

**Aus der Klinik für Unfall-, Wiederherstellungs- und Handchirurgie
Ostalb-Klinikum Aalen
der Medizinischen Fakultät des Akademischen Lehrkrankenhauses
der Universität Ulm
und
Klinikum für Unfall-, Visceral- und Handchirurgie Crailsheim**

DISSERTATION

**Ergebnisse nach operativer Versorgung von distalen
Radiusfrakturen mit winkelstabiler Plattenosteosynthese.
Eine retrospektive Studie.**

**zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)**

**vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin**

von

**Agnieszka Polak
aus Krakau**

Datum der Promotion: 10.03.2017

Meinen Eltern Leokadia und Edward in Liebe und Dankbarkeit

**dedykowana moim rodzicom Leokadii i Edwardowi w podziękowaniu
z wyrazami miłości i szacunku**

INHALTVERZEICHNIS

Seite

ABBILDUNGSVERZEICHNISS	III
TABELLENVERZEICHNISS	V
ZUSAMMENFASSUNG	VI
ABSTRACT	VII
I EINLEITUNG	1
1.1 Zielsetzung der Arbeit	2
1.2 Epidemiologie	3
1.3 Anatomische Grundlagen	3
1.4 Frakturmechanismen	8
1.5 Fraktureinteilung und Klassifikationen	11
1.6 Begleitverletzungen	14
1.7 Diagnostik	17
1.8 Indikationsstellung	18
1.9 Therapie	20
1.10 Rehabilitation	27
1.11 Komplikationen	27
II PATIENTEN, MATERIAL UND METHODEN	32
2.1 Patientenkollektiv	32
2.2 Verwendete Implantate	34
2.3 Protokoll	36
2.4 Beurteilungsschema	46
2.5 Statistische Analyse	46
2.6 Klassifikation der Frakturen	47
2.7 Patientendaten	49
2.8 Verletzungsseite	52
2.9 Rechtshänder und Linkshänder	52
2.10 Behandlungszeiten	53
2.11 Ruhigstellungszeiten	55
2.12 Krankengymnastische Übungen	57
2.13 Komplikationen	57

2.14	Revision und Metallentfernung	58
III	ERGEBNISSE	60
3.1	Allgemeine Daten: Geschlecht, Alter, AO Klassifikation, Verletzungsseite, Händigkeit, Behandlungszeiten	60
3.2	DASH Score und Castaing Score	61
3.3	Ergebnisse der Messung des Bewegungsumfangs	65
3.4	Radiologische Ergebnisse	66
3.5	Ergebnisse der Physiotherapie	67
3.6	Komplikationen	67
IV	DISKUSSION	69
4.1	Auswertung nach DASH-Score	70
4.2	Auswertung mit Score nach Castaing	73
4.3	Auswertung postoperative Beweglichkeit	74
4.4	Auswertung Physiotherapie	75
4.5	Auswertung der radiologischen Ergebnisse	75
4.6	Auswertung der Komplikationen	76
4.7	Kritische Anmerkung und Limitationen dieser Studie	85
4.8	Schlussfolgerung	85
V	LITERATURVERZEICHNIS	87
VI	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	93
VII	LEBENS LAUF	94
VIII	DANKSAGUNG	95

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abbildung 1:	Gelenke der Handwurzel	4
Abbildung 2:	Carpaltunnel	5
Abbildung 3:	Muskeln, Arterien und Nerven des Unterarms	7
Abbildung 4:	Nerven und Arterien der Hohlhand	8
Abbildung 5:	Extensionsfraktur	9
Abbildung 6:	Flexionsfraktur	10
Abbildung 7:	Barton-, Reverse-Barton- und Chauffeur-Fraktur	10
Abbildung 8:	AO Klassifikation	13
Abbildung 9:	SL-Bandverletzung in Röntgenaufnahme	16
Abbildung 10:	Periulnäre Luxation	16
Abbildung 11 :	a: Ulnarinklination, b: Radiuslänge, C: Palmarinklination	18
Abbildung 12:	Palmare Plattenosteosynthese	22
Abbildung 13:	3-Säulen-Modell nach D. Rikli	23
Abbildung 14:	Dorsale Plattenlage	23
Abbildung 15:	Methoden der Kirschner-Draht-Osteosynthese am distalen Radius	25
Abbildung 16:	Klassische K-Draht Osteosynthese (AO)	25
Abbildung 17:	Osteosynthese nach Kapandji	25
Abbildung 18:	Gruppe aus Aalen nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen	32
Abbildung 19:	Gruppe aus Crailsheim nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen	33
Abbildung 20:	Neues Kollektiv: multidirektionale winkelstabile Litos-Platte angewendet in Aalen und unidirektionale winkelstabile Synthes-Platte angewendet in Crailsheim	34
Abbildung 21:	Winkelstabile Litos-Platten (classic und plus)	35
Abbildung 22:	LCP-T-Platte 3.5 für distalen Radius von der Firma Synthes	36
Abbildung 23:	Messblatt für obere Gliedmaßen (nach der Neutral - 0 – Methode)	37
Abbildung 24:	Fragebogen mit DASH Score	38
Abbildung 25:	Score nach Castaing	44
Abbildung 26:	Anzahl der Frakturen in der multidirektionalen und unidirektionalen Gruppe eingeteilt nach AO-Klassifikation.	47

Abbildung 27:	Häufigkeitsverteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation in der multidirektionalen Gruppe	48
Abbildung 28:	Häufigkeitsverteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation in der unidirektionalen Gruppe	48
Abbildung 29:	Anzahl der untersuchten Frauen und Männern in der multidirektionalen und der unidirektionalen Gruppe	49
Abbildung 30:	Minimales und maximales Alter der untersuchten Patienten in der multidirektionalen- und der unidirektionalen Gruppe	50
Abbildung 31:	Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen in der multidirektionalen Gruppe	51
Abbildung 32:	Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen in der unidirektionalen Gruppe	51
Abbildung 33:	Häufigkeit der Verletzungsseite in der multidirektionalen- und der unidirektionalen Gruppe	52
Abbildung 34 :	Häufigkeit der Rechtshänder und Linkshänder in der multidirektionalen und unidirektionalen Gruppe im Vergleich zur Verletzungsseite	53
Abbildung 35:	Erste Vorstellung nach dem Unfall in der chirurgischen Ambulanz	53
Abbildung 36:	Operationstag in der multidirektionalen Gruppe	54
Abbildung 37:	Operationstag in der unidirektionalen Gruppe	54
Abbildung 38:	Dauer der Ruhigstellung nach OP in der multidirektionalen Gruppe	56
Abbildung 39:	Dauer der Ruhigstellung nach OP in der unidirektionalen Gruppe	56
Abbildung 40:	Ergebnisse Score nach Castaing im Bezug auf den Frakturtyp in der multidirektionalen Gruppe	64
Abbildung 41:	Ergebnisse Score nach Castaing im Bezug auf den Frakturtyp in der unidirektionalen Gruppe	64

TABELLENVERZEICHNISS

Seite

Tabelle 1:	Ergebnisse der demographischen- und Verletzungseigenschaften in Bezug auf behandelte Gruppen (uni- und multidirektional)	61
Tabelle 2:	Ergebnisse des DASH Score und Score nach Castaing in Bezug auf behandelte Gruppen (uni- und multidirektional)	62
Tabelle 3:	Ergebnisse des DASH Score und Score nach Castaing in Bezug auf AO Klassifikation und behandelte Gruppen	62
Tabelle 4:	Vergleich des Bewegungsumfanges des operierten und gesunden Handgelenks in der multidirektionalen- und unidirektionalen Gruppe	66
Tabelle 5:	Ergebnisse der Physiotherapie in Bezug auf behandelte Gruppen	67

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Dissertationsarbeit werden die postoperativen Ergebnisse nach Osteosynthese der distalen Radiusfraktur mit der winkelstabilen unidirektionalen 3,5-er Platte der Firma Synthes mit den Ergebnissen nach Osteosynthese mit der multidirektionalen Platte der Firma Litos untereinander verglichen.

Retrospektiv wurden Patienten mit distalen Radiusfrakturen aus den Jahren 01.01.2005 bis 31.12.2006 erfasst und 2 Jahre nach dem Eingriff nachuntersucht. Nachuntersucht wurden 53 Patienten nach multidirektionaler Plattenosteosynthese am Ostalbklinikum Aalen und 31 Patienten nach unidirektionaler Plattenosteosynthese am Klinikum Crailsheim. Das Patientengut aus beiden Kliniken war vergleichbar. Die Frakturen wurden nach AO Klassifikation eingeteilt. Am häufigsten wurden in beiden Kliniken C-Frakturen versorgt.

Die Ergebnisse wurden mittels DASH Score sowie Score nach Castaing ausgewertet.

Der durchschnittliche DASH -Wert betrug in der multidirektionalen Gruppe 15 und in der unidirektionalen Gruppe 19,5 Punkte. 84,9 % Patienten versorgt mit multidirektionaler Platte und 93,5 % mit unidirektionaler Platte erlangten perfekte bis gute Ergebnisse nach Castaing. Die postoperative Beweglichkeit des Handgelenkes war sehr gut in beiden Gruppen. Auch die Bewertung der Röntgenkontrollaufnahmen zeigte keine größeren Unterschiede zwischen dem Patientengut beider Kliniken. Mehr Komplikationen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese fand man in der multidirektionalen Gruppe mit 27,3 %, im Vergleich zu 25,8% in der unidirektionalen Gruppe.

Zusammenfassend ergeben die Untersuchungen im Rahmen dieser Studie keine signifikanten Vorteile für das eine oder andere untersuchte Plattensystem (uni oder multidirektional). Der theoretisch anzunehmende Vorteil der Multidirektionalität eines Plattensystemes zeigt sich zumindest nicht im klinischen Ergebnis nach der Osteosynthese. Welche Faktoren hierfür verantwortlich sein könnten, wird ausführlich diskutiert ebenso wie Strategien zur Komplikationsvermeidung und Überlegungen zur Materialentfernung.

Insgesamt bestätigt diese Studie gute funktionelle, radiologische und subjektive Ergebnisse nach operativer Versorgung der distalen Radiusfrakturen mit winkelstabilen multidirektionalen- sowie unidirektionalen Platten.

Die beiden Platten stellen sich als gutes und zuverlässiges Behandlungsverfahren in der Therapie distaler Radiusfrakturen Typ A2, A3, C1, C2 und C3 dar.

Results after Surgical Treatment of Distal Radius Fractures with Angular Stable Plate Fixation. A Retrospective Study.

SUMMARY

This dissertation work compares the clinical outcome after osteosynthesis of a distal radius fracture with a unidirectional 3.5 angular stable plate with rigid-direction screw insertion of the company Synthes to the outcome after osteosynthesis with multidirectional angle-stable plates of the company Litos.

Retrospectively, patients with distal radius fractures were registered from the years 01/01/2005 to 31/12/2006 and then followed up 2 years after the procedure. 53 patients with multidirectional plates were found in the Ostalb University Hospital in Aalen and 31 patients with unidirectional plates in the Crailsheim Hospital. The patient sample of both hospitals was comparable. Fractures were classified according to the AO classification. The most common ones were found in both Hospitals C-type fractures.

Results were evaluated using the DASH score as well as the Castaing score system.

The average DASH value was 15 in the multidirectional group and 19.5 points in the unidirectional group. 84.9% patients treated with multidirectional plates and 93.5% with unidirectional plates attained perfect to good results according to Castaing. The postoperative ROM range of motion of the wrist was very good in both groups. Even the evaluation of the control X-rays showed no major differences between the two groups. Complications after angular stable plate fixation were found to be higher in the multidirectional group with 27.3 %, compared to 25.8 % in the unidirectional group.

All in all, the multidirectionality offered no significant advantages compared to the unidirectional system. There were no significant differences in clinical outcome between the two plates. Possible Cofactors and reasons are discussed. In conclusion, this study confirms that good functional, radiological and subjective results are achieved after surgical treatment of distal radius fractures using either multidirectional or unidirectional angular stable plates. Both plates show themselves to be good and reliable in the treatment of the distal radius fractures type A2, A3, C1, C2 and C3.

I EINLEITUNG

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ergebnisse nach operativer Behandlung distaler Radiusfrakturen versorgt mit einer winkelstabilen Platte. Es werden Patienten, welche mit einem winkelstabilen unidirektionalen Implantat der Firma Synthes in Klinikum Crailsheim versorgt wurden verglichen mit Patienten versorgt mit einer multidirektionalen Platte der Firma Litos im Ostalbklinikum Aalen. Untersucht wurden funktionelle, radiologische und subjektive Ergebnisse; die wurden mit dem DASH Score (Primärziel) sowie Score nach Castaing (Sekundärziel) ausgewertet.

Zur operativen Stabilisierung distaler Radiusfrakturen kommen multidirektionale winkelstabile Platten als Weiterentwicklung der unidirektionalen Plattensysteme immer häufiger zum Einsatz. Diese Plattensysteme erlauben eine wählbare multidirektionale winkelstabile Schraubenplatzierung, um gezielt Frakturfragmente zu erreichen. Eine variable Schraubenplatzierung hat zumindest theoretische Vorteile für die Versorgung komplexer Frakturtypen (1).

Das multidirektional winkelstabile Implantat der Firma Litos bietet eine frei wählbare Schraubenrichtung im Vergleich zur winkelstabilen 3.5 Platte der Firma Synthes.

Die Schraubenplatzierung ist in einem Winkel von 0 bis 40 Grad möglich. Dies soll dem Operateur die Arbeit erleichtern und durch die biomechanisch optimale Positionierung der Schrauben größere Schraubenlängen ermöglichen und damit eine höhere Primärstabilität der Montage.

Bei der Synthesplatte ist der Winkel der Schrauben zur Platte fix und vorgegeben und damit ist die exakte Plattenlokalisierung entscheidend für die optimale Platzierung der Schrauben im gelenknahen Fragment.

