Universitätsklinik Ulm
Zentrum für Chirurgie
Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. F. Gebhard

„Bedeutung der initialen Röntgenaufnahme für das radiologische und klinische Outcome konservativ behandelter distaler Radiusfrakturen“

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

Sanja Trnavac
Geislingen an der Steige
2008

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin
1. Berichterstatter:	PD Dr. Michael Kramer
2. Berichterstatter:	PD Dr. Roland Schmidt
Tag der Promotion:	15.05.2009

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1. Einleitung 7

***2.* Material und Methoden 14**

2.1 Studienaufbau 14

2.2 Patientengut 14

2.3 Auswahlkriterien 15

2.4 Radiologische Kriterien 15

2.5 Statistische Auswertung 20

2.6 Nachuntersuchung 21

3. Ergebnisse 23

3.1 Deskriptive Beschreibung des Kollektivs 23

3.1.1 Geschlechtsverteilung 23

3.1.2 Altersverteilung getrennt nach Geschlecht 23

3.1.3 Verteilung der Frakturformen nach der AO-Klassifikation 24

3.1.4 Frakturtypverteilung nach Alter und Geschlecht 25

3.2 Deskriptive Beschreibung Dorsalabkippung 26

3.2.1 Dorsalabkippung [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt nach der AO-Klassifikation 26

3.2.2 Dorsalabkippung [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen in Bezug auf 2 Altersgruppen 30

3.3 Deskriptive Beschreibung Radiusbasiswinkel 32

3.3.1 Radiusbasiswinkel [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt nach der AO-Klassifikation 32

3.3.2 Radiusbasiswinkel [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt für metaphysäre stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen in Bezug auf 2 Altersgruppen 36

3.4 Deskriptive Beschreibung Radiusverkürzung 38

3.4.1 Radiusverkürzung zum Verletzungs- Repositions- und Ausheilungszeitpunkt getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen 38

3.4.2 Radiusverkürzung im zeitlichen Verlauf für metaphysär stabile (A2,C1) Frakturen 40

3.4.3 Radiusverkürzung im zeitlichen Verlauf für alle instabilen (A3,C2) Frakturen 43

3.5 Gelenkstufe 46

3.5.1 Gelenkstufe im zeitlichen Verlauf der C1-, und C2-Frakturen 46

3.6 Zusammenhänge zwischen den untersuchten Winkeln 49

3.6.1 Korrelationen der einzelnen Parameter untereinander 49

3.6.2 Beispiele für in Korrelation stehende Parameter 50

3.7 Nachuntersuchung 52

4. Diskussion 55

4.1 Problemfraktur distaler Radius 55

4.2 Ursachen der ungünstigen Therapieverläufe bei konservativer Behandlung der distalen Radiusfrakturen 56

4.3 AO-Klassifikation 58

4.4 Stabilitäts- und Instabilitätskriterien 60

4.5 Prognostischer Wert 61

4.6 Radiologisches Bildbeispiel 66

4.6.1 Therapieverlauf einer instabilen C2-Fraktur 66

4.7 Nachuntersuchung 67

5. Zusammenfassung 71

6. Literaturverzeichnis 73

7. Danksagung 83

Abkürzungsverzeichnis

a	Regressionskoeffizient
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
	A1-,A2-,A3-,B1-,B2-,B3-,C1-,C2-,C3-Frakturen
b	Regressionskoeffizient
DA	Dorsalabkippung
DAA	Dorsalabkippung zum Ausheilungszeitpunkt
DAR	Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt
DAV	Dorsalabkippung zum Verletzungszeitpunkt
GS	Gelenkstufe
GSA	Gelenkstufe zum Ausheilungszeitpunkt
GSR	Gelenkstufe zum Repositionszeitpunkt
GSV	Gelenkstufe zum Verletzungszeitpunkt
Max	Maximum
Med	Median
MEDORA	Radiologie-Informationssystem
Min	Minimum
n	Gesamtzahl Patienten
N.	Nervus
p	Signifikanz
r	Korrelationskoeffizient
r^2	Bestimmtheitsmass
RBW	Radiusbasiswinkel
RBWA	Radiusbasiswinkel zum Ausheilungszeitpunkt
RBWR	Radiusbasiswinkel zum Repositionszeitpunkt
RBWV	Radiusbasiswinkel zum Verletzungszeitpunkt
RV	Radiusverkürzung
RVA	Radiusverkürzung zum Ausheilungszeitpunkt
RVR	Radiusverkürzung zum Repositionszeitpunkt
RVV	Radiusverkürzung zum Verletzungszeitpunkt
ULTRA	Medizinisches Dokumentationssystem
$y=a*x+b$	Regressionsgleichung

1. Einleitung

Die distale Radiusfraktur ist mit 10 - 25 % Anteil am Gesamtkollektiv der Frakturen in den verschiedenen Altersgruppen die häufigste knöcherne Verletzung des Menschen mit einer Inzidenz zwischen 2 - 3 pro 1000 Einwohner pro Jahr [8,50,73]. Es zeigt sich ein gehäuftes Auftreten dieser Frakturen bei Frauen ab dem 40. Lebensjahr, wobei mit höherem Alter diese Tendenz deutlicher wird [75]. Die Hauptursache für das überwiegende Auftreten von distalen Radiusfrakturen bei der älteren weiblichen Bevölkerung ist durch die erhöhten osteoporotischen Umbauvorgänge bei Frauen jenseits der Menopause erklärbar [8,22,34,48,61,62,75,79].

Aus der steigenden Lebenserwartung und Umverteilung der Alterspyramide in den Industrieländern, ist von einer tendenziellen Zunahme der distalen Radiusfrakturen besonders bei der älteren weiblichen Bevölkerung auszugehen. Die männliche Bevölkerung ist vor dieser Altersgrenze häufiger betroffen [8,62,79].

Aufgrund der hohen Anzahl an unbefriedigenden Resultaten entwickelt sich die Radiusfraktur zusätzlich zu einem volkswirtschaftlichen Problem. Handgelenksbrüche die in schlechter Stellung verheilen, können die Ursache für langdauernde Beschwerden und Funktionseinschränkungen sein und in weiterer Folge auch für dauernde Invalidität der betroffenen Hand sorgen. Folglich können die Verletzungsfolgen nach Radiusfrakturen zu Arbeits- und Erwerbsunfähigkeit führen, was wiederum zu Arbeitslosigkeit und frühzeitigen Rentenanspruch führen kann [23,62,73]. Da vorwiegend ältere Patienten eine distale Radiusfraktur erleiden, können die Verletzungsfolgen zu Einschränkungen im täglichen Leben führen mit Verlust an Selbstständigkeit und Pflegebedürftigkeit [36,62,73]. Eine optimale Therapie ist somit von enormer Bedeutung.

Zur Behandlung der distalen Radiusfraktur werden in der Literatur zahlreiche Methoden beschrieben, deren Indikation zur Anwendung sehr kontrovers diskutiert wird. Bei der Wahl der Behandlungsmethode, spielen die allgemeine medizinische Situation der Patienten, die Compliance, die Knochenbeschaffenheit, die Tatsache ob eine offene oder geschlossene Fraktur vorliegt, sowie die Stabilität oder Instabilität (Stabilitäts- und Instabilitätskriterien nach Poigenfürst und Boszotta [57,58]) der Fraktur eine wichtige Rolle [8,17,23,26].

Bei den stabilen, gering dislozierten oder einfach instabilen Verletzungen wird ein konservatives Vorgehen empfohlen. Ein operatives Vorgehen wird bei den stärker dislozierten oder mehrfach instabilen Verletzungen erwogen [18,25].

Zahlreiche Autoren haben sich darum bemüht eine Klassifikation zu erarbeiten, die die Vielfalt der Brüche ordnet, Hinweise auf die Art der Behandlung geben kann und eine Prognose des Heilungserfolgs ermöglicht [14,18].
Viele der Klassifikationen unterteilen die distalen Radiusfrakturen in zu wenige Gruppen und Untergruppen, welche der Komplexität der Frakturen somit nicht gerecht werden können und bezüglich der zu wählenden Behandlungsmethode und der Prognose nicht aussagekräftig genug sind [14]. Dagegen sind Klassifikationen mit zu vielen Gruppen und Untergruppen für den klinischen Alltag oft zu umständlich [14].
Es werden neben den typischen Klassifikationen Eponyme wie Colles-Fraktur, Smith-Fraktur, Reversed-, und Barton-Fraktur verwendet [5,9,19,25,26,56,68,72].
In einer Studie von Doczi und Fröhlich [14] werden die Klassifikationen von Frykman, der AO und die nach Older verglichen und gegenübergestellt, es hat sich die AO-Klassifikation nach Müller et al. [45] bewährt und wird deshalb generell empfohlen. Dieser Vielfalt an Klassifikationen der Bruchformen steht mittlerweile eine entsprechend große Anzahl an Behandlungsvorschlägen gegenüber.

Die konservative Therapie (Abbildung 1 und 2) der distalen Radiusfraktur steht heute weit im Vordergrund, auch wenn viele Autoren mit unbefriedigenden Ergebnissen rechnen [1,8,27,35,60,67,68,70,73].
Die konservative Behandlung basiert auch heute noch zum größten Teil auf den von L. Böhler [7,18,25,26,50,53] erarbeiteten Grundprinzipien:

- Anästhesie
- Reposition
- Retention und Immobilisation
- Krankengymnastische Begleit- und Übungsbehandlung

Die geschlossene Reposition kann in Plexusanästhesie, intravenöser regional Narkose oder in Bruchspaltanästhesie erfolgen.

Nach achsengerechter Reposition im Hang durch Mädchenfänger und sicherer Verhakung der Fragmente erfolgt die Anlage eines mit zwei Gipsbinden gefestigten, semizirkulären Gipsverbandes im Sinne einer 3-Punkt-Abstützung (Gipsverband über der Mittelhand dorsal, dem proximalen Unterarm dorsal und auf Höhe der Fraktur palmar). (Abbildung 1 und 2). Nach der Reposition sollten engmaschige klinische und radiologische Kontrollen durchgeführt werden. Diese Kontrollen werden nach einem festen Schema durchgeführt und umfassen Zirkulation und Röntgen zum Beispiel am 1., 7. und 14. Tag. Die Gipsabnahme erfolgt nach der röntgenologisch nachgewiesenen Durchbauung der Frakturzone. In der Regel 4 bis 6 Wochen nach der Reposition.

Die Mobilisation der Finger, des Ellenbogens und der Schulter sollte so frühzeitig wie möglich begonnen werden. Nach der Gipsabnahme sollte mit einer aktiven Bewegungstherapie fortgefahren werden [18,25,50,53].

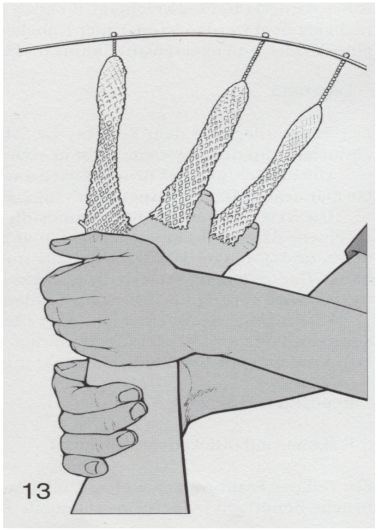


Abbildung 1: Konservative Behandlung der distalen Radiusfraktur
Achsgerechte Reposition im Hang durch Mädchenfänger [50, S.1188]

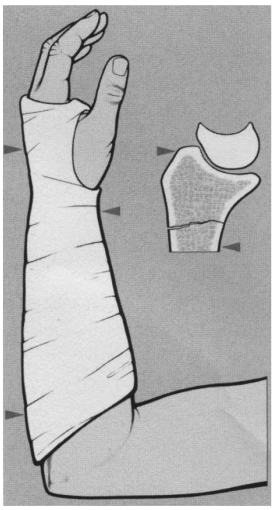


Abbildung 2: Konservative Behandlung der distalen Radiusfraktur
Anlage eines mit zwei Gipsbinden gefestigten, semizirkulären Gipsverbandes im Sinne einer 3-Punkt-Abstützung. (3-Punkte Fixation: Gipsverband über der Mittelhand, dem proximalen Unterarm dorsal und auf Höhe der Fraktur palmar) [50, S.1190]

Die distale Radiusfraktur war lange Zeit eine Domäne der konservativen Therapie. Die geschlossene Reposition ist zwar häufig möglich, der weitere Verlauf zeigt jedoch in der Regel zwischen der 2. und 3. Woche im Gips einen Korrekturverlust, so dass das radiologische Endergebnis dem unreponierten Ausgangsbefund oft täuschend ähnlich ist. Das Problem bei den distalen Radiusfrakturen ist also in der Regel nicht die Reposition, sondern die Retention, weshalb ein differenziertes therapeutisches Vorgehen angezeigt ist.

Komplikationen, die während und nach der Behandlung der distalen Radiusfraktur eintreten, haben einen wesentlichen Einfluss auf das anatomische, und funktionelle Ergebnis. Die Redislokation stellt ein häufiges Ereignis bei der Ausheilung der distalen Radiusfraktur dar. Sie entsteht indem die Stabilität der Frakturen unterschätzt wird und dabei die konservative Behandlung einer operativen vorgezogen wurde. [50,52,60,66] Eine weitere häufige Komplikation bei konservativ behandelten Radiusfrakturen ist die Sudeck-Reflexdystrophie. Ihre Häufigkeit variiert zwischen 2 und 66 % [4,8,24,60]. Die operative Therapie hat diese Komplikationsrate etwas zurückgehen lassen [8,50,70]. Sie kann ihre Ursache neben mehr als einer Reposition oder in zu eng angelegten Gipsverbänden haben. Bei einer in Fehlstellung verheilten konservativ behandelten Radiusfraktur kann es zur sekundären Arthrose im Radiocarpalgelenk kommen. Eine intraartikuläre Fehlstellung über 2mm kann zu einer posttraumatischen Arthrose führen [23,35,50,67].

Der konservativen Therapie steht das Konkurrierende Behandlungskonzept der offenen chirurgischen Reposition und Retention durch verschiedene Osteosyntheseverfahren entgegen.

Bezogen auf die AO-Klassifikation werden insbesondere die A2-Frakturen konservativ behandelt. Die B1-Frakturen eignen sich für die Schraubenosteosynthese, während B2-Frakturen mit einer dorsalen und die B3-Frakturen mit einer volare Platte versorgt werden können, wobei sich hier winkelstabile Implantate durchgesetzt haben [17,18,26,64,65,68]. Den volaren winkelstabilen Plattenosteosynthesen wird auch bei nach dorsal verschobenen Frakturen zunehmend der Vorzug gegeben aufgrund der geringeren Zugangstraumatisierung [15,17,21,40,46,63,71,76,78]. Die C3-Frakturen sind für eine Behandlung mit dem Fixateur externe geeignet. A3- und C1-Frakturen können mit Kirschner-Draht-Fixierung und Gipsfixierung behandelt werden [17,18,38,51,59,69,76,77]. Dieses Verfahren ist in jüngster Zeit ebenso meist durch die volare Plattenosteosynthese abgelöst worden [17,39,69,76,77,78].

Die chirurgische Therapie ist mit erheblichen Risiken verbunden. Beispielsweise steht bei der Kirschnerdrahtfixierung an erster Stelle eine Verletzung des Ramus superficialis des N. radialis. Des Weiteren können Infekte an den Eintrittsstellen der Kirschnerdrähte entstehen. Ferner kann es bei der Einbringung der Kirschnerdrähte in dorsoventraler Richtung zu einer Verletzung des N. medianus kommen [33,39,51,76,77]. Bei der dorsalen Plattenosteosynthese können durch die Kanten der Platte die Extensor pollicis longus Sehne irritiert werden und eine sekundäre Sehnenruptur kann entstehen [17,18,25,26,40,63,76,78]. Bei dem Fixateur externe kann es zu einer Pintrakt-Infektion kommen, ebenso zu Irritationen des N.radialis superficialis. Nach Abnahme des Fixateurs kann es zu einem Nachsintern und zu einer Redislokation der Fraktur kommen. Eine Sudeck’sche Dystrophie kommt zu ca. 8% bei Fixateurbehandlung vor [49,51,59]. Bei zu langen Distraktionen über mehrere Wochen und Irritationen des N. Medianus im Sinne eines Kompartmentsyndroms [8,18,24,26,51,59]. Bei der palmaren Plattenosteosynthese ist ebenfalls die Verletzung des N. Medianus eine mögliche Komplikation [15,40,46,63,71,76,78].

Die Indikation für ein operatives Verfahren richtet sich nach Allgemeinzustand und Erfordernissen des Patienten. Bei Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter sollte man, aufgrund der mit einer Narkose assoziierter Risiken, zurückhaltender sein. Im Hinblick auf den zunehmenden Kostendruck in den Kliniken sind die Wirtschaftliche Aspekte wie Operationszeiten und stationäre Verweildauern von zunehmender Bedeutung.

Die Bedeutung einer Fehlstellung im Radiocarpalgelenk in Bezug auf die klinische Symptomatik wird teilweise kontrovers diskutiert.
Einerseits wird in der Literatur von einem Zusammenhang zwischen Handgelenksstellung und Gelenkfunktion berichtet und eine positive Korrelation zwischen anatomischem Wiederherstellungsergebnis und dem funktionellen Ergebnis vermutet. Daher wird von einigen Autoren die Rekonstruktion anatomischer Winkel-, Gelenk- und Längenverhältnisse gefordert um ein optimales Resultat zu erzielen [1,8,27,35,60,67,68,70,73].
Jedoch zeigen auf der anderen Seite die Ergebnisse prospektiver Kohortenstudien, dass insbesondere bei der Behandlung von älteren Patienten mit konservativ behandelter distaler Radiusfraktur das radiologische Ergebnis nicht unbedingt mit dem funktionellen bzw. subjektiven Ergebnis korreliert und geringe Winkelfehlstellungen verhältnismäßig gut toleriert werden [2,12,13,20,55,81].
Zu dieser Erkenntnis gelangte übrigens schon Abraham Colles im Jahre 1814 [9]. Damals veröffentlichte der Dubliner Chirurg seine Beobachtung, dass die Stellung der konservativ behandelten, ausgeheilten Radiusfraktur keinen wesentlichen Einfluss auf die Handgelenksfunktion und Beschwerden habe.

Das primäre Therapieziel distaler Radiusfrakturen, liegt in einem schmerzfreien Handgelenk mit adäquater Funktion [68,75]. Dabei erweist es sich aber häufig als schwierig die geeignete Therapieform mit ausreichender Frakturfixation zu wählen. Eine Vielzahl verschiedener Faktoren wie Frakturtypen, begleitende Weichteilverletzung, Knochenqualität, Patientencompliance etc., beeinflussen die Entscheidung für ein konservatives oder operatives Therapieverfahren. Die Therapieplanung und damit die Auswahl eines primär konservativen oder operativen Vorgehens hängen in der Praxis in hohem Maße vom initialen radiologischen Befund ab.

Dem behandelnden Chirurgen stehen dabei lediglich das Röntgenbild zum Verletzungszeitpunkt und die Aufnahme nach Reposition als Entscheidungshilfe zur Verfügung. Zum Teil beeinflussen persönliche Erfahrungen, logistische Voraussetzungen, regionale Unterschiede und unterschiedliche Beurteilung der Frakturstabilität die Wahl des jeweiligen Verfahrens. Radiologische Kriterien zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses sind die dorsale Abkippung, der Radiusbasiswinkel und die Radiusverkürzung.
Es bestehen aber unterschiedliche Angaben über die Wertigkeit der einzelnen Parameter und deren Einfluss auf das funktionelle Behandlungsergebnis.
Zum Zeitpunkt der Verletzung ist es für den behandelnden Chirurgen daher nahezu unmöglich eine Vorhersage über das funktionelle Ergebnis nach konservativer oder operativer Therapie der distalen Radiusfraktur zu treffen.

Ziel der Studie ist es daher die radiologische Kriterien zur Vorhersage der Frakturausheilung zu evaluieren und den prädiktiven Wert von Fehlstellungen auf das funktionelle und das subjektive Behandlungsergebnis zu dokumentieren. Es soll geprüft werden, ob man bereits aus dem initialen Röntgenbild Voraussagen hinsichtlich der Frakturausheilung treffen kann. Dies könnte dazu beitragen eine effizientere und optimale Therapie der distalen Radiusfraktur zu ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund befasst sich die hier vorliegende Studie mit folgenden Aspekten:

1. Beschreibung des an der Abteilung für Unfall- Hand und Wiederherstellungschirurgie der Universität Ulm konservativ therapierten Kollektivs mit distalen Radiusfrakturen der Klassifikation A2, A3, C1 und C2.

2. Beschreibung der Korrekturverluste im zeitlichen Verlauf von der Verletzung bis zur Ausheilung aller Patienten mit distalen Radiusfrakturen der Klassifikation A2, A3, C1 und C2.

3. Beschreibung von Korrelationen zwischen den Korrekturverlusten in den verschiedenen Ebenen auf der Suche nach Riskikofaktoren, die prädiktive Bedeutung haben könnten.

4. Beschreibung der subjektiven Zufriedenheit der Patienten mit dem Ergebnis der konservativen Therapie bei distaler Radiusfraktur der Klassifikationen A2, A3, C1 und C2.

2. Material und Methodik

2.1 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Kohortenstudie.
Aus den Ambulanzakten der Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie der Universität Ulm wurden alle Patienten der Jahre 1996 bis 2001 mit konservativ therapierter distaler Radiusfraktur ermittelt. Nach den im Folgenden noch zu beschreibenden Auswahlkriterien wurde die endgültige Patientenzahl bestimmt.
An das Studium der klinischen Befunde sowie dem Analysieren der Röntgenbilder nach bestimmten radiologischen Kriterien, schloss sich die telefonische evaluierte Nachuntersuchung an.

