (PACS RVC)

Sämtliche Bilder, sowohl präoperativ, postoperativ, als auch nach Metallentfernung waren digitale Röntgenbilder und wurden an einem PC mit der Röntgensoftware PACS RVC (ursprünglich Allgeier PACS) vermessen. Es handelte sich ausschließlich um anterior-posteriore und streng laterale Röntgenbilder. Hierbei wurde wie unter Punkt drei beschrieben die Ulnar- sowie Palmarinklination gemessen. Alle Messungen wurden von einer Person durchgeführt. Anschließend fand die Auswertung der Daten mittels Excel (Microsoft Office 365) statt.

2.4.Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm Excel 365 von Microsoft Office erfasst und bearbeitet. Die darauffolgende Erstellung von Diagrammen wurde ebenfalls mittels Excel 365 durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit R (Programmiersprache für statistische Berechnung und Grafik) durchgeführt.

In Excel wurde jedem Patienten eine Fallnummer, sowie Zeile zugewiesen, so dass anschließend alle erhobenen Daten in die dazugehörigen Spalten eingetragen werden konnten. Diese Art der Darstellung erlaubte es, die Werte postoperativ und nach Metallentfernung, zu vergleichen. Winkel und Zahlenwerte konnten direkt in die Zellen eingegeben werden, wobei Angaben wie zum Bsp. zur Altersklasse oder Frakturklassifikation numerisch verschlüsselt wurden (1, 2, 3, 4).
Zu den erhobenen Daten wurde zunächst die deskriptive Statistik mit Mittelwert, Medianwert, Standardabweichung, sowie Minimum und Maximum erhoben. Ebenfalls wurden die absolute und relative Häufigkeit in Prozent und Anzahl errechnet.
Zur Überprüfung der Unabhängigkeit zweier diskreter Zufallsvariablen wurde der exakte Chi-Quadrat-Test verwendet. Der Zusammenhang von Mittelwerten unterschiedlicher Gruppen (z.B. Altersgruppen oder 2.Bohrlochreihe besetzt / unbesetzt), wurde mit Hilfe einer ANOVA-Analyse untersucht.

Bei der statistischen Auswertung mit R galten p-Werte unter 0,05 als signifikant, darauffolgend wurde die Nullhypothese verworfen und ein Zusammenhang der untersuchten Werte konnte festgestellt werden. In Fällen eines p-Wertes über 0,05 wurde demnach festgestellt, dass die Abweichungen durch Zufall bestehen und dabei keine statistische Signifikanz vorliegt.

2.5.Fallbeispiel

2.5.1.Beispiel 1

2.5.1.1.Präoperative Röntgenbilder

In diesem Fall handelt es sich um eine, zum Zeitpunkt der Fraktur, 85 jährige weibliche Patientin.



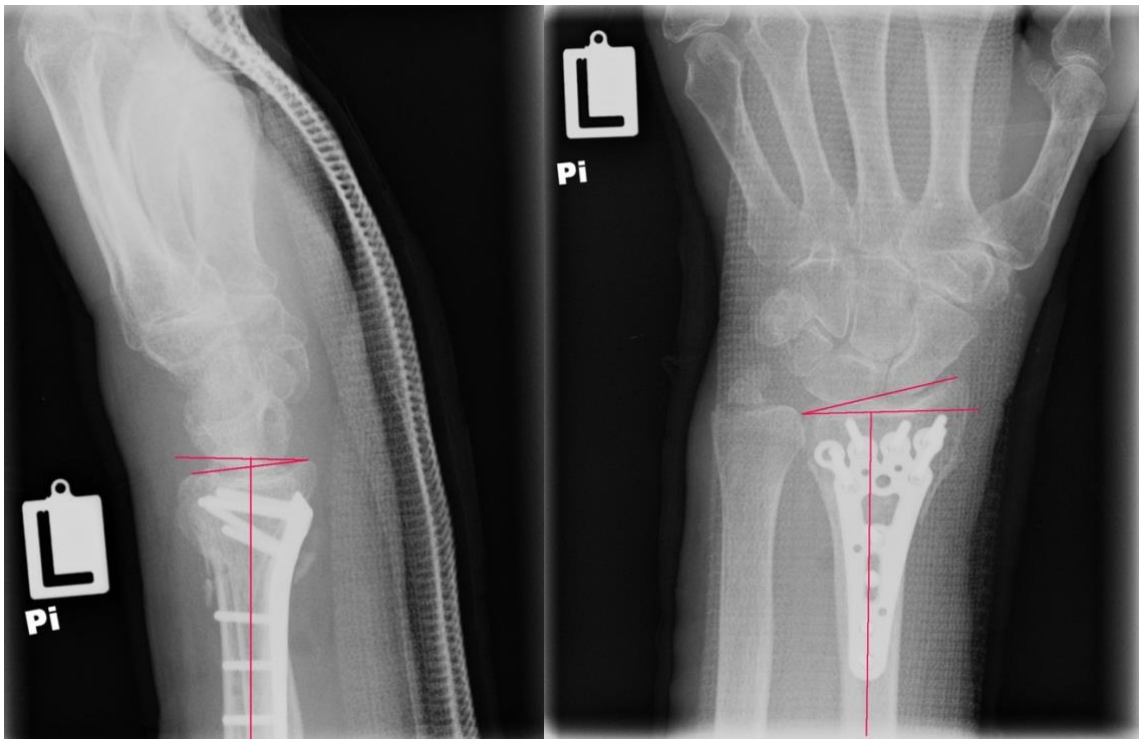
Rö-seitlich Rö-a.p.

Abbildung 6: Röntgenaufnahmen des distalen UA mit Handgelenk in 2 Ebenen A3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

Die Patientin erlitt eine mehrfragmentäre A3-Fraktur des linken Radius mit Dislokation nach dorsal, sowie eine Absprengung des Proc. styloideus ulnae.

2.5.1.2.Postoperative Bilder



Rö-seitlich, Böhler II -6° Rö-a.p., Böhler I 13,2°

Abbildung 7: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen A3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) und Versorgung mittels Aptus Radius, sowie eingezeichnete Böhlerwinkel I und II

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

In den hier dargestellten Röntgenbildern, können anhand der roten Linien die Messungen nachvollzogen werden. Auffällig in diesem Fall ist, dass die Patientin nach Reposition und Osteosynthese der Fraktur, einen negativen Böhler II- Winkel aufweist. Dies deutet daraufhin, dass bereits vor dem Unfallgeschehen, eine stark abgeflachte Gelenkflächenneigung vorlag. Ebenfalls zu sehen ist, dass die zweite Bohrlochreihe mit zwei Schrauben versehen wurde. Die Implantatlage ist sehr gut.

2.5.1.3.Metallentfernungsbilder



Rö-seitlich, Böhler II -13,5° Rö-a.p., Böhler I 10°

Abbildung 8: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen nach Metallentfernung des Osteosynthesematerials

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

In den Röntgenbildern nach Metfallentfernung, bzw. Explantation des Osteosynthesematerials, stellt sich eine zufriedenstellende knöcherne Konsolidierung dar, jedoch ist anhand der Messlinien ein deutlicher sekundärer Korrekturverlust nicht zu übersehen. Die Knochensinterung wird im Vergleich zu den Bildern nach Metallinsertion deutlich. Der Böhler I-Winkel verliert 3,2° und der Böhler II 7,5° Gelenkflächenneigung.

Das Osteosynthesematerial blieb genau 364 Tage in situ, es traten keine Komplikationen oder Ähnliches während der Rehabilitation auf.

2.5.1.4.Soong-Beurteilung

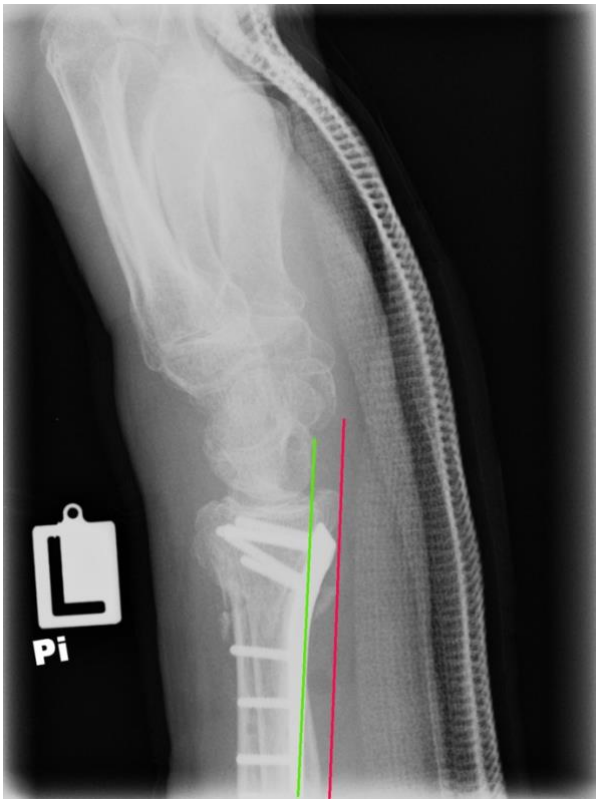


Abbildung 9: Röntgenaufnahmen des Handgelenks seitlicher Strahlengang mit Grad 0 nach Soong (Plattenlage)

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

Grad 0 der Soongklassifikation, daraus resultiert ein geringes Risiko für Irritationen oder Rupturen der Beugesehnen. Die Therapie verlief wie bereits erwähnt komplikationslos.

2.5.2.Beispiel 2

In diesem Fall handelt es sich um eine, zum Zeitpunkt des Unfalls 67 jährige weibliche Patientin.

2.5.2.1.Präoperative Röntgenbilder



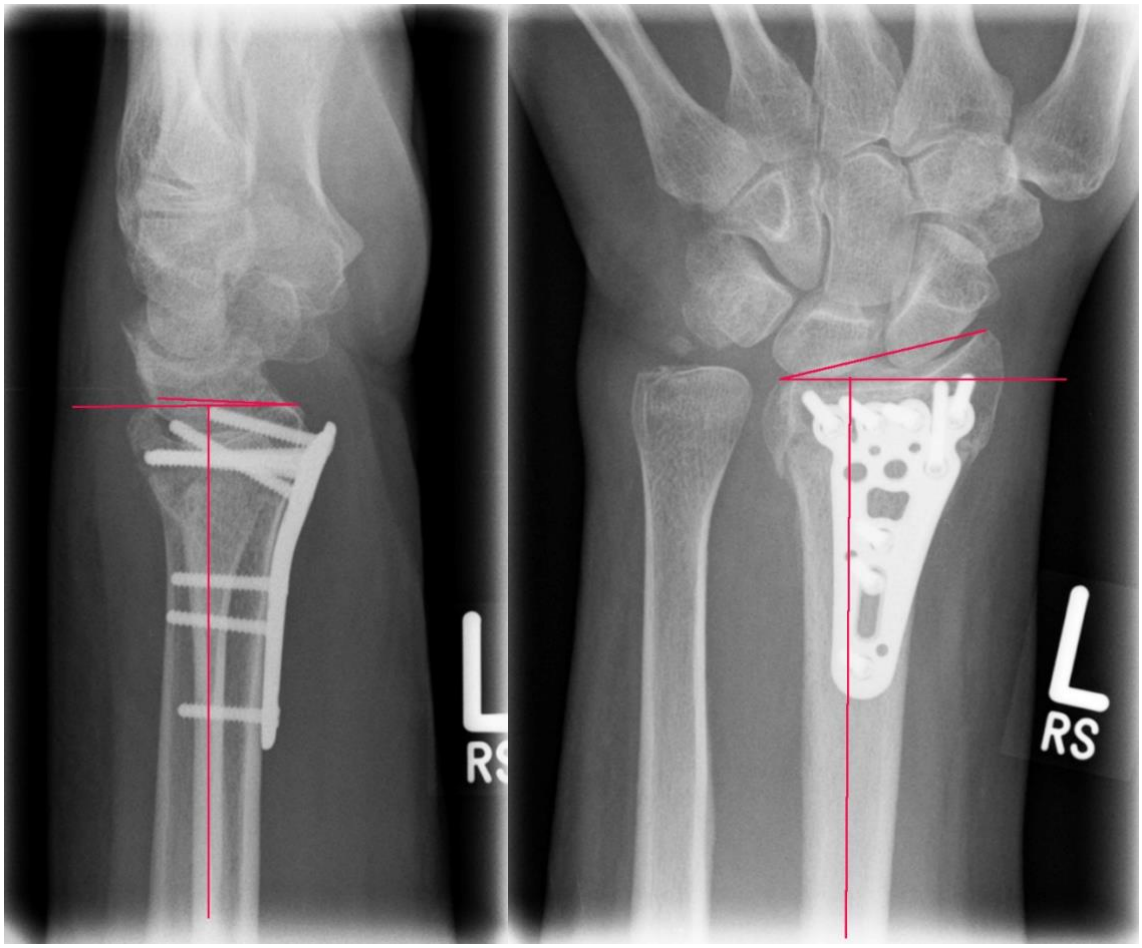
Röntgen-seitlich Röntgen anterior-posterior

Abbildung 10: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm)

Die Patientin erlitt, wie in den Röntgenbildern zu sehen eine mehrfragmentäre, intraartikuläre C3-Fraktur des linken Radius, mit starker Dislokation nach dorsal.