Die distale Radiusfraktur stellt mit einer Inzidenz von 10–25 % die häufigste Fraktur beim Menschen dar (2). In Deutschland treten über 200.000 Frakturen pro Jahr auf (3). Aufgrund demographischer Veränderungen in den Industrieländern und der daraus resultierenden stetig wachsenden Bevölkerungszahl sowie der erhöhten Lebenserwartung wird eine Zunahme der Inzidenz der distalen Radiusfrakturen bis zum Jahr 2030 um 50 % erwartet (4).

Bis Mitte der 1990er Jahre stand die konservative Therapie bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen im Vordergrund. Aufgrund unzureichender klinischer und radiologischer

Ausheilungsergebnisse kam es im weiteren Verlauf zu einer Zunahme der operativen Versorgung (5). Die winkelstabile Plattenosteosynthese bietet den Vorteil der früheren aktiven Nachbehandlung und kürzeren Ruhigstellungsdauer bei deutlich verbesserter Reposition und Verringerung des Repositionsverlustes im Vergleich zur konservativen Therapie.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Die volare winkelstabile Plattenosteosynthese entwickelte sich nicht zuletzt deshalb in Deutschland in den letzten Jahren zum führenden Therapiekonzept bei distalen Radiusfrakturen. In dieser Dissertation werden die Ergebnisse nach Osteosynthese mit der winkelstabilen unidirektionalen 3,5-er Platten der Firma Synthes und der multidirektionalen Litos classic Platte verglichen. Die Fragestellung ist, ob die Anwendung der multidirektionalen Platte zu einer Verbesserung der Behandlungsergebnisse bei der Versorgung distaler Radiusfrakturen führt im Vergleich zur Anwendung der unidirektionalen Platte ?

Die winkelstabile Platte der Firma Litos hat die zusätzliche Möglichkeit der multidirektionalen Schraubenpositionierung, der Winkel kann von 0 bis 40 Grad variieren. Dies wiederum soll theoretisch einen besseren Kraftschluss sowie eine höhere Stabilität der plattenosteosynthetisch versorgten Frakturen ermöglichen.

Zur Beurteilung der Ergebnisse wurde eine Nachuntersuchung bei 93 Patienten ca. 2 Jahre postoperativ durchgeführt. Es wurden die funktionellen, radiologischen und subjektiven Ergebnisse evaluiert. Die Hand und Armfunktion wurde mit dem DASH Score ausgewertet (Primäres Ergebnis). Die subjektive Angaben des Patienten über Beschwerden und Funktion des Handgelenkes, die Beweglichkeit des Handgelenkes und die radiologischen Ergebnisse wurden als sekundäres Ergebnis mittels Castaing Score beurteilt. Und zuletzt wurde die Beweglichkeit des Armes ROM (Range of motion) mit der Neutral-Null-Methode gemessen. In der Arbeit werden auch weitere Aspekte rund um die Frakturversorgung diskutiert, die sich in den beiden verschiedenen Häusern ja unterschieden. So wird die Spaltung des Retinaculum flexorum diskutiert und mit den Ergebnissen abgeglichen. Ebenso wird der Einfluss des Operationszeitpunktes nach dem Unfall, die Dauer der Ruhigstellung in einer Schiene, der Beginn sowie die Dauer der Physiotherapie verglichen und diskutiert.

1.2 Epidemiologie

Die distale Radiusfraktur ist mit 17 % die häufigste aller Frakturen. Sie steht bei Verletzungen der oberen Extremität mit 14% und bezogen auf Unterarmfrakturen sogar mit 75% an erster Stelle (6).

Die Inzidenz liegt bei etwa 2-3 pro 1000 Einwohner und Jahr (7). In Deutschland dürften über 200.000 Frakturen des distalen Speichenendes im Jahr auftreten. Diese Schätzungen beruhen auf Untersuchungen aus Skandinavien und Großbritannien (2500-4000 Frakturen auf 1 Mio. Einwohner/Jahr). (3).

Im jüngeren Lebensalter handelt es sich vorwiegend um männliche Patienten, mit Arbeits- und Sportunfällen. Im höheren Alter dominiert das weibliche Geschlecht, wobei hier die postmenopausale Osteoporose mit verminderter Knochendichte ein wesentlicher Faktor der Frakturgenese ist (6). Bezüglich der älteren Bevölkerung wird geschätzt, dass sich etwa 10% der Frauen über 65 Jahre während der weiteren Lebensdauer eine Fraktur des distalen Radius zuziehen. In über 90% der Fälle kommt es zu Extensionsverletzungen.(5)

1.3 Anatomische Grundlagen

Articulatio radiocarpalis

Die proximale Reihe der Handwurzelknochen (Os scaphoideum, Os lunatum und Os triquetrum) wird durch Zwischenbänder zu einem ellipsoidischen Gelenkkopf zusammengefasst. Die Gelenkpfanne wird vom distalen Radiusende und dem Discus articularis gebildet.

Die Gelenkfläche des Radius bildet $\frac{3}{4}$ der Gelenkpfanne und ist in Fossa scaphoidea und Fossa lunata aufgeteilt. Der Discus articularis (syn. Discus ulnocarpalis) befindet sich zwischen Ulnaköpfchen und proximaler Handwurzelreihe, bildet ca. $\frac{1}{4}$ der Gelenkpfanne und sorgt im sogenannten TFCC (Triangular fibro cartilage complex) eingebunden für die Stabilität des DRUG (Distalen Radioulnar Gelenkes).

Die Radialabduktion beträgt 25° , davon entfallen 15° auf das Radiokarpal- und 10° auf das Mediokarpalgelenk. Die 45° Ulnarabduktion umfassen 20° im Radiokarpalgelenk und 25° im Mediokarpalgelenk. Die Flexion beträgt etwa 85° , davon 50° im Radiokarpalgelenk und 35° im Mediokarpalgelenk. Von den 85° Extension entfallen 35° auf das Radiokarpal- und 50° auf das Mediokarpalgelenk. (8).

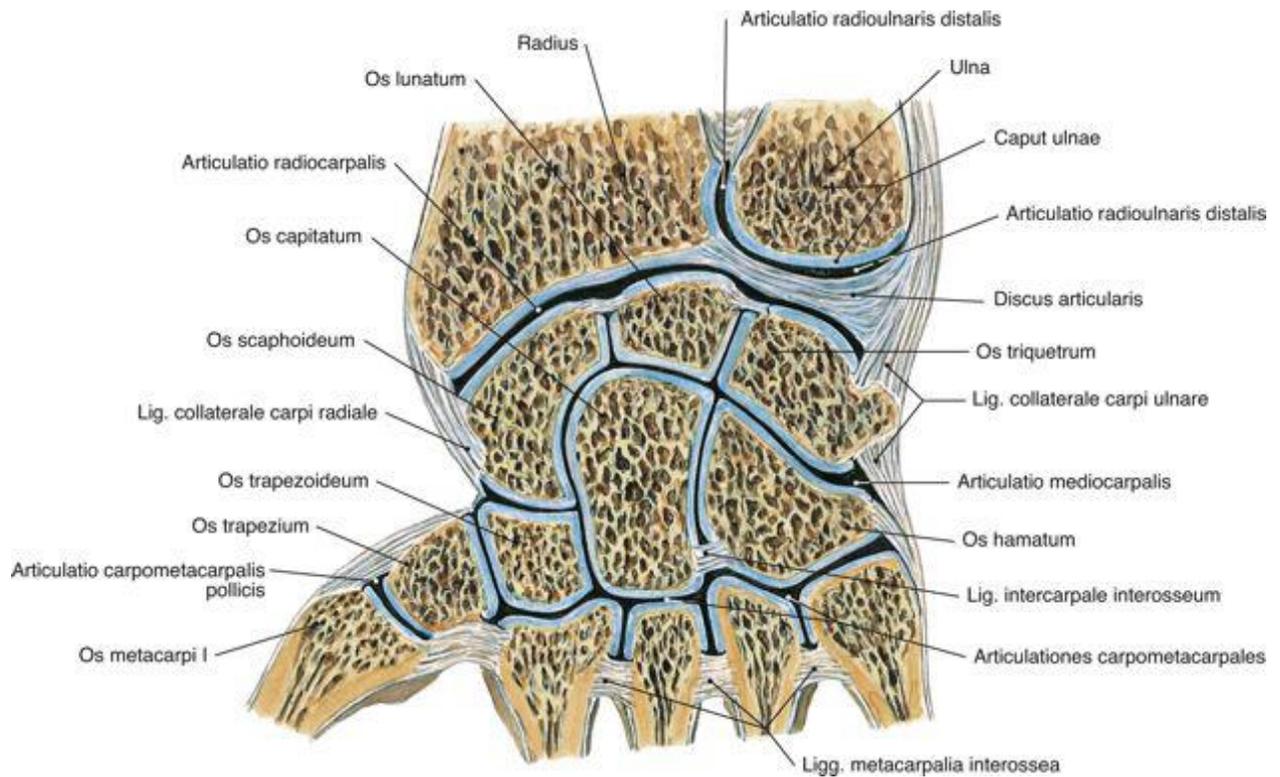


Abbildung 1: Gelenke der Handwurzel, Flächenschnitt parallel zum Handrücken, Sobotta

Articulatio radioulnaris distalis (DRUG)

Dieses Gelenk verbindet das distale Radiusende und das Ulnaköpfchen. Die Gelenkflächen bilden Circumferentia articularis ulnae (Kopf) und die Incisura ulnaris radii (Pfanne).

Die Lunatumfacette liegt auf gleicher Höhe oder bis zu 2 mm proximaler oder distaler zur radialen Seite des Ulnaköpfchens. Diese Stellung wird als Null-Variante beschrieben. Eine größere Differenz bezeichnet man als Plus- oder Minusvariante. Das richtige Längenverhältnis zwischen diesen zwei Knochen hat bei der Reposition der Fraktur eine große Bedeutung für die postoperative Beweglichkeit des Gelenkes. Eine Ulna-plus-Variante, d.h. eine relativ zu lange Ulna, kann zu einem ulnolunaren Impaction führen und zur degenerativen Veränderungen des Diskus ulnocarpalis und TFCC. Eine Ulna-minus-Variante kann durch Vermehrung der karpalen Belastung über den Radius zu einer avaskulären Nekrose des Lunatum beitragen. (8)

Der Discus articularis liegt an der Gelenkfläche des Ulnaköpfchens und ist mit dem Processus styloideus ulnae und der ulnaren Begrenzung der Fossa lunaris verbunden. Der Discus ist ein Stabilisator für das distale Radioulnargelenk (DRUG). Funktionell gehört er zum ulnocarpalen Komplex (Triangular fibro cartilage complex, TFCC). Der TFCC besteht aus Discus articularis,

Ligamenta radioulnare palmare und dorsale, Ligamentum collaterale ulnare und Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris. Das proximale und distale Radioulnargelenk zusammen ermöglichen Pronation und Supination des Unterarmes mit der Hand von 80 bis 90 Grad. (9)

Canalis carpi

Die Carpalknochen bilden den Boden und die Wände des Kanals; die beugeseitige Begrenzung stellt das Retinaculum flexorum dar. Das Retinaculum spannt sich vom Hamulus ossis hamati und Os pisiforme zum Os scaphoideum. Im Kanal befinden sich der N. medianus und die Sehnen aller langen Fingerbeuger. Die Einengung des N. medianus im Kanal führt zum sog. Karpaltunnelsyndrom.

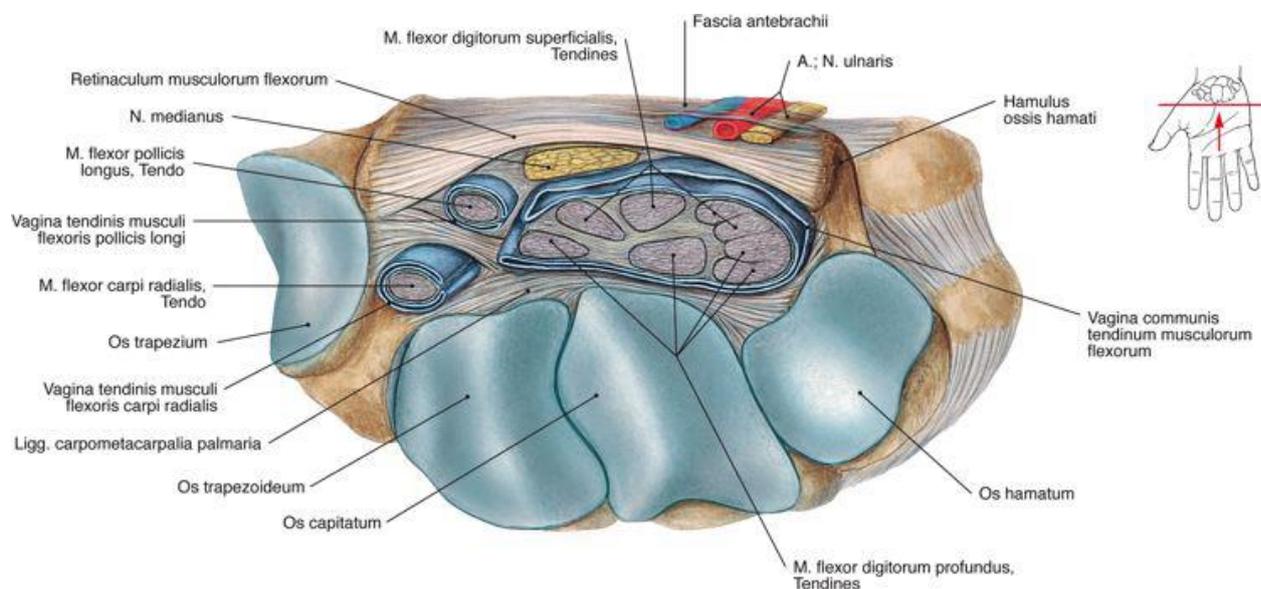


Abbildung 2: Carpal tunnel, Anatomie des Menschen, Sobotta

Muskeln

Die Extensoren des Handgelenks und der Finger befinden sich auf der Dorsalseite des Unterarmes und werden vom N. radialis versorgt. Sie verlaufen in 6 Fächer .