2.2 Patientengut

In dem medizinischen Dokumentationssystem der chirurgischen Universitätsklinik Ulm (ULTRA) sind klinische Befunde aller Patienten erfasst, die dort stationär oder ambulant behandelt wurden. Ergänzend dazu speichert das medizinische Dokumentationssystem der radiologischen Universitätsklinik (MEDORA) alle stattgefundenen radiodiagnostischen Untersuchungen und die dazugehörigen Befunde.
Das radiologische Dokumentationssystem wurde nach dem Begriff, < distale und Radius und Fraktur> durchsucht.
Erfasst wurden 2211 Patienten, die in dem Zeitraum von 1996 – 2001 in der Klinik radiologisch und klinisch behandelt wurden. Patienten die vor 1996 in der Klinik behandelt wurden, sind in dem medizinischen Dokumentationssystem (MEDORA) nicht erfasst worden, und konnten somit nicht in die Studie aufgenommen werden.

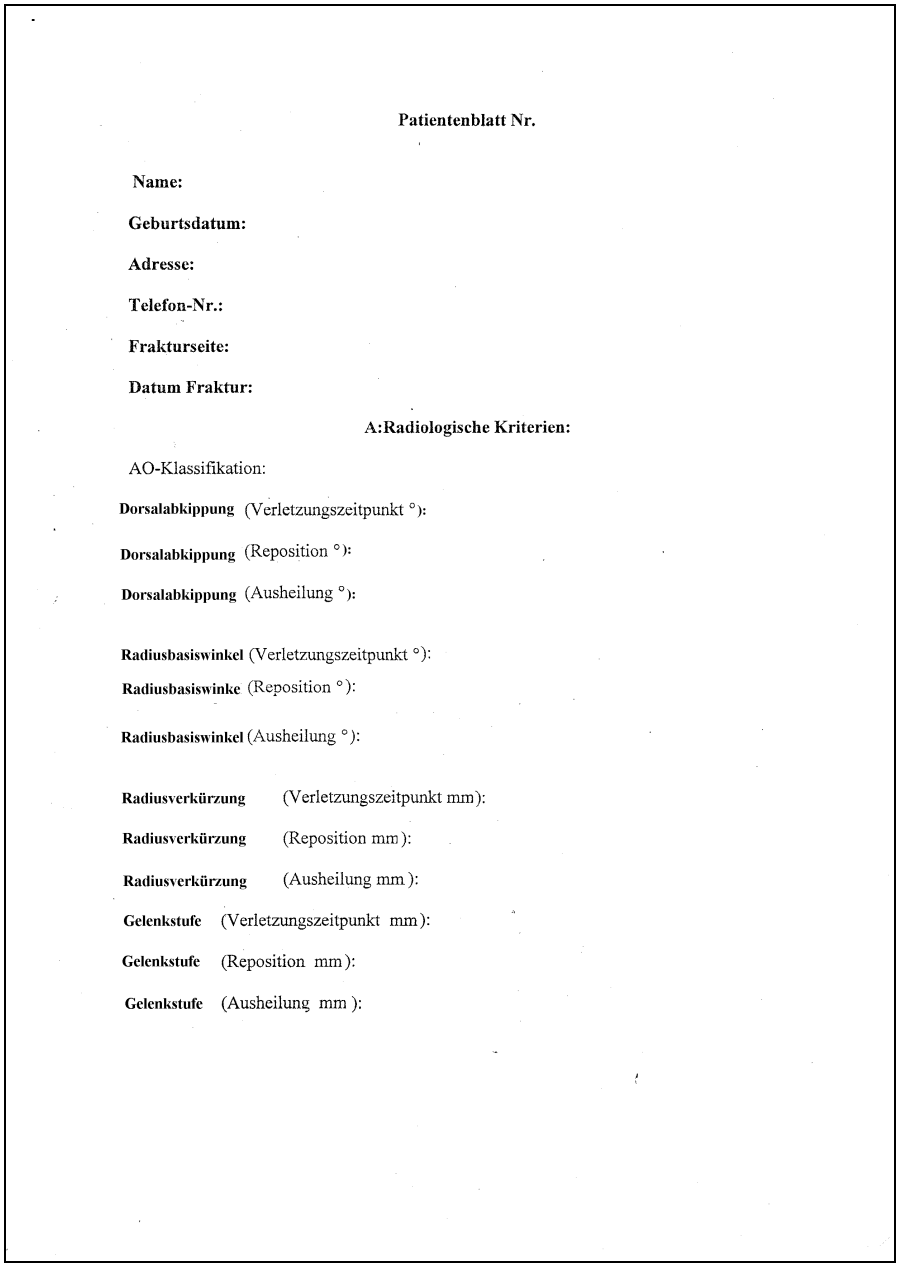
2.3 Auswahlkriterien

In die Studie aufgenommen wurden Patienten mit konservativ versorgter distaler Radiusfraktur.
Die Patienten sollten zum Zeitpunkt des Unfalls, wegen des noch nicht abgeschlossenen Knochenwachstums, nicht jünger als 15 sein. Eine obere Altersgrenze wurde nicht festgelegt.
Im Rahmen der Behandlung wurden Röntgenbilder zum Zeitpunkt der Verletzung, der Reposition und der Ausheilung angefertigt. Es wurden alle Patienten berücksichtigt, von denen Röntgenbilder des Handgelenkes in zwei Ebenen zu zumindest zu zwei dieser Zeitpunkte vorlagen.
Von den 2211 dokumentierten Radiusfrakturen konnten somit 440 ausschließlich konservativ therapierte Patienten in die Studie aufgenommen werden.

2.4 Radiologische Kriterien

Für die vorliegende Studie wurden die von den 440 Patienten im Verlauf der Behandlung angefertigten Röntgenaufnahmen aus dem Archiv der radiologischen Universitätsklinik Ulm herausgesucht.
Von jedem Patienten wurden die Aufnahmen zum Verletzungszeitpunkt, die Aufnahme direkt nach Reposition und das Ausheilungsbild benötigt. Zu jedem Zeitpunkt erfolgte die Röntgenuntersuchung jeweils in dorsovolarer und seitlicher Aufnahmetechnik.
Bei der Durchsicht wurde festgestellt, dass von 119 Patienten die benötigten Röntgenbilder teilweise oder vollständig fehlten.
Auch nach intensiver Nachforschung konnten nur in sehr wenigen Fällen die verbliebenen Röntgenbilder aufgefunden werden. Teilweise befanden sich die fehlenden Röntgenbilder in anderen medizinischen Einrichtungen und waren dort nicht mehr auffindbar, beziehungsweise sind im Laufe der Behandlung in der Universitätsklinik Ulm entliehen worden.
Die verbliebene Patientenanzahl umfasste somit 321 Patienten die vom Verletzungszeitpunkt bis zur Ausheilung radiologisch und klinisch untersucht werden konnten.

Die Röntgenbilder wurden nach einem standardisierten Schema ausgewertet. Um dies zu ermöglichen wurde ein Erhebungsbogen erstellt (Abbildung 3), in dem persönliche Daten, betroffenes Handgelenk, Frakturklassifikation nach AO und die radiologischen Kriterien der Frakturen (Winkel- und Längenmessung wie später erläutert), aufgeführt sind.



Patientenblatt Nr.

Name:

Geburtsdatum:

Adresse:

Telefon-Nr.:

Frakturseite:

Datum Fraktur:

A:Radiologische Kriterien:

AO-Klassifikation:

Dorsalabkippung (Verletzungszeitpunkt °):

Dorsalabkippung (Reposition °):

Dorsalabkippung (Ausheilung °):

Radiusbasiswinkel (Verletzungszeitpunkt °):

Radiusbasiswinke (Reposition °):

Radiusbasiswinkel (Ausheilung °):

Radiusverkürzung (Verletzungszeitpunkt mm):

Radiusverkürzung (Reposition mm):

Radiusverkürzung (Ausheilung mm):

Gelenkstufe (Verletzungszeitpunkt mm):

Gelenkstufe (Reposition mm):

Gelenkstufe (Ausheilung mm):

Abbildung 3: Radiologischer Erhebungsbogen

Zunächst wurde das Röntgenbild zum Verletzungszeitpunkt analysiert und nach der AO-Klassifikation nach Müller et al. [45] (Arbeitsgemeinschaft für Ostheosynthesefragen) (Abbildung 4) der distalen Unterarmfrakturen eingeteilt.

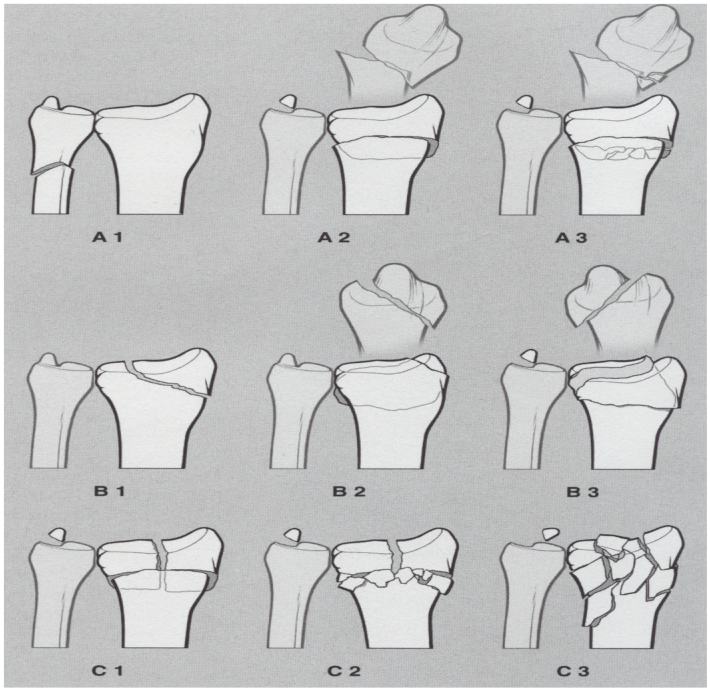


Abbildung 4: AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) [50 S.1186]

Anschließend wurde jedes Röntgenbild einzeln ausgewertet. Es lagen bei 262 Patienten jeweils sechs Aufnahmen vor:

- zwei Aufnahme zum Verletzungszeitpunkt
- zwei Aufnahme nach Reposition
- zwei Aufnahme zum Ausheilungszeitpunkt

Bei 59 Patienten lagen nur zwei dieser drei Zeitpunkte vor.

Folgende Winkel und Längen der distalen Radiusfrakturen wurden ausgemessen:

- Dorsalabkippung in Grad (°):

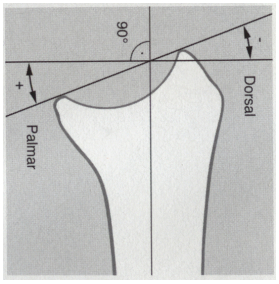


Abbildung 5: Dorsalabkippung in Grad (°)
[50 S.1184]

Die Dorsalabkippung wird im seitlichen Strahlengang gebildet durch die Verbindung der dorsalen und palmaren Begrenzungspunkte der Radiusgelenkfläche und der Senkrechten zur Radiusschaftlängsachse. Von diesem gemessenen Winkel wurde der Normwert von 11°- 12° volarer Neigung abgezogen. Dieser Differenzwert beschreibt die Dorsalabkippung und wird für den Vergleich verwendet.

- Radiusbasiswinkel in Grad (°):

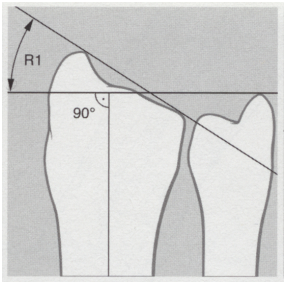


Abbildung 6: Radiusbasiswinkel in Grad (°)
[50 S.1184]

Der Radiusbasiswinkel (Ulna inclination) wird gebildet durch eine Gerade, die die Begrenzungspunkte des Processus styloideus und der Radiusgelenkfläche ulnarseitig verbindet, gemessen zur Senkrechten zur Radiusschaftlängsachse. Dieser Winkel beträgt normalerweise 20°- 25°.

- Radiusverkürzung in Millimeter (mm):

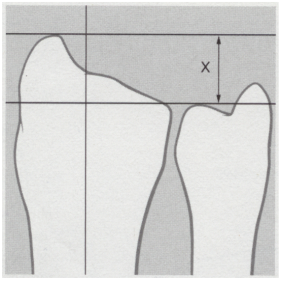


Abbildung 7: Radiusverkürzung in mm
[50 S.1184]

Die Radiusverkürzung wurde als Differenz in Achsrichtung des Radius zwischen der ulnarseitigen Radiusepiphyse gegen das ulnare Plateau auf der dorsovolaren Aufnahme gemessen. Eine Verkürzung wurde als positiver Wert notiert.

- Gelenkstufe in Millimeter (mm):

Die Gelenkstufe wurde gemessen an einer Geraden auf der Radiusgelenkfläche.

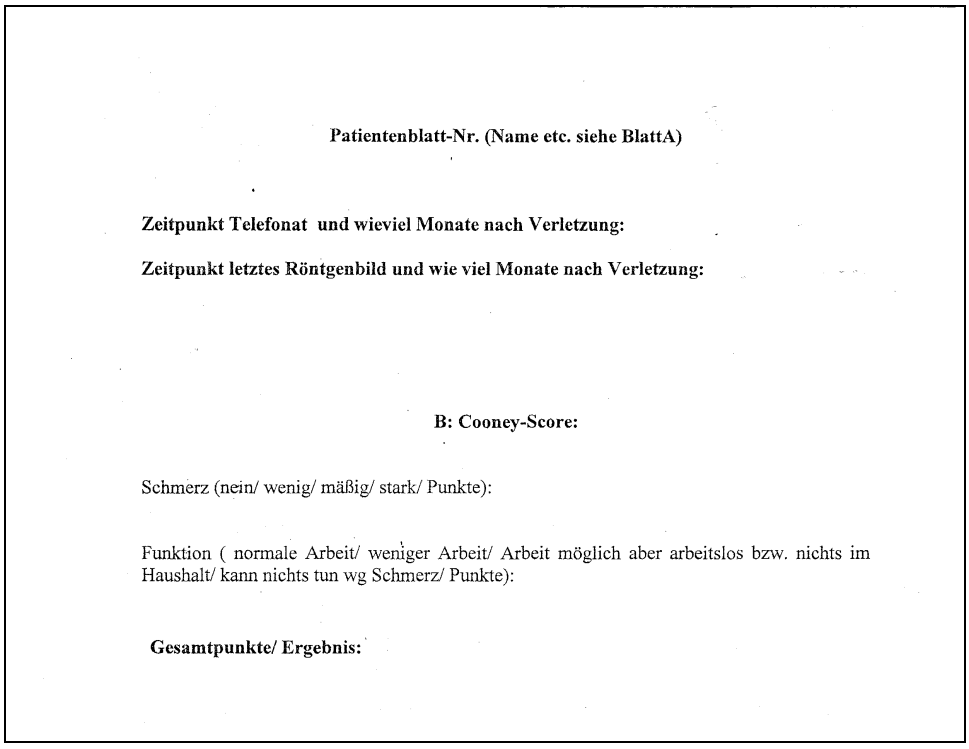
2.5 Statistische Auswertung

Die radiologischen Parameter Dorsalabkippung (DA), Radiusbasiswinkel (RBW), Radiusverkürzung (RV) und die Gelenkstufe (GS) wurden zum Zeitpunkt der Verletzung (DAV, RBWV, RVV, GSV), nach Reposition (DAR, RBWR, RVR, GSR) und zum Zeitpunkt der Ausheilung (DAA, RBWA, RVA, GSA) bestimmt.
Die Fälle wurden nach der AO-Klassifikation in Gruppen eingeteilt. In jeder Frakturgruppe wurden die Parameter zu den einzelnen Zeitpunkten deskriptiv beschrieben. Boxplots wurden verwendet, um Häufigkeitsverteilungen miteinander zu vergleichen. Auf die Evaluation der B1-,B2-,B3- und C3-Frakturen wurde aufgrund der geringen Anzahl und somit der geringen Signifikanz der Frakturgruppen verzichtet.
Es wurden zusätzlich die untersuchten radiologischen Parameter in Bezug auf die AO-Klassifikation getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen deskriptiv beschrieben und miteinander verglichen.
Weiterhin wurden die Spearmansche Korrelation jedes Parameters zum Verletzungszeitpunkt und zu den Zeitpunkten „Reposition“ und „Ausheilung“ berechnet. Für Korrelationen, deren Spearman-Korrelationskoeffizient $r > 0,5$ war, wurde die Regressionsgleichung $y = a * x + b$, die 95%-Konfidenzintervalle der Regressionskoeffizienten a und b sowie das Bestimmtheitsmass r^2 dargestellt.

2.5 Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung erfolgte in standardisierten Telefoninterviews. Von den insgesamt 321 Patienten konnten 167 telefonisch erreicht und entsprechend des unten aufgeführten Erhebungsbogens evaluiert werden. Bei 43 Patienten konnte kein Ergebnis eingeholt werden, da sie bis zu dem Nachuntersuchungszeitpunkt bereits verstorben waren. 27 Patienten waren altersbedingt nicht mehr in der Lage die Fragen entsprechend zu beantworten. Die verbleibenden 84 Patienten waren trotz intensiver Nachforschungen nicht erreichbar oder unbekannt verzogen.

Alle 167 Patienten wurden nach einem standardisierten Erhebungsbogen (Abbildung 8) befragt, in dem der Zeitpunkt des Telefonats, der Zeitpunkt der letzten Röntgenaufnahme und einheitliche Fragen zu Schmerz und Funktion im betroffenen Handgelenk aufgeführt wurden.



Patientenblatt-Nr. (Name etc. siehe BlattA)

Zeitpunkt Telefonat und wieviel Monate nach Verletzung:

Zeitpunkt letztes Röntgenbild und wie viel Monate nach Verletzung:

B: Cooney-Score:

Schmerz (nein/ wenig/ mäßig/ stark/ Punkte):

Funktion (normale Arbeit/ weniger Arbeit/ Arbeit möglich aber arbeitslos bzw. nichts im Haushalt/ kann nichts tun wg Schmerz/ Punkte):

Gesamtpunkte/ Ergebnis:

Abbildung 8: Klinischer Erhebungsbogen

Jeder Einschätzung des Patienten zu Schmerz und Funktion wurde ein Zahlenwert (Tabelle 1) nach Cooney [10] zugeordnet. Diese Zahlenwerte wurden summiert und die ergebene Gesamtpunktzahl konnte durch die Gesamtwertung nach Cooney [10] (Tabelle 2) klassifiziert werden.

Die Bewertung und Einordnung der einzelnen Ergebnisse sowie des Gesamtergebnisses wurden anhand des Handgelenksfunktionsscores nach Cooney [10] (Tabelle 1 und 2) vorgenommen. Dieser Score eignet sich aufgrund seiner einfachen Fragen gut für die Telefoninterviews. Durch die telefonische Befragung war es möglich, auch den nicht unerheblichen Anteil immobiler alter und schwacher Patienten zu evaluieren.

Tabelle 1: Handgelenksfunktionsscore nach Cooney [10]

Schmerz		Funktion	
Nein	25	Normale Arbeit	25
Wenig	20	Weniger Arbeit	20
Mäßig	15	Arbeit möglich aber arbeitslos/nichts im Haushalt	15
Stark	0	Kann nichts tun wegen Schmerz	0

Tabelle 2: Gesamtwertung nach Cooney [10]

Gesamtwertung		
90-100	Punkte	sehr gut
80-89	Punkte	gut
65-79	Punkte	akzeptabel
<65	Punkte	schlecht

3. Ergebnisse

3.1 Deskriptive Beschreibung des Kollektivs

3.1.1 Geschlechtsverteilung

Unter den 321 Patienten waren 217 Frauen und 104 Männer. Der Anteil der Frauen beträgt damit (68 %) und der der Männer (32 %).