2.5.2.2.Postoperative Bilder



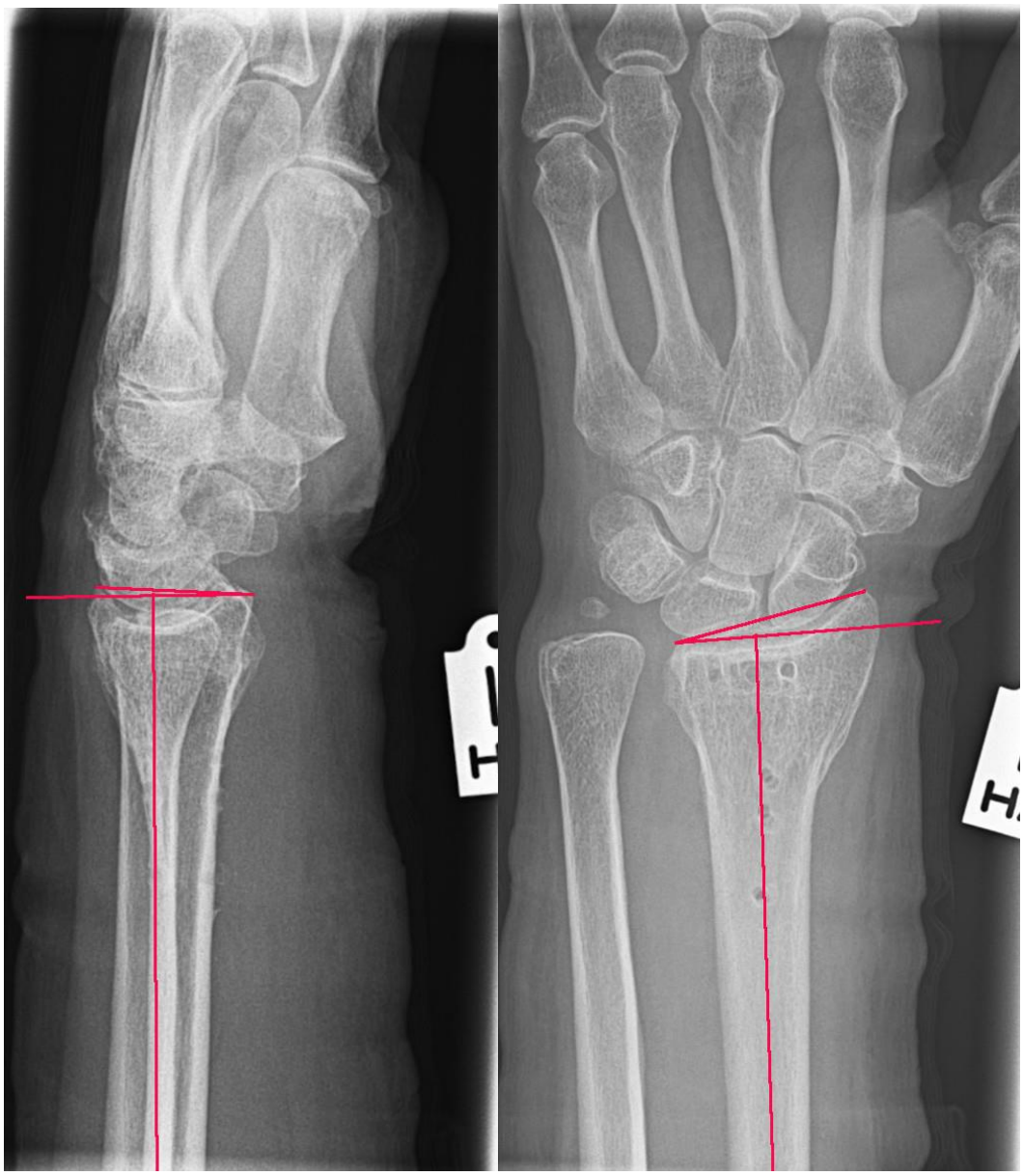
Röntgen-seitlich, Böhler II 3° Röntgen anterior-posterior, Böhler I 14°

Abbildung 11: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) mit eingezeichneten Böhlerwinkeln I und II

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

Die Röntgenbilder zeigen den linken Radius der Patientin postoperativ mit winkelstabiler Osteosynthese in situ. Mit 3° besitzt die Patientin ebenfalls einen relativ kleinen Palmarinklinationswinkel (Böhler II). Die Implantatlage, ist wie im seitlichen Strahlengang zu erkennen, etwas distaler als gewünscht.

2.5.2.3.Metallentfernungsbilder



Rö-seitlich, Böhler II 3° Rö-a.p., Böhler I 14°

Abbildung 12: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) und Z. n. Metallentfernung sowie eingezeichneten Böhlerwinkeln I und II

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

Nach Metallentfernung zeigt sich in der Röntgenkontrolle eine gute knöcherne Konsolidierung der Fraktur. Die Gelenkflächenneigungswinkel haben sich postoperativ nicht verändert.

Das Osteosynthesematerial blieb genau 329 Tage in situ, es traten keine Komplikationen während der Therapie auf.

2.5.2.4.Soong-Beurteilung

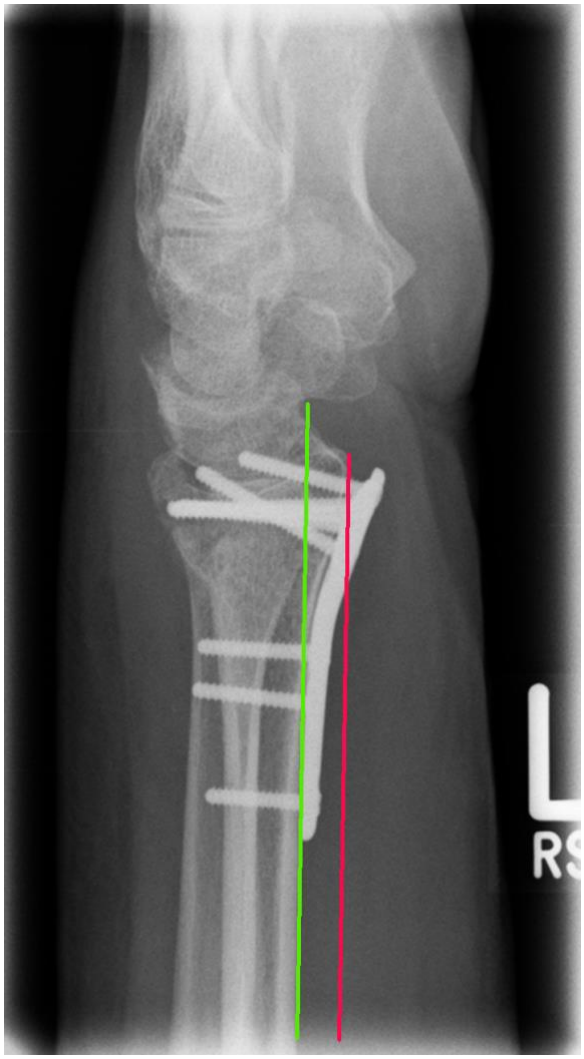


Abbildung 13: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk seitlicher Strahlengang Plattenlage Grad 1 nach Soong

(Röntgenaufnahmen der Donauklinik Neu-Ulm mit eigener Messung)

Grad 1 nach Soong, das Risiko für Beugesehnenrupturen ist erhöht, die Watershedlinie jedoch nicht überschritten. Wie bereits oben erwähnt, verlief die Therapie trotz erhöhten Risikos komplikationslos.

3.Ergebnisse

3.1.Patientenalter und Geschlechterverhältnis

Es handelte sich um Männer und Frauen unterschiedlichen Alters, wobei das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Untersuchung bei 62,7 Jahren lag. Der älteste Patient war 87 Jahre alt, der jüngste 21 Jahre alt.

Zur besseren Übersichtlichkeit, sowie zur Auswertung in Hinsicht auf Altersverteilung wurden die Patienten nach Alter in 4 Gruppen eingeteilt:

- 21 bis 40 Jahre (Gruppe1)
- 41 bis 60 Jahre (Gruppe2)
- 61 bis 80 Jahre (Gruppe3)
- 80+ Jahre (Gruppe4)

22 der Patienten wurden Gruppe 1 zugeordnet, 60 der Patienten zu Gruppe 2, In Gruppe 3 befanden sich mit 99 die meisten Patienten, in Gruppe 4 befanden sich 19 Patienten.

Das Geschlechterverhältnis betrug hier etwa 1:3,6 (Mann : Frau)

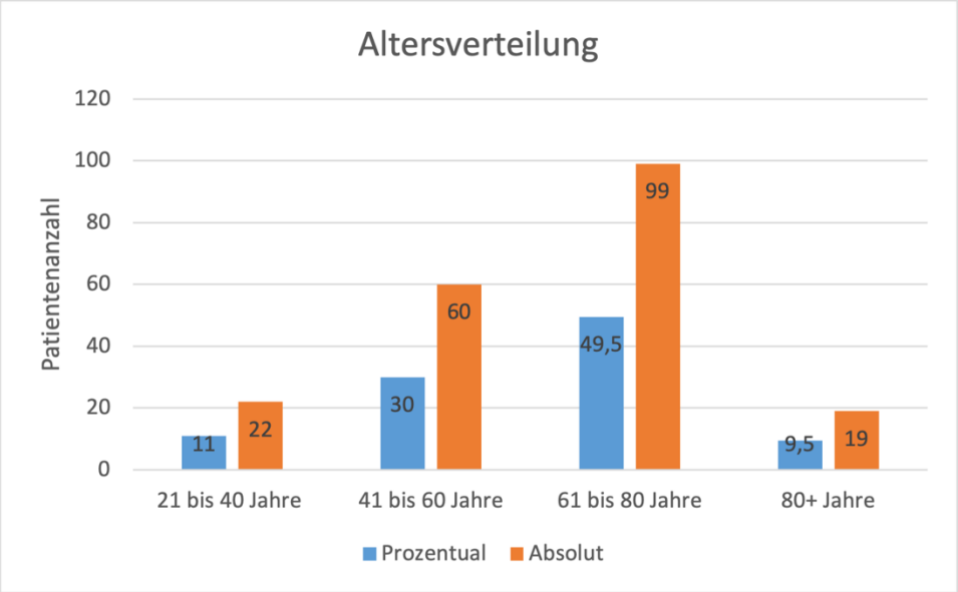


Abbildung 14: Altersverteilung der dokumentierten Radiusfrakturen n=200, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