1. Fach: M. abductor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis
2. Fach: M. extensor carpi radialis longus, M. extensor carpi radialis brevis
3. Fach: M. extensor pollicis longus
4. Fach: M. extensor digitorum, M. extensor indicis
5. Fach: M. extensor digiti minimi

6. Fach: M. extensor carpi ulnaris

Die Strecksehnenruptur ist eine bedeutsame Komplikation der volaren Plattenosteosynthese und wird durch streckseitig überragende Schrauben verursacht.

Zu den Flexoren gehören M. flexores carpi radialis und ulnaris, Mm flexores digitorum und M. palmaris longus. Sie werden vom N. medianus und N. ulnaris versorgt.

Der M. flexor carpi ulnaris und M. extensor carpi ulnaris sind für die Ulnaabduktion verantwortlich. Die Radialabduktion wird vom M. extensor carpi radialis und vom M. flexor carpi radialis ausgeführt. Der M. pronator teres und der M. pronator quadratus ermöglichen die Pronation. Der M. pronator quadratus verbindet Elle und Speiche palmar. Für die Supination sind der M. supinator und der M. biceps brachii verantwortlich.

Gefäße und Nerven

Die radiale Gefäßnervenstraße verläuft zwischen M. flexor carpi radialis, M. pronator teres und M. brachioradialis. Dort findet man die A. Radialis, die Vv. Radiales und den Ramus superficialis des N. radialis. Der R. superficialis des N. radialis verzweigt sich im distalen Unterarmbereich in 2-3 Äste, die meist auf der Sehne des M. extensor pollicis longus zu tasten sind. (8)

Die A. ulnaris, V. ulnaris und der N. ulnaris werden vom M. flexor carpi ulnaris und dem M. flexor digitorum begrenzt. Dieses Gefäßnervenbündel zieht durch den Ulnariskanal (Loge de Guyon) zur Hohlhand.

Der N. medianus zieht in der Faszie zwischen oberflächlichen und tiefen Fingerbeuger zum Handgelenk. Vor diesem liegt er oberflächlich zwischen dem M. flexor carpi radialis und M. palmaris longus. Nach dem Durchtritt durch den Canalis carpi teilt er sich in die drei Äste Nn. digitales palmares communes I-III auf, die wiederum in Nn. digitales palmares proprii und versorgen sensibel die volare Seite des 1.-3. Fingers, die radiale Seite des 4., die Dorsalseite des 2.-4. Fingers von der Spitze bis gegen die Grundphalanx über und motorisch die Mm. lumbricales I-II.

Der N. digitalis palmaris communis I gibt am distalen Rand des Retinaculum flexorum einen Muskelast zum Daumenballen ab.

Der Ramus palmaris n. mediani tritt durch die Faszie über dem Handgelenk und versorgt sensibel die Haut des Daumenballens und der radialen Seite der Hohlhand.

Der N. ulnaris sorgt für die sensible Innervation der ulnaren 1 ½ Finger und aller Mm. interossei.

Der Ramus superficialis des N. radialis innerviert sensibel die radiale Hälfte des Handrückens und die Streckseite der radialen 2 ½ Finger über Grund- und Mittelgliedern.

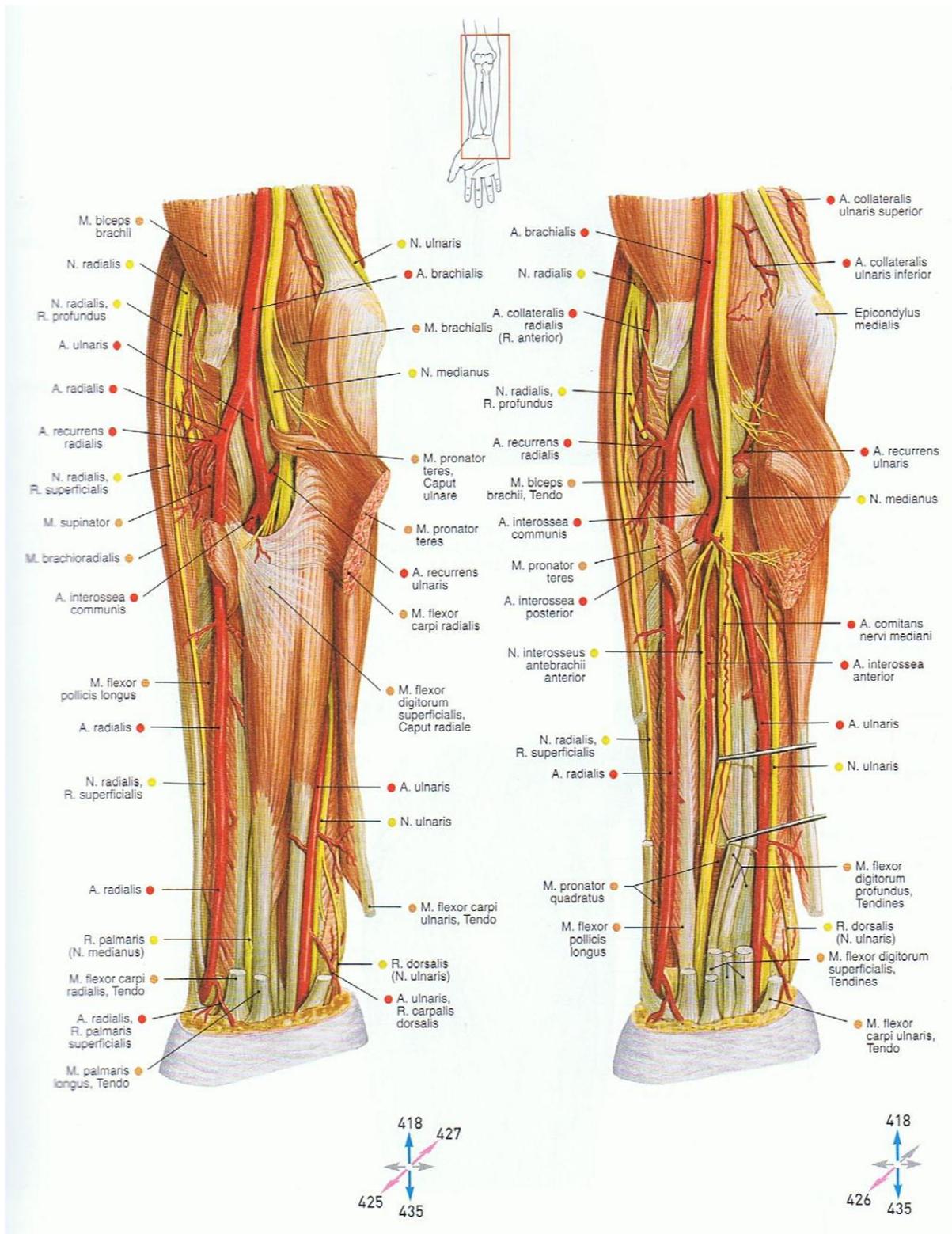


Abbildung 3: Muskeln, Arterien und Nerven des Unterarms, Anatomie des Menschen, Sobotta

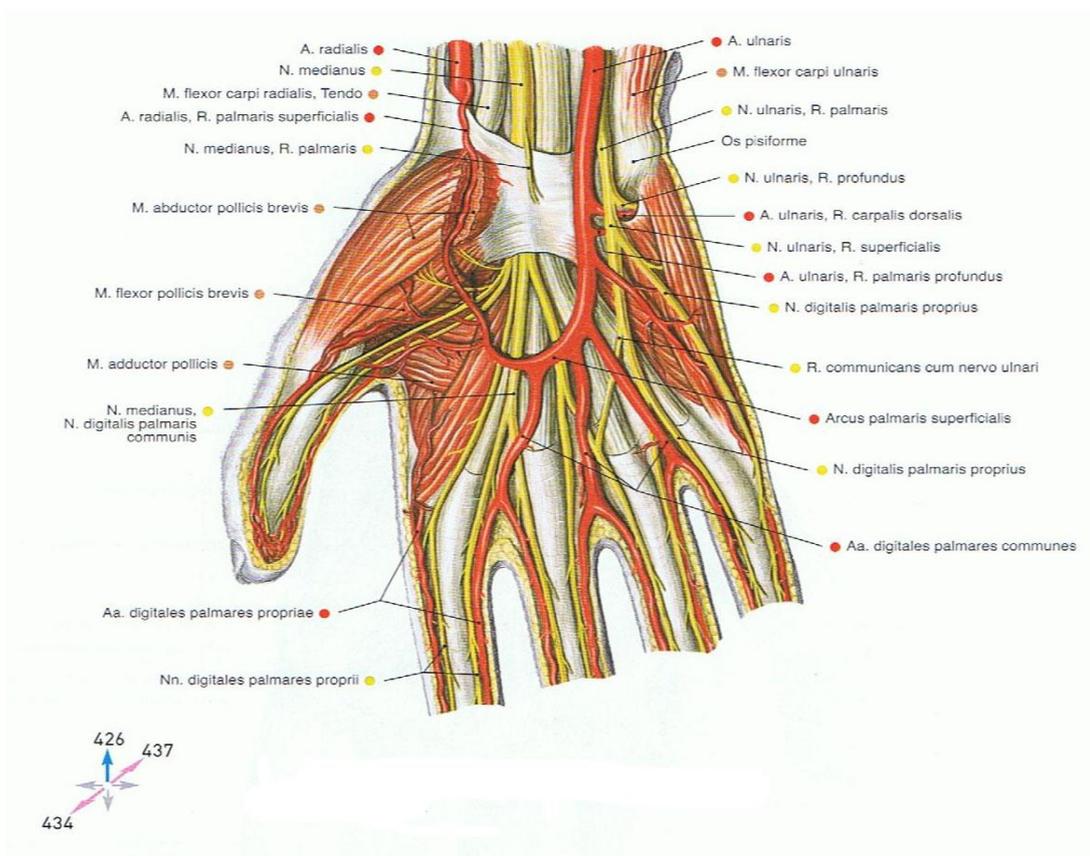


Abbildung 4: Nerven und Arterien der Hohlhand, Anatomie des Menschen, Sobotta

1.4 Frakturmechanismen

Der Sturz auf die dorsal extendierte Hand ist die klassische Ursache der distalen Radiusfraktur.

Die Frakturform ist abhängig von der Größe und Richtung der einwirkenden Kraft, der Stellung des Handgelenks bei Krafteinwirkung und der Struktur der beteiligten Knochen und Bänder.

Entsprechend den experimentellen Studien von Frykman kommt es zur typischen Fraktur bei der Einwirkung einer Kraft von durchschnittlich 282 kp (140 - 440 kp) beim Mann, wohingegen 195 kp (105 - 320 kp) beim weiblichen Skelett genügen. (8)

Die Lokalisation der Frakturhöhe am Handgelenk wird von der Stellung des Handgelenks zum Zeitpunkt der Krafteinwirkung bestimmt. Die typischen Frakturen des distalen Radiusendes entstehen bei einem Extensionswinkel von 40 - 90° und gleichzeitiger radialer oder ulnarer Abduktion zwischen 0 und 35°. Dabei wird der notwendige Kraftaufwand für eine Fraktur mit zunehmendem Extensionswinkel größer. Bei einer Handgelenksstreckung von 90° und mehr entstehen keine Radiusbrüche mehr, sondern Luxationen und Frakturen der Handwurzel.

Der Kraftaufwand beträgt im Mittel 396 kp. Bei einem Extensionswinkel von weniger als 40°

kommt es bei genügender Krafteinwirkung (im Mittel 120 kp) zu Brüchen im Unterarmschaft- und im Ellenbogenbereich. (8)

Nach dem Unfallmechanismus unterscheidet man folgende Gruppen:

- Extensionsfraktur (Colles-Fraktur, loco typico) bildet ca. 90 % aller distaler Radiusfrakturen. Diese Fraktur entsteht durch Sturz auf das überstreckte Handgelenk, wobei unter axialer, indirekter Stauchung, die durch den Bruch entstehenden Knochenfragmente unterschiedlich gegeneinander verschoben werden. Dorsal gerichtete Kräfte führen meistens zu einer extraartikulären Abspaltung eines Fragments nach dorsal und radial. Typischerweise befindet sich die Frakturstelle etwa 1,5 bis 2 cm proximal der Radiusgelenkfläche. (6) Durch Komprimierung der Spongiosa kommt es im Frakturbereich zu Substanzverlust und Neigung zur Dislokation nach Reposition.

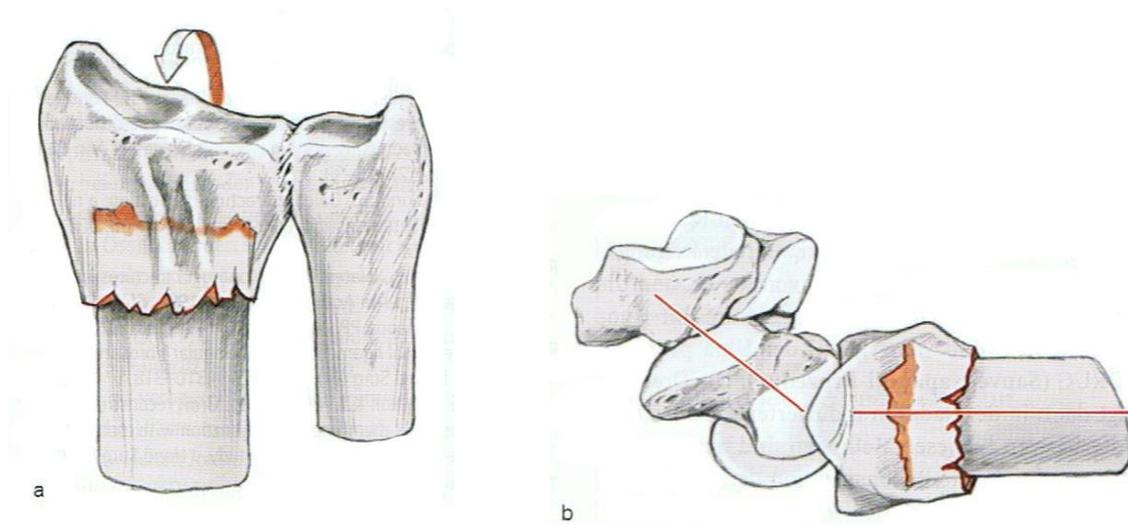


Abbildung 5: Extensionsfraktur (Orthopädie und Unfallchirurgie, H.P. Scharf, A. Rütter)

-Flexionsfraktur (Smith-Fraktur): Der Sturz auf die flektierte Hand oder bei supiniertem Unterarm und gestrecktem Ellenbogen auf die extendierte Hand führt zu mit einem Anteil von 5 % deutlich seltenen Smith-Goyrand-Fraktur, die im Gegensatz zur Extensionsfraktur häufig eine Gelenkflächenbeteiligung aufweist (11). Es gibt Smith Typ I (quer), II (intraartikulär) und III (schräg) Frakturen.