3.1.2 Altersverteilung getrennt nach Geschlecht

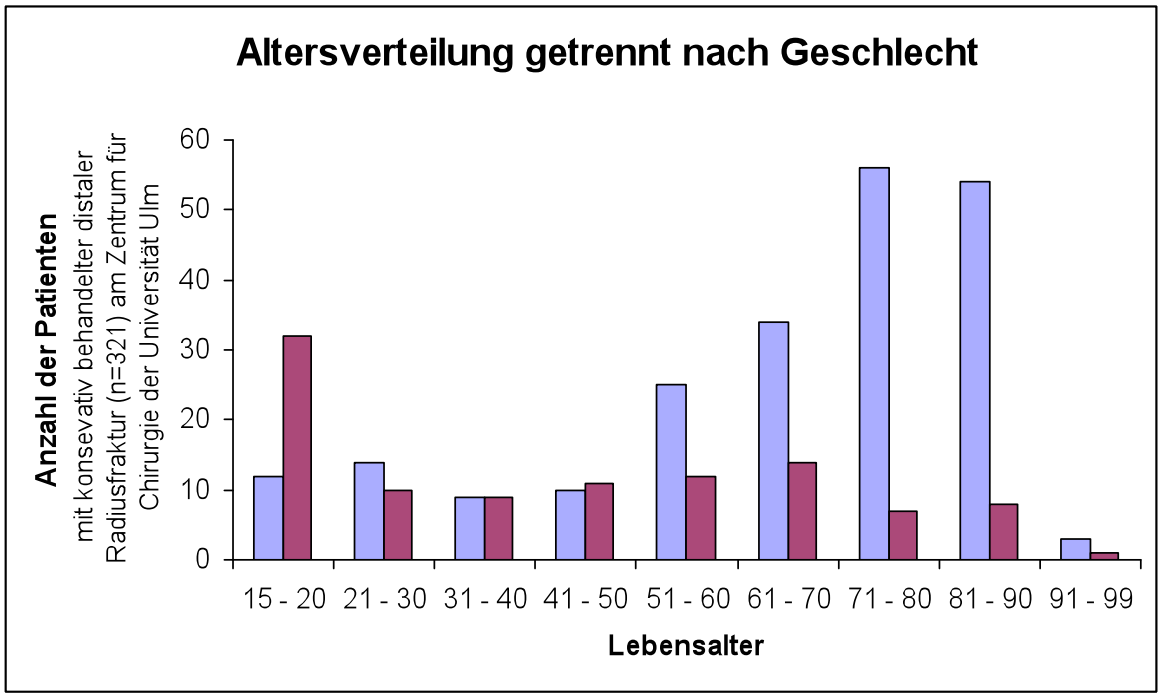


Abbildung 9: Altersverteilung aller Patienten (n=321) mit konservativ behandelter Radiusfraktur am Zentrum für Chirurgie der Universität Ulm, getrennt nach Geschlecht, blau = Frauen, lila = Männer

Der errechnete Altersdurchschnitt aller 321 untersuchten Patienten lag bei 58 Jahren. (Min/Max: 15 Jahre/100 Jahre). Die Abbildung 9 der nach Geschlecht getrennten Altersverteilung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den weiblichen und den männlichen Patienten. Bei dem männlichen Geschlecht in der jüngsten Altersgruppe zwischen 15 und 20 Jahren ist die Anzahl der distalen Radiusfrakturen deutlich höher als bei der entsprechenden weiblichen Altersgruppe. Dagegen ist bei der weiblichen Bevölkerung zwischen 71 und 90 Jahren eine erkennbarere Häufigkeit der distalen Radiusfrakturen feststellbar.

3.1.3 Verteilung der Frakturformen nach der AO-Klassifikation

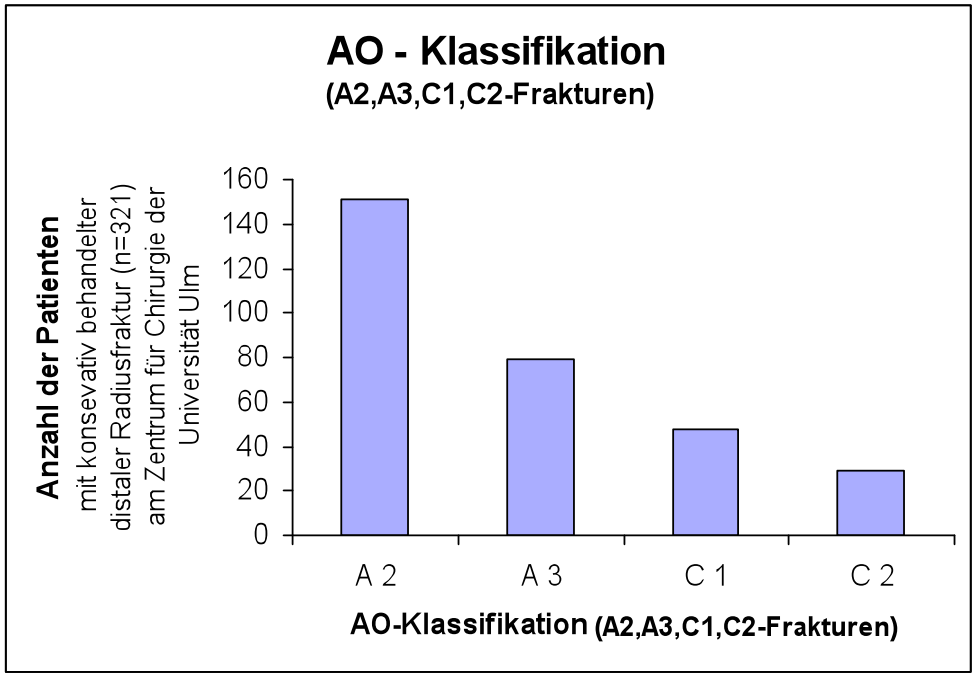


Abbildung 10: Frakturformen nach der AO-Klassifikation A2,A3,C1,C2- Frakturen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) aller begutachteten Patienten (n=321) mit konservativ behandelten distalen Radiusfrakturen am Zentrum für Chirurgie der Universität Ulm.

Die vorliegende Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Patienten (n = 312) auf die AO-Klassifikation. Insgesamt zeigt sich ein deutliches Überwiegen der A2-Frakturen. Es wurden 150 (49%) Fälle als A2-Frakturen, 79 (25%) als A3, 48 (15%) als C1, 29 (9%) als C2 klassifiziert.

3.1.4 Frakturtypverteilung nach Alter und Geschlecht

Tabelle 3: Frakturtypverteilung nach Alter (Med/Min/Max) und Geschlecht (obere Zahl = Fallzahl, untere Zahl = Fallzahl in %) bezogen auf die AO-Klassifikation A2-C2-Frakturen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

		A2	A3	C1	C2
Männer		44	15	13	9
	%	13,1	4,5	3,9	2,7
Frauen		106	64	35	20
	%	31,7	19,1	10,5	6,0
Alter	Med	75	75	66	69
Frauen	Min	18	21	24	37
	Max	100	95	92	84
Alter	Med	37	60	50	59
Männer	Min	15	15	18	32
	Max	75	81	87	86

Die A2-Frakturen waren mit 106 Fällen am häufigsten bei dem weiblichen Geschlecht vertreten wobei das Alter der Patientinnen im Median bei 75 Jahren lag, die jüngste Patientin 18 Jahre und die älteste 100 Jahre alt war.
Die männlichen A2-Frakturen waren mit 44 Fällen vertreten das Alter im Median bei 37 Jahren. Der jüngste 15 Jahre alt und der älteste 75 Jahre alt.
Bei den A3-Frakturen gab es 64 Frauen im Median 75 Jahre (Alter: Min 21, Max 95) und 15 Männer die im Median 60 Jahre (Alter: Min 15, Max 81) alt waren.
35 Frauen hatten C1-Frakturen wobei das Alter im Median bei 66 Jahre lag (Alter: Min 24, Max 92). Dagegen gab es 15 männliche Patienten mit C1-Frakturen (Alter: Median 50, Min 18,Max 87). C2-Frakturen bei den Frauen mit 20 Fällen vertreten (Alter: Median 69, Min 37, Max 84) und bei den Männern mit 9 (Alter: Median 59, Min 32, Max 86).

3.2 Deskriptive Beschreibung Dorsalabkippung

3.2.1 Dorsalabkippung [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt nach der AO-Klassifikation.

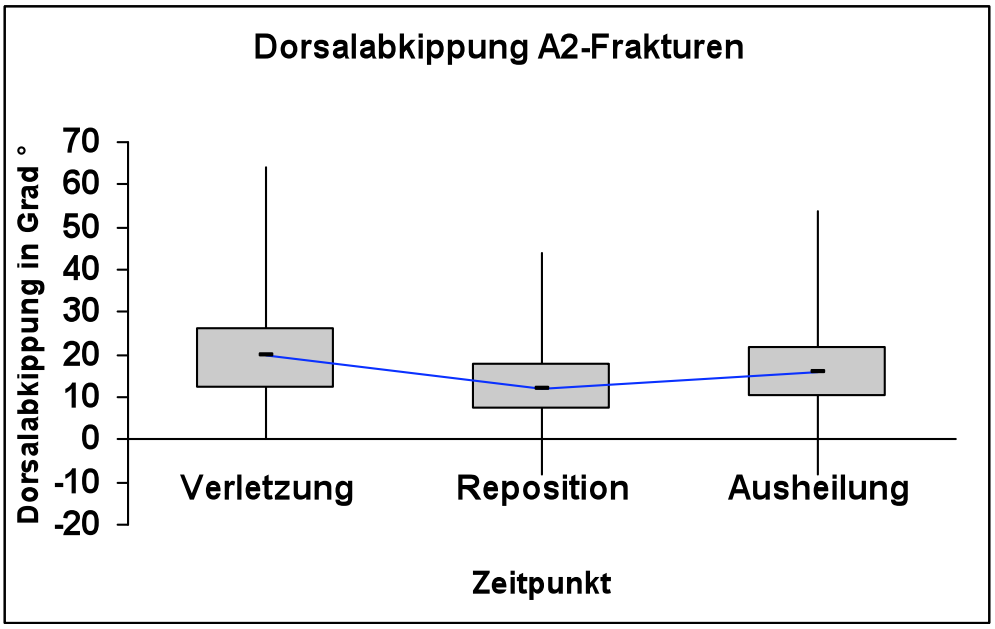


Abbildung 11: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten A2-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Zeitpunkt der Verletzung, Reposition und Ausheilung.

Die vorliegende Abbildung 11 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller A2-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.
Im Median beträgt die Dorsalabkippung zum Verletzungszeitpunkt 20° (Min 0° Max 64°).
Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung im Median 12° (Min -8° Max 44°).
Die Repositionskorrektur verschlechtert sich wieder zum Ausheilungszeitpunkt. Die gemessenen Werte betragen im Median zum Zeitpunkt der Ausheilung 16° (Min -8° Max 54°).

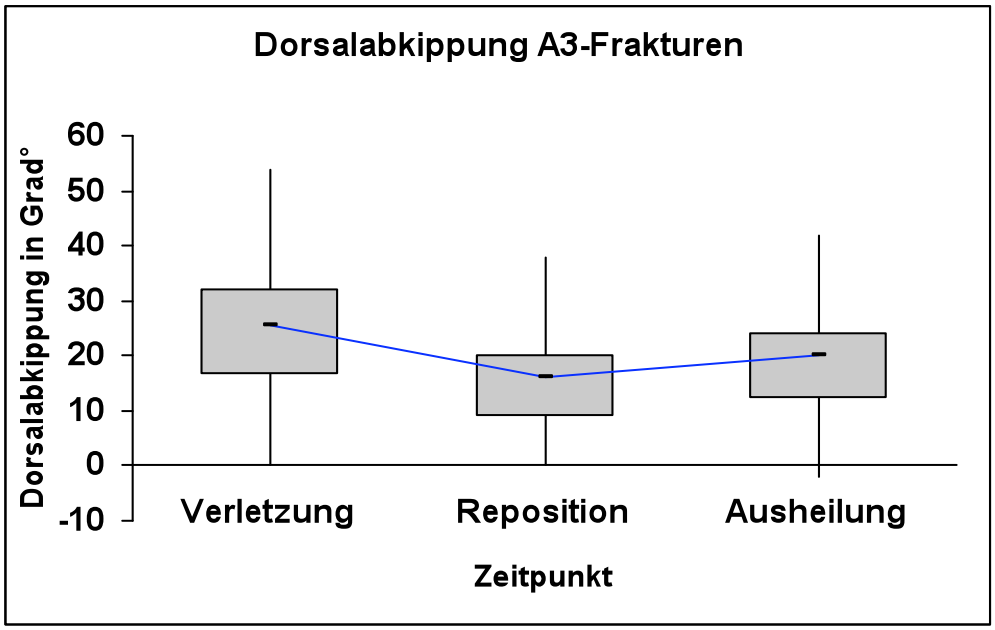


Abbildung 12: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten A3- Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Zeitpunkt der Verletzung, Reposition und Ausheilung.

Die vorliegende Abbildung 12 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller A3-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.
Im Median beträgt die Dorsalabkippung zum Verletzungszeitpunkt 26° (Min 0° Max 54°).
Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung im Median 16° (Min 0° Max 38°).
Die Repositionskorrektur verschlechtert sich wieder zum Ausheilungszeitpunkt. Die gemessenen Werte betragen im Median zum Zeitpunkt der Ausheilung 20° (Min -2° Max 42°).

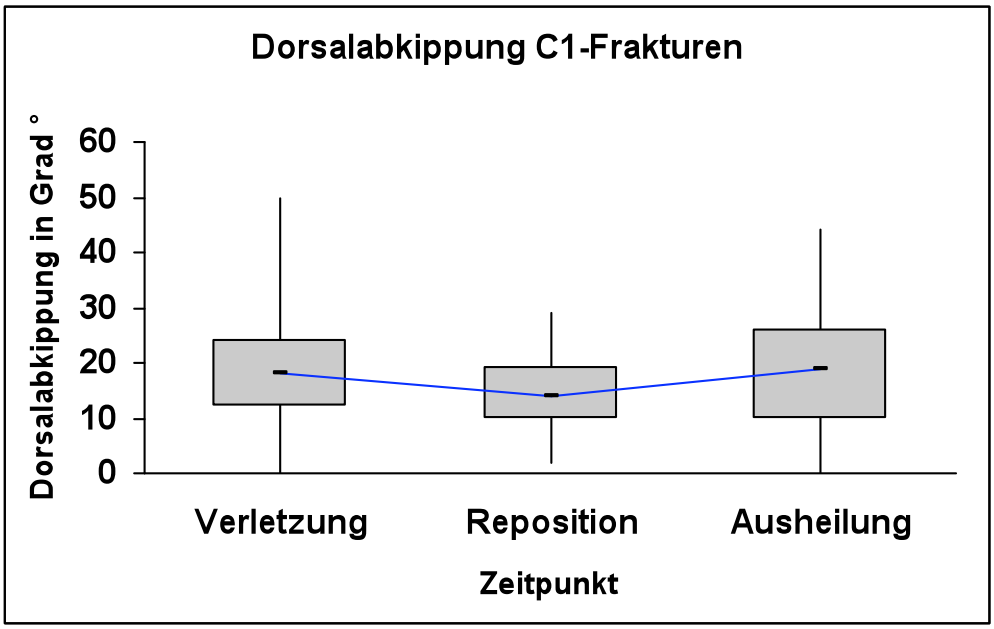


Abbildung 13: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten C1-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Zeitpunkt der Verletzung, Reposition und Ausheilung.

Die vorliegende Abbildung 13 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller C1-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.
Im Median beträgt die Dorsalabkippung zum Verletzungszeitpunkt 18° (Min 0° Max 54°).
Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung im Median 14° (Min 2° Max 29°).
Die Repositionskorrektur verschlechtert sich wieder zum Ausheilungszeitpunkt. Die gemessenen Werte betragen im Median zum Zeitpunkt der Ausheilung 19° (Min 0° Max 44°).

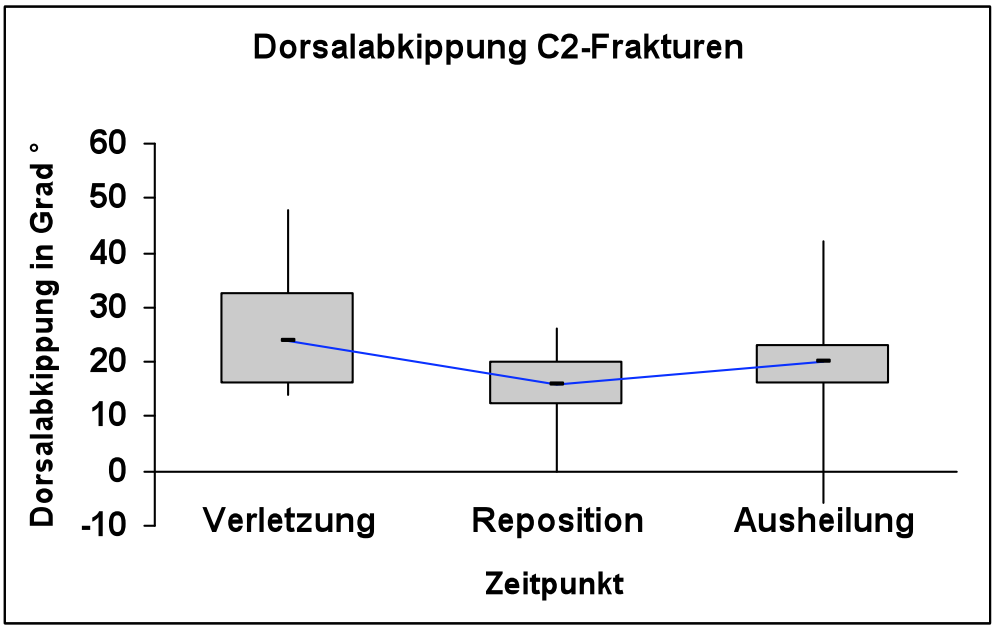


Abbildung 14: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten C2-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Zeitpunkt der Verletzung, Reposition und Ausheilung.

Die vorliegende Abbildung 14 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller C2-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.
Im Median beträgt die Dorsalabkippung zum Verletzungszeitpunkt 24° (Min 14° Max 48°).
Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung im Median 16° (Min 0° Max 26°).
Die Repositionskorrektur verschlechtert sich wieder zum Ausheilungszeitpunkt. Die gemessenen Werte betragen im Median zum Zeitpunkt der Ausheilung 20° (Min -6° Max 42°).

Insgesamt zeigt sich für alle Frakturtypen (A2,A3,C1,C2), dass die Dorsalabkippung im Median um ca. 40% korrigiert wird. Zum Ausheilungszeitpunkt geht die Repositionskorrektur bei allen Frakturtypen zum Teil verloren und somit können im Median nur ca. 20% der ursprünglichen Dorsalabkippung korrigiert werden.

3.2.2 Dorsalabkippung [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen in Bezug auf 2 Altersgruppen.

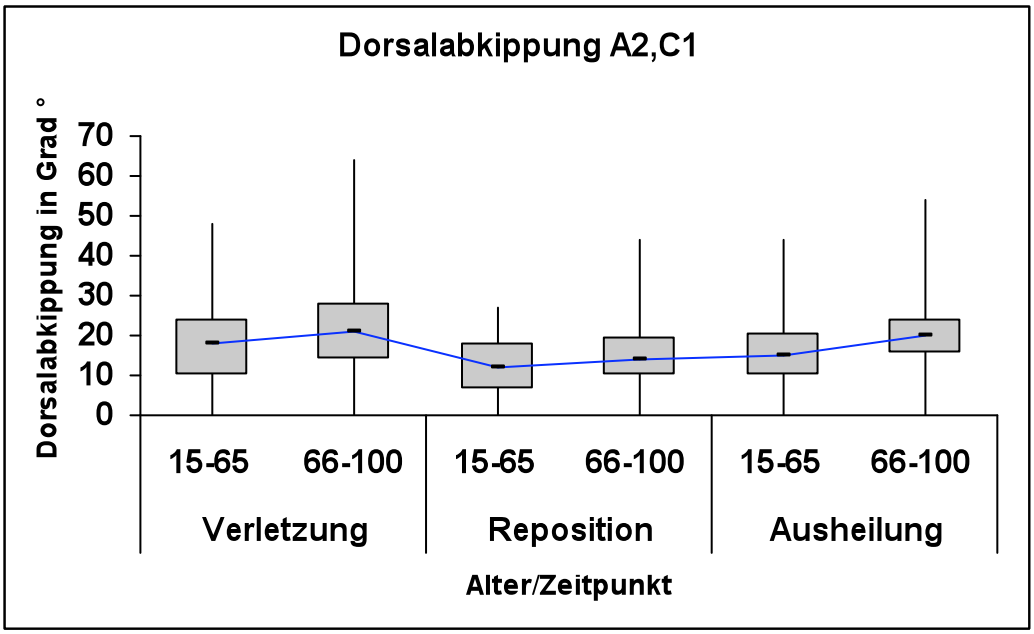


Abbildung 15: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten stabilen Frakturen (A2, C1) nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) , bezogen auf zwei Altersgruppen (15-65 und 66-100 Jahre) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 15 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller stabilen Frakturen (A2,C1) zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 18° (Min 0° Max 48°) bei den 66-100 jährigen im Median 21° (Min 0° Max 64°).

Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 12° (Min 0° Max 27°) und bei den 66-100 jährigen im Median 14° (Min 0° Max 44°).

Zum Ausheilungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 15° (Min 0° Max 44°) und bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 0° Max 54°).

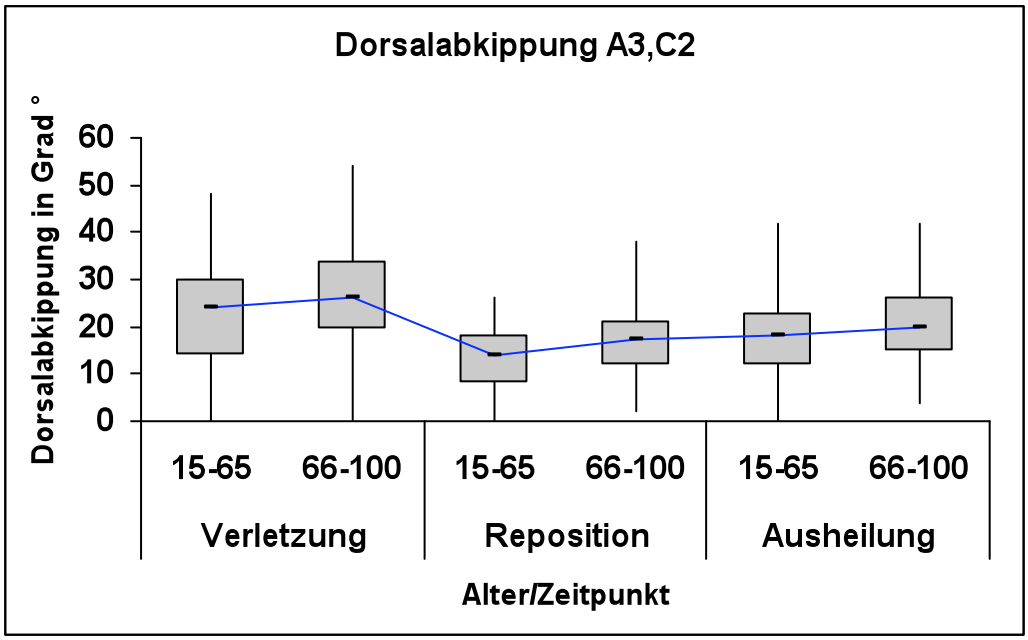


Abbildung 16: Dorsalabkippung in Grad (°) aller konservativ behandelten instabilen Frakturen (A3, C2) nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), bezogen auf zwei Altersgruppen (15-65 und 66-100 Jahre) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 16 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller instabilen Frakturen (A3,C2) zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 24° (Min 0° Max 48°) bei den 66-100 jährigen im Median 26° (Min 0° Max 54°).

Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 14° (Min 0° Max 26°) und bei den 66-100 jährigen im Median 18° (Min 2° Max 38°).

Zum Ausheilungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 18° (Min 0° Max 42°) und bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 4° Max 42°).

Die Repositionskorrektur geht bei den stabilen sowie den instabilen Frakturen in beiden Altersgruppen im Median um ca. 20% verloren. Im Median beträgt die Dorsalabkippung bei den stabilen A2 und C1 Frakturen 18° bzw. 21°. Bei den instabilen A3 und C2 Frakturen ist sie mit 24° und 26° höher.

3.3 Deskriptive Beschreibung Radiusbasiswinkel

3.3.1 Radiusbasiswinkel [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt nach der AO-Klassifikation.

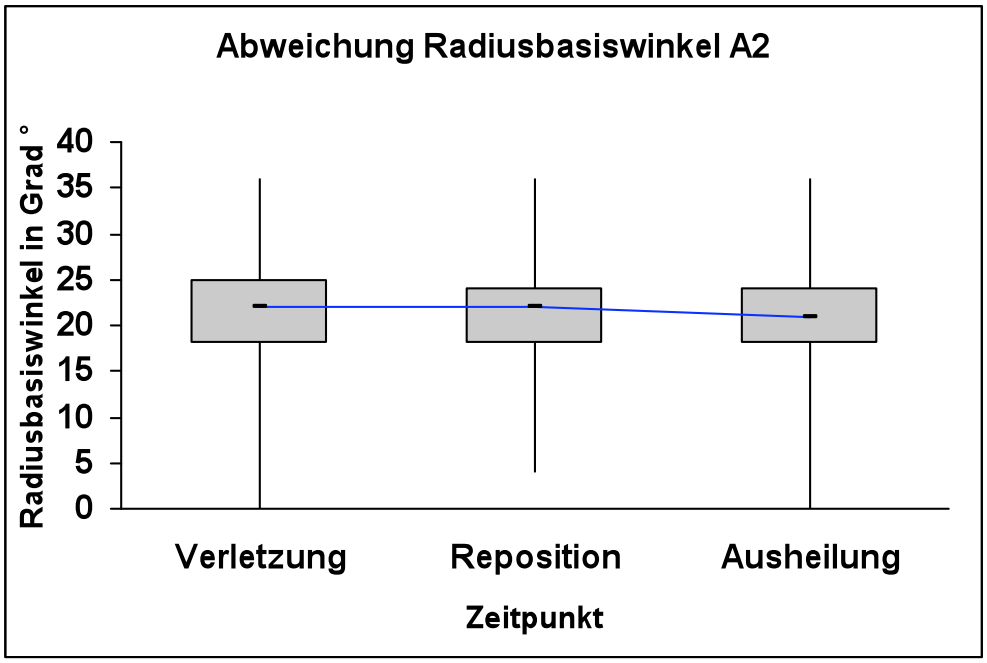


Abbildung 17: Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelten A2-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 17 zeigt die Winkelverhältnisse der Abweichung des Radiusbasiswinkels aller A2-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 0° und 36° der Median bei 22°.

Zum Repositionszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 4° und 36° der Median bei 22°.

Zum Ausheilungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 0° und 36° der Median bei 21°.

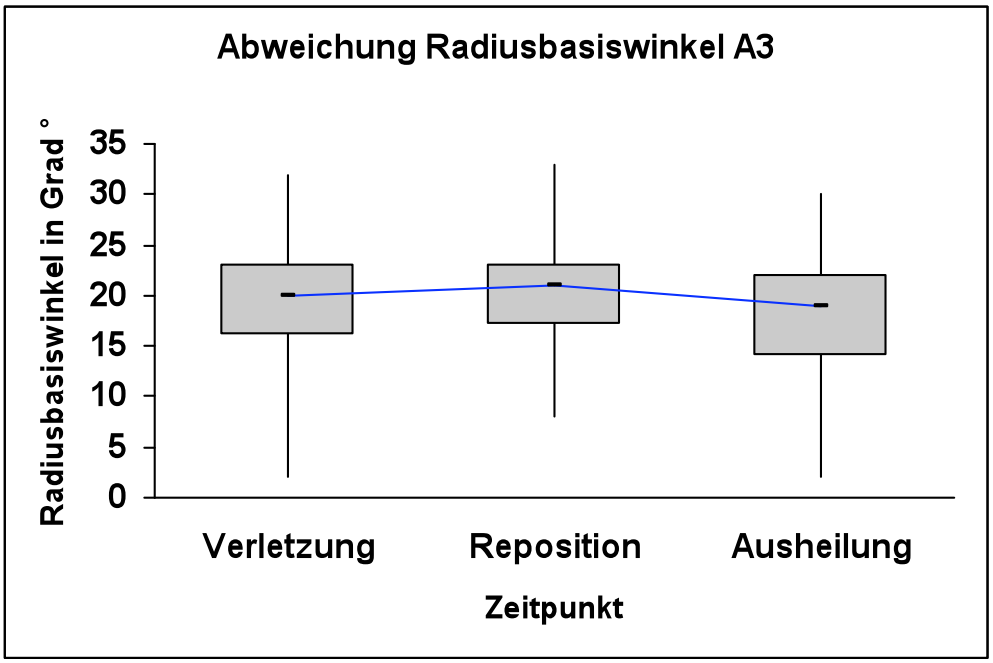


Abbildung 18: Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelten A3-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 18 zeigt die Winkelverhältnisse der Abweichung des Radiusbasiswinkels aller A3-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 2° und 32° der Median bei 20°.

Zum Repositionszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 8° und 33° der Median bei 21°.

Zum Ausheilungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 2° und 30° der Median bei 19°.

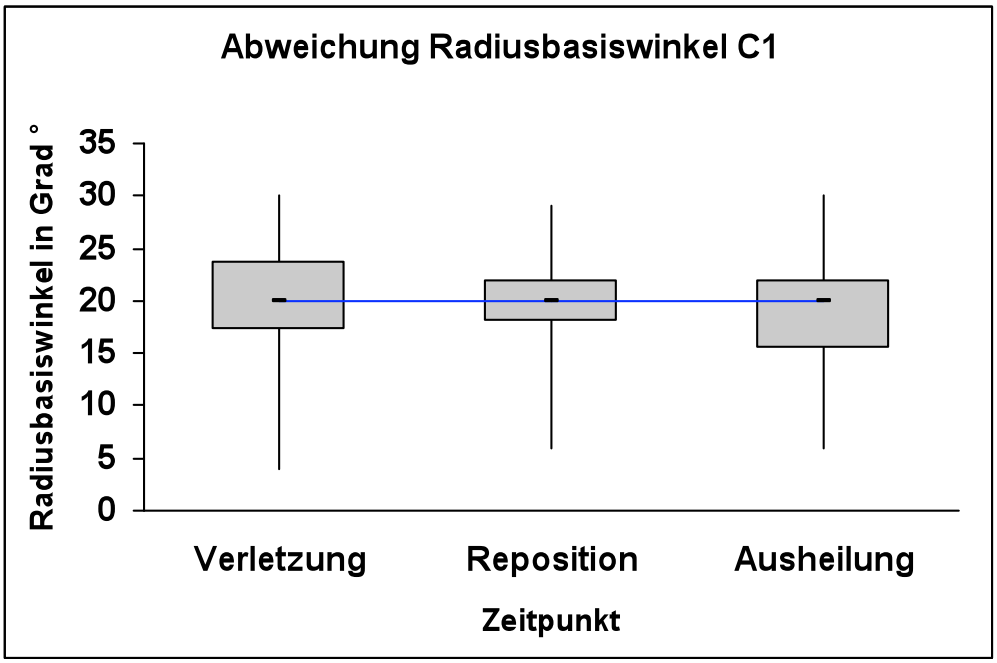


Abbildung 19:Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelter C1-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 19 zeigt die Winkelverhältnisse der Abweichung des Radiusbasiswinkels aller C1-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 4° und 30° der Median bei 20°.

Zum Repositionszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 6° und 29° der Median bei 20°.

Zum Ausheilungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 6° und 30° der Median bei 20°.

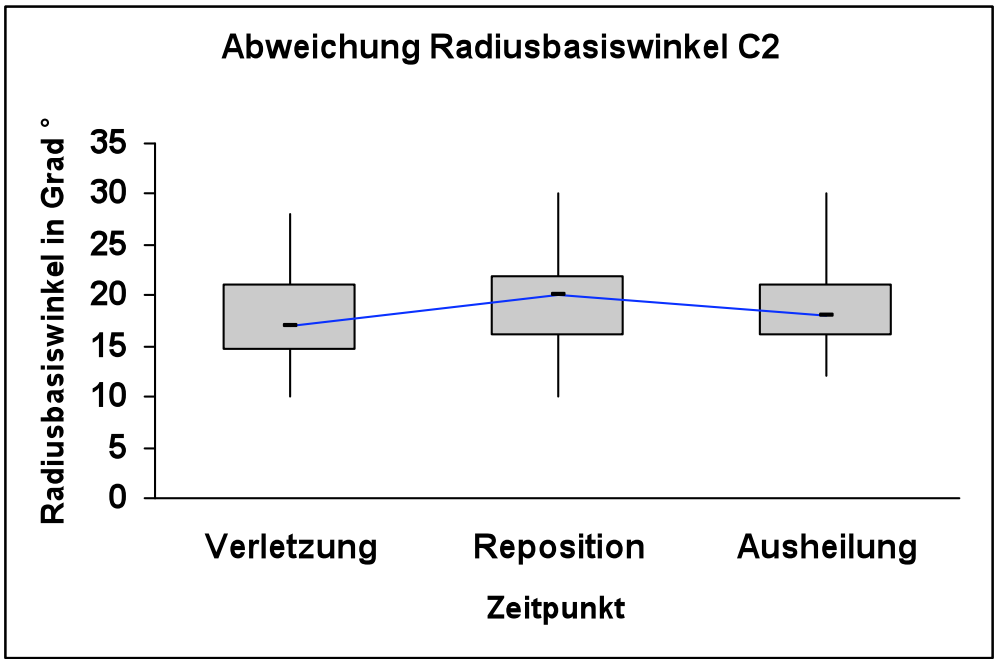


Abbildung 20: Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelter C2-Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 20 zeigt die Winkelverhältnisse der Abweichung des Radiusbasiswinkels aller C2-Frakturen zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.
Zum Verletzungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 10° und 28° der Median bei 17°.
Zum Repositionszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 10° und 30° der Median bei 20°.
Zum Ausheilungszeitpunkt lagen die gemessenen Winkel zwischen 12° und 30° der Median bei 18°.

Insgesamt zeigt sich bei allen Frakturtypen (A2,A3,C1,C2) das der Radiusbasiswinkel durch die Verletzung (Med 20°) und die Reposition (Med 21°) im Median nur geringfügig beeinflusst wird. Zum Zeitpunkt der Ausheilung (Med 20°) liegen nahezu anatomische Werte des Radiusbasiswinkels vor.

3.3.2 Radiusbasiswinkel [°] zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und bei Ausheilung getrennt für metaphysäre stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen in Bezug auf 2 Altersgruppen.

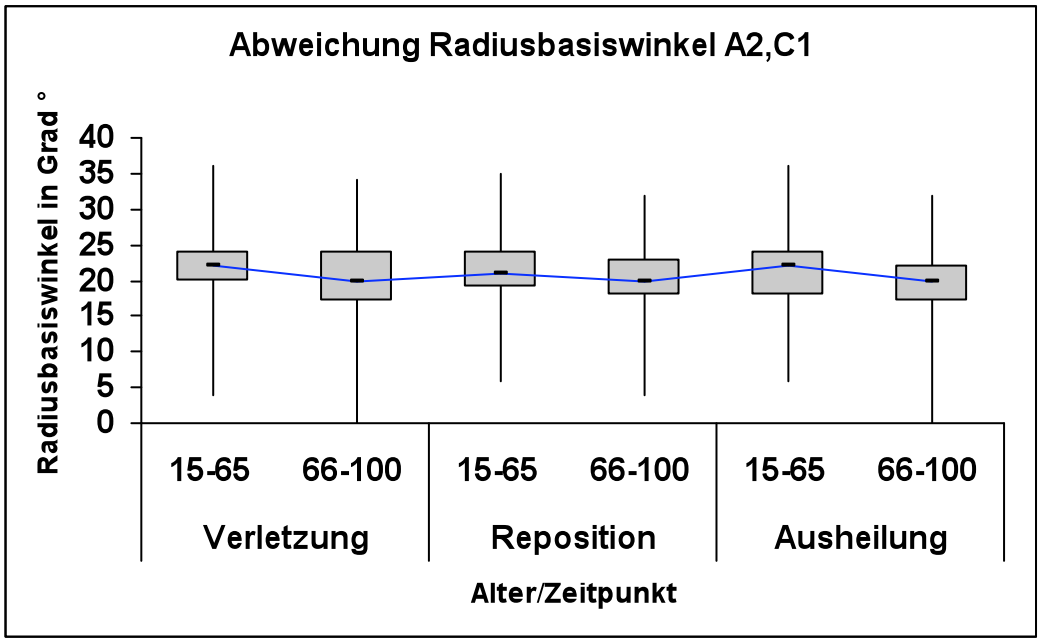


Abbildung 21: Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelten stabilen Frakturen (A2, C1) nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), bezogen auf zwei Altersgruppen (15-65 und 66-100 Jahre) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 21 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller stabilen Frakturen (A2,C1) zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 22° (Min 4° Max 36°) bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 0° Max 34°).

Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 21° (Min 6° Max 35°) und bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 4° Max 32°).

Zum Ausheilungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 22° (Min 6° Max 36°) und bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 0° Max 32°).

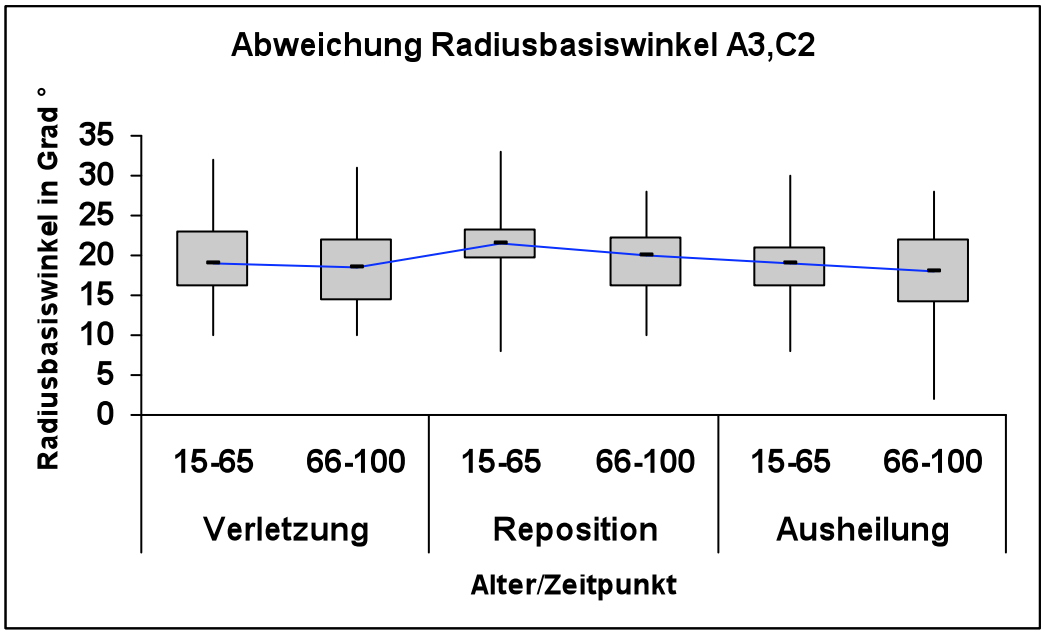


Abbildung 22: Abweichung Radiusbasiswinkel in Grad (°) aller konservativ behandelten instabilen Frakturen (A3, C2) nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), bezogen auf zwei Altersgruppen (15-65 und 66-100 Jahre) zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt.

Die vorliegende Abbildung 22 zeigt die Winkelverhältnisse der Dorsalabkippung aller instabilen Frakturen (A3,C2) zum Verletzungs-, Repositions- und Ausheilungszeitpunkt.

Zum Verletzungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 19° (Min 10° Max 32°) bei den 66-100 jährigen im Median 19° (Min 10° Max 31°).

Zum Repositionszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 22° (Min 8° Max 33°) und bei den 66-100 jährigen im Median 20° (Min 10° Max 28°).

Zum Ausheilungszeitpunkt beträgt die Dorsalabkippung bei den 15-65 jährigen im Median 19° (Min 8° Max 30°) und bei den 66-100 jährigen im Median 18° (Min 2° Max 28°).

Insgesamt zeigt sich bei den stabilen und bei den instabilen Frakturen sowie bei beiden Altersgruppen, dass der Radiusbasiswinkel durch die Verletzung (Med 21°/19°) und die Reposition (Med 21°/21°) im Median nur geringfügig beeinflusst wird. Zum Zeitpunkt der Ausheilung (Med 21°/19°) liegen nahezu anatomische Werte des Radiusbasiswinkels vor.

3.4 Deskriptive Beschreibung Radiusverkürzung

3.4.1 Radiusverkürzung zum Verletzungs-, Repositions-, und Ausheilungszeitpunkt getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen.

Tabelle 4: Radiusverkürzung (mm) zum Verletzungszeitpunkt (RVV) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

RVV (mm)	Stabile Frakturen A2, C1 n=173 Patienten	%	Instabile Frakturen A3, C2 n=101 Patienten	%
0	69	39,9	23	22,8
1	28	16,2	4	4,0
2	30	17,3	26	25,7
3	18	10,4	17	16,8
4	13	7,5	12	11,9
5	7	4,1	9	8,9
> 6	8	4,6	10	10,0

Die Tabelle 4 zeigt die Radiusverkürzung zum Verletzungszeitpunkt (RVV) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen .
Zum Verletzungszeitpunkt zeigen die instabilen Frakturen im Vergleich zu den stabilen Frakturen häufiger eine Radiusverkürzung von mehr als 2mm.

Tabelle 5: Radiusverkürzung (mm) zum Repositionszeitpunkt (RVR) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

RVR (mm)	Stabile Frakturen A2, C1 n=186 Patienten	%	Instabile Frakturen A3, C2 n=107 Patienten	%
0	79	42,5	41	38,3
1	31	16,7	16	14,9
2	43	23,1	21	19,6
3	15	8,1	13	12,2
4	14	7,5	7	6,5
5	2	1,1	4	3,7
> 6	2	1,1	5	4,7

Die Tabelle 5 zeigt die Radiusverkürzung zum Verletzungszeitpunkt (RVR) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen .

Tabelle 6: Radiusverkürzung (mm) zum Ausheilungszeitpunkt (RVA) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

RVA (mm)	Stabile Frakturen A2, C1 n=176 Patienten	%	Instabile Frakturen A3, C2 n=102 Patienten	%
0	44	25,0	15	14,7
1	28	15,9	13	12,8
2	44	25,0	15	14,7
3	21	11,9	22	21,6
4	13	7,4	11	10,8
5	15	8,5	11	10,8
> 6	11	6,3	15	14,7

In der Tabelle 6 ist die Radiusverkürzung für stabile und instabile Frakturen zum Ausheilungszeitpunkt (RVA) dargestellt.
Zum Ausheilungszeitpunkt zeigen die instabilen Frakturen im Vergleich zu den stabilen Frakturen häufiger eine Radiusverkürzung von mehr als 2mm.

3.4.2 Radiusverkürzung im zeitlichen Verlauf für metaphysär stabile (A2,C1) Frakturen.

Tabelle 7: Radiusverkürzung (mm) vom Verletzungs- (RVV) bis zum Repositionszeitpunkt (RVR) blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1 mm. Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVV / RVR	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	43 25,8	12 7,2	6 3,6	5 3,0	1 0,6	0 0,0	0 0,0	3 1,8	70 41,9
1	15 9,0	10 6,0	4 2,4	1 0,6	1 0,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	31 18,6
2	4 2,4	4 2,4	20 12,0	3 1,8	5 3,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6	37 22,2
3	3 1,8	1 0,6	0 0,0	6 4,0	0 0,0	3 1,8	0 0,0	0 0,0	13 7,8
4	0 0,0	0 0,0	0 0,0	2 1,2	6 3,6	3 1,8	0 0,0	3 1,8	14 8,4
5	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6	0 0,0	1 0,6
6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0
>= 7	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6
Total	65 38,9	27 16,2	30 18,0	18 10,8	13 7,8	6 3,6	1 0,6	7 4,2	167 100,0

< 2 mm 29/167 (17,4%) +/- 1 mm 129/167 (77,2%) > 2 mm 9/167 (5,4%)

Die vorliegende Tabelle 7 zeigt die Radiusverkürzung vom Verletzungs- (RVV) bis zum Repositionszeitpunkt (RVR).