3.1.1.Mittlere Korrekturverluste der Altersgruppen

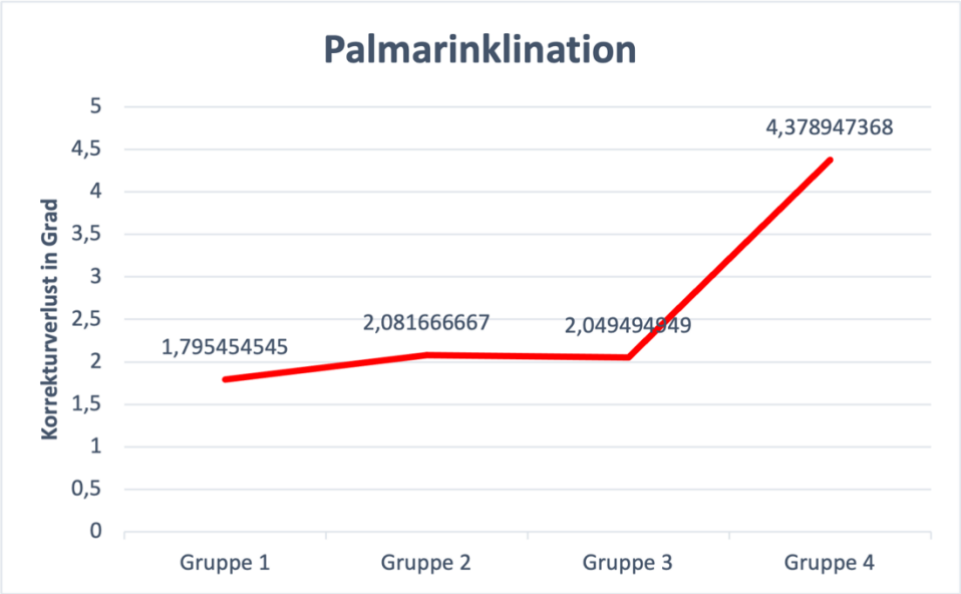


Abbildung 15: Mittelwerte innerhalb der Altersgruppen 1-4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

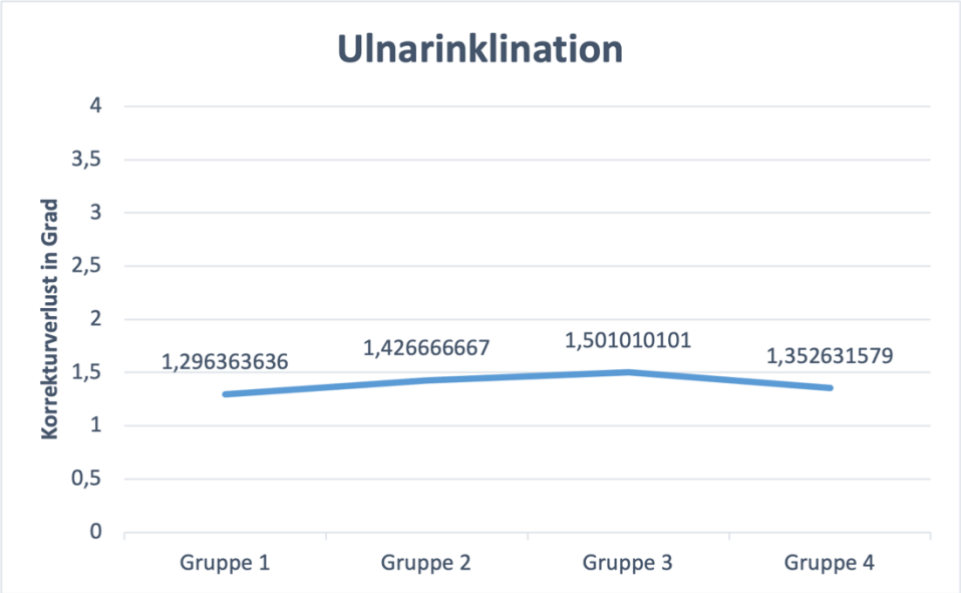


Abbildung 16: Mittelwerte innerhalb der Altersgruppe 1-4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Hier sind die mittleren Korrekturverluste der Altersgruppen 1-4 aufgezeichnet. Hierbei zeigt sich ein relativ gleichmäßiger Wert. Ausnahme ist die Gruppe 4 (Ø 4,3789°) bei der Palmarinklination.

3.1.2.Anzahl der Frakturtypen innerhalb der Altersgruppen

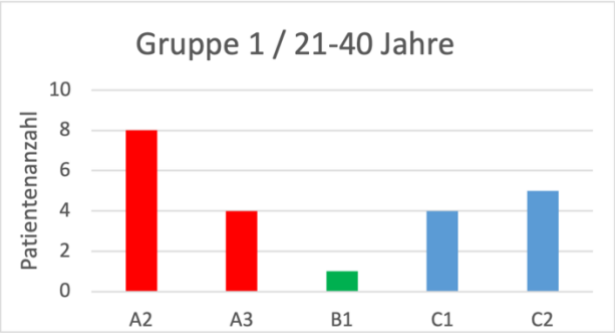


Abbildung 17: Frakturverteilung der Altersgruppe 1, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

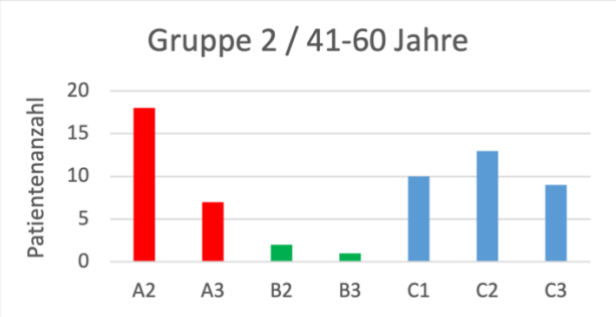


Abbildung 18: Frakturverteilung der Altersgruppe 2, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

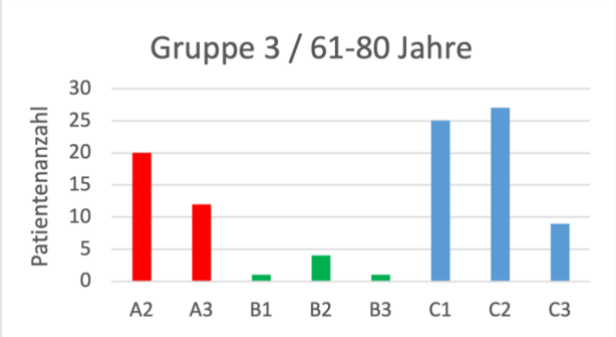


Abbildung 19: Frakturverteilung der Altersgruppe 3, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

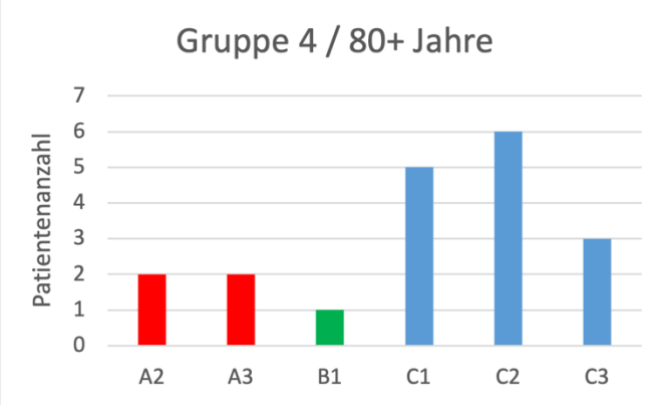


Abbildung 20: Frakturverteilung der Altersgruppe 4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Die Frakturverteilung der Altersgruppen zeigt auf, dass in den älteren Gruppen eine Tendenz zu komplexeren Frakturen besteht. Frakturen des Typ-B kommen insgesamt relativ selten vor, jedoch ist zu sehen, dass in den jüngeren Altersgruppen die Frakturen des Typ-A deutlich häufiger vorkommen, als sie dies in Altersgruppe 4 tun.

3.1.3.Übersicht der Frakturen im Zusammenhang mit dem Alter

Zur Feststellung ob ein Korrekturverlust nach Radiusfrakturen einen Zusammenhang mit der Anzahl der besetzten Bohrlochreihen, sowie mit dem Alter hat, sollte zunächst ein Überblick dargestellt werden. Die folgenden Diagramme zeigen den Korrekturverlust in Grad in Gegenüberstellung zum Alter des Patienten. Hier ist ebenfalls wie in der Altersverteilung eine Verdichtung der Frakturfälle in der dritten Altersgruppe (61-80) Jahre zu erkennen.

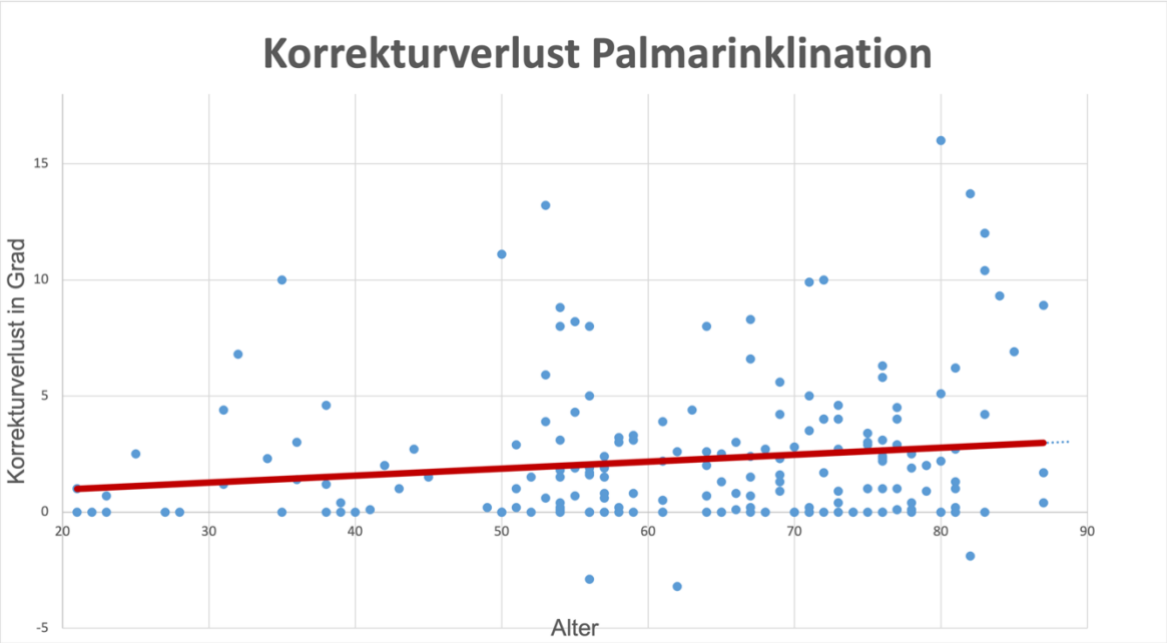


Abbildung 21: Korrekturverlust in Bezug auf die Palmarinklination in Gegenüberstellung zum Alter, inklusive Trendlinie (rote Linie), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Die Trendlinie der Palmarinklination weist eine leichte Steigung auf. Dies spiegelt einen erhöhten Korrekturverlust mit steigendem Alter wieder; dieser Trend erwies sich jedoch lediglich für die Altersgruppe 4 als statistisch signifikant (p-Wert = 0,0017).