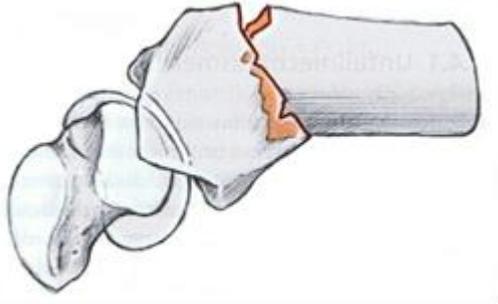
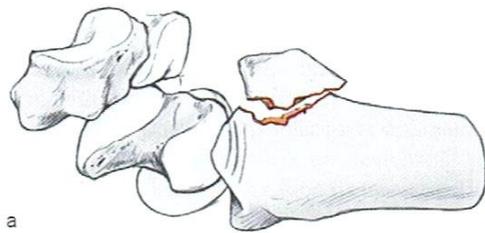
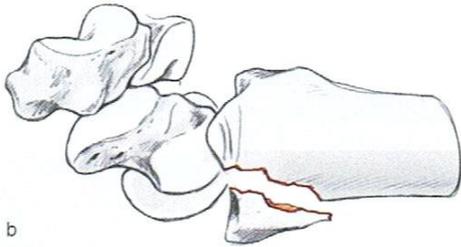


Abbildung 6: Flexionsfraktur (H.P. Scharf, A. Rütter)



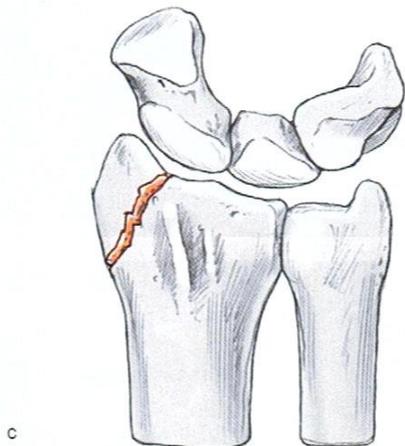
a

-Barton-Fraktur gehört zu den Radiusextensionsfrakturen und beschreibt intraartikuläre dorsale 2-Fragment-Kantenabbrüche mit oder ohne Subluxation des Karpus. Ihr Anteil an den distalen Radiusfrakturen liegt zwischen 1,2 % und 2,3 % (6). Sie ist Folge eines Hyperextensionstraumas.



b

-Reversed Barton Fraktur ist eine intraartikuläre Fraktur in Folge eines Hyperflexionstraumas. Betroffen ist der volare Rand des distalen Radius mit Subluxation des Fragments nach palmar.



c

-Chauffeur-Fraktur , intraartikuläre Fraktur nach axialem Stauchungstrauma. Die Frakturlinie verläuft durch den Processus styloideus radii.

Abbildung 7: a Barton-, b Reverse-Barton- und c Chauffeur-Fraktur (Orthopädie und Unfallchirurgie, H.P. Scharf, A. Rütter)

1.5 Fraktуреinteilung und Klassifikationen

Es existiert eine Vielzahl von Klassifikationen der distalen Radiusfraktur. In dieser Arbeit wird die AO Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) nach Müller benutzt. Laut Müller, eine Klassifikation ist nur nützlich, wenn sie die Schwere der Knochenverletzung beachtet und als eine Basis für die Behandlung und für die Einschätzung der Ergebnisse dient. AO Klassifikation nach Müller ergibt sich durch die anatomische Lokalisation und die morphologische Beschaffenheit der Fraktur. Die Frakturen sind nach zunehmendem Schweregrad entsprechend ihrer morphologischen Komplexität, dem Schwierigkeitsgrad, ihrer Behandlung und ihrer Prognose geordnet (12).

Bei der AO Klassifikation der Frakturen wird Jeder lange Röhrenknochen mit einer Ziffer versehen (Unterarm ist Nummer 2), und in 3 Segmente unterteilt.

- 1-proximales Segment
- 2- mittleres, diaphysäres Segment
- 3-distales Segment

Nach dieser Klassifikation ergibt sich für die distale Radiusfraktur die Knochensegmentzahl 23. In den proximalen und distalen Segmenten werden die Frakturen weiter in drei Typen (A, B und C) aufgeteilt, die das Ausmaß der Gelenkflächenbeteiligung bestimmen:

- Typ A – extra-artikuläre Fraktur
- Typ B – partiell artikuläre Fraktur
- Typ C – vollständig artikuläre Fraktur

Jeder Typ teilt sich in drei Gruppen (A1, A2, A3 usw.). Die Gruppen teilen sich wieder in drei Untergruppen (A1.1, A1.2, A1.3 usw.).

AO Klassifikation der distalen Radiusfrakturen nach Müller:

- AO 23 A- extraartikuläre Frakturen:

Gruppe A1 - die Frakturen der Ulna, Radius ist intakt

Gruppe A2 - die einfachen, impaktierten, extraartikulären Frakturen des Radius

(Untergruppe A2.1 Frakturen ohne Dislokation, A2.2 mit Fragmentdislokation nach dorsal, A2.3 mit Dislokation nach palmar)

Gruppe A3 - extraartikuläre, multifragmentäre Frakturen des Radius mit Trümmerzone

(Untergruppe A3.1 Stauchung in der radialen Achse, A3.2 mit Fragmentdislokation nach dorsal, A3.3 mit Dislokation nach palmar)

-AO 23 B- partiell artikuläre Frakturen

Gruppe B1 - partiell artikuläre Frakturen mit sagittalem Frakturverlauf

Gruppe B2 - partiell artikuläre Frakturen mit dorsalem Kantenfragment (z.B. Bartonfraktur)

Gruppe B3 - partiell artikuläre Frakturen mit volarem Kantenfragment (z.B. Reversed Bartonfraktur).

Die Untergruppenunterteilung erfolgt aufgrund der Morphologie des Fragments (1-klein, 2-groß, 3-mehrfragmentär)

-AO 23 C- intraartikuläre Frakturen

Gruppe C1 - einfache, artikuläre Frakturen mit einfacher metaphysärer Beteiligung

(Untergruppe C1.1 Dislokation in der Längsachse, C1.2 mit Dislokation nach dorsal, C1.3 mit Dislokation nach palmar).

Gruppe C2 - einfache, artikuläre Frakturen mit metaphysär, mehrfragmentärer Beteiligung

(Untergruppe C2.1 Dislokation in der Längsachse, C2.2 mit Dislokation nach dorsal, C2.3 mit Dislokation nach palmar).

Gruppe C3 - artikulär mehrfache und metaphysär mehrfragmentäre Frakturen

(Untergruppe C3.1 mehrfragmentäre Fraktur des Radius mit einfacher Fraktur der Ulna, C3.2 mehrfragmentäre Fraktur der Ulna mit einfacher Fraktur des Radius, C3.3 mehrfragmentäre Fraktur des Radius und der Ulna)

Die Untergruppen können bei zusätzlichen Verletzungen der Ulna, jeweils noch in sechs Subgruppen eingeteilt werden. Hier werden berücksichtigt:

- Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae
- einfache subkapitale Ulnafraktur
- Mehrfragmentfraktur des Ulna-Halses
- Köpfchenfraktur der Ulna
- Ulnaköpfchenfraktur mit subkapitaler Ulnafraktur
- Ulnafraktur proximal des Halses (6)

Weitere Klassifikationen distaler Radiusfrakturen erfolgen nach (8):

1. dem Ausmaß der Fraktur: Gartland und Werley 1951, Older et al. 1965, Jenkins 1989
2. dem Röntgenbefund oder dem Dislokationsgrad: Lindström 1959, Sarmiento et al. 1980,
3. der Gelenkbeteiligung: Frykman 1967, Melone 1984, Mc Murtry und Jupiter 1992

4. dem Mechanismus der Verletzung: Klassifikation nach Castaing 1964, Fernandez 1987, Fernandez und Jupiter 1996

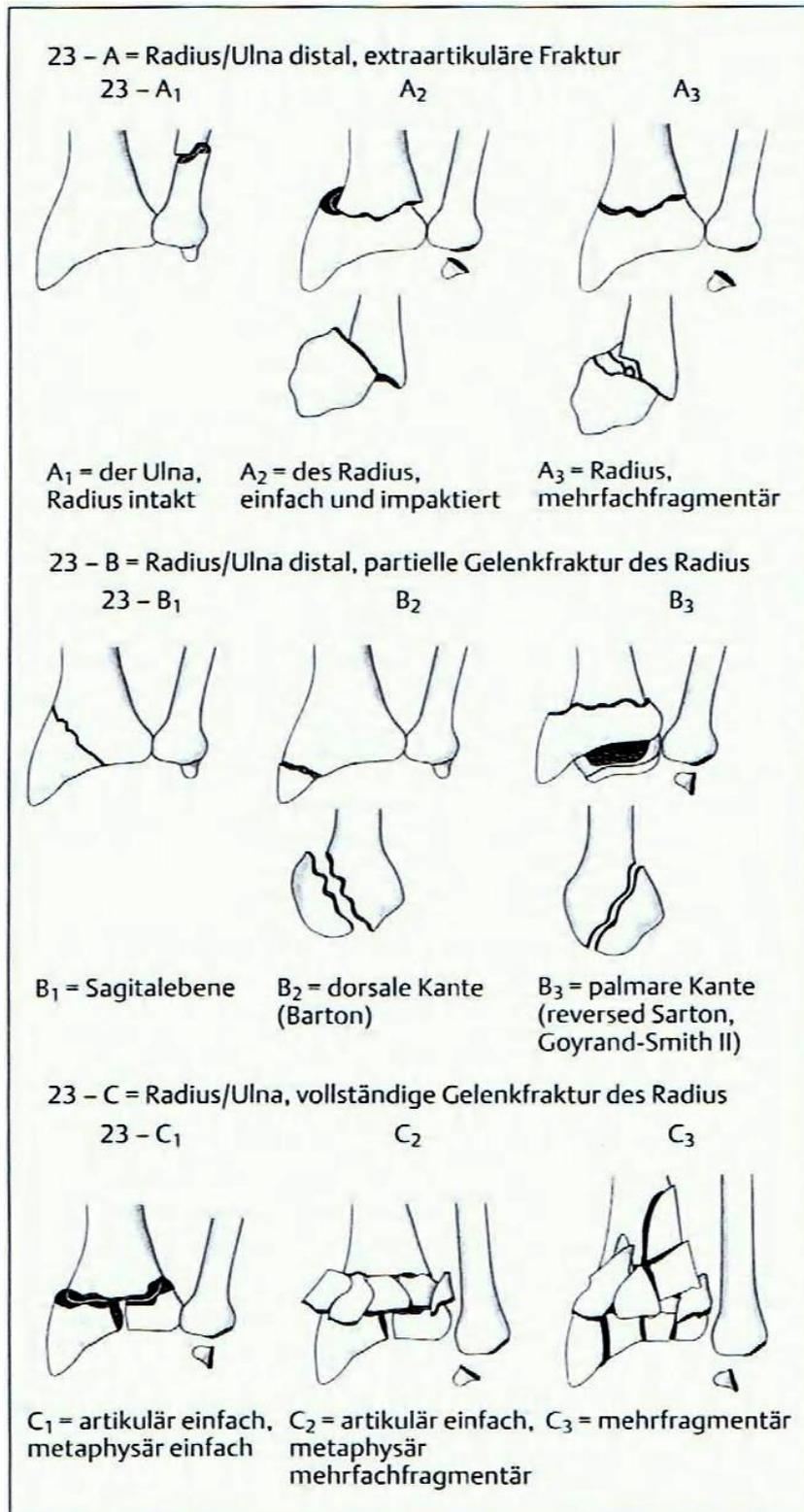


Abbildung 8: AO Klassifikation, OP-Journal 1/2003, S. Schmidt et al.

1.6 Begleitverletzungen

Trotz der guten Resultate bzgl. anatomischer Rekonstruktion und radiologischer Ergebnisse nach distaler Radiusfraktur finden sich immer wieder schlechte funktionelle Ergebnisse. Die Ursache hierfür können karpale Begleitverletzungen sein. Frank et al. haben 66 Patienten mit distaler Radiusfraktur nachuntersucht und ausgewertet, die innerhalb eines Jahres behandelt wurden. Der Anteil der Frakturtypen nach der AO-Klassifikation war zu 32% Typ-A-, 10% Typ-B- und 58% Typ-C-Frakturen. Bei 55% der Patienten wurde eine Begleitverletzung gefunden und bei 44% operativ behandelt. Komplett intraartikuläre Frakturen waren bei operationspflichtigen karpalen Begleitverletzungen signifikant häufiger als in der Gruppe der Patienten mit nicht operationspflichtigen als auch in der Gruppe der Patienten ohne karpale Begleitverletzungen. Durch die operative Therapie der karpalen Begleitverletzungen konnte ein vergleichbares funktionelles Endergebnis in allen Gruppen ungeachtet der unterschiedlichen Verletzungsschwere erzielt werden (13).

Die routinemäßige intraoperative Durchleuchtung und Überprüfung der Kinematik der Handwurzel nach Fertigstellung von Reposition und Osteosynthese ist ein bewährtes Verfahren, Instabilitäten der Handwurzel zu detektieren (14).

1.6.1 Fraktur des Processus styloideus ulnae und TFCC Verletzung

Die Fraktur des Processus styloideus ulnae (PSU, Ellengriffel) ist die häufigste Begleitverletzung der distalen Radiusfraktur. Sie ist meist asymptomatisch, eine beschwerdefreie und gute funktionelle Handgelenkbeweglichkeit ist allerdings nur bei stellungsgerechter Ausheilung der distalen Radiusfraktur zu erwarten.