Durch die Reposition wurden nur 29 (17,4%) stabile Frakturen um mindestens 2mm verlängert. Bezogen auf die Anzahl derer, die zum Verletzungszeitpunkt mindestens 2mm Radiusverkürzung aufwiesen, sind das 38,2% der stabilen Frakturen. (Tab.4,Tab.7) Beim Großteil der Frakturen (129, 77,2%) bewirkt die Reposition nur eine Verlängerung der Radiuslänge in Bezug zur Ulna, die kleiner oder gleich einem Millimeter ist. In 9 (5,4%) Fällen zeigte sich zum Repositionszeitpunkt eine Radiusverkürzung von mehr als 2mm.

Tabelle 8: Radiusverkürzung (mm) vom Repositions- (RVR) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA)
blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1mm.
Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVR / RVA	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	28 16,5	6 3,5	5 2,9	1 0,6	1 0,6	1 0,6	0 0,0	0 0,0	42 24,7
1	13 7,7	10 5,9	3 1,8	1 0,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	27 15,9
2	20 11,8	5 2,9	17 10,0	1 0,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	43 25,3
3	6 3,5	4 2,4	5 2,9	5 2,9	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	20 11,8
4	4 2,4	2 1,2	4 2,4	1 0,6	2 1,2	0 0,0	0 0,0	0 0,0	13 7,7
5	0 0,0	0 0,0	6 3,5	4 2,4	4 2,5	1 0,6	0 0,0	0 0,0	15 8,8
6	0 0,0	1 0,6	0 0,0	1 0,6	3 1,8	0 0,0	0 0,0	0 0,0	5 2,9
>= 7	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6	3 1,8	0 0,0	0 0,0	1 0,6	5 2,9
Total	71 41,8	28 16,5	40 23,5	15 8,8	13 7,7	2 1,2	0 0,0	1 0,6	170 100,0

< 2 mm 9/170 (5,3%) +/- 1 mm 102/170 (60,0%) > 2 mm 59/170 (34,7%)

Die vorliegende Tabelle 8 zeigt die Radiusverkürzung vom Repositions- (RVR) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA).

Von der Reposition bis zur Ausheilung verschlechtern sich 59 (34,7%) der Fälle indem sie mindestens 2mm an Radiuslänge verlieren. Zum Ausheilungszeitpunkt zeigen 102 (60,0%) Frakturen eine Veränderung der Radiuslänge in Bezug auf die Ulna die kleiner oder gleich einem Millimeter ist.

Tabelle 9: Radiusverkürzung (mm) vom Verletzungs- (RVV) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA)
blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1mm.
Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVV / RVA	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	25 15,7	6 3,8	3 1,9	4 2.5	0 0,0	0 0.0	1 0,6	2 1,3	41 25,8
1	17 10,7	6 3,8	2 1,3	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	25 15,7
2	16 10,1	6 3,8	13 8,2	3 1,9	1 0,6	0 0,0	0 0,0	1 0,6	40 25,2
3	5 3,1	4 2,5	5 3,1	1 0,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 0,6	18 11,3
4	2 1,3	1 0,6	4 2,5	4 2,5	2 1,3	0 0,0	0 0,0	0 0,0	10 6,3
5	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	5 3,1	4 2,5	0 0,0	1 0,6	14 8,8
6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	4 2,5	2 1,3	0 0,0	0 0,0	6 3,8
>= 7	0 0,0	0 0,0	0 0,0	2 1,3	0 0,0	1 0,6	0 0,0	2 1,3	5 3,1
Total	65 40,9	23 14,5	27 17,0	17 10,7	12 7,6	7 4,4	1 0,6	7 4,4	159 100,0

< 2 mm 14/159 (8,8%) +/- 1 mm 102/159 (64,2%) > 2 mm 39/159 (24,5%)

Die vorliegende Tabelle 9 zeigt die Radiusverkürzung vom Verletzungs- (RVV) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA).

Zum Ausheilungszeitpunkt sind nur 14 (8,8%) stabile Frakturen durch die konservative Therapie um mindestens 2mm tatsächlich reponiert und retiniert worden. Bezogen auf die Anzahl derer, die zum Verletzungszeitpunkt mindestens 2mm Radiusverkürzung aufwiesen, sind das 8,8% der stabilen Frakturen. (Tab.4,Tab.9)

3.4.3 Radiusverkürzung im zeitlichen Verlauf für alle instabilen (A3,C2) Frakturen

Tabelle 10: Radiusverkürzung (mm) vom Verletzungs- (RVV) bis zum Repositionszeitpunkt (RVR) blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1mm.
Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVV / RVR	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	17 17,0	1 1,0	9 9,0	2 2,0	3 3,0	2 2,0	1 1,0	1 1,0	36 36,0
1	3 3,0	2 2,0	6 6,0	3 3,0	1 1,0	1 1,0	0 0,0	0 0,0	16 16,0
2	2 2,0	1 1,0	6 6,0	3 3,0	4 4,0	1 1,0	2 2,0	1 1,0	20 20,0
3	0 0,0	0 0,0	3 3,0	7 7,0	2 2,0	1 1,0	0 0,0	0 0,0	13 13,0
4	0 0,0	0 0,0	1 1,0	2 2,0	2 2,0	2 2,0	0 0,0	0 0,0	7 7,0
5	1 1,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	1 1,0	3 3,0
6	0 0,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	1 1,0	3 3,0
>= 7	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	2 2,0	2 2,0
Total	23 23,0	4 4,0	26 26,0	17 17,0	12 12,0	9 9,0	3 3,0	6 6,0	100 100,0

< 2 mm 33/100 (33,0%) +/- 1 mm 62/100 (62,0%) > 2 mm 5/100 (5,0%)

Die vorliegende Tabelle 10 zeigt die Radiusverkürzung vom Verletzungs- (RVV) bis zum Repositionszeitpunkt (RVR).
Durch die Reposition wurden nur 33 (33,0%) instabile Frakturen um mindestens 2mm verlängert. Bezogen auf die Anzahl derer, die zum Verletzungszeitpunkt mindestens 2mm Radiusverkürzung aufwiesen, sind das 44,6% der instabilen Frakturen. (Tab.4,Tab.10) Beim Großteil der Frakturen (62,6%) bewirkt die Reposition nur eine Verlängerung der Radiuslänge in Bezug zur Ulna, die kleiner oder gleich einem Millimeter ist. In 5 (5,0%) Fällen zeigte sich zum Repositionszeitpunkt eine Radiusverkürzung von mehr als 2mm.

Tabelle 11: Radiusverkürzung (mm) vom Repositions- (RVR) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA)
blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1mm.
Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVR / RVA	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	8 7,9	3 3,0	0 0,0	1 1,0	2 2,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	15 14,9
1	8 7,9	3 3,0	2 2,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	13 12,9
2	9 8,9	1 1,0	4 4,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	15 14,9
3	8 7,9	3 3,0	7 7,0	4 4,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	22 21,8
4	4 4,0	2 2,0	3 3,0	2 2,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	11 11,0
5	2 2,0	3 3,0	1 1,0	1 1,0	2 2,0	2 2,0	0 0,0	0 0,0	11 11,0
6	0 0,0	0 0,0	2 2,0	2 2,0	0 0,0	0 0,0	1 1,0	0 0,0	5 5,0
>= 7	0 0,0	0 0,0	1 1,0	1 1,0	2 2,0	2 2,0	1 1,0	2 2,0	9 9,0
Total	39 38,6	15 14,9	20 19,8	11 10,9	7 6,9	4 4,0	3 3,0	2 2,0	101 100,0

< 2 mm 5/101 (5,0%) +/- 1 mm 50/101 (49,5%) > 2 mm 46/101 (45,5%)

Die vorliegende Tabelle 11 zeigt die Radiusverkürzung vom Repositions- (RVR) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA).

Von der Reposition bis zur Ausheilung verschlechtern sich 46 (45,5%) der Fälle indem sie mindestens 2mm an Radiuslänge verlieren. Zum Ausheilungszeitpunkt zeigen 50 (49,5%) Frakturen eine Veränderung der Radiuslänge in Bezug auf die Ulna die kleiner oder gleich einem Millimeter ist.

Tabelle 12: Radiusverkürzung (mm) vom Verletzungs- (RVV) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA)
blau = keine Veränderung der RV im Therapieverlauf, grau = Veränderung der RV +/-1mm.
Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

RVV / RVA	0	1	2	3	4	5	6	>= 7	Total
0	7 7,4	1 1,1	2 2,1	2 2,1	0 0,0	2 2,1	0 0,0	1 1,1	15 15,8
1	4 4,2	0 0,0	3 3,2	1 1,1	2 2,1	0 0,0	1 1,1	1 1,1	12 12,6
2	6 6,3	0 0,0	6 6,3	1 1,1	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	13 13,7
3	4 4,2	1 1,1	6 6,3	6 6,3	1 1,1	2 2,1	0 0,0	0 0,0	20 21,1
4	1 1,1	0 0,0	5 5,3	1 1,1	3 3,2	0 0,0	0 0,0	0 0,0	10 10,5
5	1 1,1	0 0,0	3 3,2	3 3,1	1 1,1	3 3,2	0 0,0	0 0,0	11 11,6
6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	2 2,1	1 1,1	1 1,1	2 2,1	0 0,0	6 6,3
>= 7	0 0,0	0 0,0	1 1,1	0 0,0	3 3,2	1 1,1	0 0,0	3 3,2	8 8,4
Total	23 24,2	2 2,1	26 27,4	16 16,8	11 11,6	9 9,5	3 3,2	5 5,3	95 100,0

< 2 mm 14/95 (14,7%) +/- 1 mm 49/95 (51,6%) > 2 mm 32/95 (33,7%)

Die vorliegende Tabelle 12 zeigt die Radiusverkürzung vom Verletzungs- (RVV) bis zum Ausheilungszeitpunkt (RVA).

Zum Ausheilungszeitpunkt sind nur 14 (14,7%) instabile Frakturen durch die konservative Therapie um mindestens 2mm tatsächlich reponiert und retiniert worden. Bezogen auf die Anzahl derer, die zum Verletzungszeitpunkt mindestens 2mm Radiusverkürzung aufwiesen, sind das 14,7% der instabilen Frakturen. (Tab.4,Tab.12)

3.5 Gelenkstufe

3.5.1 Gelenkstufe im zeitlichen Verlauf der C1-, und C2-Frakturen

Tabelle 13: Gelenkstufe (mm) der C1,- und C2-Frakturen vom Verletzungs- (GSV) bis zum Repositionszeitpunkt (GSR) grau = keine Veränderung der Gelenkstufe. Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

GSV / GSR	0	1	2	3	4	Total
0	21 33,3	5 7,9	8 12,7	0 0,0	0 0,0	34 54,0
1	0 0,0	12 19,1	8 12,7	1 1,6	0 0,0	21 33,3
2	0 0,0	0 0,0	3 4,8	2 3,2	1 1,6	6 9,5
3	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 1,6	0 0,0	1 1,6
4	0 0,0	1 1,6	0 0,0	0 0,0	0 0,0	1 1,6
Total	21 33,3	18 28,6	19 30,2	4 6,4	1 1,6	63 100,0

< 0 mm 25/63 (39,7%) = 0 mm 37/63 (58,7%) > 0 mm 1/63 (1,6%)

Die Tabelle 13 zeigt den Verlauf der Gelenkstufen von der Verletzung (GSV) bis zur Reposition (GSR).

In 37 (58,7%) Fällen kommt es durch die Reposition zu keiner Veränderung der Gelenkstufenhöhe. 25 (39,7%) Frakturen verbesserten sich durch die Reposition und 1 (1,6%) Fraktur verschlechterte sich.

Tabelle 14: Gelenkstufe (mm) der C1-, und C2-Frakturen vom Repositions- (GSR) bis zum Ausheilungszeitpunkt (GSA) grau = keine Veränderung der Gelenkstufe. Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

GSR / GSA	0	1	2	3	4	Total
0	24 36,9	2 3,1	4 6,2	0 0,0	0 0,0	30 46,2
1	8 12,3	10 15,4	1 1,5	1 1,5	0 0,0	20 30,8
2	3 4,6	8 12,3	3 4,6	0 0,0	1 1,5	15 23,1
3	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0
4	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0
Total	35 53,9	20 30,8	8 12,3	1 1,5	1 1,5	65 100,0

< 0 mm 9/65 (13,8%) = 0 mm 37/65 (56,9%) > 0 mm 19/65 (29,2%)

Dargestellt in Tabelle 14 wird der Verlauf der Gelenkstufen vom Repositionszeitpunkt (GSR) bis zur Ausheilung (GSA).

Die Mehrzahl der Fälle (37, 56,9%) zeigte von der Reposition bis zur Ausheilung keine Veränderung in der Gelenkstufenhöhe.

Tabelle 15: Gelenkstufe (mm) der C1-, und C2-Frakturen vom Verletzungs- (GSV) bis zum Ausheilungszeitpunkt (GSA) grau = keine Veränderung der Gelenkstufe. Die obere Zahl entspricht der Fallzahl, der untere Wert die Fallzahl in %.

GSV / GSA	0	1	2	3	4	Total
0	19 31,2	3 4,9	6 9,8	1 1,6	0 0,0	29 47,5
1	2 3,3	8 13,1	9 14,8	2 3,3	0 0,0	21 34,4
2	0 0,0	5 8,2	4 6,6	2 3,3	0 0,0	11 18,0
3	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0
4	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0
Total	21 34,4	16 26,2	19 31,2	5 8,2	0 0,0	61 100.0

< 0 mm 23/61 (37,7%) = 0 mm 31/61 (50,8%) > 0 mm 7/61 (11,4%)

Die Tabelle 15 zeigt den Verlauf der Gelenkstufen von der Verletzung (GSV) bis zur Ausheilung (GSA).

Bei 50,8% (31) konnte im Verlauf der konservativen Therapie keine Veränderung der Gelenkstufe festgestellt werden.

Bei 23 (37,7%) der Fälle kam es zu einer Verbesserung im Verlauf und 7 (11,4%) verschlechterten sich.

3.6 Zusammenhänge zwischen den untersuchten Winkeln

3.6.1 Korrelationen der einzelnen Parameter untereinander

Tabelle 16: Korrelation der einzelnen radiologischen Parameter und dem Alter untereinander die obere Zahl entspricht dem Spearman-Korrelationskoeffizient (r), die untere Zahl ist die Fallzahl, auf die sich die Korrelation bezieht. Blau = Korrelationskoeffizient r größer als 0,5. DA-, RBW-, RV- V/R/A (Dorsalabkippung,Radiusbasiswinkel,Radiusverkürzung zum Zeitpunkt Verletzung/Reposition/Ausheilung).

	DAV	DAR	DAA	RBWV	RBWR	RBWA	RVV	RVR	RVA	Alter
DAV	1,000 274	O,620 265	0,577 253	-0,360 274	-0,172 267	-0,236 253	0,370 274	0,042 267	0,256 254	0,221 274
DAR	0.620 265	1,000 291	0,749 271	-0,304 265	-0,262 291	-0,254 271	O,256 265	0,069 291	0,252 269	0,258 291
DAA	0,577 253	0,749 271	1.000 279	-0,237 253	-0,170 272	-0,184 278	0,186 253	0,042 272	0,292 277	0,289 279
RBWV	-0,360 274	-0,304 265	-0,237 253	1,000 274	0,742 267	0,745 263	-0,363 274	-0,151 267	-0,255 254	-0,122 274
RBWR	-0,172 267	-0,262 291	-0,170 272	0,742 267	1,000 293	0,803 273	-0,216 267	-0,179 293	-0,221 271	-0,185 293
RBWA	-0,236 253	-0,254 271	-0,184 278	0,745 253	0,803 273	1.000 279	-0,308 253	-0,272 273	-0,276 277	-0,234 279
RVV	0,370 274	0,256 265	0,186 253	-0,363 274	-0,216 267	-0,308 253	1,000 274	0,547 267	0,532 254	0,347 274
RVR	0,042 267	0,069 291	0,042 272	-0,151 267	-0,179 293	-0,272 273	0,547 267	1.000 293	0,502 271	0,377 293
RVA	0,256 254	0,252 269	0,292 277	-0,255 254	-0,221 271	-0,276 277	0,532 254	0,502 271	1,000 278	0,411 278
Alter	0,221 274	0,258 291	0,289 279	-0,122 274	-0,185 293	-0,234 279	0,347 274	0,377 293	0,411 278	1,000 300

Die vorliegende Tabelle 16 beschreibt die einzelnen Korrelationen untereinander. Werte größer als 0,5 sind blau hinterlegt. Die obere Zahl entspricht dem Korrelationskoeffizienten, die untere Zahl ist die Fallzahl auf die sich die Korrelation bezieht.

Kein Zusammenhang besteht zwischen den verschiedenen Parametern oder zwischen einem der Parameter und dem Alter. Ein relevanter Zusammenhang zeigt die Dorsalabkippung zwischen den verschiedenen Zeitpunkten (Verletzung (DAV), Reposition (DAR), Ausheilung (DAR)). Darüber hinaus korrelieren der Radiusbasiswinkel sowie die Radiusverkürzung zu den verschiedenen Zeitpunkten jeweils untereinander.

3.6.2 Beispiele für in Korrelation stehende Parameter

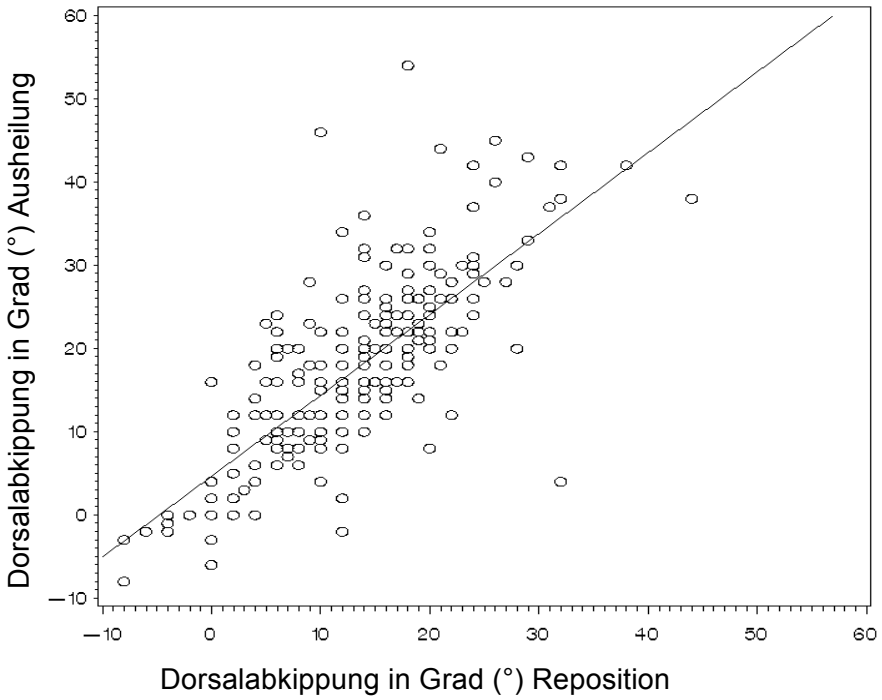


Abbildung 23: Korrelation und Regressionsgerade (y=0,99·x+4,31) der Dorsalabkippung in (°) zu den Zeitpunkten Reposition und Ausheilung.

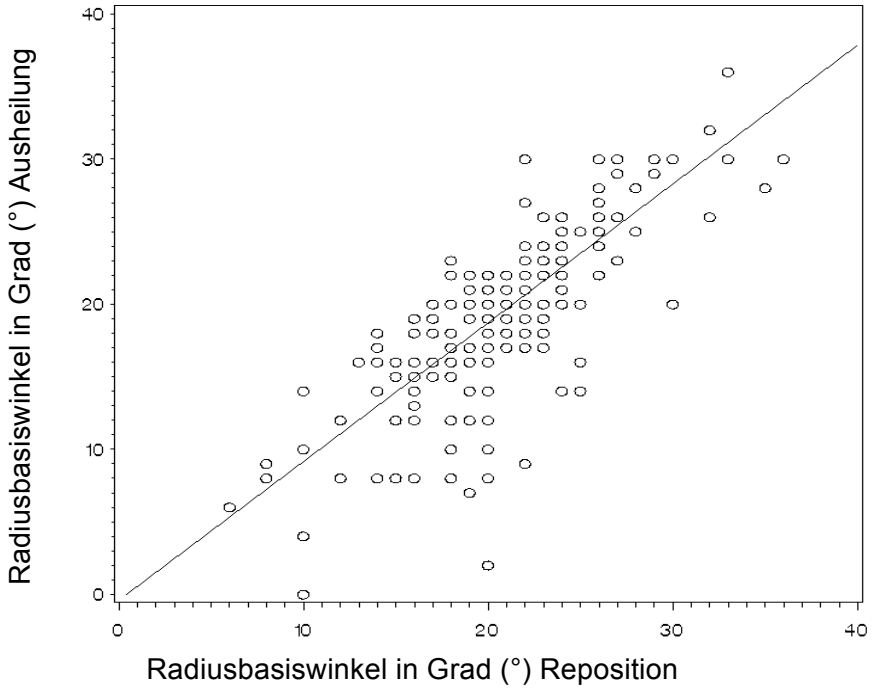


Abbildung 24: Korrelation und Regressionsgerade (y=0,95·x+(-0,23)) des Radiusbasiswinkels in (°) zu den Zeitpunkten Reposition und Ausheilung.