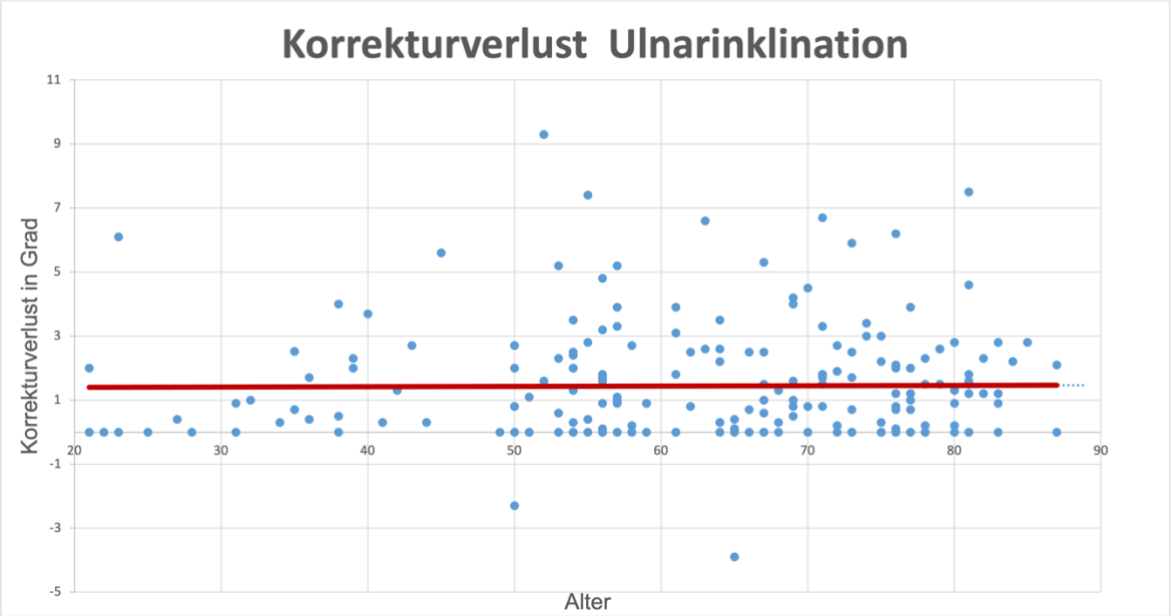


Abbildung 22: Korrekturverlust in Bezug auf die Ulnarinklination in Gegenüberstellung zum Alter, inklusive Trendlinie (rote Linie), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Der Korrekturverlust bei Betrachtung der Ulnarinklination bleibt im Mittel etwa gleich in allen Altersgruppen. Demnach gibt es keine Korrelation zwischen Alter des Patienten und des Korrekturverlustes osteosynthetisch versorgter Radiusfrakturen (p-Wert=0,9713).

3.2.Frakturverteilung

Nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) besteht das Kollektiv aus 73 nicht gelenkbeteiligten A2 und A3 Frakturen (36,5%), 11 B1, B2 oder B3 Frakturen (5,5%), sowie aus 116 intraartikulären C1, C2 oder C3 Frakturen (58%).

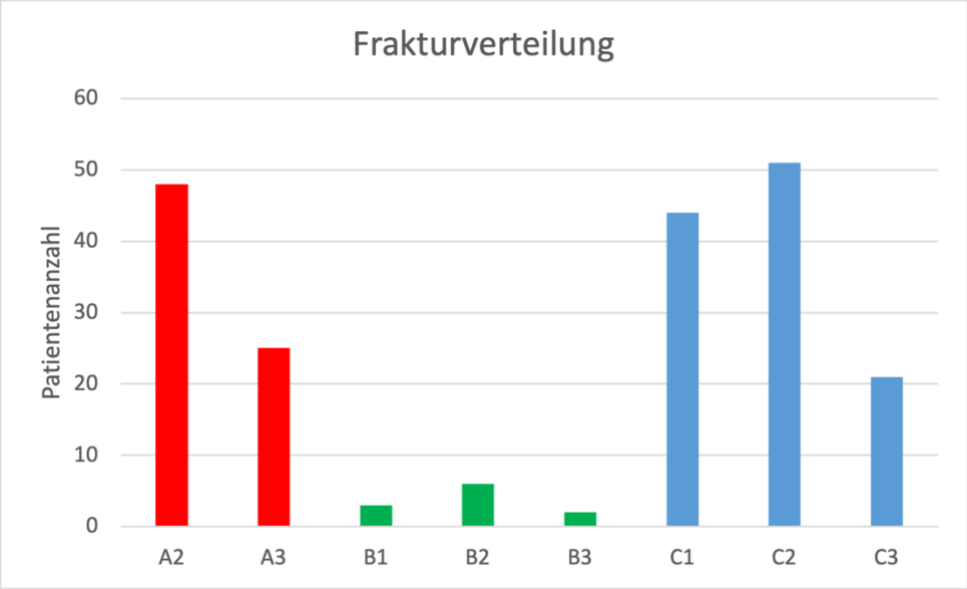


Abbildung 23: Frakturverteilung bei n= 200 nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

3.2.1.Mittlerer Korrekturverlust der Frakturtypen

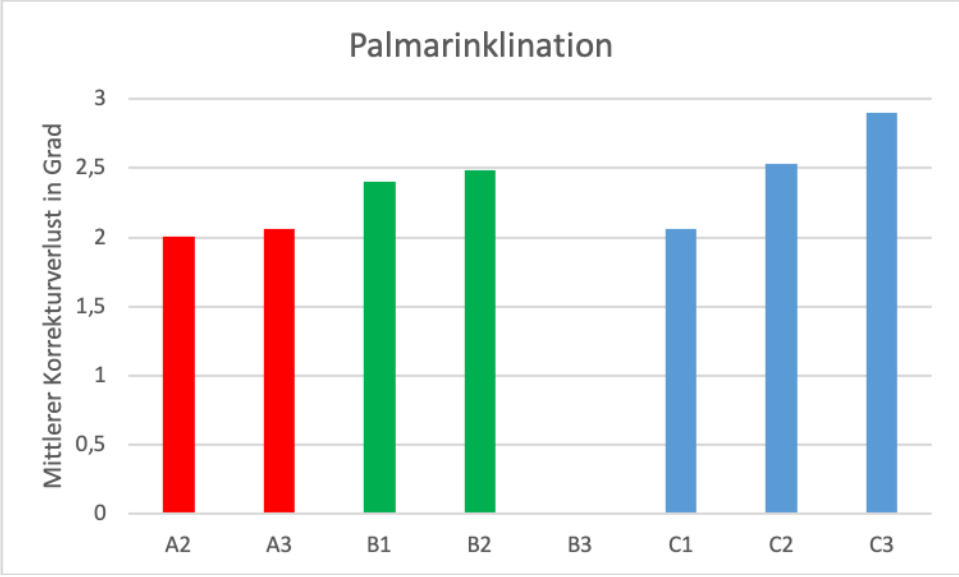


Abbildung 24: Korrekturverlust der Palmarinklination innerhalb der Frakturklassen, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

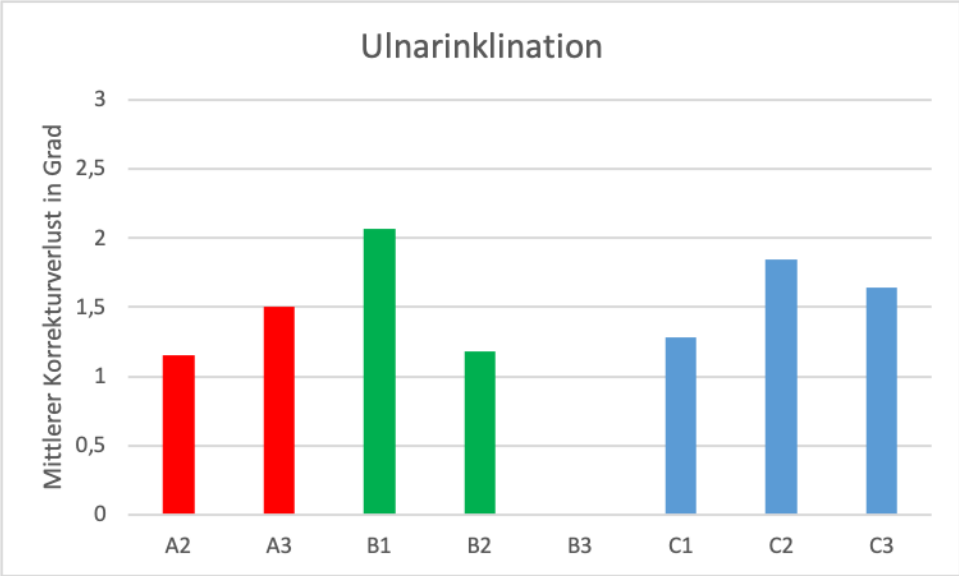


Abbildung 25: Korrekturverlust der Ulnarinklination innerhalb der Frakturklassen, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Für die Palmarinklination ergibt sich im Mittel ein Korrekturverlust bei Typ-A Frakturen von 2,035°, bei Typ-B Frakturen von 1,627° und bei Typ-C Frakturen von 2,496°.

Im Falle der Ulnarinklination ergeben sich Mittelwerte von 1,332° für Typ-A, 1,083° für Typ-B und 1,591° für Typ-C Frakturen.

3.3.Korrekturverlust der gesamten Patientenkohorte

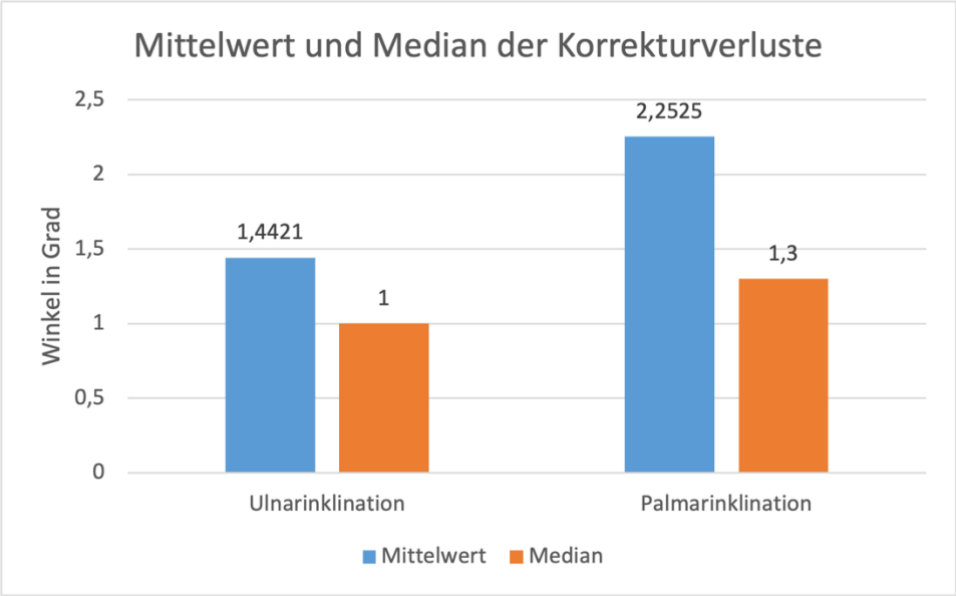


Abbildung 26: Mittelwert und Median der Korrekturverluste, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Die Auswertung aller Röntgenbilder ergab einen durchschnittlichen Korrekturverlust von 1,4421° für die Ulnarinklination, sowie von 2,2525° für die Palmarinklination. Um den Einfluss starker Ausreißer zu minimieren, ist in der obenstehenden Grafik der Medianwert der Korrekturverluste aufgezeichnet (orangener Balken). Hierbei ergibt sich ein Korrekturverlust von 1° (Ulnarinklination) und 1,3° (Palmarinklination).