Eine operative Versorgung sollte bei basisnaher Fraktur des PSU erfolgen, wenn nach Reposition und Stabilisierung der distalen Radiusfraktur das distale Radioulnargelenk bei der intraoperativen klinischen Untersuchung instabil erscheint (15). Laut aktueller Studienlage hat weder der Dislokationsgrad der PSU-Fraktur noch eine später ggf. ausgebildete Pseudarthrose signifikant negativen Einfluss auf das Outcome (14).

Bei korrekter Reposition der Radiusfraktur stellt sich das Ulnastyloid ein. Es wird entweder ossär wieder eingebaut oder heilt mit einer straffen Pseudarthrose und bedarf keiner weiteren Therapie. Selten führt ein basisnah abgerissenes Ulnastyloid zu Beschwerden (Instabilität, schmerzhafte Bewegungseinschränkung) und muss dann operativ stabilisiert werden. (16)

Ein PSU-Abriss entspricht einem ossären Ausriss des triangulären fibro-kartilaginären

Komplexes. Der TFCC kann auch ohne Fraktur des Processus styloideus ulnae rupturiert sein. Dies ist dann radiologisch nicht erkennbar hat aber dieselben möglichen Folgen wie ein PSU-Abriss. (17)

1.6.2. Bandverletzungen

Gologan et al. haben 104 Patienten mit dislozierten distalen Radiusfrakturen radiographisch, computertomographisch und MR-tomographisch in Hinblick auf zusätzliche Verletzungen untersucht. Radiographisch zeigten sich nach AO 51/104 Frakturen als Typ A, 10/104 als Typ B und 39 als Typ C. CT-morphologisch waren nur 5 der 51 Typ-A-Frakturen reine metaphysäre Frakturen. MR-tomographisch wiesen alle als Typ A klassifizierten Frakturen ligamentäre Verletzungen auf. Die MRT-Untersuchung ergab 77/104 akute Läsionen des TFCC und 19/104 skapholunäre Bandrupturen (18).

Fischer hat bei 54 Patienten mit frischer distaler Radiusfraktur eine diagnostische Arthroskopie durchgeführt. Bei den Patienten mit extraartikulärer Fraktur konnte in 41% eine relevante Bandläsion gefunden werden. Bei den Patienten mit intraartikulärer Fraktur betrug die Rate an relevanten Bandläsionen 89%. (19)

Verletzungen des scapholunären Bandes werden im Rahmen distaler Radiusfrakturen häufig beobachtet. So konnten Forward et al. mittels Arthroskopie bei 51 distalen Radiusfrakturen 10 klinisch relevante hochgradige Teil- oder Komplett rupturen und 34 klinisch unbedeutende Teilrupturen und Einblutungen in das Band beobachten (20). Dies kann aufgrund der Scherbelastung der Radiusgelenkfläche und der Handwurzelknochen zu einer Arthrose führen. Das vollständige Bild der scapholunären Dissoziation ist durch einen scapholunären Spalt und eine spätere DISI-Stellung (dorsal intercalated segment instability) des Mondbeines und eine Flexionsstellung des Kahnbeines mit erweitertem scapholunären Winkel gekennzeichnet. Dies wird dann als SLAC Wrist (scapholunate advanced collapse) bezeichnet. Eine frische SL-Bandruptur kann man selten in der primären konventionellen Röntgenaufnahme diagnostizieren. Bei der Stressaufnahme oder Faustschlussaufnahme (Terry-Thomas-Zeichen) sowie durch Kinematographie und Arthroskopie gelingt dann ein Nachweis der dynamischen SL-instabilität über einen erweiterten Spalt zwischen Kahn- und Mondbein (> 2 mm).

Bei einer Teilruptur des Bandes ohne Fehlstellung ist eine ca. 6-wöchige Ruhigstellung im Unterarmgips empfohlen. Bei einer frischen Komplettzerreißung sollte eine Bandrekonstruktion erfolgen, die gegebenenfalls über eine temporäre Transfixation der Handwurzel für 6 - 8 Wochen und einen zusätzlichen Gips zu sichern ist.



Abbildung 9: SL-Bandverletzung

Selten kommt es zu einer perilunären Luxation, bei der die übrigen Handwurzelknochen vom Mondbein abreißen dieses aber fest mit Speiche und Elle verbunden bleibt. Die perilunäre Luxation ist eine sofortige Indikation zur operativen Reposition und Bandnaht.



Abbildung 10: Perilunäre Luxation

Die Verletzung des Ligamentum lunotriquetrum (LT-Band) ist eine diagnostische und therapeutische Herausforderung, da charakteristische klinische und radiologische Zeichen oft fehlen. Selten weist im Endstadium eine Fehlstellung DISI (dorsal intercalated segment instability) oder PISI (palmar intercalated segment instability) daraufhin.

Die Verletzung ist oft nur durch Arthroskopie und dabei oft schwierig eindeutig diagnostizierbar. Empfohlen ist bei der kompletten Instabilität die offene Bandrekonstruktion und Transfixation. Unbehandelt kann auch diese Verletzung zur vorzeitigen Arthrose des Gelenkes führen.

1.6.3 Frakturen der Handwurzelknochen

Diese Frakturen kommen selten vor. Die begleitende Fraktur des Os scaphoideum trifft man in weniger als 1 % der Fälle, gefolgt vom Os triquetrum (14). Hier wird je nach Frakturtyp meist eine Kompressionsosteosynthese mit versenkter Doppelgewinde Schraube nach Herbert zur Stabilisierung angestrebt.

1.7 Diagnostik

Die Symptome der Radiusfraktur zeigen sich durch Druckschmerz, schmerzhafte Bewegungseinschränkung des Handgelenks, Schwellung, Wunden (offene Fraktur), Fehlstellung des Gelenkes, Gefühlsstörung der Finger.

Wichtig ist die Beurteilung der neurologischen Situation der Hand, bezüglich einer Mitverletzung des N. medianus oder der Entwicklung eines akuten Carpaltunnelsyndroms.

In den meisten Fällen genügen zur genauen Analyse der Fraktur konventionelle Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in 2 Ebenen. Die folgenden Fragen müssen hier beantwortet werden:

- Extensions- oder Flexionsfraktur
- intra- oder extraartikuläre Fraktur
- palmarer oder dorsaler Radiusrandbruch
- dislozierte oder nichtdislozierte Radiusfraktur
- bei intraartikulärer Fraktur:
 - besteht eine Gelenkflächenimpression
 - Beteiligung der radialen Anteile des DRUG ("Die-punch"-Fragment)
- Beteiligung des Processus styloideus ulnae (PSU), des Ulnakopfes bzw. der distalen Ulna
- Ist das DRUG betroffen, im Sinne einer Dislokation der distalen Ulna aus dem DRUG heraus?
- Beteiligung des Handwurzelknochen im Sinne einer knöchernen Fraktur, eines Bandab-/ausrisses, oder einer rein ligamentären Verletzung
- weitere, konventionell-radiologisch sichtbare Verletzungen des abgebildeten Handskeletts (14)

Bei komplexem gelenkflächen beteiligenden Frakturen, Pilonfrakturen und Hochrasanz-Verletzungen sollte eine Computertomographie (CT) großzügig zur besseren Frakturbeurteilung und OP Planung durchgeführt werden. Selten ist eine Kernspintomographie (MRT) hilfreich

oder erforderlich. Eine Arthroskopie sollte bei komplexen Verletzung und Verdacht auf TFCC Verletzung intraoperativ möglich sein.

Die Kenntnis der Gelenkwinkel ist Voraussetzung für eine anatomische Rekonstruktion einer distalen Radiusfraktur. In der Frontalebene wird die Neigung der Radiusgelenkfläche (Ulnarinklination) beurteilt, dieser Winkel beträgt normalerweise 25–30°. Im seitlichen Strahlengang wird die Palmarinklination gemessen, der entsprechende Winkel liegt bei 10–15°. Zur Feststellung einer eventuell vorliegenden Radiusverkürzung wird die Radiuslänge ermittelt. Hierzu werden auf die Radiuslängsachse je eine Senkrechte durch die Spitze des Processus styloideus radii und den ulnaren Begrenzungspunkt der Radiusgelenkfläche gezogen. Der durchschnittliche Abstand dieser beiden Linien (Radiuslänge) beträgt 11–12 mm.

Untersuchungen ergaben, dass das Längenverhältnis zwischen Radius und Ulna einen höherwertigen Einfluss auf die posttraumatische Beweglichkeit im Handgelenk hat als dorsopalmare und radioulnare Winkelfehlstellungen. Bereits Gelenkstufen >1 mm, radiale Verkürzungen >2 mm und dorsopalmare Verkippungen >10° sind als Präarthrose anzusehen (5).

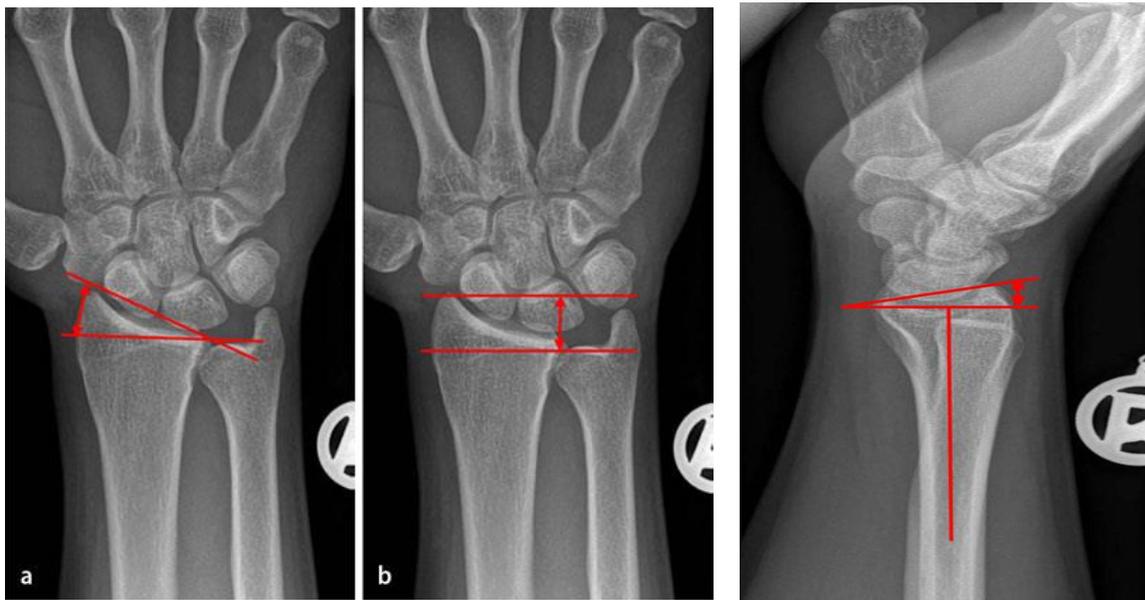


Abbildung 11 : a: Ulnarinklination, b: Radiuslänge, C: Palmarinklination (J. Zeichen, Trauma Berufskrankh)

1.8 Indikationsstellung

Die Indikation zur operativen Therapie einer distalen Radiusfraktur wird gestellt, wenn durch die geschlossene Reposition eine gute Fragmentstellung nicht erreichbar oder eine gute

Fragmentstellung durch Gipsanlage nicht zu halten ist (21). Eine konservative Therapie kann heute nur noch bei stabilen oder nicht dislozierten Frakturen vertreten werden (22). Stabile Frakturen werden konservativ, instabile Frakturen mit Trümmerzonen intra- und extraartikular gedeckt reponiert und stabil intern/extern fixiert (3). Weitere Indikationen zur operativen Versorgung sind bei offenen Frakturen, Frakturen mit Nervenkompression, Störungen der Blutzirkulation oder Weichteilschaden gegeben (23). Hohes Alter oder Osteoporose stellen keine Kontraindikationen gegen die Operation dar(24).

Radiologische Zeichen der Instabilität sind (Boszotta und Mitarb. 1991, Poigenfürst und Tuchmann 1978, Siebert und Klonz 2005) : (25)

- metaphysäre Trümmerzonen
- Dorsalabkipfung von mehr als 20 Grad
- Palmarabkipfung
- dislozierte Kantenfragmente
- basisnaher Bruch des Ellengriffs
- Ellenvorschub von mehr als 4 mm

Kriterien der Instabilität nach Jupiter (1991):

- Dorsalabkipfung $>20^\circ$
- axiale Einstauchung >2 mm
- metaphysäre Trümmerzone
- assoziierte Ulnafraktur, Abbruch des Processus styloideus
- dislozierte intraartikuläre Fraktur
- radioulnare Instabilität

Sind 2 dieser insgesamt 6 Kriterien erfüllt, handelt es sich um eine instabile Fraktur.(5)

Instabilitätskriterien nach Dumont et al. (2003):

- metaphysäre Trümmerzone
- initiale Dorsalkippung über 20 Grad
- intraartikuläre Fraktur mit Stufenbildung
- dorsaler/palmarer Kantenabbruch
- Abriß des Processus styloideus ulnae (ulnare Desinsertion)
- Sekundär dislozierte Frakturen (26)

1.9 Therapie

Behandlungsziel ist die Wiederherstellung einer schmerzfreien uneingeschränkten dauerhaften Funktion des Handgelenks und Unterarms und die Vermeidung typischer Komplikationen (3). Dieses Ziel erreicht man durch anatomische Rekonstruktion mit regelrechten Achsen- und Längenverhältnissen, möglichst stufenloser Reposition der radiokarpalen und radioulnaren Gelenkflächen sowie durch die primäre Versorgung der Begleitverletzungen (21).

Die exakte Wiederherstellung der Gelenkkonfiguration ist für das Langzeitergebnis entscheidend. Das Ausmaß von intraartikulären Stufen hat einen Einfluss auf das funktionelle Resultat. Die Stufen von 1 mm werden mit der praktisch obligat sich entwickelnden milden bis moderaten radio-karpalen Arthrose subjektiv häufig gut ertragen, größere Inkongruenzen (> 2 mm) führen zur symptomatischen Arthrose (16).