Tabelle 17: Regressionsgeraden (y = a · x + b), r^2-Werte (Bestimmtheitsmaß) sowie die 95%-Konfidenzintervalle für die Regressionskoeffizienten a und b, aller Korrelationen mit einem Korrelationskoeffizienten r>0,5.

	y = a · x + b	r^2	95% a	95% b
Dorsalabkippung Verletzung/ Ausheilung	y = 0,44 · x + 8,46	0,30	0,36 – 0,52	6,33 – 10,59
Dorsalabkippung Reposition/Ausheilung	y = 0,99 · x + 4,31	0,60	0,89 – 1,10	2,64 – 5,97
Dorsalabkippung Verletzung/Reposition	y = 0,36 · x + 5,98	0,33	0,30 – 0,43	4,37 – 7,58
Radiusbasiswinkel Verletzung/Ausheilung	y = 0,71 · x + 5,15	0,54	0,62 – 0,79	3,40 – 6,89
Radiusbasiswinkel Reposition/Ausheilung	y = 0,95 · x +(-0,23)	0,65	0,86 – 1,04	-2,11 – 1,64
Radiusbasiswinkel Verletzung/Reposition	y = 0,60 · x + 8,51	0,54	0,53 – 0,67	7,04 – 9,98

Tabelle 18: Beispielhaft dargestellt: Korrelation der Dorsalabkippung Reposition (DAR)/Ausheilung (DAA) Regressionsgerade: y = 0,99 · x + 4,31

Dorsalabkippung Reposition (DAR)		Dorsalabkippung Ausheilung (DAA)
5°	y = 0,99 · **5°** + 4,31	**y = 9,3°**
10°	y = 0,99 · **10°** + 4,31	**y = 14,2°**
12°	y = 0,99 · **12°** + 4,31	**y = 16,2°**
18°	y = 0,99 · **18°** + 4,31	**y = 22,1°**
20°	y = 0,99 · **20°** + 4,31	**y = 24,1°**
25°	y = 0,99 · **25°** + 4,31	**y = 29,1°**

In der Tabelle 17 wurden die Regressionsgeraden, r^2-Werte sowie die 95%-Konfidenzintervalle für die Regressionskoeffizienten a und b, aller Korrelationen mit einem Korrelationskoeffizienten r>0,5 dargestellt.

Der stärkste Zusammenhang wurde zwischen der Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt (DAR) und der Dorsalabkippung zum Ausheilungszeitpunkt (DAA) (r=0,75) und zwischen Radiusbasiswinkel zum Repositionszeitpunkt (RBWR) und dem Radiusbasiswinkel zum Ausheilungszeitpunkt (RBWA) (r=0,80) festgestellt (Abb.23,24, Tab.17).

In den Abbildungen 23 und 24 wurden anhand von Punktewolken Regressionsgeraden berechnet, die nun in Kenntnis der Dislokation zum Zeitpunkt der Verletzung oder zum Zeitpunkt nach Reposition die Fehlstellung zum Zeitpunkt der Ausheilung vorhersagen können. Beispielsweise wie in Tabelle 18 dargestellt, ergibt sich, dass bei einer gemessenen Dorsalabkippung von 12° zum Zeitpunkt nach Reposition eine Dorsalabkippung von 16,2° zum Ausheilungszeitpunkt resultiert.

3.7 Nachuntersuchung

Tabelle 19: Ergebnisse der befragten Patienten nach dem Cooney-Score für die Schmerzempfindung in Bezug auf die AO-Klassifikation A2,A3,C1,C2- Frakturen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

Cooney-Score Schmerz		A2 Pat.	%	A3 Pat.	%	C1 Pat.	%	C2 Pat.	%
Nein	25 Punkte	53	62,4	13	40,6	15	46,9	8	44,4
Wenig	20 Punkte	14	16,5	12	37,5	12	37,5	7	38,9
Mäßig	15 Punkte	15	17,7	4	12,5	4	12,5	3	16,7
Stark	0 Punkte	3	3,5	3	9,4	1	3,1	0	0,0

Tabelle 20: Ergebnisse der befragten Patienten nach dem Cooney - Score für die Funktion in Bezug auf die AO-Klassifikation A2,A3,C1,C2- Frakturen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen).

Cooney-Score Funktion	A2 Pat.	%	A3 Pat.	%	C1 Pat.	%	C2 Pat.	%
25 Punkte Normale Arbeit	57	67,1	20	62,5	23	71,9	8	44,4
20 Punkte Weniger Arbeit	22	25,9	8	25,0	8	25,0	8	44,4
15 Punkte Arbeit möglich aber arbeitslos/nichts im Haushalt möglich	6	7,1	4	12,5	1	3,1	2	11,1
0 Punkte Kann nichts tun wegen Schmerzen	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Tabelle 19 und 20 zeigen die Angaben unserer Patienten hinsichtlich der Schmerzempfindung und der Funktion des betroffenen Handgelenkes.
Insgesamt geben die meisten Patienten in allen Frakturgruppen (stabile A2,C1 sowie instabile A3,C2 Frakturen) keine Schmerzen an und können weiterhin normale Arbeit mit dem betroffenen Handgelenk erledigen. Kein Patient gibt an, mit dem betroffenen Handgelenk schmerzbedingt nicht mehr arbeiten zu können.

Tabelle 21: Gesamtpunktzahl nach dem Cooney-Score in Bezug auf die AO-Klassifikation A2,A3,C1,C2- Frakturen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) der befragten Parameter: Schmerz und Funktion.

Cooney-Score Gesamtpunktzahl	A2 Pat.	%	A3 Pat.	%	C1 Pat.	%	C2 Pat.	%
100 – 90 sehr gut	51	60,0	10	31,3	13	40,6	8	44,4
80 – 90 gut	9	10,6	6	18,8	4	12,5	1	5,6
65 – 80 Akzeptabel	9	10,6	9	28,1	9	28,1	6	33,3
< 65 schlecht	16	18,8	7	21,9	6	18,8	3	16,7

Die Tabelle 21 zeigt, dass die A2-Frakturen mit 60,0% sehr guten Resultaten überwiegen. Bei den guten, akzeptablen und schlechten Ergebnissen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede der jeweiligen Frakturgruppen. Insgesamt haben 65,8% der stabilen Frakturen sehr gute bis gute Ergebnisse und 50% der instabilen Frakturen in Bezug auf Schmerz und Funktion.

Es werden zwar insgesamt 61,1% der Langzeitergebnisse als gut oder sehr gut beurteilt, es fallen jedoch 38,9% der Beurteilungen akzeptabel oder schlecht aus.

4. Diskussion

4.1 Problemfraktur distaler Radius

Nach wie vor ist die distale Radiusfraktur eine Verletzung, deren Problematik nicht hinreichend gelöst ist. Die distale Radiusfraktur ist eine der häufigsten Frakturen des Menschen und somit von hoher sozioökonomischer Bedeutung. Bislang sind einheitliche Behandlungsrichtlinien nicht vorhanden.

Trotz des unverkennbaren Trends zur operativen Behandlung in allen Altersgruppen und Verfeinerung der konservativen Behandlungsmethoden bleibt die distale Radiusfraktur mit Komplikationsraten von bis zu 30% der Fälle eine Herausforderung [3,10]. Die Literatur zum Thema beschreibt eine Vielzahl möglicher Begleitfaktoren wie Weichteilverletzungen, Knochenqualität, Patientenalter und Compliance, welche die Auswahl des therapeutischen Vorgehens beeinflussen können [34,41,73].

Besonders kontrovers diskutiert wird die Frage nach der Therapie dieser Fraktur beim alten Menschen.

Wie aus zahlreichen anderen Studien bereits bekannt, zeigt auch diese Arbeit das typische biphasische Auftreten der distalen Radiusfrakturen in Bezug auf die Alters- und Geschlechtsverteilung. Männliche Patienten sind vor allem im jüngeren Lebensalter betroffen. Bei dieser Patientengruppe handelt es sich meistens um Arbeits- sowie Sportunfälle [8]. Ein weiterer Häufigkeitsgipfel findet sich um das 70. Lebensjahr, hier ist insbesondere das weibliche Geschlecht betroffen.

Die Behandlung distaler Radiusfrakturen älterer Patienten wird aufgrund der demographischen Entwicklung sowie dem erhöhten Aktivitätsniveau dieser Patientengruppe eine zunehmende Bedeutung erlangen [8,49,62,75]. Komplizierte Brüche des distalen Radius treten bei ihnen, nicht zuletzt wegen der osteoporotischen Umbauvorgänge der Knochen gehäuft auf und ihre Behandlung ist oft mit Komplikationen verbunden. Dennoch wird die distale Radiusfraktur, vor allem bei den älteren Patienten, immer noch überwiegend konservativ therapiert [8,20,22,34,48,61,75,79].

4.2 Ursachen der ungünstigen Therapieverläufe bei konservativer Behandlung der distalen Radiusfraktur

Die Redislokation mit Ausheilung in Fehlstellung ist eine der häufigsten Komplikationen bei konservativer Therapie der distalen Radiusfraktur. Eine Hauptursache für die oft beschriebenen unbefriedigenden Behandlungsergebnisse der distalen Radiusfraktur ist in der mangelhaften Retinierbarkeit selbst primär perfekt reponierter Frakturen zu suchen [29,81].

Die in dieser Studie untersuchten distalen Radiusfrakturen veranschaulichen den Therapieverlauf bezüglich der Repositions- und Retentionsqualität vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur knöchernen Konsolidierung bei konservativer Behandlung.

Wir untersuchten die Dorsalbkippung, den Radiusbasiswinkel und die Radiusverkürzung zum Zeitpunkt der Verletzung, nach Reposition und zum Ausheilungszeitpunkt.

Bekanntermaßen ist die Dorsalabkippung eine der häufigsten Veränderung der in Fehlstellung verheilten Radiusfraktur [2,30]. Der anatomische Gelenkwinkel des distalen Radius beträgt im seitlichen Strahlengang zwischen 11 und 12° [50]. Die Ergebnisse unserer untersuchten Patienten zeigen eine Dorsalabkippung im Durchschnitt von 20°. Durch die Reposition kann zwar die durch das Trauma bedingte Dorsalabkippung um ca. 40% korrigiert werden, zum Zeitpunkt der Ausheilung sind jedoch ca. 50% der Repositionskorrektur wieder verloren, so dass nur ca. 20% der ursprünglichen Dorsalabkippung tatsächlich korrigiert werden können.

Zusätzlich zu den veränderten Winkelverhältnissen in sagittaler Ebene ist oft ein relativer Ulnavorschub aufgrund einer Sinterung des Radius zu finden. In der Literatur wird eine Grenze von 2 mm Radiusverkürzung als klinisch relevant betrachtet [6,31,37,49,66]. In unserer Studie verlieren jedoch über 40% der versorgten Radiusfrakturen wieder 2mm an reponierter Radiuslänge bis zur knöchernen Konsolidierung.

Die Untersuchung des Radiusbasiswinkels zeigte keine relevanten Veränderungen während des Therapieverlaufs. Der anatomische Gelenkwinkel im koronaren Strahlengang beträgt im Median 20-25° [50]. Die Messergebnisse zeigten zu keinem der drei untersuchten Zeitpunkte eine relevante Abweichung vom Normwert.

Die Messungen der Gelenkstufen zeigen, dass bei der Mehrzahl der Patienten (50,8%) konnte im Verlauf der konservativen Therapie keine Veränderung der Gelenkstufe erreicht werden. Bei 23 (37,7%) der Fälle kam es zu einer Verbesserung im Therapieverlauf und 7 (11,4%) verschlechterten sich. In 37 (58,7%) Fällen kommt es durch die Reposition zu keiner Veränderung der Gelenkstufenhöhe.

Aus den vorliegenden Ergebnissen wird deutlich, dass es sich bei der distalen Radiusfraktur um eine schwer retinierbare Fraktur handelt, so dass die konservative Therapie im klinischen Alltag häufig an ihre Grenzen stößt. In der Literatur wird viel über die Ursachen für die häufige Redislokation auch nach erfolgreicher Reposition diskutiert. Von vielen Autoren wird insbesondere die Osteoporose des alten Menschen dafür verantwortlich gemacht, denn die rarifizierten Knochentrabekel des spongiösen Knochens begünstigen zum einen die Frakturentstehung und bedingen zum anderen eine verminderte Repositionsqualität. Einmal reponiert sind die osteoporotischen Frakturen mit den ausgeprägten metaphysären Trümmerzonen schwer retinierbar [30,34,49,61,73].
Als weitere Ursachen für die schwierige Retinierbarkeit der konservativ behandelten Radiusfraktur werden das Abschwellen der Weichteile während des Heilungsverlaufs und zum anderen die Atrophie der Muskulatur während der langen Ruhigstellung mit nachfolgender mangelnder bindegewebiger beziehungsweise muskulärer Führung und Stabilisierung genannt [49].
Abschwellen und Atrophie der Muskulatur führen zu schlechter Passgenauigkeit der Gipsschalen und erfordern regelmäßige Neuanlagen der Gipsverbände. Im Rahmen der Gipswechsel geht man jedoch ebenfalls das Risiko eines Repositionsverlustes ein. Die Folge sind, Nachrepositionen. Diese sind belastend für den Patienten und verlängern die Behandlungsdauer [8,29]. Ferner erhöhen sie das Risiko für die Entwicklung einer Algodystrophie [8,24,60,67]. Des Weiteren kann das Persistieren von intraartikulären Stufen zur posttraumatischen Arthrose führen [10,60,67]. Aus diesen angeführten Gründen ist ein erheblicher Anteil der initial konservativ behandelten Patienten von einem Verfahrenswechsel betroffen.

4.3 AO-Klassifikation

Im klinischen Alltag wird anhand des initialen Röntgenbildes entschieden, ob eine distale Radiusfraktur konservativ oder operativ therapiert wird. Von ebenso großer Bedeutung bei der Therapiewahl sind das allgemeine klinische Zustandsbild des Patienten und die Patientencompliance.

Aus diesem Grunde wurde von verschiedenen Autoren versucht, allgemeingültige Einteilungen der distalen Radiusfraktur zu erarbeiten um daraus Hinweise auf die Art der Behandlung ableiten zu können [14,18,52,53].

Generell soll eine Frakturklassifikation zum einen die Schwere der Verletzung aufzeigen und zum anderen als Basis für die Behandlung und Bewertung der Ergebnisse dienen [8,73].

Schon 1980 etablierten Poigenfürst und Boszotta [57,58] die Stabilitäts- und Instabilitätskriterien einer distalen Radiusfraktur als Hilfe zur Therapiefindung. Die Einteilung nach Poigenfürst liefert jedoch wenige Informationen über die Gelenkbeteiligung bei Mehrfragmentfrakturen.

Mit den Jahren entstanden Frakturklassifikationen wie die AO oder die nach Frykman, Fernandez, Pechlaner, Older und nach Melone etc. Einige der Klassifikationen unterteilen in zu wenige Gruppen und sind daher aufgrund der Vielfalt und der Komplexität der Frakturen nicht aussagekräftig genug [14,18,50,52,53,68]. Andererseits sind Klassifikationen mit zu vielen Gruppen für den klinischen Alltag oft zu umständlich. Doszi und Fröhlich [14] untersuchten die Einteilungen von Frykman, der AO und die nach Older, und empfehlen weitestgehend die Klassifikation nach AO. Die auf Müller et al. zurückgehende Einteilung der Radiusfraktur nach der AO-Klassifikation unterscheidet drei Hauptgruppen und 27 Untergruppen [45].

Nach den Leitlinien der Unfallchirurgie werden nach der AO-Einteilung stabile, gering dislozierte oder einfach instabile Verletzungen (A2-,C1-Frakturen) heutzutage konservativ behandelt. Ein operatives Vorgehen wird bei den stärker dislozierten, mehrfach instabilen (A3-,C2-Frakturen) oder offenen Verletzungen erwogen [18,51,53].

Die distalen Radiusfrakturen des hier untersuchten Patientenkollektives wurden gemäß der Prinzipien der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen nach Müller et al. [44] (AO-Klassifikation) klassifiziert.

Es zeigt sich eine Häufung der A2-Frakturen (150 Frakturen) sowohl bei den weiblichen (32%) als auch bei den männlichen (13%) Patienten. Weiterhin wurden bei 79 Patienten eine A3-, bei 48 eine C1- Fraktur diagnostiziert. 29 Fälle zeigten eine C2- Fraktur, diese wurden nach den relativ restriktiven damaligen Indikationskriterien konservativ therapiert.

Ursachen hierfür könnten z.B. ein schlechter Allgemeinzustand des Patienten gewesen sein oder eine verminderte Patientencompliance. Es konnte jedoch in einigen Studien belegt werden, dass es bei der Einteilung nach der AO-Klassifikation im konventionellen Röntgenbild in 40% zu einer Fehlklassifikation kommt [2,11,14,33].

Auf den konventionellen Übersichtsbildern in zwei Ebenen ist es nicht immer möglich eine metaphysäre Defektzone zu beurteilen.

Eine primär als stabil (A2,C1) klassifizierte Fraktur kann sich im weiteren Verlauf als tatsächlich instabile (A3,C2) Fraktur erweisen. Eine Studie von Dahlen et al. [11] untersuchte computertomographisch 35 dislozierte distale Radiusfrakturen, die als extraartikuläre Frakturen vom Typ A2 und A3 nach der AO-Klassifikation eingestuft worden waren. Bei 57% der Frakturen konnte computertomographisch eine Mitbeteiligung der Radiusgelenkfläche festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass in den konventionellen Aufnahmen das Ausmaß einer distalen Radiusfraktur schnell unterschätzt werden kann. Darüber hinaus liegen die Schwierigkeiten aller Klassifikationen der distalen Radiusfraktur in der subjektiven Beurteilung des Anwenders, dies kann ebenfalls zu Fehlklassifikationen führen.

Hinsichtlich unserer Untersuchungsergebnisse und der vorhandenen Literatur zu diesem Thema wird deutlich, dass die bestehenden Klassifikationen der distalen Radiusfraktur einschließlich der AO-Klassifikation nur bedingt geeignet sind um die Verletzungsschwere einer distalen Radiusfraktur einzuschätzen.

Es stellt sich somit die Frage ob die Einteilung der distalen Radiusfraktur nach der AO-Klassifikation als Hilfestellung zum Therapieentscheid sinnvoll ist.

4.4 Stabilitäts- und Instabilitätskriterien

Es wurden zusätzlich die untersuchten radiologischen Parameter in Bezug auf die AO-Klassifikation getrennt für metaphysär stabile (A2, C1) und instabile (A3, C2) Frakturen ausgewertet.

Überraschenderweise zeigt die Untersuchung der stabilen sowie der instabilen Frakturen im radiologischen Verlauf bis zur knöchernen Konsolidierung ein ähnliches Verhalten bezüglich der Repositions- und Retentionsergebnisse.

Es konnte insgesamt für beide Frakturtypen eine signifikante Dorsalabkippung festgestellt werden. So beträgt im Median die initiale Dorsalabkippung bei den stabilen Frakturen 20°, bei den instabilen Frakturen 26°, und ist somit geringfügig höher.

Das Therapieverhalten vom Frakturzeitpunkt bis zur Ausheilung war jedoch bei beiden Frakturtypen identisch. Daher waren zum Zeitpunkt der Ausheilung unabhängig vom Fakturtyp ca. 50 % der Repositionskorrektur wieder verloren und durch die konservative Therapie konnte nur 20% der ursprünglichen Dislokation korrigiert werden.

Ein ähnliches Verhalten konnte bei den Messergebnissen der Radiusverkürzung festgestellt werden. Zum Zeitpunkt des Traumas zeigen die instabilen Frakturen im Vergleich zu den stabilen häufiger eine Radiusverkürzung von mehr als 2mm. Eine Reposition von mehr als 2mm der Radiusverkürzung konnte nur in 8,8% der stabilen und 14,7 % der instabilen Frakturen bis zur Ausheilung gehalten werden. Der Radiusbasiswinkel zeigte im Therapieverlauf zu allen untersuchten Zeitpunkten nahezu anatomische Werte.

Demnach ist kein bedeutsamer Unterschied im Therapieverhalten der stabilen oder der als instabil klassifizierten Frakturen festzustellen. Bei allen untersuchten radiologischen Parametern konnte lediglich eine geringfügige Differenz in der initialen Dislokation festgestellt werden, die jedoch nicht signifikant ist. Eine Erklärung hierfür ist, dass bei der Klassifizierung der Fraktur nach der AO-Einteilung die Stabilität nicht anhand der primären Dislokation beurteilt, sondern lediglich das Fehlen (oder nicht Erkennen) einer dorsalen Trümmerzone als stabile Situation gewertet wird. Doszi und Fröhlich [14] empfehlen die AO-Klassifikation aufgrund der exakten Beschreibung der Frakturverläufe weitestgehend zu verwenden.

Allerdings kritisieren auch sie die fehlende Beschreibung der initialen Dislokation als Maß der Instabilität.
In andere Studien konnte gezeigt werden, dass die Beurteilung der Stabilität einer Radiusfraktur unabhängig von der verwendeten Klassifikation eine erhebliche Fehlerquelle aufweist [14,29,31,50].
Fehlklassifikationen bei der AO-Klassifikation, könnten erklären, warum wir keine Unterschiede zwischen stabilen und instabilen Frakturen beobachten konnten.

In Anbetracht der Ergebnisse dieser Studie müsste eine stabile Fraktur jedoch als eine Fraktur klassifiziert werden, die keine oder allenfalls eine sehr geringe Dislokation aufweist, denn je geringer die Dislokation zum Frakturzeitpunkt desto geringer sind aufgrund der linearen Korrelationen die Dislokationen zum Zeitpunkt der Ausheilung.
Ein Vergleich stabiler und instabiler Frakturen ist deshalb anhand des Datenmaterials dieser Studie nicht möglich. Die Daten zeigen im Gegenteil, dass auch Frakturen ohne eine primäre Dislokation im Rahmen der konservativen Therapie eine sekundäre Dislokation bis zur Ausheilung erfahren können und dass auch Frakturen mit erheblicher Dislokation nach Reposition und Gipsretention in einer anatomischen Stellung ausheilen können. Die Definition der Stabilität einer distalen Radiusfraktur ist vor diesem Hintergrund mehr denn je unklar. In Anbetracht unserer Untersuchungsergebnisse wird deutlich, dass bei der Einteilung der distalen Radiusfraktur zum Frakturzeitpunkt die initiale Dislokation in Zukunft beachtet werden sollte.