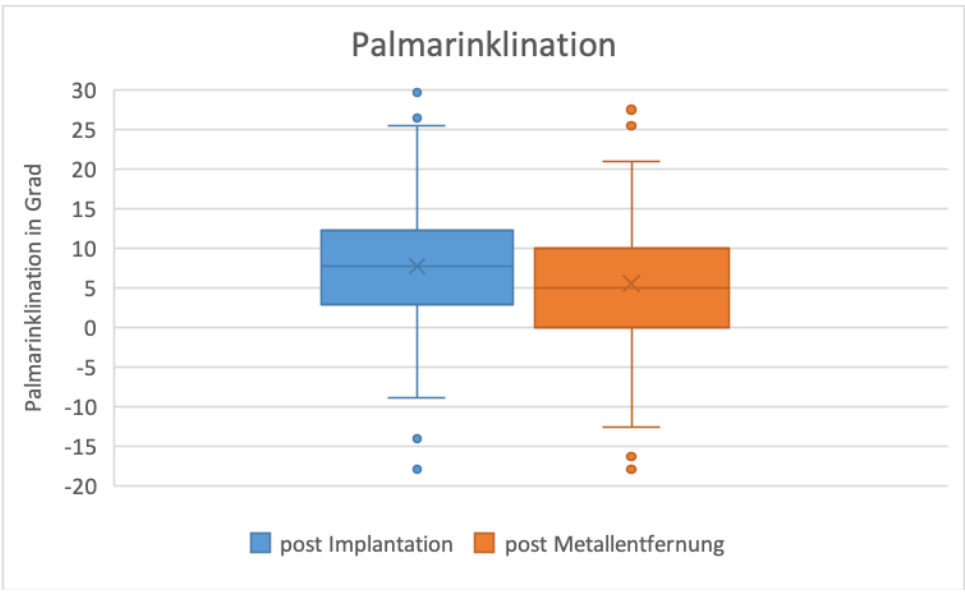


Abbildung 27: Boxplot der Palmarinklination post Implantation, sowie post Metallentfernung, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

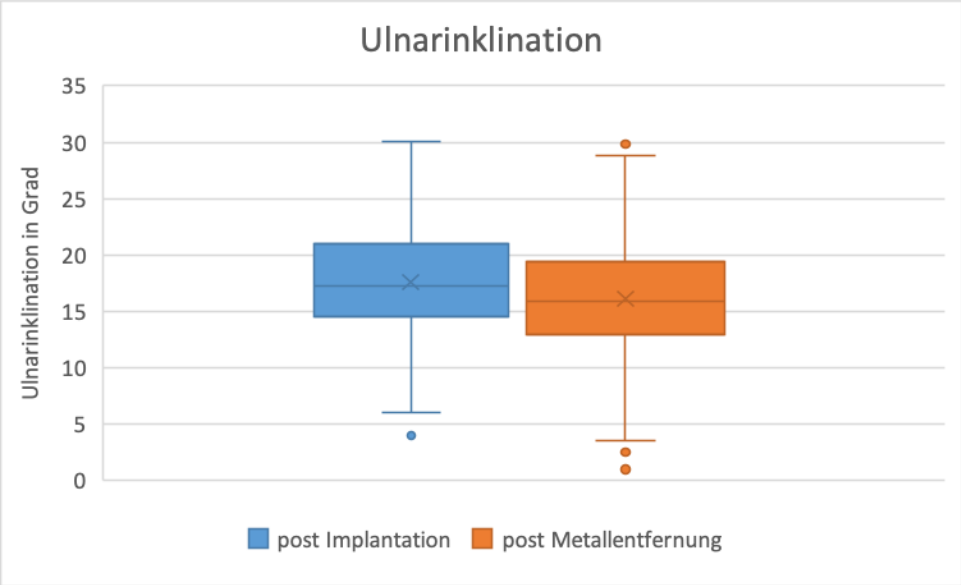


Abbildung 28: Boxplot der Ulnarinklination post Implantation, sowie post Metallentfernung, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Die Höhenunterschiede der zwei Box Plots spiegeln in beiden Diagrammen den Korrekturverlust wider. Die durchschnittliche Palmarinklination lag nach Reposition und Fixation bei 7,7285°, die Ulnarinklination bei 17,588°.

3.4.Korrekturverlust bei Besetzung der 2.Bohrlochreihe

Um herauszufinden ob es einen Zusammenhang zwischen der Besetzung der zweiten Bohrlochreihe und geringeren Korrekturverlusten gibt, müssen als Vergleichswerte jene Frakturversorgungen hinzugezogen werden, welche nur mit der ersten Bohrlochreihe versorgt wurden.

Patienten bei denen die zweite Bohrlochreihe besetzt wurde weisen bei der Palmarinklination und Ulnarinklination höhere mittlere Korrekturverluste auf als Patienten deren zweite Reihe unbesetzt blieb.

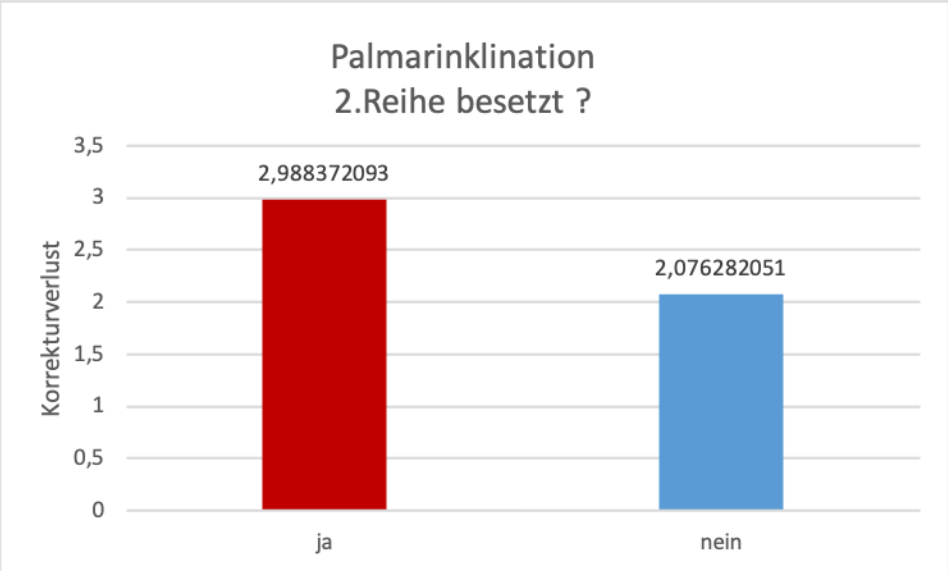


Abbildung 29: Korrekturverlust in Grad der Palmarinklination im Vergleich 2.Reihe besetzt und unbesetzt, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

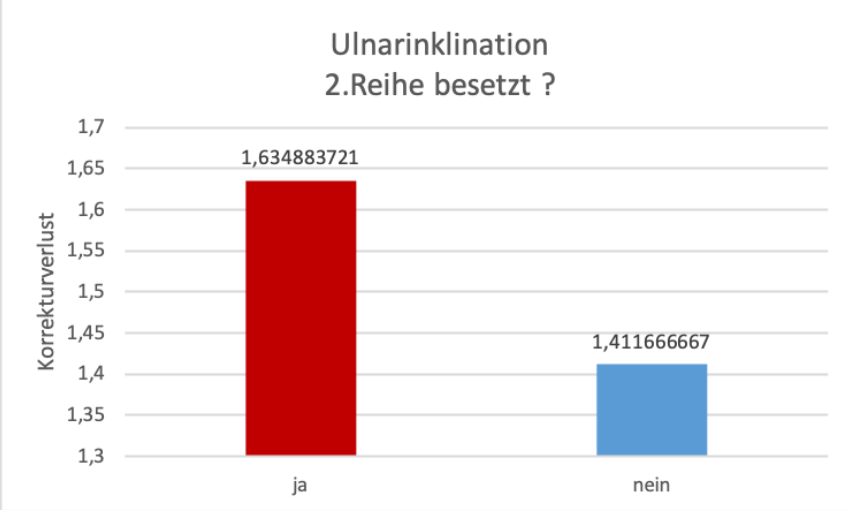


Abbildung 30: Korrekturverlust in Grad der Ulnarinklination im Vergleich 2.Reihe besetzt und unbesetzt, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

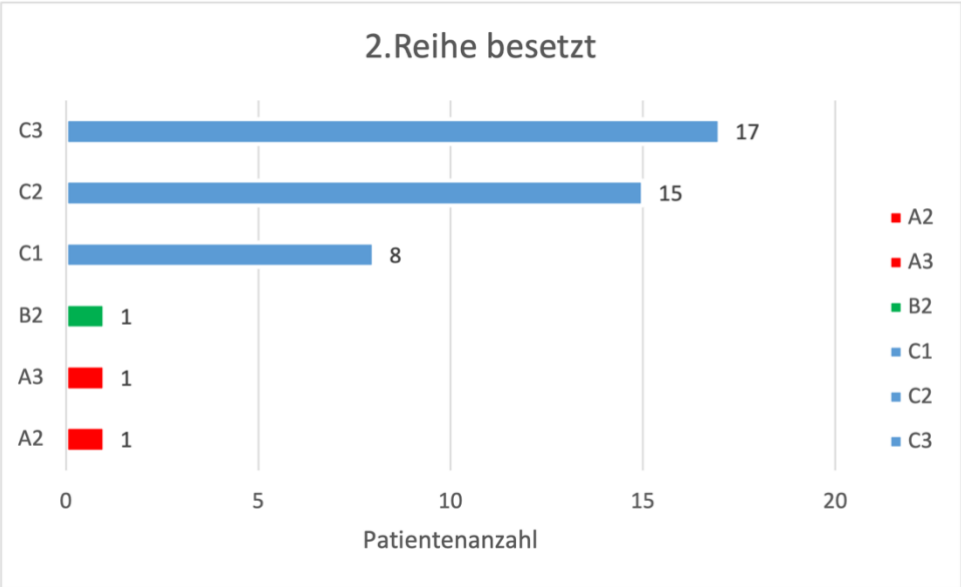


Abbildung 31: Fallzahl sowie Frakturart bei Besetzung der zweiten Bohrlochreihe n=43, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

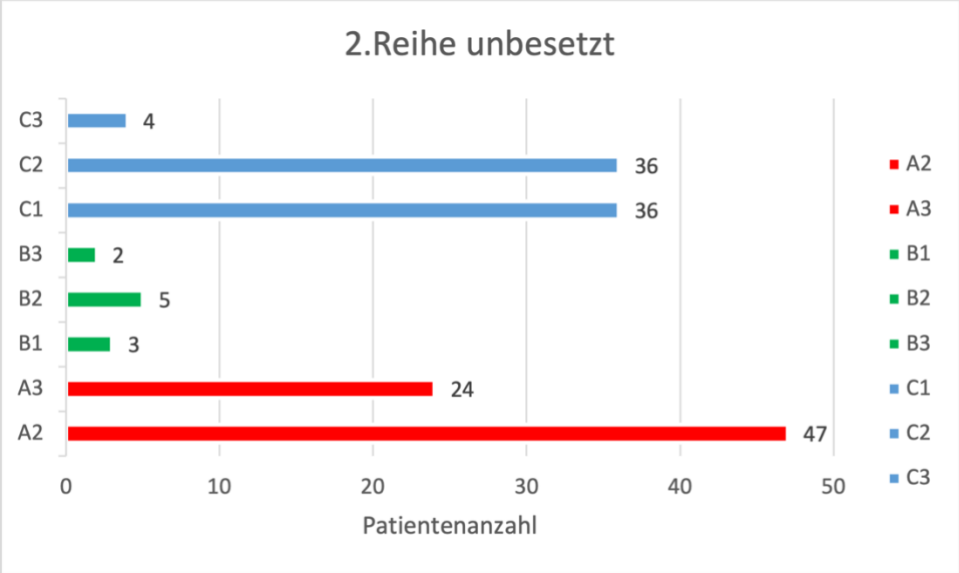


Abbildung 32: Fallzahl sowie Frakturart bei freier zweiter Bohrlochreihe n=157, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019

Die obenstehenden Balkendiagramme (Abbildung 31,32) stellen die Verteilung der Frakturen in Bezug auf die Besetzung der zweiten Bohrlochreihe dar. Hierbei wird nicht nur deutlich, dass die zweite Bohrlochreihe häufiger unbesetzt bleibt, sondern auch dass es im Vergleich eine unterschiedliche Verteilung der Frakturen gibt. Demnach ist zu sehen, dass prozentual die zweite Reihe selten bei extraartikulären, bzw. weniger komplexeren Frakturen besetzt wird. Die zweite Bohrlochreihe war fast ausschließlich bei intraartikulären Fällen (C1/C2/C3 nach AO-Klassifikation) besetzt.