Bereits Gelenkstufen >1 mm, radiale Verkürzungen >2 mm und dorsopalmare Verkippungen >10° sind als Präarthrose anzusehen (5).

1.9.1 Konservative Behandlung

Wie schon erwähnt, bis Mitte der 1990er Jahre stand die konservative Therapie bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen im Vordergrund. Aufgrund unzureichender klinischer und radiologischer Ausheilungsergebnisse kam es im weiteren Verlauf zu einer Zunahme der operativen Versorgung (5). Die Indikation zur operativen Therapie steigt seit Einführung der winkelstabilen Platte kontinuierlich, wird aber gerade wieder im Vergleich zur konservativen Therapie in einigen Studien kritisch hinterfragt.

Indikationen für ein konservatives Verfahren sind stabile extraartikuläre A2-Frakturen, stabile artikuläre B1-Frakturen und C1-Frakturen (5).

Bei Entscheidung über konservative oder operative Therapie sind auch die Erwartungen und Bedürfnisse des Patienten wichtig.

Bei der konservativen Therapie wird im Unterarmgipsverband in Funktionsstellung des Handgelenkes, d.h. leichter Extension und Ulnarabduktion ruhiggestellt. Die Reposition - falls nötig - erfolgt am hängenden Unterarm unter zu Hilfenahme von Mädchenfängern und 3-5 kg Extensionsgewicht über 5-10 Minuten. Danach Repositionsmanöver durch Ulnaabduktion und Beugung im Handgelenkes sowie durch direkten Druck auf das distale Fragment. Wichtig ist

eine ausreichende Schmerztherapie entweder mit 5 ccm 1-2% Lokalanästhetikum in das Frakturhämatom, welche ca.10 Minuten vor Reposition injiziert wird oder systemisch. Wöchentliche klinische - und Gipskontrollen sind empfohlen, ebenfalls Röntgenkontrolle nach Reposition nach 1, 2 und 4 Wochen. Der Gipsverband wird nach 5 Wochen abgenommen, danach erfolgt Physiotherapie, ggf. Lymphdrainage. Mögliche Komplikationen der Behandlung sind: Repositionsverlust, Hautulzera, Parästhesien, Riss der Extensor pollicis longus Sehne, CRPS. (27)

1.9.2 Plattenosteosynthese

Durch Plattenosteosynthese kann man eine exakte, anatomische Reposition, stabile Fixation und eine uneingeschränkte Gelenkfunktion erreichen.

Die Frakturen können von der palmaren oder dorsalen oder radialen Seite versorgt werden, oder in Kombination.

Die palmare Plattenosteosynthese:

Der Zugang zur Fraktur ist komplikationsarm. Diese Osteosynthese ist die Methode der Wahl bei Flexionsfrakturen, da schon alleine die volare Abstützung durch die Platte die Fraktur reponiert. Eine winkelstabile Versorgung ist dabei nicht zwingend erforderlich.

Durch die winkelstabile Verankerung von Schrauben ist auch eine stabile Versorgung der instabilen Extensionsfrakturen selbst beim osteoporotischen Knochen von palmar möglich, da eine sekundäre Sinterung und Redislokation über die verriegelten Schrauben verhindert wird.

Die Indikation zu dieser Therapieform wird bei Extensionsfraktur A2, A3, C1, C2 und C3 sowie Flexionsfraktur B3 gestellt.

Die operative Versorgung erfolgt im Idealfall am Unfalltag. Bei geschlossenen oder gering dislozierten Frakturen ist eine temporäre Ruhigstellung in einer Unterarmgipsschiene möglich.

Der sicherste und komplikationsärmste Zugang ist der radio-palmare Zugang radial der Sehne des M. flexor carpi radialis (Henry-Zugang). Zwischen der Sehne und der A. radialis wird auf den M. pronator quadratus eingegangen. Bei der Dekompression des Carpaltunnels muss auf das Ramus palmaris des N. medianus geachtet werden.

Der früher praktizierte klassische palmare Zugang mit primärer Eröffnung des Karpaltunnels und Eingehen radial der Sehne des M. flexor carpi ulnaris besitzt aufgrund des Ausmaßes der

Inzision mit Kreuzung der Handbeugefalte und der Retinacula flexorum eingeschränkte Bedeutung.

Postoperativ wird das Handgelenk bis zur Wundheilung in einer volaren Unterarmgipsschiene ruhiggestellt. Ab dem 1. postoperativen Tag wird mit der funktionellen Behandlung des Handgelenks begonnen. Nach abgeschlossener Wundheilung sind Aktivitäten des täglichen Lebens möglich. Eine Maximalbelastung ist nach Konsolidierung ca. 6 Wochen postoperativ möglich.

Die frühzeitige Freigabe des Handgelenkes minimiert das Risiko eines CRPS (komplexes regionales Schmerzsyndrom). Ebenso sollten brüske oder mehrfache Repositionsmanöver zu dessen Vermeidung unterbleiben.

Bei ausgeprägter Osteoporose, einer hochgradigen Instabilität oder sonstigen Begleitverletzungen kann die Ruhigstellung länger erforderlich sein.

Zu den Komplikationen der operativen Therapie zählen Wundheilungsstörung, Weichteilinfektion, Ruptur der Sehne des M. flexor pollicis longus sekundär nach palmarer Plattenlage und der Extensoren. Bei dorsaler Plattenlage vor allem die Verklebung der Strecksehnen und die Ruptur der Extensor pollicis longus Sehne. (28)

Jedoch unter Kenntnis der Anatomie und der Frakturmorphologie am distalen Radius sowie Berücksichtigung der Implantatlage kann das Risiko von Beuge- und Strecksehnenrupturen deutlich gesenkt werden (29).



Abb. 1: Distale intraartikuläre Flexionsfraktur



Abb. 2: Sechs Wochen nach Osteosynthese mit palmarer winkelstabiler Platte und funktioneller Nachbehandlung

Abbildung 12:
palmarer Plattenosteosynthese
(S. Wohlgemuth)

Die dorsale Plattenosteosynthese:

Die dorsale Plattenosteosynthese erlaubt zwar eine gute Abstützung, allerdings ist

die Orientierung hinsichtlich der Reposition schwierig und nicht selten eine zusätzliche Spongiosaplastik erforderlich. Hinzu kommt die Gefahr der Weichteilirritation durch die enge Nachbarschaft zu den Strecksehnen (30).

Aufgrund der hohen Morbidität nach dorsaler Plattenosteosynthese und der Entwicklung der winkelstabilen Platten ist die Indikation zu dieser Osteosynthese nur in wenigen Fällen vorbehalten, z. B. C2 und C3-Frakturen mit disloziertem ulnaren Kantenfragment (Schlüssselfragment). (31)

Der Zugang für die größeren Implantate erfordert die Eröffnung des 3. und 4. Strecksehnenfaches. Kleinere Abstützplatten in der so genannten Doppelplatten-Technik erlauben kleinere Zugänge und senken das Risiko der Wundheilungsstörung und chronischen Sehnenreizung. Diese Technik basiert auf dem biomechanischen 3-Säulen-Prinzip von Rikli und Regazzoni. Die Platten sollten Stabilität durch eine günstige Lage erreichen. Sie sind in einem Winkel von 50- 70 Grad zueinander implantiert (31). Abbildungsverweis 14 b.

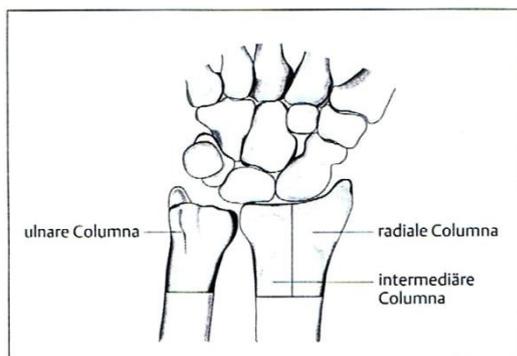


Abbildung 13: 3-Säulen-Modell nach D. Rikli
OP-Journal 1/2003, H.R. Siebert

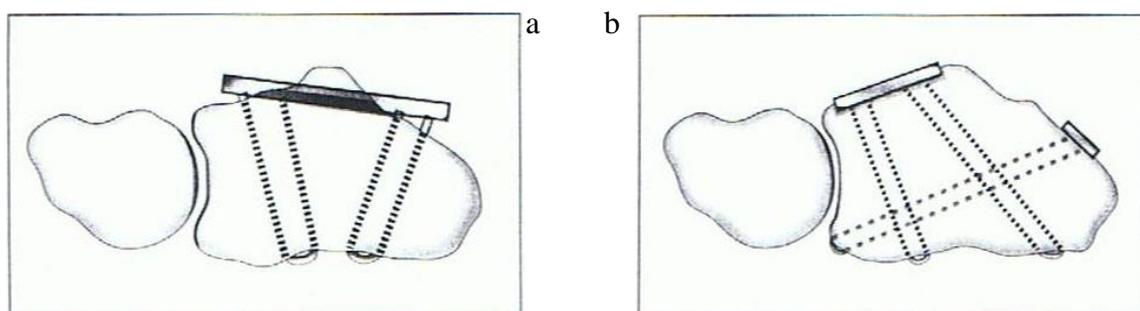


Abb. 14: a. Dorsale Plattenlage 3,5 mm mit Abtragung Tuberculum listeri nach R. Widmann/D. Rikli, b. Dorsale Doppelplattenlage 2,4 mm nach D. Rikli/R. Widmann, OP-Journal 1/2003, H.R. Siebert

Dreisäulenmodell nach Rikli et al. (Abbildung 13) beschreibt den Ansatz von 3 biomechanisch

wichtigen Säulen des Handgelenks. Die Instabilität jeder Einzelnen hat einen angenommenen negativen Einfluss auf das individuelle Outcome. Beschrieben sind:

- die radiale Säule, bestehend aus Radiusstyloid und bis zur Fossa scaphoidea reichend. Hier wird eher wenig Kraft übertragen. Dafür fungiert die radiale Säule als wichtiger radiocarpaler Stabilisator. Da Pro-/Supinationsbewegungen am Handgelenk ulnarseitig ihr Drehzentrum haben, sorgt die radiale Säule für die radiale Rotationsstabilität.
- die intermediäre Säule dient v.a. der Kraftübertragung. Eine Verkürzung hat die Überlastung der ulnaren Säule zur Folge (Ulnavorschub, Impaktsyndrom).
- die ulnare Säule dient sowohl der Kraftübertragung (Carpus-TFCC-Ulna) als auch der Stabilisation. Schließlich dient die ulnare Säule als "Drehstange" für die Umwendbewegungen. Die Wiederherstellung der 3 Säulen ist wahrscheinlich prognostisch entscheidend. (14)

1.9.3 Kirschner-Draht-Osteosynthese

Die Stabilisierung von distalen Radiusfrakturen mit Kirschner-Drähten ist gewebeschonend ohne große Zugänge und mit geringem finanziellen und logistischen Aufwand zu praktizieren. Es existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Vorgehensweisen und Positionierungen der Drähte. Lambotte beschrieb 1913 erstmals die konventionelle Technik, bei denen die Frakturfragmente vom Draht durchbohrt werden. Daneben hat sich die intrafokale Kirschner-Draht-Platzierung nach Kapandji als dynamisches Verfahren etabliert (32).

Die Indikation für die Spickung besteht bei distalen Monoblock-Frakturen mit Dislokation nach dorsal und ohne wesentliche Gelenkbeteiligung. (33)

Kontraindikationen bestehen bei Dislokationen nach palmar, intraartikulären Impressionen sowie ausgedehnten Trümmerfrakturen(33).

Die Drähte werden abhängig vom Frakturtyp radio-radial, transfixierend, gelenkparallel oder durch die Fraktur platziert.

Klassisch werden 2 bis 3 Drähte 1,4 - 1,8 mm (meistens 1,6 mm) nach guter Reposition vom Processus styloideus radii aus nach proximal ulnar im Winkel von 30 – 45 Grad zur Radiuslängsachse eingebohrt und in der Gegenkortikalis verankert. Die Drähte dürfen sich nicht in der Fraktur kreuzen.

Die Ruhigstellung erfolgt im Unterarmgipsverband für ca. 6 Wochen. Danach werden die Drähte entfernt und es wird mit Physiotherapie begonnen.

Nach Karpandji werden mehrere Drähte durch den Bruchspalt von dorsal eingebracht. Die Drähte stützen sich an beiden Kortikales ab, was die Sekundärdislokation zu verhindern hilft (sogenannte " Körbchen Technik"). Nach Reposition werden die Drähte in den proximalen Radius eingetrieben. Der distale Radius wird durch die K-Drähte dynamisch in Reposition gehalten.