4.5 Prognostischer Wert

Aufgrund unserer ermittelten Ergebnisse über das Therapieverhalten konservativ behandelter Radiusfrakturen und der vorhandenen Literatur zum Thema ist es von entscheidender Bedeutung, dass klare Richtlinien etabliert werden, nach denen die Prognose einer Fehlstellung beurteilt werden kann.
Ziel der vorliegenden Studie ist es, radiologische Parameter zu evaluieren um hieraus eine Vorhersage zur Frakturausheilung treffen zu können.

Es sollte bereits im initialen Röntgenbild die Prognose einer Fehlstellung beurteilt werden können und somit als Entscheidungshilfe zum zutreffenden therapeutischen Procedere zu dienen.

Bislang wurde in der zahlreichen Literatur zum Thema der distalen Radiusfrakturen uneinheitlich für die initiale Dislokation [14,58], das Ausmaß der Radiusverkürzung [20,31,37,47], den Verlust des Radiusbasiswinkels [37,42,57,60], das persistieren einer Gelenkstufe [10,60,67], die Dorsalabkippung der radialen Gelenkfläche [2,30,32,44] eine prädiktive Bedeutung für das radiologische und das klinische Ergebnis beschrieben.

Es bestehen unterschiedliche Angaben in der Literatur über die Wertigkeit der einzelnen radiologischen Parameter und deren Einfluss auf das radiologische und funktionelle Behandlungsergebnis.

Wir untersuchten die dorsale Abkippung, den Radiusbasiswinkel und die Radiusverkürzung als mögliche prädiktive Faktoren, indem wir sie miteinander und untereinander in Korrelation setzten.

Anhand der Korrelationen wurden Regressionsgeraden berechnet, die nun in Kenntnis der Dislokation zum Zeitpunkt des Traumas oder zum Zeitpunkt nach Reposition die Fehlstellung zum Zeitpunkt der Ausheilung vorhersagen können.

Unsere Untersuchung konnte keine Korrelation zwischen der Dorsalabkippung, dem Radiusbasiswinkel und der Radiusverkürzung oder zwischen einem der Parameter und dem Alter aufzeigen.

Die stärkste Korrelation wurde zwischen dem Radiusbasiswinkel zum Repositionszeitpunkt und dem Radiusbasiswinkel zum Ausheilungszeitpunkt beobachtet (r=0,80). Wie bereits im Kapitel 4.2 aufgezeigt, weicht der Radiusbasiswinkel zu keinem der drei untersuchten Zeitpunkte weder bei den stabilen noch bei den instabilen Frakturformen bedeutend vom anatomischen Normwert ab. Offensichtlich ist die Dislokation in koronarer Ebene nur gering, was auch die guten Korrelationen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten erklären kann. Da die Abweichungen zwischen den Messzeitpunkten gering sind und zu keinem Zeitpunkt relevant von den Normwerten differieren, ist es aus therapeutischer Sicht wenig sinnvoll eine Therapieentscheidung anhand dieses Parameters zu treffen. Dies spiegelt sich auch in der Literatur wieder.

Jacob et al. [29] konnten aufzeigen, dass bei konservativ behandelten älteren Patienten selbst bei einem Radiusbasiswinkel < 15° im Ausheilungsergebnis kein schlechtes klinisches Ergebnis zu verzeichnen ist. Auch Rikli und Regazzoni [60] sehen im Radiusbasiswinkel weder einen sinnvollen prognostischen, noch diagnostischen Faktor. Die ebenfalls häufig zur Stabilitätsbeurteilung herangezogenen Kriterien nach Poigenfürst und Boszotta [58] definieren lediglich den nicht sehr präzisen Begriff „Trümmerzone“, gehen aber auf den Radiusbasiswinkel gar nicht ein. Lediglich Leone et al. [37] definieren einen Radiusbasiswinkel von < 10° als einen prädiktiven Faktor für Instabilität, allerdings mit einer niedrigen Signifikanz ($p< 0,05$).

Viele Studien weisen der Radiusverkürzung einen bedeutenden Einfluss auf das klinische Ergebnis bei [12,14,31,37,47,50,66]. Daher vermuten Aro und Koivunen [3] das bereits eine geringe Radiusverkürzung zu einer deutlichen Funktionsminderung führen kann. Gabl et al. [20] dokumentieren, dass bei einer Radiusverkürzung von 3-4 mm die Radiusfraktur zur Ausheilung nahe an die Ausgangssituation zurücksintert. In einer von ihm durchgeführten Langzeitstudie zeigte sich, dass dies zu einer kosmetischen Beeinträchtigung führt, nicht jedoch zu einer funktionellen Behinderung. In unserer Studie konnte aufgezeigt werden, dass die drei Korrelationen innerhalb des Parameters Radiusverkürzung gerade das geforderte Signifikanzniveau ($r>0,5$) erreichen.

Die Korrelationen sind schwach, daraus abgeleitete Vorhersagen würden bei den r-Werten (0,502-0,547) nur bei ca. 25%-30% der Personen eines Kollektives zutreffen. Eine klinische Verwertbarkeit kann anhand der Daten dieser Untersuchung nicht abgeleitet werden.

Auch aus einem weiteren Grund ist die prädiktive Bedeutung der Radiusverkürzung kritisch zu sehen. Es bestehen nämlich erhebliche anatomische Normvarianten. Bei 16% der Bevölkerung überragt die Ulna den Radius nach distal (Ulna plus Variante), bei 61% ist die Länge zwischen Radius und Ulna ausgeglichen (Ulna Null Variante) und bei 23% besteht physiologisch eine Verkürzung der Ulna relativ zum Radius (Ulna minus Variante) [28,54]. Ohne Kenntnis der Gegenseite ist es somit nicht sicher möglich das Ausmaß der Verkürzung zum Zeitpunkt des Traumas zu bestimmen.

Es sollten idealerweise zur anatomischen Beurteilung der radiologischen sowie der funktionellen Ergebnisse Vergleichsaufnahmen des kontralateralen Handgelenks durchgeführt werden. In vielen Studien sowie auch in unserer wurde aus strahlenhygienischen Gründen darauf verzichtet.

Wie auch aus unseren Ergebnissen ersichtlich, zeigt sich im Heilungsverlauf ein Längengewinn des Radius relativ zur Ulna. Ohne Kenntnis der ursprünglichen physiologischen Stellung ist es jedoch unklar, ob der volle durch das Trauma bedingte Verlust oder nur ein Teil desselben ausgeglichen wird.

In der Literatur wird dabei häufig eine Grenze von 2mm Radiusverkürzung relativ zur Ulna als klinisch relevant betrachtet [6,31,37,49,66].

Letztendlich besagt dieser Wert aber nur, dass bei den 84% mit einer Ulna minus oder Ulna Null Variante tatsächlich eine Dislokation ad longitudinem resultiert, wobei das exakte Ausmaß jedoch unklar bleibt. Bei den16% mit einer Ulna plus Variante ist unklar, ob eine nach Trauma gemessene Radiusverkürzung durch das Trauma bedingt oder physiologisch ist.

Bemerkenswert sind die Korrelationen zwischen der Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt und zum Ausheilungszeitpunkt (r=0,75). Die r^2-Werte (0,60) der Dorsalabkippung zwischen Reposition und Ausheilung zeigen, dass diese Korrelationen für 60% der untersuchten Personen zutreffen. Es konnte zwischen den drei Messzeitpunkten in dieser Studie erhebliche Unterschiede beobachtet werden. Beispielsweise sagt die Korrelation bei einer gemessenen Dorsalabkippung von 20° zum Zeitpunkt des Traumas eine Dorsalabkippung von 17,26° zum Ausheilungszeitpunkt vorher. Es fällt auf, dass durch die Reposition zwar die durch das Trauma bedingte Dislokation korrigiert werden kann, dieser Effekt jedoch nach der Reposition bis zur Ausheilung wieder teilweise verloren geht.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die prädiktive Aussage (Dorsalabkippung zum Ausheilungszeitpunkt = 0,99 · Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt + 4,31) aus der Korrelation zwischen Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt und Dorsalabkippung zum Ausheilungszeitpunkt klinische Bedeutsamkeit.

Für 60% der Personen eines Kollektives könnte in Kenntnis der dorsalen Dislokation nach Reposition das Ausmaß der dorsalen Dislokation zum Zeitpunkt der Ausheilung vorhergesagt werden.

Auch in der Literatur finden sich zahlreiche Beiträge bezüglich des prognostischen Einflusses der Dorsalabkippung auf das klinische und radiologische Ergebnis. Jupiter und Lipton [30] sehen in der Dorsalabkippung der Radiusgelenkfläche eine Hauptursache schlechter Behandlungsergebnisse. Die Dorsalabkippung hat für die Funktion des Handgelenkes große Bedeutung, da sie das Ausmaß der Flexion beeinflusst und zu einer Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk führt [2,32,44,57]. Es wäre daher wünschenswert das Ausmaß der Dislokation bei Ausheilung zu einem Zeitpunkt abschätzen zu können, wenn man durch die Wahl der Therapie noch Einfluss darauf nehmen kann. Anzarut et al. [2] beschreiben die Dorsalabkippung deshalb als den wichtigsten Parameter, da er für das Ausmaß von Schmerz sowie die Einschränkung der Greifstärke der Hand verantwortlich sei. Dies erklären sie mit Inkongruenz im DRUG-Gelenk. Rikli und Regazzoni [60] führen diese Symptome auf Spannungszunahme der Membrana interossea zurück.

Aufgrund unserer ermittelten Ergebnisse wäre es im klinischen Alltag möglich Informationen über die zu erwartende Fehlstellung zu geben und somit zur Therapieentscheidung beitragen zu können.

4.6 Radiologisches Bildbeispiel

4.6.1 Therapieverlauf einer instabilen C2-Fraktur

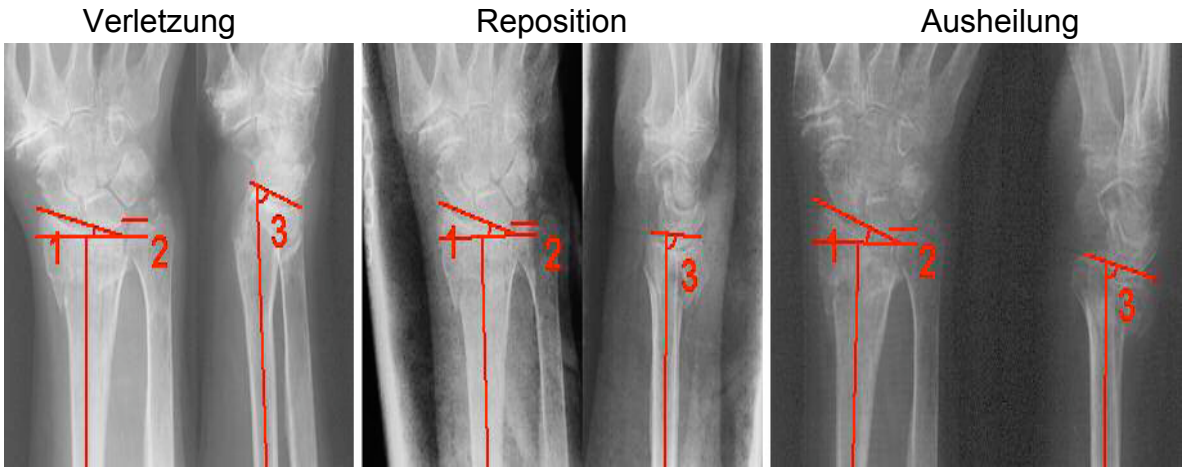


Abbildung 25: Therapieverlauf einer instabilen C2-Fraktur vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur Ausheilung. Rot = die gemessenen Winkel (1) Radiusbasiswinkel in (°), (2) Radiusverkürzung in (mm), (3) Dorsalabkippung in (°) [16]

Die vorliegende Abbildung 25 zeigt den Therapieverlauf einer konservativ behandelten instabilen C2-Fraktur vom Zeitpunkt der Verletzung bis zum Ausheilungszeitpunkt.

Das linke Bild zeigt den Zeitpunkt der Verletzung. Die gemessenen radiologischen Parameter zu diesem Zeitpunkt:

Dorsalabkippung (3) 29°, Radiusbasiswinkel (2) 15°, Radiusverkürzung (2) 5mm.

Das mittlere Bild zeigt die Winkel direkt nach der Reposition:

Dorsalabkippung (3) 17°, Radiusbasiswinkel (1) 18°, Radiusverkürzung (2) 3mm.

Das rechte Bild zeigt die gemessenen Winkel zum Ausheilungszeitpunkt: Dorsalabkippung (3) 21°, Radiusbasiswinkel 18°, Radiusverkürzung 4mm.

Die Radiusverkürzung zeigt während des Therapieverlaufs vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur Ausheilung keine signifikanten Veränderungen.

Der Radiusbasiswinkel zeigt im Verlauf lediglich geringe Abweichungen vom anatomischen Normwert (20-25°) und bleibt mit 15° zum Verletzungszeitpunkt, 18° nach Reposition und 18° zur Ausheilung relativ stabil.

Die Dorsalabkippung zeigt hingegen deutliche Abweichungen vom anatomischen Normwert (11-12°).

Wie aus unseren Ergebnissen ersichtlich, ist die Dorsalabkippung ein wichtiger prognostischer Faktor für den Therapieverlauf konservativ behandelter distaler Radiusfrakturen.
Festgestellt wurde (Tabelle 17) eine signifikante Korrelation zwischen der Dorsalabkippung zum Repositionszeitpunkt (DAR) und der Dorsalabkippung zum Ausheilungszeitpunkt (DAR).
Anhand der ermittelten Regressionsgeraden aus Tabelle 17, wäre es nun möglich, mit den gemessenen Winkel zum Zeitpunkt der Reposition die Dislokation zum Ausheilungszeitpunkt vorherzusagen.
Daraus ergibt sich aus der Berechnung der Regressionsgeraden für die Dorsalabkippung Reposition (DAR) /Ausheilung (DAA) (DAA = 0,99 * DAR + 4,31) eine Dorsalbkippung zum Ausheilungszeitpunkt (DAA) von 21,1° und kommt somit dem tatsächlich gemessenen Wert mit 21°in Abbildung 26 (Bild rechts) sehr nahe.

4.7 Nachuntersuchung

Klinische und radiologische Scores zeigen in bis zu 40% der Fälle erhebliche Differenzen zwischen radiologischem Ausheilungsergebnis und klinischem Outcome [12,14,31].
In vielen Arbeiten wird eine positive Korrelation zwischen anatomischem Wiederherstellungsergebnis und funktionellem Ergebnis beschrieben. Die Wiederherstellung anatomischer Winkel-, Längen-, und Gelenkverhältnisse stellt nach Ansicht verschiedener Autoren eine Grundvoraussetzung für ein optimales Resultat dar und ist somit ein wichtiger prognostischer Faktor [1,8,27,35,60,67,68,70,73].
Bereits J. Böhler [7] führte an, dass mehr als 50% der konservativ behandelten Radiusfrakturen nicht in anatomisch korrekter Stellung ausheilen und zu einer kosmetischen und oder funktionellen Beeinträchtigung führen können.
Im Gegensatz dazu wird in anderen Arbeiten postuliert, dass am distalen Radius im Vergleich zu anderen Gelenken Winkelfehlstellungen relativ gut toleriert werden [2,12,13,20,55,81].

Diese Aussage wurde bereits 1814 von Abraham Colles belegt [9]. Der Dubliner Chirurg zeigte, dass die Stellung der konservativ behandelten, ausgeheilten Radiusfraktur keinen wesentlichen Einfluss auf die Handgelenksfunktion und Beschwerden habe und somit auch grobe Fehlstellungen wenig Beschwerden verursachen und mit einer befriedigende Funktion einhergehen. Ähnliche Ergebnisse weisen die Arbeiten von Young und Rayan oder Anzarut et al. auf, sie beschreiben, dass insbesondere bei der Behandlung von älteren Patienten mit einer distalen Radiusfraktur das radiologische Ergebnis nicht unbedingt mit dem funktionellen Ergebnis korreliert [2,80].
Jakob et al. [29] untersuchten in diesem Zusammenhang 95 Patienten im Alter von über 65 Jahren mit primär konservativ versorgter distaler Radiusfraktur.
Es wiesen alle Patienten (außer Patienten mit A2-Frakturen) eine signifikante ($p<0,0001$) Einschränkung der Beweglichkeit und eine Verminderung der Kraft auf. Bei 82% aller in die Studie eingenommenen Patienten lag aber in keinem der Fälle eine Minderung des subjektiven Wohlbefindens vor.

Daher fordern Jakob et al. [29], dass die Indikation für eine primär operative Therapie bei älteren Patienten zurückhaltend gestellt werden soll, da auch größere Winkelabweichungen bei konservativer Therapie gut toleriert werden. Auch in anderen Arbeiten teilt man die Ansicht, dass ältere Menschen Fehlstellungen und Funktionseinschränkungen eher tolerieren als jüngere und somit die Korrelation zwischen anatomischen und funktionellen Ergebnissen nicht in allen Fällen von Bedeutung ist.
In unserer Studie konnte die Analyse des klinischen Outcomes ähnliche Ergebnisse aufzeigen. Von den insgesamt 321 Patienten konnten 167 Patienten in die telefonisch durchgeführte klinische Nachuntersuchung miteinbezogen werden. Durch die telefonische Befragung war es möglich, auch den nicht unerheblichen Anteil immobiler alter und schwacher Patienten zu befragen.
Ein sehr gutes bis gutes Ergebnis konnte in Bezug auf Schmerz und Funktion des Handgelenks bei 61,1% der Patienten ermittelt werden, jedoch 38,9% der Beurteilungen fallen akzeptabel oder schlecht aus.

Als mögliche Ursache, dass trotz radiologischer Fehlstellung gute klinische Ergebnisse erzielt werden, wird in der Literatur aufgeführt, dass ältere Menschen ihre Handgelenke nicht mehr voll belasten und somit eine Dysfunktion und subjektive Beschwerden erst bei größerer Fehlstellung auftreten [29,61].

In der oben angeführten Literatur teilen sich die Meinungen, in wie fern ein Zusammenhang zwischen Handgelenksstellung und Gelenkfunktion besteht. Diskussionsschwerpunkt ist, wie die radiologische Stellung zur Ausheilung das klinische Ergebnis beeinflusst. Demzufolge ist es schwierig sich ein Urteil bei diesen widersprüchlichen Informationen zu bilden. Eine wichtige Ursache für die unterschiedliche Wertung der radiologischen Ergebnisse hinsichtlich der Bedeutung für das funktionelle und das subjektive Ergebnis ist, dass die Grenzen der zu tolerierenden Fehlstellung nicht definiert sind [29,61].
Möglicherweise tolerieren in einigen Fällen ältere Menschen Fehlstellungen und Funktionseinschränkungen eher als junge Patienten, dies kann jedoch nicht verallgemeinert werden. Die Ansprüche an das betroffene Handgelenk sind individuell verschieden. Es handelt sich bei den vorhandenen Arbeiten zum Thema um keine randomisierte kontrollierte Studien. Die Studien beziehen sich meistens nur auf ein selektiertes Patientenkollektiv.
Darüber hinaus ist ein Vergleich der verschiedenen Studien aufgrund von methodischen Unterschieden erschwert. Zum einen werden in den Studien unterschiedliche Populationen verglichen und zum anderen waren die untersuchten Patientenkollektive zum Teil zu klein und die Zeit bis zur Nachuntersuchung zu kurz. Ferner sind keine einheitlichen Bewertungskriterien vorhanden um die klinischen Ergebnisse zu beurteilen. Auch die Ergebnisse unserer klinischen Nachuntersuchung sind fraglich, denn aufgrund der telefonischen Evaluierung und einer fehlenden klinischen Funktionsuntersuchung setzt sich der Nachuntersuchungsscore komplett aus vom Patienten selbst eingeschätzten Parametern zusammen. Vor diesem Hintergrund sind die klinischen Ergebnisse in Frage zu stellen.
Des weitern existieren außer der knöchernen Stellung weitere Faktoren, die erheblichen Einfluss auf das klinische Ergebnis und die Patientenzufriedenheit haben und bei der Behandlung der distalen Radiusfraktur in Relation gesetzt werden müssen.

In der Vergangenheit wurde für verschiedene Faktoren ein Einfluss auf das klinische Outcome nachgewiesen, wie etwa das Alter des Patienten oder Osteoporose und vorbestehende arthrotische Veränderungen am Radiocarpalgelenk [36,47]. Darüber hinaus sind Allgemeinzustand und die Begleiterkrankungen des Patienten von enormer Wichtigkeit.

Tatsache ist jedoch, dass keiner dieser Faktoren so beeinflusst werden kann wie das radiologische Ausheilungsergebnis. Aus diesem Grunde sind die radiologischen Ergebnisse dieser Studie von erheblichem klinischem Interesse.

Anhand des Röntgenbildes nach Reposition kann durch die Möglichkeit der Vorhersage des Endergebnisses unter Berücksichtigung begleitender Faktoren mit entschieden werden, ob eine distale Radiusfraktur konservativ oder operativ behandelt werden soll.