4.Diskussion

Primäres Ziel der Studie war, die Versorgung distaler Radiusfraktur mittels palmarer winkelstabiler Osteosyntheseplatte (Aptus Radius) zu evaluieren und hierbei herauszufinden, ob die Besetzung der zweiten Bohrlochreihe, die Komplexität der Fraktur und das Alter des Patienten einen Einfluss auf das Ausmaß des Korrekturverlustes haben. Die Ergebnisse und erhobenen Werte aus Kapitel 6 sollen hierbei mit der gängigen Literatur verglichen werden.

Als Vergleich wurde hauptsächlich Literatur genutzt, welche sich mit der distalen Radiusfrakturversorgung von palmar, sowie wenn möglich mit winkelstabiler Platte befasst.

4.1.Patientenalter

Es wurden insgesamt 200 Patienten untersucht. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Fraktur betrug etwa 63 Jahre. Dabei stimmt das Unfallalter mit der vergleichenden Literatur weitgehend überein. Während Soong et al. in einer Studie ein Durchschnittsalter von 52 Jahren (16-92) feststellen konnten und damit eine der jüngsten Patientenkohorten aufweisen, zeigen Lebailly et al. mit einem Durchschnittsalter von 63 Jahren dasselbe Ergebnis wie hier festgestellt.[21, 48] Hauk konnte im Literaturvergleich ihrer Sammelstatistik zur Versorgung mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese ein Durchschnittsalter von 56 Jahren feststellen.[13]
Ebenfalls die Geschlechterverteilung zeigte mit 1:3,6 (Mann: Frau) größtenteils Übereinstimmung mit der Literatur.[42, 49] Altenberger konnte eine positive Korrelation bezüglich Frakturinzidenz und ansteigendem Alter bei Frauen feststellen.[1] Owen konnte dementsprechend nachweisen, dass das Frakturrisiko bei Frauen ab dem 60.-64. Lebensjahr um das 6-fache ansteigt.[36] Wie von Altenberger beschrieben kann auch hier ein Trend zum häufigeren Auftreten gelenkbeteiligter und komplexeren Frakturen in höherem Alter gesehen werden. Wie bei Altenberger konnte jedoch dabei keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden. [1]
Wie beschrieben stellt sich die Frage ob es eine Korrelation zwischen Alter des Patienten und dem Korrekturverlust gibt. In der durchgeführten Untersuchung ergab

sich lediglich für die Palmarinklination in der vierten Altersgruppe einen im Vergleich erhöhten Wert des Korrekturverlustes. Der mittlere Korrekturverlust in der Altersgruppe 4 ist signifikant verschieden zu den mittleren Korrekturverlusten der Altersgruppen 1-3 (p-Wert = 0,0017)

Insbesondere durch die relativ geringe Patientenzahl in Gruppe 4, ist dieser Wert durch vereinzelte Werteausreißer anfällig für Verschiebung. Die gleichmäßigen Werte im Falle der anderen Altersgruppen zeigen, dass lediglich im sehr hohen Alter (Altersgruppe 4) höhere Korrekturverluste auftreten, vermutlich aufgrund gesteigerten osteoporotischen Vorgängen, sowie geringerer Compliance in der Rehabilitation des Patienten. Die Trendlinie der Ulnarinklination zeigt quasi keine Steigung und deutet damit ebenfalls auf keine Korrelation; dies bestätigte sich in der statistischen Auswertung (p-Wert = 0,9713). In der Literatur ist wenig über den expliziten Korrekturverlust älterer Patienten zu finden, lediglich Walz et al. berichten über gleichbleibend gute Ergebnisse auch bei alten Patienten.[52] Dem gegenüber stehen Dumont et al., welche von schlechteren radiologischen Ergebnissen bei Patienten über 60 Jahren berichten.[8] Nicht außer Acht zu lassen ist jedoch, dass bei Dumont et al. konventionelle T-Osteosyntheseplatten zur Anwendung kamen und diese nicht direkt mit der winkelstabilen Osteosyntheseplatte Aptus Radius zu vergleichen sind.

4.2.Frakturverteilung

Unter den 200 untersuchten distalen Radiusfrakturen befanden sich 36,5% nicht gelenkbeteiligte Frakturen des Typ-A, lediglich 5,5% erlitten Frakturen des Typ-B, 58% der Frakturen waren intraartikuläre Frakturen des Typ-C. Damit zeigen sich mit der Literatur vergleichbare Ergebnisse. [13, 37] Brug et al. berichten von 33,8% Frakturen des Typ-A, 5,6% des Typ-B und 60,6% des Typ-C.[5] Ebenfalls in der Sammelstatistik von Hauk ergaben sich im Mittel 30% Typ-A, 7% Typ-B und 64% Typ-C Frakturen.[13] Demnach stellt sich die vorliegenden Patientenpopulation als vergleichbar heraus.

Anhand der dargestellten Frakturverteilung lässt sich nun betrachten, ob die Komplexität der Fraktur einen Einfluss auf das radiologische Resultat nach knöcherner Konsolidierung, in Bezug auf den Korrekturverlust, hat. Wie in Kapitel 6 gezeigt, weisen die Mittelwerte der Korrekturverluste für alle Frakturtypen nur leicht Abweichungen zueinander auf und es bewegen sich alle Werte ohne Ausreißer um

die Mittelwerte von 1,4421° für die Ulnarinklination, sowie von 2,2525° für die Palmarinklination. Die statistische Auswertung ergab für beide untersuchten Winkel, keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Frakturklassifikation und erhöhten Korrekturverlusten (Ulnarinklination: p-Wert= 0,4467 ; Palmarinklination: p-Wert= 0,6818). Keine Literatur beschreibt den Zusammenhang zwischen Komplexität und Korrekturverlust bei Versorgung mit palmarer winkelstabiler Osteosynthese. Lediglich bei anderen Versorgungsmethoden, wie der konservativen Therapie oder dem Fixateur externe, ergibt sich ein erhöhter Korrekturverlust bei komplexen Frakturen aufgrund von stärkerer Knochensinterung.[24, 44] Die Daten aus Studien anderer Therapieansätze können jedoch nicht zum Vergleich herangezogen werden. Schlussendlich lässt sich die Hypothese, dass der Korrekturverlust mit der Komplexität der Fraktur steigt, nicht bestätigen.

4.3.Allgemeiner Korrekturverlust und Reposition

Der mittlere Korrekturverlust sämtlicher Patienten betrug 1,4421° für die Ulnarinklination, sowie 2,2525° für die Palmarinklination. Die Medianwerte lagen bei 1° (Ulnarinklination) und 1,3° (Palmarinklination). Wie die Diagramme in Kapitel 6 mehrfach zeigen, unterliegt der Wert der Palmarinklination etwas stärkeren Ausreißern, weshalb der Mittelwert im Vergleich zum Medianwert eine größere Abweichung aufweist. Quadlbauer et al. berichten von 1,52° (Palmarinklination), und 0,17° (Ulnarinklination), wobei es sich dabei um eine Patientengruppe handelt, deren Rehabilitation unter vollständiger Immobilisierung in den ersten fünf Wochen stattfand. Eine frühzeitig mobilisierte Patientengruppe wies demgegenüber geringere Korrekturverluste auf.[40] Unabhängig vom Korrekturverlust gilt es für den behandelnden Chirurgen zunächst die Fraktur in einem physiologischen Maß zu repositionieren und dabei durch eine richtig gewählte Therapie den Korrekturverlust so gering wie möglich zu halten. Die durchschnittliche Palmarinklination lag nach Reposition und Fixation bei 7,7285°, die Ulnarinklination bei 17,588°. Die Reposition der Fraktur befindet sich damit nahe dem physiologischen Winkel. Im Vergleich der Literatur zeigen sich deutliche Unterschiede, so erreichen Knight et al. postoperativ eine Reposition der Palmarinklination von durchschnittlich 3°. Meier et al. und Sonderegger et al. erreichen 4°.[18, 30, 46] Im Falle der Ulnarinklination beschreiben Chung at al. eine Reposition von 25°, Foo et al. dagegen einen mittleren Wert von 16,7°.[6, 11] Die Sammelstatistik Hauks ergibt eine mittlere

Ulnarinklination von 21.6°, sowie eine Palmarinklination von 3,7°.[13] Neben den radiologischen Ergebnissen ist insbesondere für den Patienten das funktionelle Ergebnis ausschlaggebend. Amorosa et al. berichten, dass es keine Korrelation zwischen Frakturkomplexität und anschließendem funktionellem Outcome gibt, wobei natürlich zu beachten ist, dass eine komplexere Fraktur kein schlechteres radiologisches Ergebnis bedeutet.[2] Ebenfalls kritisch zu betrachten ist, dass Amorosa et al. ihre Studie in einer Patientengruppe älter 70 Jahre durchgeführt haben. Durch geringere Ansprüche an die Funktionalität des Handgelenks kann die Wahrnehmung des Erfolgs verändert sein. Bereits 1990 schrieben Pogue et al. von verschobenen Belastungszonen innerhalb des Handgelenks nach mangelnder Reposition und damit eventuell einhergehenden symptomatischen Handgelenken.[39] Auch Jenkins stellt in seiner prospektiven Studie dar, dass die Wiederherstellung der Winkel, das höchste Ziel der Operation sein sollte.[16] Somit hat die korrekte Reposition der Fraktur hohe Priorität, jedoch beschreiben auch zu dieser Thematik viel Autoren keinen bestehenden Zusammenhang von Palmarinklination und funktionellem Ergebnis.[3, 50] In Anbetracht der unterschiedlichen Literatur zum Zusammenhang zwischen korrekt hergestellten Winkeln und dem funktionellen Ergebnis, sollte daraus resultieren, dass eine anatomische Reposition immer angestrebt werden sollte, um damit die Grundvoraussetzung für gute Funktionalität zu etablieren. Aufgrund der hier retrospektiven Studie konnte das funktionelle Ergebnis nicht erfasst werden. Da die radiologischen Resultate jedoch weitgehend mit der aktuellen Literatur übereinstimmen, kann in der eigenen Patientenkohorte von guten funktionellen Ergebnissen ausgegangen werden.

4.4.Korrekturverlust bei Besetzung der 2.Bohrlochreihe

Das Hauptaugenmerk dieser Studie lag darauf, herauszufinden, ob die Besetzung der zweiten Bohrlochreihe bei einer palmaren, winkelstabilen Osteosynthese mittels der Aptus Radius Platte der Firma Medartis, einen Einfluss auf das radiologische Outcome bzw. den Korrekturverlust hat.

Auffällig an den ausgewerteten Daten ist, dass sowohl bei der palmaren, wie auch bei der ulnaren Inklination höhere Korrekturverluste auftreten, wenn die zweite

Bohrlochreihe besetzt wurde. Der Zusammenhang erwies sich in der statistischen Auswertung jedoch als nicht signifikant (Palmarinklination p-Wert=0,481 ; Ulnarinklination p-Wert=0,082). In der Literatur wird dieser Zusammenhang ebenfalls nicht beschrieben. Wie die eigene Studie aufzeigt wird, um die Fraktur besser stabilisieren zu können, vermehrt die zweite Reihe bei komplexen Frakturen besetzt. Es ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Besetzung der 2.Bohrlochreihe und dem Frakturtyp-C (p-Wert = 0,00000007341). Somit wird die Argumentation, dass geringere Korrekturverluste bei Besetzung der 2.Bohrlochreihe auftreten fragwürdig, schließlich zeigt die eigene Studie, dass sowohl für Besetzung und nicht Besetzung der 2.Bohrlochreihe, keine Signifikanz im Zusammenhang zum Korrekturverlust besteht. Zu beachten ist, dass die Unterschiede des Korrekturverlusts nur sehr gering sind und die Werte damit innerhalb der Messfehlerakzeptanz abweichen. Wie oben bereits erwähnt, wurde die 2.Reihe vermehrt bei komplexen Frakturen besetzt. Um ein konkretes Ergebnis in Bezug auf die 2.Reihe zu erzielen, wäre eine prospektive klinische Studie wünschenswert, jedoch ethisch nicht vertretbar. Schließlich müssten Patienten unabhängig von Notwendigkeit mit mehr oder weniger Schrauben versorgt werden. Daraus würde Folgen, dass der Operateur trotz zu geringer Frakturstabilität keine weiteren Schrauben verwendet und der Patient nicht suffizient versorgt werden kann.