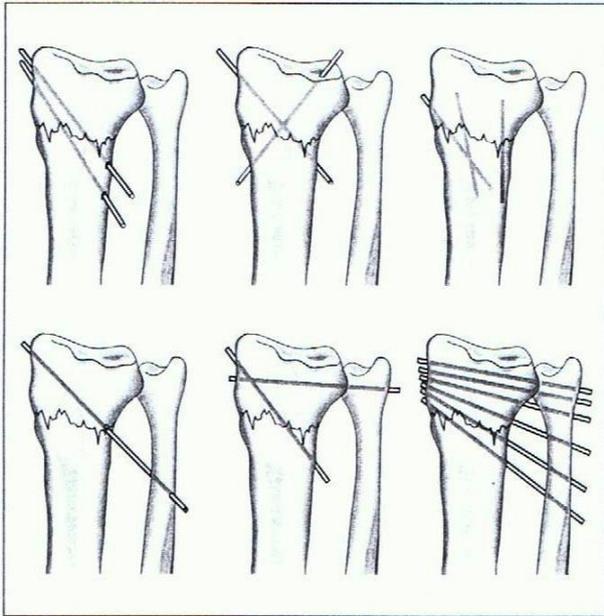
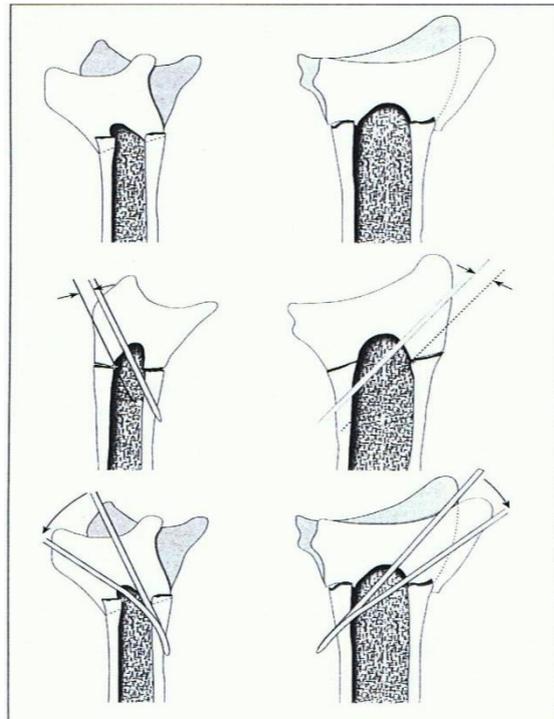
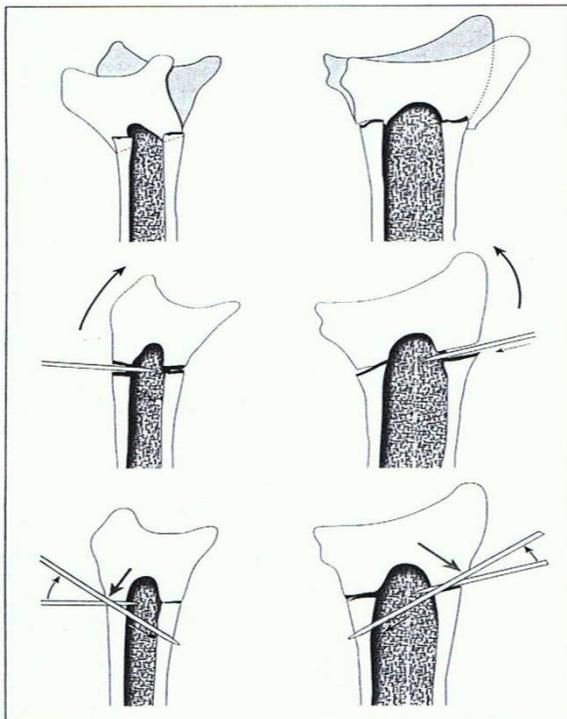


Abb. 15: Methoden der Kirschner-Draht-Osteosynthese am distalen Radius, OP-Journal 2003;19:2, T.K. Hotz (oben)

Abb.16 Klassische K-Draht Osteosynthese (AO) OP-Journal 1/2003, T.K. Hotz (unten rechts)

Abb. 17 Osteosynthese nach Kapandji, OP-Journal 1/2003, T.K. Hotz (unten links)



Komplikationen bei allen Spickungen sind Pintrakt-Infektionen, Drahtwanderung, Verletzung des Ramus superficialis des Nervus radialis, Sehnenrupturen, Sekundärdisklokation, Ausheilung in Verkürzung, CRPS und Pseudarthrose.

1.9.4 Schraubenosteosynthese

Ziel der Schraubenosteosynthese ist eine stabile Kompression größerer Fragmente. Die Indikation zu dieser Therapieform wird bei Chauffeurfraktur (Erklärung und Abbildung: Seite 10) und bei B1 Frakturen gestellt.

Durch einen kleinen Zugang am Processus styloideus radii zwischen 1. und 2. Strecksehnenfach wird der Ramus superficialis nervi radialis orientierend dargestellt. Die reponierte Fraktur wird mit K-Drähten temporär fixiert und mit interfragmentären Zugschraube stabilisiert. (34)

1.9.5 Osteosynthese mit Fixateur externe

Die Fixateur-externe-Osteosynthese der distalen Radiusfraktur ist indiziert bei offenen Frakturen, A3- Frakturen mit ausgedehnter Trümmerzone, intraartikuläre C 2- und C 3 Frakturen sowie infizierten Frakturen z.B. nach vorausgegangener K-Draht-Osteosynthese. Das biomechanische Prinzip beruht auf der Ligamentotaxis und ist an einen intakten dorsalen Bandapparat gebunden. Spätestens nach 10 Tagen muss der Längszug reduziert werden, um eine dauernde Gelenkschädigung zu vermeiden (sogenannte Ligamentotaxis). Deshalb ist die zusätzliche Einbringung von K-Drähten oder Schrauben zu empfehlen zur stabilen Rekonstruktion der Gelenkfläche (35).

Eine Ausbehandlung im Fixateur erfordert eine strenge engmaschige Pinpflege und eine 6 wöchige Ruhigstellung. Der Fixateur kann auch additiv bei hoch instabilen Frakturen für die ersten Wochen statt zusätzlicher Schienenruhigstellung indiziert sein.

Mögliche Komplikationen der Behandlung sind Infekte und Frakturen im Bereich der Schanz'schen Schrauben, Irritationen des N. radialis superficialis, Sehnenverletzung, sekundärer Korrekturverlust und CRPS.

1.10 Rehabilitation

Physiotherapie und Ergotherapie stellen integrale Bestandteile der Behandlung dar, um eine rasche Rückkehr des Patienten in seinen Alltag zu ermöglichen. Der Patient muss in seiner Selbstaktivität unterstützt werden. Das Therapiekonzept sollte möglichst viel Raum für die Eigeninitiative des Patienten bieten. (36)

In der Frühphase der Physiotherapie stehen Schmerzlinderung und Entstauung bei postoperativem oder posttraumatischem Ödem und CRPS (Erklärung Kapitel 1.11.5) Prophylaxe im Vordergrund.

Die Lagerung spielt eine wichtige Rolle bei der Resorptionsverbesserung. Der Patient muss darauf achten, dass die Hand über dem Ellenbogen, der Ellenbogen über dem Schultergelenk gehalten wird. Durch Muskelaktivität- Fingerspreizen, Fingerschließen, Handschließen und Handöffnen wird die Blutzirkulation erhöht und über die Muskelpumpe die Resorption der Schwellung unterstützt. Schmerzlinderung und Entstauung erreicht man auch durch Kälteanwendungen, wodurch es zu reaktiver Mehrdurchblutung nach der Kühlphase kommt. Bei zu starker Kälte wird oft der konträre Effekt die Vasokonstriktion erreicht. Sobald Bewegungsstabilität vorhanden ist, wird über aktives und assistives Bewegungen eine dosierte aktive Bewegungserweiterung im Handgelenk erreicht. (36)

In der Spätphase, wenn die Fraktur belastungsstabil ausgeheilt ist, bei jedoch noch in der Bewegung eingeschränktem Handgelenk, wird mit manueller Therapie durch Traktion und Mobilisation die Rollgleitbewegung im Gelenk und somit die Beweglichkeit verbessert. Nach dieser passiven Maßnahme muss das neu gewonnene Bewegungsausmaß sofort durch eine anschließende aktive Behandlungstechnik stabilisiert werden. Die Intensität wird durch konzentrische, isometrische und exzentrische Muskelarbeit gesteigert. Der Patient wird zum Eigentraining angeleitet seine Kraftausdauer zu steigern, z.B. mit dem Theraband oder an den Trainingsgeräten wie Oberkörperergometer, Seilzugapparat, usw. (36)

1.11 Komplikationen

Nach operativer Versorgung der distalen Radiusfraktur muss man mit den allgemeinen Frühkomplikationen wie Wundheilungsstörung oder Infekt sowie spezifischen Komplikationen wie Reizung des N. medianus, Fehlstellung, Sehnenrupturen, radiocarpaler und radioulnarer Arthrose, CRPS, u.s.w. rechnen.

1.11.1 Kompressionssyndrome

In 12 % der distalen Radiusfrakturen werden Nervenirritationen durch Kompression vor allem des N. medianus (8%), aber auch des N. radialis und des N. ulnaris angegeben (39). Zu den Ursachen des Kompressionsyndroms des N. medianus zählen stark verschobene Frakturen, initiale Einblutungen und Nervenschäden, begleitende Sehnenverletzungen, ausgeprägte Weichteilschwellung, Hämatome oder Ruhigstellung in extremer Flexion (37).

Frühkomplikationen können nicht selten durch Umgipsen oder Nachreposition behoben werden. Bei sensiblen und oder motorischen Ausfällen (M. opponens pollicis) des N. medianus ist eine Revision mit Spaltung des retinaculum und Neurolyse empfohlen. Bei operativer Versorgung mit palmarer Platte wird durch manche Autoren zu einer gleichzeitigen Dekompression des N. medianus geraten (38). Das akute Carpaltunnelsyndrom mit heftigen, nicht beherrschbaren Schmerzen mit oder ohne Ausfall der Medianusfunktion muss immer zur unverzüglichen Dekompression im Sinne der Therapie eines Kompartmentsyndroms veranlassen.

1.11.2 Sekundäre Dislokation

Die sekundäre Dislokation manifestiert sich durch Schmerzen, Schwellung und eine zunehmende Funktionseinschränkung. Sie tritt im Heilverlauf nach konservativer oder nicht stabiler operativer Therapie auf. Nach durchgeführter Röntgenkontrolle wird eine Entscheidung über eine eventuell notwendige sekundäre Korrektur getroffen.

1.11.3 Fehlstellungen

Die Ausheilung der Fraktur in Fehlstellung trifft man nach nicht ausreichender Reposition an oder nach sekundärer Dislokation. Es besteht eine enge Korrelation zwischen Fehlstellung und funktionellem Ergebnis. Die Patienten haben häufig Beschwerden im distalen Radioulnargelenk bei Rotation mit oder ohne Einschränkung der Pro- und Supination und im ulnaren Handgelenk (40). Zu weiteren Symptomen gehören chronische Schwellung und Kraftverlust.

Nach Knirk und Jupiter kann eine intraartikuläre Fehlstellung von über 1-2 mm eine posttraumatische Arthrose verursachen (41). Catalano hat bei einer Stufenbildung von über 2 mm eine Arthroseinzidenz im Radiocarpalgelenk bis zur 92 % festgestellt. (42)

Laut Mentzel et al., bei der Reposition der distalen Radiusfraktur eine Verkürzung von nicht mehr als 2 mm und eine Neigung der Radiusgelenkfläche im seitlichen Strahlengang von nicht mehr als 5° nach dorsal toleriert werden sollte, um Funktionseinschränkungen des Handgelenks zu minimieren (57). Ab einer Dislokation der Palmarinklination von 10 Grad nach dorsal, kommt es durch Verspannungen der Membrana interossea und sekundären Verziehungen im distalen Radioulnargelenk zu einer Einschränkung der Bewegungen (44).

Eine nicht ausreichend korrigierte Trümmerzone einer Kompressionsfraktur verursacht die Ausheilung der Fraktur mit Verkürzung des Radius, was eine relative Verlängerung der Ulna zur Folge hat. Eine Verkürzung des Radius um 3-5 mm führt zu einer funktionellen Einschränkung mit Ulna-impactsyndrom und sekundärer Diskusläsion. (43)

Therapieziel ist die Wiederherstellung physiologischer Achs- und Gelenkverhältnisse, um eine posttraumatische Arthrose zu vermeiden.

Korrigiert werden sollten symptomatische Achsabweichungen beim Erwachsenen von über 20° in der Frontal- und Sagittalebene sowie Radiusverkürzungen von mehr als 2 mm. (45).

Eine symptomatische Fehlstellung ist durch Radiuskorrekturosteotomie mit eventuell zusätzlichen Eingriffen an der Ulna korrigierbar.

1.11.4 Sehnenkomplikationen

Zu Sehnenkomplikationen gehören Rupturen, Verklebungen und Sehnenreizungen .

Die Rupturen der Extensoren- und Flexorensehnen beobachtet man in 0,7 – 10 % (34).

Mit Abstand am häufigsten betroffen ist hierbei die Sehne des M. extensor pollicis longus (EPL) (29). Die arterielle Versorgung der M. extensor-pollicis-longus-Sehne verläuft über die A. interossea anterior und einen dorsokarpalen Ast der A. radialis sowie über die Sehnenscheide. Auf Höhe des Retinaculum extensorum wird die Sehne schlecht versorgt und zwar ausschließlich über das Sehnengleitgewebe auf einer Länge von 5-10 mm. Die ätiologische Kombination von mechanischem Trauma und Minderdurchblutung aufgrund lokaler Druckerhöhung innerhalb des intakten retinakulären Kompartments erklärt einerseits Rupturen nach undislozierten distalen Radiusfrakturen ebenso wie das Auftreten der Ruptur 2-3 Monate nach dem Trauma(47). Die Ruptur wird meist durch einen Transfer der Sehne des M. extensor indicis versorgt. Eine direkte Sehnennaht ist wegen der Sehnenveränderung oft nicht möglich. Andere Ursachen der chronischen mechanischen Sehnendestruktion sind Schrauben, Drähte oder nicht korrekt reponierte Knochenfragmente.

1.11.5 Das Complex Regional Pain Syndrom (CRPS), Dystrophie oder M. Sudeck

Das CRPS ist eine schwerwiegende Komplikation nicht nur bei konservativ oder operativ geführten Radiusfrakturen. Die in der Literatur berichtete Inzidenz variiert stark und beträgt zwischen 3,8 und 22 %. Unterschieden werden CRPS Typ I ohne klinisch nachweisbare Nervenläsion (früher Mb. Sudeck) und CRPS Typ II bei eindeutiger Nervenläsion. Risikopatienten für die Entwicklung eines CRPS sind v.a. ältere Frauen. Es hat sich gezeigt, dass ein inadäquates Schmerzniveau in der ersten Woche nach Radiusfraktur ein hochsensitiver Indikator für die Früherkennung eines CRPS sein kann (14).