5. Zusammenfassung

Die distale Radiusfraktur ist eine der häufigsten Frakturen des Menschen und bislang sind einheitliche Behandlungsrichtlinien nicht vorhanden. Die Mehrzahl der Frakturen wird konservativ durch Reposition und Gipsretention therapiert. Dabei werden häufig nur ungenügende Ausheilungsergebnisse erzielt. Nach Einführung der winkelstabilen Implantate steht nun der konservativen Therapie eine Behandlungsalternative gegenüber. Allerdings müssen Kosten und Risiken der chirurgischen Therapie gerechtfertigt werden. Ziel dieser Studie ist es, nach prädiktiven Faktoren im initialen Röntgenbild zu suchen um eine Vorhersage hinsichtlich der Frakturausheilung treffen zu können und somit die Indikationsstellung für eine konservative oder operative Therapie zu beeinflussen.
Insgesamt wurden 321 Patienten in einer retrospektiven Kohortenstudie untersucht. Von 262 Patienten lagen Röntgenbilder des distalen Handgelenks in zwei Ebenen zum Zeitpunkt des Traumas, nach Reposition und nach Ausheilung vor. Von 59 Patienten lagen die Röntgenbilder nur von zwei dieser Zeitpunkte vor. Es wurden die Dorsalabkippung, der Radiusbasiswinkel, die Radiusverkürzung und die Gelenkstufe standardisiert bestimmt. Die untersuchten Parameter wurden in Bezug auf die AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen A1-C3-Frakturen) getrennt für metaphysär stabile (A2,C1) und instabile (A3,C2) Frakturen ausgewertet. Des Weiteren wurden die Spearmansche Rangkorrelationen und Regressionsgeraden bestimmt. Die klinische Nachuntersuchung erfolgte anhand von Telefoninterviews wobei mittels standardisierter Erhebungsbögen der Cooney-Score erhoben wurde. Von den insgesamt 321 Patienten konnten 167 telefonisch erreicht werden.
Unter den 321 Patienten waren 217 Frauen und 104 Männer. Im Median waren die Patienten 68 Jahre (Minimum/Maximum: 15 Jahre / 100 Jahre) alt. Nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) wurden 150 Frakturen als A2, 79 als A3, 48 als C1 und 29 als C2 klassifiziert. Die Dorsalabkippung zeigt im Therapieverlauf, dass zum Zeitpunkt der Ausheilung ca. 50 % der Repositionskorrektur wieder verloren waren, sodass durch die konservative Therapie nur ca. 20% der ursprünglichen Dislokation korrigiert werden konnten.

Ähnliche Ergebnisse weist die Untersuchung der Radiusverkürzung auf, ca. 40% der versorgten distalen Radiusfrakturen verlieren 2mm an reponierter Radiuslänge. Der Radiusbasiswinkel zeigt zum Zeitpunkt der Ausheilung nahezu anatomische Werte. Die Untersuchung der Gelenkstufen ergaben keine signifikanten Veränderungen im Therapieverlauf.

Die stabilen und die instabilen Frakturen zeigen im radiologischen Verlauf bis zur knöchernen Konsolidierung ein ähnliches Verhalten. Die instabilen Frakturen zeigen zum Zeitpunkt des Traumas lediglich eine geringfügige höhere initiale Dislokation. Innerhalb der einzelnen radiologischen Parameter konnten positive Korrelationen festgestellt werden insbesondere bei der Dorsalabkippung (zwischen den Zeitpunkten Reposition/Ausheilung(Korrelationskoeffizient r=0,75)) und dem Radiusbasiswinkel (zwischen den Zeitpunkten Reposition/Ausheilung (Korrelationskoeffizient r=0,80)). Anhand der Korrelationen wurden Regressionsgeraden berechnet, die nun in Kenntnis der Dislokation zum Zeitpunkt des Traumas oder zum Zeitpunkt nach Reposition die Fehlstellung zum Zeitpunkt der Ausheilung in 60% der Fälle vorhersagen können. Die Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung zeigen, dass 61,1% ein sehr gutes bis gutes Ergebnis haben. Es fallen jedoch 38,9% der Beurteilungen akzeptabel oder schlecht aus.

In der vorgestellten Studie konnte aufgezeigt werden, dass die Auswahl des Therapiekonzeptes anhand der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) nur bedingt geeignet ist. Die Klassifikation gibt nur wenig Information darüber, ob sich die Fraktur stabil oder instabil verhalten wird. Die initiale Dislokation ist deutlich aussagekräftiger und sollte bei der Beurteilung einer Fraktur mit berücksichtigt werden. Das radiologische Ausheilungsergebnis zeigt keinen Zusammenhang mit dem klinischen Outcome der Patienten. Allerdings sind diese Ergebnisse kritisch zu betrachten, da die funktionellen Ergebnisse vom Patienten selbst subjektiv beurteilt wurden. Weitere Faktoren wie Osteoporose, Arthrose, Patientencompliance und Begleiterkrankungen wurden nicht untersucht. Dem Chirurgen geben die Ergebnisse dieser Studie bereits zum Zeitpunkt der Verletzung wichtige Informationen über das Dislokationsverhalten einer distalen Radiusfraktur im Falle einer konservativen Behandlung. Die Wahl der Therapie kann dadurch beeinflusst und auf objektive Meßparameter gestützt werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Altissimi M, Antenucci R, Fiacca C, Mancini GB: Long-term results of conservative treatment of fractures of the distal radius. Clin Orthop Relat Res 206: 202-210 (1986)

2. 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. J Hand Surg [Am] 29: 1121-1127 (2004)

3. Aro HT, Koivunen T: Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles` fracture treatment. J Hand Surg [Am] 16: 392-398 (1991)

4. Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA: Algodystrophy following Colles fracture. J Hand Surg [Br] 14: 161-164 (1989)

5. Barton JR: Views and treatment of an important injury of the wrist. Medical Examiner and Record of Medical Science 1: 365-368 (1838)

6. Beumer A, Mc Queen MM: Fractures of the distal radius in low-demand elderly patients: closed reduction of no value in 53 of 60 wrists. Acta Orthop Scand 74: 98-100 (2003)

7. Böhler J: Behandlung der Brüche am peripheren Ende der Speiche. In: Böhler L (Hrsg) Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Bd 2, 12. Aufl, Maudrich Verlag, Wien München Bern, S. 837-859 (1953)

8. Brug E, Joosten U, Püllen M: Brüche am distalen Unterarm. Welche Therapie ist wann indiziert? Orthopäde 29: 318-326 (2000)

9. Colles A: On the fracture of the carpal extremity of the radius. Edinb Med Surg J 10: 182-185 (1814)

10. Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL: Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. Clin Orthop Relat Res 214: 136-147 (1987)

11. Dahlen HC, Franck WM, Sabauri G, Amlang M, Zwipp H: Fehlklassifikationen extraartikulärer distaler Radiusfrakturen in konventionellen Röntgenaufnahmen. Unfallchirurg 6: 491-498 (2004)

12. Dayican A, Unal VS, Ozkurt B, Portakal S, Nuhoglu E, Tumoz MA: Conservative treatment in intra-articular fractures of the distal radius: a study on the functional and anatomic outcome in elderly patients. Yonsei Med J 44: 836-840 (2003)

13. Della Santa D, Sennwald G: Is there still a place for conservative treatment of distal radius fractures in the adult? Chir Main 6: 426-435 (2001)

14. Doczi J, Fröhlich P: Die Einteilung der distalen Radiusfraktur und ihr diagnostischer Wert. Unfallchirurg 99: 323-326 (1996)

15. Douthit JD: Volar plating of dorsally comminuted fractures of the distal radius: a 6-year study. Am J Orthop 34: 140-147 (2005)

16. Einsiedel T, Freund W, Sander S, Trnavac S, Gebhard F, Kramer M: Ist das Ausmaß der Fehlstellung einer konservativ behandelten distalen Radiusfraktur zum Ausheilungszeitpunkt bereits zu Beginn der Therapie vorhersehbar? Int. Orthop (zur Publikation angenommen) (März 2008)

17. Fernandez DL: Should anatomic reduction be persued in distal radius fractures? J Hand Surg [Br] 25: 523-527 (2000)

18. Frank J, Marzi I: Distaler Radius. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M (Hrsg) Unfallchirurgie, 2. Aufl, Urban & Schwarzenberger, München Wien Baltimore, S. 831-850 (2008)

19. Frykman GK: Fracture of the distal radius including sequelae-Shoulder hand finger syndrome. Disturbance in the distal radioullnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop Scand Suppl 108: 1-3 (1967)

20. Gabl M, Pechlaner S, Sailer R, Frießnig P: Dorsale Stauchungsbrüche der distalen Radiusmetaphyse. Langzeitbeobachtung nach konservativer Therapie. Aktuelle Traumatol 22: 15-18 (1992)

21. Georgoulis A, Lais E, Bernard M, Hertel P: Die volare Plattenosteosynthese bei der typischen und atypischen distalen Radiusfraktur. Aktuelle Traumatol 22: 9-14 (1992)

22. Haentjes P, Autier P, Collins J, Velkeniers B, Vanderschueren D, Boonen S: Colles Fracture, Spine Fracture, and subsequent risk of hip fracture in men and women. J Bone Joint Surg 10: 1936-1943 (2003)

23. Handoll HH, Madkok R: Managing fractures of the distal radius in adults. Clinical and research implications from systematic reviews of existing trials. Acta Orthop Scand Suppl 73: 45-48 (2002)

24. Hansis M: Die Sudek`sche Dystrophie. Eine unvermeidbare Verletzungskomplikation bei der distalen Radiusfraktur? Zentralbl Chir 124: 479-482 (1999)

25. Hansis M: Distale Radiusfraktur („loco typico“, „loco classico“). In: Hansis M (Hrsg) Basiswissen Chirurgie, 2. Aufl, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 324-328 (2000 a)

26. Hansis M: Allgemeine Frakturenlehre. In: Hansis M (Hrsg) Basiswissen Chirugie, 2. Aufl, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 282-309 (2000 b)

27. Hoffmann TF, Ruppert R, Renneker D: Behandlungsergebnisse nach operativer Therapie distaler Radiusfrakturen. Unfallchirurg 97: 472-477 (1994)

28. Hulten O: Über anatomische Variationen der Handgelenkknochen. Acta Radiol 9: 155-169 (1928)

29. Jakob M, Mielke S, Keller H, Metzger U: Therapieergebnisse nach primär konservativer Versorgung distaler Radiusfrakturen bei Patienten im Alter von über 65 Jahren. Handchir Mikrochir Plast Chir 31: 241-245 (1999)

30. Jupiter JB, Lipton H: The operative treatment of intraarticular fractures of the distal radius. Clin Orthop Relat Res 292: 48-61 (1993)

31. Karnezis IA, Panagiotopoulos E, Tyllianakis M, Megas P, Lambiris E: Correlation between radiological parameters and patient related wrist dysfunction following fractures of the distal radius. Injury 36: 1435-1439 (2005)

32. 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 [Br] 18: 45-49 (1993)

33. Kreder HJ, Agel J, Mc Kee MD, Schemitsch EH, Stephen D, Hanel DP: a randomized, controlled trial of distal radius fractures with metaphyseal displacement but without joint incongruity: Closed reduction and casting versus closed reduction, spanning external fixation and optional percutaneus K-wires. J Orthop Trauma 20: 115-121 (2006)

34. Kuner EH, Schäfer JD: Epidemiologie und Behandlung der Frakturen im hohen Alter. Orthopäde 23: 21-31 (1994)

35. Kwasny O, Barisani GR, Schabus R, Hertz H: Ergebnisse und Analyse von Misserfolgen der konservativen Therapie bei distaler Radiusfrakturen. Handchir Mikrochir Plast Chir 5: 240-244 (1991)

36. Lauritzen JB, Schwarz P, Lund B, McNair P, Transbel I: Changing Incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis-related fractures. Osteoporos Int 3: 127-132 (1993)

37. Leone J, Bhandari M, Adili A, Mc Kenzie S, Moro JK, Dunlop RB: Predictors of early and late instability following conservative treatment of extra-articular distal radius fractures. Arch Orthop Trauma Surg 124: 38-41 (2004)

38. Leppert A, Galanski M: Handgelenk und Hand. In: Galanski M, Wippermann B (Hrsg) Kompendium der traumatologischen Röntgendiagnostik, 1. Aufl, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 213-232 (1999)

39. Lin C, Sun JS, Hou SM: External fixation with or without supplementary intramedullary Kirschner wires in the treatment of distal radial fractures. Can J Surg 47: 431-437 (2005)

40. Liporace FA, Gupta S, Jeong GK, Stracher M, Kummer F, Egol KA, Koval KJ: A biomechanical comparison of a dorsal 3.5-mm T-plate and a volar fixed-angle plate in a model of dorsally unstable distal radius fractures. J Orthop Trauma 19: 187-191 (2005)

41. Mac Dermid JC, Donner A, Richards RS, Roth JH: Patient versus injury factors as predictors of pain and disability six months after a distal radius fracture. J Clin Epidemiol 55: 849-854 (2002)

42. Mann FA, Wilson AJ, Gilula LA: Radiographic evaluation of the wrist: what does the hand surgeon want to know? Radiology 184: 15-24 (1992)

43. Markgraf E, Friedel R, Dorow C, Schmidt I: Unfallchirurgie der Hand. In: Oestern HJ, Probst J (Hrsg) Unfallchirurgie in Deutschland: Bilanz und Perspektiven, Springer, Berlin Heidelberg New York , S. 454-472 (1997)

44. Mc Queen M, Caspers J: Colles Fracture: does the anatomical result affect the final function? J Bone Joint Surg Br 70: 649-651 (1988)

45. Müller ME: Die umfassende Klassifikation der Frakturen der langen Röhrenknochen. In: Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (Hrsg) Manual der Osteosynthese - AO-Technik, 3. Aufl, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 118 (1992)

46. Nana AD, Joshi A, Lichtman DM: Plating of the distal radius. J Am Acad Orthop Surg 13: 159-171 (2005)

47. Nesbitt KS, Failla JM, Les C: Assessment of instability factors in adult distal radius fractures. J Hand Surg [Am] 29: 1128-1138 (2004)

48. Niemeyer P, Hauschild O, Strohm PC, Muller ChA, Sudkamp NP, Kostler W: Fracture treatment in the elderly. Acta Chir Orthop Traumatol Cech 71: 329-338 (2004)

49. Ochmann S, Frerichmann U, Armsen N, Raschke MJ, Meffert RH: Ist die Behandlung der instabilen distalen Radiusfraktur beim älteren Menschen mittels Fixateur externe nicht mehr indiziert? Unfallchirurg 109: 1050-1057 (2006)

50. Oestern HJ: Distale Radiusfrakturen Teil 1. Grundlagen und konservative Therapie. Chirurg 70: 1180-1192 (1999 a)

51. Oestern HJ: Distale Radiusfrakturen Teil 2. Operative Therapien. Chirurg 70: 1381-1192 (1999 b)

52. Oestern HJ, Michael Dürig: Frakturenlehre. In: Henne-Bruns D, Dürig M, Kremer B (Hrsg) Duale Reihe Chirurgie, 2. Aufl, Thieme, Stuttgart, S. 1065-1093 (2003 a)

53. Oestern HJ, Michael Dürig: Distale Radiusfraktur. In: Henne-Bruns D, Dürig M, Kremer B (Hrsg) Duale Reihe Chirurgie, 2. Aufl, Thieme, Stuttgart, S. 1153-1156 (2003 b)

54. Palmer AK, Werner FW: Biomechanics of the distal radioulnar joint. Clin Orthop Relat Res 187: 26-36 (1984)

55. Pechlaner S, Kathrein A, Gabl M, Lutz M, Angermann P, Zimmermann R, Peer R, Peer S, Rieger M, Freund M, Rudisch A: Distale Radiusfrakturen und Begleitverletzungen. Experimentelle Untersuchungen zum Pathomechanismus. Handchir Mikrochir Plast Chir 34: 150-157 (2002)

56. Peltier L.F: Fractures of the distal end of the radius. Clin Orthop Relat Res 187: 18-22 (1984)

57. Poigenfürst J, Tuchmann A: Die Bedeutung der ulnaren Bandverletzung beim Speichenbruch an typischer Stelle. Handchirurgie 10: 121-125 (1978)

58. Poigenfürst J: Brüche am distalen Unterarmende, Einteilung der Bruchformen und Indikation. Hefte Unfallheilk 148: 53-59 (1979)

59. Rahmanzadeh R, Ipaktchi K: Alterstraumatologie. In: Oestern HJ, Probst J (Hrsg) Unfallchirurgie in Deutschland: Bilanz und Perspektiven, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 306–307 (1997)

60. Rikli D, Regazzoni P: Distale Radiusfrakturen. Schweiz Med Wochenschr 129: 776-785 (1999)

61. Ring D, Jupiter JB: Treatment of osteoporotic distal radius fractures. Osteoporos Int 2: 80-84 (2005)

62. Rozenthal TD, Branas CC, Bozentka DJ, Beredjiklian PK: Survival among elderly patients after fractures of the distal radius. J Hand Surg [Am] 27: 948-952 (2002)

63. Ruch DS, Ginn TA, Yang CC, Smith BP, Rushing J, Hanel DP: Use of a distraction plate for distal radial fractures with metaphyseal and diaphyseal comminution. J Bone Joint Surg Am 87: 945-954 (2005)

64. Sailer R, Gabl M, Lutz M, Seykora P, Pechlaner S: Integration einer porösen Hydroxylapatitkeramik am distalen Radius älterer Patienten, Radiologische Untersuchung. Unfallchirurg 102: 531-534 (1999)

65. Sailer R, Pechlaner S, Gabl M: Plattenosteosynthese der Speiche. Eigenes Implantat und Technik. Handchir Mikrochir Plast Chir 24: 284-291 (1992)

66. Schneiders W, Biewener A, Rammelt S: Die distale Radiusfraktur Korrelation zwischen radiologischem und funktionellem Ergebnis. Unfallchirurg 109: 837-844 (2006)

67. Seitz WH: Complications and problems in the management of distal radius fractures. Hand Clin 10: 117-123 (1994)

68. Siebert H.R, Klonz A: Distale Radiusfraktur. Chirurg 77: 545-562 (2006)

69. Singh S, Trikha P, Twyman R: Superficial radial nerve damage due to Kirschner wiring of the radius. Injury 36: 330-332 (2005)

70. Smilovic J, Bilic R: Conservative treatment of extra-articular Colle`s type fractures of the distal radius: prospective study. Croat Med J 44: 740-745 (2003)

71. Smith DW, Henry MH: Volar fixed-angle plating of the distal radius. J Am Acad Orthop Surg 13: 28-36 (2005)

72. Smith RW: A treatise on fracture in the vicinity of joints and on certain forms of accidental and congenital dislocations. Hodges and Smith, Dublin: 162 (1847)

73. Sommer CH, Brendebach L, Meier R, Leutenegger A: Distale Radiusfrakturen – Retrospektive Qualitätskontrolle nach konservativer und operativer Therapie. Swiss Surg 7: 68-75 (2001)

74. Varnas N: Clinical results after surgeries of intraarticular distal radius fractures. Medicina (Kaunas) 40: 1069-1073 (2004)

75. 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. J Am Geriatr Soc 50: 97-103 (2002)

76. Walz M, Kolbow B, Auerbach F: Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen? Unfallchirurg 107: 664-666 (2004)

77. Willcox N, Kurta I, Menez D: Treatment of distal radial fractures with grafting and K-wiring. Acta Orthop Belg 71: 36-40 (2005)

78. Wright TW, Horodyski M, Smith DW: Functional outcome of unstable distal radius fractures: ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation. J Hand Surg [Am] 30: 289-299 (2005)

79. Wu F, Mason B, Horne A, Ames R, Clearwater J, Liu M, Evans MC, Gamble GD, Reid IR: Fractures between the ages of 20 and 50 years increase women`s risk of subsequent fractures. Arch Intern Med 162: 33-36 (2002)

80. Young BT, Rayan GM: Outcome following nonoperative treatment of displaced distal radius fractures in low-demand patients older than 60 years. J Hand Surg [Am] 25: 19-28 (2000)

81. Zimmermann R, Gabl M, Pechlaner S, Sailer R, Kathrein A, Wambacher M: Distale, metaphysäre Kompressionsfrakturen des Radius. Unfallchirurg 101: 762-768 (1998)

7. Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. med. F. Gebhard dem Ärztlichen Direktor der Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie am Universitätsklinikum Ulm, der mir ermöglichte, diese Arbeit in seiner Klinik durchzuführen.

Mein besonderer Dank gilt PD Dr. med. M. Kramer und Dr. med. T. Einsiedel für die enge Begleitung von den ersten Ideen bis zur Fertigstellung dieser Arbeit, für die große Hilfe bei der radiologischen und statistischen Auswertung, der Gestaltung und Korrektur der Arbeit. Für geduldiges Zuhören ohne Rücksicht auf die eigene Zeit, sowie Ihre fortdauernde Motivation zur Fertigstellung aber vor allem für die freundschaftliche Betreuung weit über die Arbeit hinaus.

Weiterer Dank gilt dem Ärztlichen Direktor der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie am Universitätsklinikum Ulm, Herrn Professor Dr. med. H. J. Brambs für den Zugang zum Röntgenarchiv und der Nutzung des Befundungraumes. Dr. med. W. Freund möchte ich sehr herzlich für die Unterstützung bei der radiologischen Auswertung sowie für die wertvolle Anregungen, Mühe und Zeitaufwendung danken. Den Mitarbeitern des Röntgenarchivs der Röntgenabteilung sowie der statistischen Abteilung möchte ich für die freundliche Unterstützung danken.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir mein Studium ermöglicht haben und von denen ich mich zu jedem Zeitpunkt unterstützt weiß.