Drobetz et al. konnten in ihrer biomechanischen Studie feststellen, dass es einen Unterschied der Steifigkeit je nach Schraubenzahl gibt. Es ergab sich daraus kein signifikanter biomechanischer Vorteil.[7] Dadurch zeigt sich, dass eine optimale Behandlung nicht bedeutet, das steifste und stabilste Ergebnis zu erzielen, sondern ein Gleichgewicht zwischen Nutzen und Risiko zu erreichen. So postuliert Pillukat, die Notwendigkeit der zweiten Schraubenreihe sei abhängig von Knochenqualität, Instabilität der Fraktur und der Größe des Korrekturwinkels.[38] Diese Kriterien sollten nach eigener Studie, wie bereits beschrieben, um die Komplexität der Fraktur und dem Risiko der schraubenbedingten Komplikationen, erweitert werden. Die Entscheidung unterliegt schlussendlich der intraoperativen Beurteilung durch den Chirurgen. Mehling et al. konnten in ihrer Studie feststellen, dass eine subchondrale Platzierung der Schrauben eher eine sekundäre Dislokation vorbeugen, als wenn diese weiter proximal platziert sind.[29] Mehling konnte in

einer weiteren biomechanischen Studie aufzeigen, dass die distale Schraubenreihe den Großteil der schlussendlichen Stabilität beiträgt und hiermit die zweite Schraubenreihe nur in komplexen Fällen oder bei schlechter Knochenqualität notwendig wird.[28]
Die Literatur zeigt, dass es keinen Unterschied im Falle des Korrekturverlustes macht, sollten beide Bohrlochreihen besetzt sein. Auch Neuhaus et al. konnten, wie in der eigenen Studie, keine Signifikanz feststellen.[34] Der minimale Unterschied des Korrekturverlustes erweist sich als nicht wirklich klinisch relevant. Mit einer Abweichung von 0,2° bzw. 0,9° im Vergleich zur unbesetzten zweiten Reihe, ergeben sich noch immer gute radiologische Ergebnisse und eine zufriedenstellende Rehabilitation für den Patienten.
Die Frage ob die Besetzung der zweiten Reihe einen Einfluss auf den Korrekturverlust hat, bleibt in der heutigen Literatur weitestgehend unbeantwortet. Rückblickend auf die eigene Studie, sowie auf die wenige Literatur dazu, lässt sich sagen, dass die zweite Bohrlochreihe keinen Einfluss auf den Korrekturverlust bzw. das radiologische Outcome der Fraktur nach knöcherner Konsolidierung hat. Die zweite Reihe wurde, wie in den Ergebnissen aufgezeigt, nur dann besetzt, wenn dies nach intraoperativer Beurteilung durch den Chirurgen notwendig war. Also sollte die zweite Reihe nicht aufgrund des Korrekturverlustes besetzt werden, sondern dann, wenn sie für eine ausreichende Stabilität der Frakturreposition notwendig wird.

Konkrete Vergleiche zwischen Studien erweisen sich als äußerst schwer, insbesondere aufgrund von verschiedenen Patientenpopulationen, Studienaufbauten, Betrachtungsweisen und anderen Prioritäten werden die Studien auf andere Details ausgelegt. Vor allem die Zeitspanne und Patientenanzahl sind häufig sehr knapp bemessen. Auch die eigene Studie ist dabei nicht ausgenommen. So gehört die Studie mit 200 Patienten in sechs Jahren zwar nicht zu den kleinsten, eine größere Patientenzahl würde jedoch zu deutlich mehr Aussagekraft führen. Letztendlich zeigt sich jedoch, dass im Überblick die heutige Literatur und die darin enthaltenen Studien mit der eigenen Studie einen gemeinsamen Nenner finden.
Die Versorgung distaler Radiusfrakturen mittels palmarer winkelstabiler Osteosyntheseplatte zeigt bessere Ergebnisse als andere Therapieansätze und bietet damit eine optimale Therapie.[52] Ungeachtet dessen, sollte die medizinische

Versorgung distaler Radiusfrakturen weiterhin offen für Innovationen sein, wie sie auch vor 30 Jahren bei der Einführung der Plattenosteosynthese war.

4.5.Soong-Klassifikation

Die Implantatlage anhand der Soong-Klassifikation zu beurteilen war eigentlich nicht Ziel dieser Arbeit. Unter praktischen Aspekten, nachdem sich tendenziell eine Konstanz der postoperativ gemessenen Winkel in AP und seitlichem Strahlengang abzeichnete, könnte man hinsichtlich der Plattenlage postulieren, dass bei Belassen der Platte die Soong-Klassifikation eine Entscheidungshilfe zur Metallentfernung darstellt, zumal das erreichte Repositionsergebnis nahezu unverändert nach Metallentfernung weiterbesteht. Sofern sich also das postoperative Ergebnis im Verlauf der Zeit wenig ändert, könnte man sagen, dass bei Soong 1 und Soong 2 postoperativ das Risiko der Beugesehnenläsionen solange besteht, bis man die Metallentfernung durchführt.

5.Zusammenfassung

Die distale Radiusfraktur als häufigste Fraktur der menschlichen Extremitäten, zeigt einen deutlichen Trend zur operativen Therapie mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese. Dieser Trend ist den offensichtlich besseren Ergebnissen im Vergleich zu anderen operativen Therapien, sowie den veränderten Lebensumständen der Bevölkerung, geschuldet. Die vorliegende Studie befasst sich vor allem mit dem radiologischen Outcome nach Versorgung mit der Aptus Radius Platte (Fa. Medartis Basel), dabei wurde insbesondere der Korrekturverlust und dessen Zusammenhang mit dem Alter, des Frakturtyps und der Besetzung der zweiten Bohrlochreihe betrachtet. Die Arbeit basiert auf retrospektiven radiologischen Daten der Donauklinik Neu-Ulm.

In die Studie wurden 200 Patienten aufgenommen. Es standen 157 Frauen (78,5%) 43 Männern (21,5%) gegenüber, wobei das Durchschnittsalter bei 62,76 Jahren lag. Alle Patienten wurden je nach Alter in die Altersgruppen 1-4 eingeteilt, 22 der Patienten wurden Gruppe1 zugeordnet, 60 der Patienten zu Gruppe2, In Gruppe3 befanden sich mit 99 die meisten Patienten, in Gruppe4 befanden sich 19 Patienten. Sämtliche Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt. Die Patientenkohorte bestand aus 36,5% Typ-A Frakturen, 5,5% Typ-B Frakturen und 58% Typ-C Frakturen.

Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung weisen auf, dass es in allen Fällen zu einer regelrechten und zufriedenstellenden Reposition im Vergleich zur präoperativen Aufnahme gekommen ist.

Die Studie zeigt, dass es keinen konkreten Zusammenhang zwischen Alter, Frakturklasse und Besetzung der zweiten Bohrlochreihe, in Bezug auf den Korrekturverlust gibt. Der hier festgestellte mediane Korrekturverlust von 1° bzw. 1,3° erwies sich als so gering, dass die Ergebnisse wie bereits erwähnt trotzdem als erfolgreich betrachtet werden können.

Aus der fehlenden Korrelation zwischen Korrekturverlust und Besetzung der zweiten Bohrlochreihe lässt sich schlussfolgern, dass es keine prinzipielle Notwendigkeit der zweiten Reihe für gute radiologische Ergebnisse gibt, sondern dass der Operateur entscheidet, ob diese notwendig wird, um eine ausreichende Stabilität zu erreichen.

Die im Rahmen dieser Studie erzielten Ergebnisse befinden sich im internationalen Literaturvergleich auf hohem Niveau. Lediglich der konkrete Zusammenhang zwischen der zweiten Bohrlochreihe und dem Korrekturverlust wird in der Literatur nur spärlich betrachtet. Hierbei wäre wünschenswert, dass in zukünftigen Studien vermehrt ein Augenmerk daraufgelegt wird.

6.Literaturverzeichnis

1. Altenberger S. Mittelfristige Ergebnisse nach Versorgung distaler Radiusfrakturen mit der winkelstabilen palmaren Plattenosteosynthese im Hinblick auf das Frakturausmass und die Beteiligung des distalen Radioulnargelenks,Med Dissertation: Universität Regensburg; (2012)
2. Amorosa LF, Vitale MA, Brown S, Kaufmann RA. A functional outcomes survey of elderly patients who sustained distal radius fractures. Hand 6: 260-267.(2011)
3. Anzarut A, Johnson JA, Rowe BH, Lambert RG, Blitz S, Majumdar SR. Radiologic and patient-reported functional outcomes in an elderly cohort with conservatively treated distal radius fractures. The Journal of Hand Surgery 29: 1121-1127.(2004)
4. Arbeitsgemeinschaft-der-Wissenschaftlichen-Medizinischen-Fachgesellschaften-(AWMF)-Ständige-Kommission-Leitlinien. Leitlinien Unfallchirurgie, DIstale Radiusfraktur Auflage 2015. Verfügbar: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-015l_S2e_Distale_Radiusfraktur_2015-02-abgelaufen.pdf (10.11.2020).
5. Brug E, Joosten U, Püllen M. Brüche am distalen Unterarm. Der Orthopäde 29: 318-326.(2000)
6. Chung KC, Squitieri L, Kim HM. Comparative Outcomes Study Using the Volar Locking Plating System for Distal Radius Fractures in Both Young Adults and Adults Older Than 60 Years. The Journal of Hand Surgery 33: 809-819.(2008)
7. Drobetz H, Weninger P, Grant C, Heal C, Muller R, Schuetz M, et al. More is not necessarily better. A biomechanical study on distal screw numbers in volar locking distal radius plates. Injury international Journal of the Care of the Injured 44: 535-539.(2013)
8. Dumont C, Fuchs M, Folwaczny E, Heuermann C, Stürmer K. Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. Der Chirurg 74: 827-833.(2003)
9. Fernandez DL, Jupiter JB. Fractures of the Distal Radius - a practical approach to management. . New York: Springer Science+Business Media;27-46 (2002)
10. Fok MW, Klausmeyer MA, Fernandez DL, Orbay JL, Bergada AL. Volar plate fixation of intra-articular distal radius fractures: a retrospective study. Journal of wrist surgery 2: 247-254.(2013)
11. Foo T-L, Gan AW, Soh T, Chew WY. Mechanical Failure of the Distal Radius Volar Locking Plate. Journal of Orthopaedic Surgery 21: 332-336.(2013)
12. Haferkamp H KD, Schäfer M. Beugesehnenrupturen nach winkelstabiler, palmarer Plattenosteosynthese nach distaler Radiusfraktur. Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis: 81-87.(2016)
13. Hauk S. Die palmare Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur. Versorgungszeitraum 2012-2013,Med Dissertation: Universität Würzburg; (2019)
14. Iii J, Jensen C, Kaplan FT. Intrarater and Interrater Reliability of the Soong Classification for Distal Radius Volar Locking Plate Placement. Hand 15: 414-417.(2018)

15. Jakob MM, S.;Keller,H.;Metzger,U. Therapieergebnisse nach primär konservativer Versorgung distaler Radiusfrakturen bei Patienten im Alter von über 65 Jahren. Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie 31: 241-245.(1999)
16. Jenkins NH, Mintowt-Czyz WJ. Mal-Union and Dysfunction in Colles' Fracture. The Journal of Hand Surgery 13: 291-293.(1988)
17. Jose A, Suranigi SM, Deniese PN, Babu AT, Rengasamy K, Najimudeen S. Unstable Distal Radius Fractures Treated by Volar Locking Anatomical Plates. Journal of Clinical and Diagnostic Research 11: 4-8.(2017)
18. Knight D, Hajducka C, Will E, McQueen M. Locked volar plating for unstable distal radial fractures: clinical and radiological outcomes. Injury international Journal of the Care of the Injured 41: 184-189.(2010)
19. Kotian P, Mudiganty S, Annappa R, Austine J. Radiological Outcomes of Distal Radius Fractures Managed with 2.7mm Volar Locking Plate Fixation-A Retrospective Analysis. Journal of Clinical and Diagnostic Research 11: 9-12.(2017)
20. Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. Der Unfallchirurg 107: 460-467.(2004)
21. Lebailly F, Zemirline A, Facca S, Gouzou S, Liverneaux P. Distal radius fixation through a mini-invasive approach of 15 mm. PART 1: a series of 144 cases. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology 24: 877-890.(2014)
22. Lippisch R, Lucas B, Schüttrumpf JP, Piatek S, Walcher F. Distale Radiusfraktur. Trauma und Berufskrankheit 18: 413-420.(2016)
23. Lutsky KF, Jimenez M, Rivlin M, Matzon JL, Maltenfort M, Beredjiklian PK. Reliability of the Soong Classification for Volar Plate Position. The Journal of Hand Surgery 41: 199-202.(2016)
24. Matschke S, Winkler H, Kessler T, Wentzensen A. Versorgung der distalen Radiusfraktur mit dem Fixateur externe. Trauma und Berufskrankheit 1: 24-32.(1998)
25. MedartisAGBasel. Distales Radisusystem 2.5 Verfügbar: http://www.checkliste-handchirurgie.de/downloads/Checkliste_Handchirurgie_APTUS_Platte.pdf (Zugriff am 03.12.2020).
26. MedartisAGBasel:. Informationen zum Produktbereich Wrist Aptus Verfügbar: http://medartis.oaktree.ch/uploads/WRIST-00000000_v2.pdf (Zugriff am 04.01.2021).
27. Mehling I, Meier M, Schlör U, Krimmer H. Multidirektionale winkelstabile Versorgung der instabilen distalen Radiusfraktur. Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie 39: 29-33.(2007)
28. Mehling I, Müller LP, Delinsky K, Mehler D, Ing D, Burkhart KJ, et al. Number and Locations of Screw Fixation for Volar Fixed-Angle Plating of Distal Radius Fractures: Biomechanical Study. The Journal of Hand Surgery 35: 885-891.(2010)
29. Mehling I, Müller L, Rommens P. Biomechanische Vergleichsstudien von Implantatsystemen zur Versorgung distaler Radiusfrakturen: Welche Schlussfolgerungen ergeben sich für die klinische Praxis? Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie 44: 300-305.(2012)

30. Meier R, Krettek C, Probst C. Erste Ergebnisse der multidirektional-winkelstabilen palmaren Osteosynthese der distalen Radiusfraktur. Der Unfallchirurg 113: 789-795.(2010)
31. Moser V, Pommersberger K-J, Pessenlehner C, Meier M, Krimmer H. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. Operative Orthopädie und Traumatologie 16: 380-396.(2004)
32. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg;86-115 (1990)
33. Musgrave DS, Idler RS. Volar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using the 2.4-mm locking compression plates. The Journal of Hand Surgery 30: 743-749.(2005)
34. Neuhaus V, Badri O, Ferree S, Bot AG, Ring DC, Mudgal CS. Radiographic alignment of unstable distal radius fractures fixed with 1 or 2 rows of screws in volar locking plates. The Journal of Hand Surgery 38: 297-301.(2013)
35. Orbay JL, Fernandez DL. Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. The Journal of Hand Surgery 29: 96-102.(2004)
36. Owen R, Melton 3rd L, Johnson K, Ilstrup D, Riggs B. Incidence of Colles' fracture in a North American community. American Journal of Public Health 72: 605-607.(1982)
37. Phadnis J, Trompeter A, Gallagher K, Bradshaw L, Elliott DS, Newman KJ. Mid-term functional outcome after the internal fixation of distal radius fractures. Journal of Orthopaedic Surgery and Research 7: 1-8.(2012)
38. Pillukat T, Fuhrmann R, Windolf J, van Schoonhoven J. Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei Extensionsfrakturen des distalen Radius. Operative Orthopädie und Traumatologie 28: 47-64.(2016)
39. Pogue DJ, Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, Jenkins DK, Sweo TD, et al. Effects of distal radius fracture malunion on wrist joint mechanics. The Journal of Hand Surgery 15: 721-727.(1990)
40. Quadlbauer S, Pezzei C, Jurkowitsch J, Kolmayr B, Keuchel T, Simon D, et al. Early rehabilitation of distal radius fractures stabilized by volar locking plate: a prospective randomized pilot study. Journal of wrist surgery 6: 102-112.(2017)
41. Ring D, Jupiter JB. Treatment of osteoporotic distal radius fractures. Osteoporosis International 16: 80-84.(2005)
42. Rudolph HU, Schmidt- Horlohé K, Pichl J, Hoffmann R. Distal Radius Fractures – 20 Years of Locking Compression Plates. OP-JOURNAL 28: 148-159.(2012)
43. Schierz A, Meier C. Die konzeptionelle und technische Entwicklung der Frakturversorgung am Beispiel der distalen Radiusfraktur. Swiss Medical Forum – Schweizerisches Medizin-Forum 10: 325-330.(2010)
44. Schneiders W, Rammelt S, Zwipp H. Die distale Radiusfraktur Konservative Behandlung: Indikation und Durchführung. OP-JOURNAL 28: 240-242.(2013)
45. Schupp A, Tuttlies C, Möhlig T, Siebert HR. Distal radius fractures. 2.4 mm locking compression plates. Are they worth the effort? Der Chirurg 74: 1009-1017.(2003)
46. Sonderegger J, Schindele S, Rau M, Gruenert JG. Palmar multidirectional fixed-angle plate fixation in distal radius fractures: do intraarticular fractures

have a worse outcome than extraarticular fractures? Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 130: 1263-1268.(2010)
47. Soong M, Earp BE, Bishop G, Leung A, Blazar P. Volar locking plate implant prominence and flexor tendon rupture. The Journal of Bone Joint Surgery 93: 328-335.(2011)
48. Soong M, van Leerdam R, Guitton TG, Got C, Katarincic J, Ring D. Fracture of the distal radius: risk factors for complications after locked volar plate fixation. The Journal of Hand Surgery 36: 3-9.(2011)
49. Thompson PW, Taylor J, Dawson A. The annual incidence and seasonal variation of fractures of the distal radius in men and women over 25 years in Dorset, UK. Injury international Journal of the Care of the Injured 35: 462-466.(2004)
50. Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures. The Journal of Hand Surgery 19: 325-340.(1994)
51. Vogt MT, Cauley JA, Tomaino MM, Stone K, Williams JR, Herndon JH. Distal radius fractures in older women: a 10-year follow-up study of descriptive characteristics and risk factors. The study of osteoporotic fractures. Journal of the American Geriatrics Society 50: 97-103.(2002)
52. Walz M, Kolbow B, Auerbach F. Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen? Der Unfallchirurg 107: 664-670.(2004)
53. Winker K, Rikli D. Die distale Radiusfraktur: Behandlungsstrategie beim Erwachsenen. OP-JOURNAL 28: 252-255.(2013)
54. Zeichen J. Distale Radiusfraktur. Trauma und Berufskrankheit 16: 112-120.(2014)

7.Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Soong Klassifikation 0-2 7
Abbildung 2: Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO-Klassifikation) distaler Radiusfrakturen 10
Abbildung 3: Böhler I Winkel 12
Abbildung 4: Böhler II Winkel 12
Abbildung 5: Verwendete winkelstabile Platte der Fa. Medartis Typ APTUS Radius (links und rechts) 15
Abbildung 6: Röntgenaufnahmen des distalen UA mit Handgelenk in 2 Ebenen A3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) 18
Abbildung 7: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen A3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) und Versorgung mittels Aptus Radius, sowie eingezeichnete Böhlerwinkel I und II 19
Abbildung 8: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen nach Metallentfernung des Osteosynthesematerials 20
Abbildung 9: Röntgenaufnahmen des Handgelenks seitlicher Strahlengang mit Grad 0 nach Soong (Plattenlage) 21
Abbildung 10: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) .. 22
Abbildung 11: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) mit eingezeichneten Böhlerwinkeln I und II 23
Abbildung 12: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk in 2 Ebenen C3 Fraktur nach Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) und Z. n. Metallentfernung sowie eingezeichneten Böhlerwinkeln I und II 24
Abbildung 13: Röntgenaufnahmen des distalen Unterarms mit Handgelenk seitlicher Strahlengang Plattenlage Grad 1 nach Soong 25
Abbildung 14: Altersverteilung der dokumentierten Radiusfrakturen n=200, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 26
Abbildung 15: Mittelwerte innerhalb der Altersgruppen 1-4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019. 27
Abbildung 16: Mittelwerte innerhalb der Altersgruppe 1-4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019... 27
Abbildung 17: Frakturverteilung der Altersgruppe 1, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 28
Abbildung 18: Frakturverteilung der Altersgruppe 2, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 28
Abbildung 19: Frakturverteilung der Altersgruppe 3, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 28
Abbildung 20: Frakturverteilung der Altersgruppe 4, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 28
Abbildung 21: Korrekturverlust in Bezug auf die Palmarinklination in Gegenüberstellung zum Alter, inklusive Trendlinie (rote Linie), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 30
Abbildung 22: Korrekturverlust in Bezug auf die Ulnarinklination in Gegenüberstellung zum Alter, inklusive Trendlinie (rote Linie), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 31
Abbildung 23: Frakturverteilung bei n= 200 nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 32
Abbildung 24: Korrekturverlust der Palmarinklination innerhalb der Frakturklassen, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 32
Abbildung 25: Korrekturverlust der Ulnarinklination innerhalb der Frakturklassen, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 33
Abbildung 26: Mittelwert und Median der Korrekturverluste, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 34

Abbildung 27: Boxplot der Palmarinklination post Implantation, sowie post Metallentfernung, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 34
Abbildung 28: Boxplot der Ulnarinklination post Implantation, sowie post Metallentfernung, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 35
Abbildung 29: Korrekturverlust in Grad der Palmarinklination im Vergleich 2.Reihe besetzt und unbesetzt, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 36
Abbildung 30: Korrekturverlust in Grad der Ulnarinklination im Vergleich 2.Reihe besetzt und unbesetzt, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 36
Abbildung 31: Fallzahl sowie Frakturart bei Besetzung der zweiten Bohrlochreihe n=43, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 37
Abbildung 32: Fallzahl sowie Frakturart bei freier zweiter Bohrlochreihe n=157, Donauklinik Neu-Ulm 2011-2019 37

Lebenslauf

Christian Höffner geboren 1996

09/2006 – 02/2010	Joachim-Hahn-Gymnasium Blaubeuren
02/2010 – 06/2014	Urspringschule Schelklingen
06/2014	Abitur
10/2014 – 06/2020	Studium der Zahnmedizin an der JLU Gießen
06/2020	Abschluss des Staatsexamens
07/2020	Approbation als Zahnarzt
08/2020 – 01/2021	Vorbereitungsassistent in Zahnarztpraxis Dr.Höffner Blaubeuren
02/2021 – heute	Vorbereitungsassistent in Dresdner Zahnarztpraxis