Die Pathophysiologie der Erkrankung ist ungeklärt, man diskutiert über periphere oder zentrale nervale und vaskuläre Fehlfunktion. Erfahrungsgemäß gilt Schmerz als ein möglicher Auslöser, weshalb mehrfache Repositionsversuche die Entstehung des Syndroms fördern sollen. Ebenso besteht der begründete Verdacht, dass zu enge Gipsverbände oder fehlende aktive Bewegungen der nicht fixierten Gelenke an der Auslösung beteiligt sind. Es gibt Hinweise in der Literatur dass die Anwendungen von Massagen und warmen Bädern ein CRPS an der Hand begünstigen (27). Das Ausmaß des Operationstraumas hat möglicherweise ebenso Einfluss auf die Entwicklung wie die prolongierte Ruhigstellung (14).

Die Erkrankung läuft in 3 Stadien ab, einem akut entzündlichen Stadium I, einem chronisch entzündlichen Stadium II und einem atrophem Stadium III. Das CRPS kann zu Muskel- und Hautatrophien, Kontrakturen und Osteoporose führen.

Es wird eine multimodale Therapie empfohlen mit Physio- und Ergotherapie, Lymphdrainage, Analgetika, Neuroleptika, Steroidstoßtherapien und Kalzitonin. Zur Prophylaxe der Entwicklung eines CRPS wird eine Gabe von Vitamin C empfohlen (14).

1.11.6 Posttraumatische Arthrosen

Die Arthrose manifestiert sich durch Schmerzen, Bewegungseinschränkung und Instabilität. Die Arthrose im distalen Radioulnargelenk (DRUG) trifft man bei bis zu 19 % nach distaler Radiusfraktur an. Diese Arthrose ist oft symptomatisch mit Bewegungseinschränkung und Schmerzen bei der Umwendbewegung (11). Die Arthrose im Radiokarpalgelenk ist radiologisch häufig, bis zu 25 %. Diese Arthrose bleibt aber oft symptomlos (48). Sie ist wahrscheinlich scheint eher vom initialen Dislokationsgrad und Patientenalter als vom Repositionsergebnis

abhängig zu sein. Für das funktionelle Ergebnis ist die Wiederherstellung des distalen Radioulnargelenks wichtig (Cooney et al. 1980, Frykman 1967). (25)

Zur operativen Behandlung der dann eingetretenen Arthrose im distalen Radioulnargelenk stehen unterschiedliche Techniken zur Verfügung. Am häufigsten werden resezierende Verfahren (Operation nach Darrach, Bowers oder Sauvé-Kapandji) angewandt, welche insgesamt gute Ergebnisse versprechen, aber die potentielle Gefahr der radioulnaren Instabilität beinhalten. Diese Instabilität kann zu Schmerzen und Kraftlosigkeit führen. Weichteilstabilisierende Techniken haben nur eine geringe Erfolgsquote. Zur Wiederherstellung der mechanischen Stabilität im DRUG stehen heute Ulnaköpfchenprothesen und Halbprothesen zur Verfügung, die sehr erfolgversprechend sind. Nach Ulnakopfresektionen wurden verschieden Prothesen entwickelt, um den Ulnakopf zu ersetzen. Diese Prothesen können nicht nur zur Behandlung der fehlgeschlagenen Ulnakopfresektion sekundär eingesetzt werden, sondern führen auch zu guten Ergebnissen bei der primären Behandlung der DRUG-Arthrose. (49)

II PATIENTEN, MATERIAL UND METHODEN

2.1 Patientenkollektiv

In dieser Arbeit wurden Ergebnisse der operativen Versorgung distaler Radiusfrakturen in 2 unabhängigen Unfallchirurgischen Kliniken verglichen. Untersucht wurden in einer der retrospektiven Studie Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2006 an einer distalen Radiusfraktur operiert wurden. Die Nachuntersuchung erfolgte ca. 2 Jahre postoperativ. In dem genannten Zeitraum wurden im Ostalb-Klinikum Aalen 119 Patienten (100 % AA) und im Klinikum Crailsheim 142 Patienten (100 % CR) mit distalen Radiusfrakturen operativ versorgt. Alle diese Patienten wurden zur klinischen und radiologischen Untersuchung eingeladen.

Von 119 Patienten (100 %) aus Aalen sind 64 Patienten (54 %) zur Untersuchung erschienen. 34 eingeladene Personen (28 %) sind nicht gekommen. 12 Patienten dieser Gruppe wurden telefonisch erreicht. Nach telefonischer Auskunft waren alle 12 ausnahmslos zufrieden und beschwerdefrei. 14 weitere Patienten (12 %) waren bereits verstorben. Bei 7 Patienten (6 %) kamen die Anschreiben zurück. Sie leben inzwischen im Ausland oder sind umgezogen und unter der neuen Adresse nicht erreichbar.

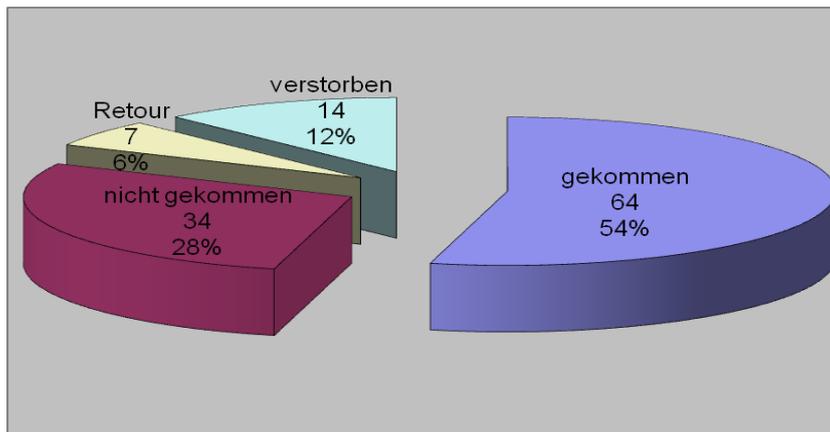


Abbildung 18: Gruppe aus Aalen nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen

Die operierte Gruppe aus Crailsheim war größer als diejenige aus Aalen, jedoch sind weniger Personen zur Untersuchung erschienen (40%). Telefonisch wurden nur 3 der Operierten

erreicht, diese waren zufrieden und beschwerdefrei. Der prozentuale Anteil an verstorbenen Patienten und zurückgekommenen Anschreiben aus der Crailsheimer-Gruppe war der Aalener-Gruppe ähnlich. Abbildung 19 zeigt Details der operierten Gruppe aus Crailsheim.

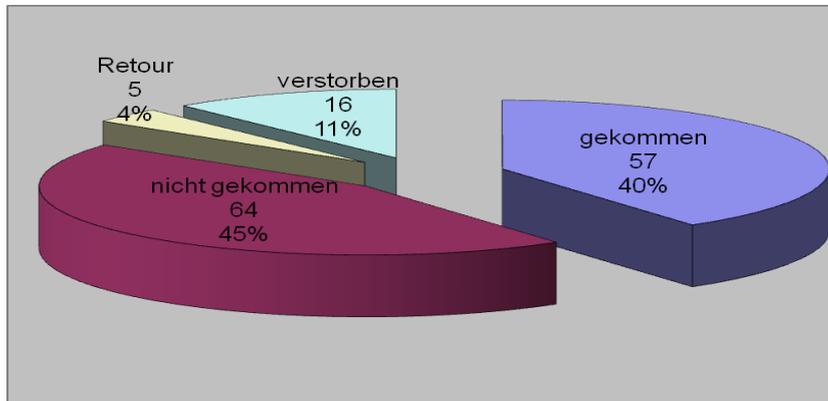


Abbildung 19: Gruppe aus Crailsheim nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen

Der Grund für das Fernbleiben in beiden Gruppen war oft die altersbedingte Immobilität, Demenz oder Transportschwierigkeiten. Einige Patienten konnten die Nachuntersuchungstermine nicht wahrnehmen oder wollten sich an der Studie nicht beteiligen.

Im Ostalbklinikum Aalen waren von 64 untersuchten Patienten, 61 mit winkelstabiler multidirektionalen Platte der Firma Litos versorgt. 3 Frakturen waren geschlossen reponiert und mit K-Drähten stabilisiert worden.

Die untersuchte Gruppe aus dem Klinikum Crailsheim bestand aus 57 Personen. Davon waren 33 Patienten mit der winkelstabilen unidirektionalen Platte der Firma Synthes versorgt worden. Bei 24 der untersuchten Patienten waren die Frakturen geschlossen reponiert und mit K-Drähten stabilisiert worden.

Bei zu kleiner Fallzahl nach K-Draht Osteosynthese in Aalen war der primär geplante Vergleich der verschiedenen Operationsmethoden, Plattenosteosynthese mit 2 unterschiedlichen Platten versus Kirschnerdrahtosteosynthese in beiden Kliniken nicht mehr möglich.

Bei 2 Verletzten von 61 Untersuchten nach Plattenosteosynthese aus Aalen erfolgte die volare Plattenosteosynthese mit zusätzlichem Fixateur externe. 1 Fall wurde mit volarer und dorsaler Platte und 1 Fall mit volarer und dorsaler Platte sowie zusätzlichem Fixateur externe versorgt. 4 Patienten wurden mit einer dorsalen Platte stabilisiert und deshalb aus dem Kollektiv ausgeschlossen.

53 Patienten aus dem Ostalbklinikum Aalen wurden über den palmaren Zugang und ausschließlich mit der volaren winkelstabilen multidirektionalen Platte der Firma Litos versorgt ;diese Patienten bilden das neue Kollektiv – multidirektionale Gruppe.

Im Crailsheimer Kollektiv wurden ebenfalls zwei Patienten ausgeschlossen, die einmal mit kombinierter radialer und volarer Platte und einmal mit dorsaler und volarer Platte versorgt wurden.

Die Versorgung ausschließlich mit der volaren unidirektionalen winkelstabilen Platte der Firma Synthes fand sich bei 31 untersuchten Patienten; diese bilden ab jetzt das neue Kollektiv aus dem Klinikum Crailsheim – unidirektionale Gruppe.

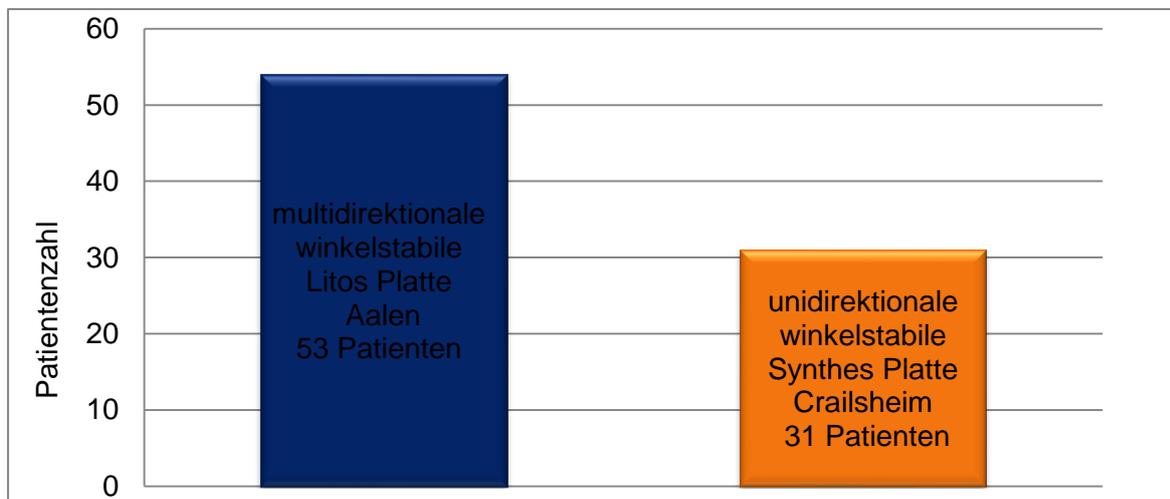


Abbildung 20: blau: multidirektionale winkelstabile Litos-Platte angewendet in Ostalbklinikum Aalen und orange: unidirektionale winkelstabile Synthes-Platte angewendet in Klinikum Crailsheim

2.2 Verwendete Implantate

In der multidirektionalen Gruppe wurden Patienten mit winkelstabiler multidirektionaler Platte Litos classic versorgt. In der unidirektionalen Gruppe wurden Patienten mit der winkelstabilen unidirektionalen 3,5 Platte der Firma Synthes versorgt.

Die verglichenen Implantate beider Firmen sind aus Titan. Bei beiden Firmen stehen anatomisch vorgeformte Plattentypen für die rechte und linke Seite für palmar und dorsal zur Verfügung.

Winkelstabilität bedeutet Kraftschlüssigkeit. Dieses effektive Prinzip erlaubt, auch Implantate kleiner als bisher zu dimensionieren und trotzdem höhere Belastungsfähigkeit zu erreichen.

Laut Wolter et al. (1999), der Kraftfluss und damit die Belastung der einzelnen Schrauben unterschiedlich sind. Der Kraftfluss der der Frakturlinie nächst gelegenen Schraube ist am größten und beträgt ca. die Hälfte, bei der nächsten Schraube etwa ein Drittel, die übrigen Schrauben übernehmen den Rest. Winkelstabilität führt zu einer optimalen flächenhaften Krafteinleitung im Kontaktbereich von Knochen zu Schraube und Platte oder Nagel. Eine Überlastung von Knochen oder Implantat wird dadurch vermieden. (50)

Das multidirektionale winkelstabile Implantat der Firma Litos hat eine in gewissen Umfang wählbare Schraubenrichtung. Beim winkelstabilen System der Firma Synthes sind die Schraubenrichtungen definitiv vorgegeben.



Abbildung 21: winkelstabile Litos-Platten (classic und plus)

Die Entwicklung der Titanfixateur-interne-Implantate mit Gewindeformung im Schraubenloch ergaben einen sogenannten „Königsweg“ für die Verblockung des Schraubenkopfes.

Der Litos-Schraubenkopf verfügt über ein Gewinde. Dieses verblockt sich im Plattenloch durch Umformungsvorgänge aufgrund unterschiedlicher Materialhärten und Gestaltung. Die Verbindung weist eine hohe Festigkeit auf. Die Schraubenlage kann in einen Umfang von 0—40 Grad variieren. (51)

Laut Wolter et al., die multidirektionale Schraube erleichtert dem Operateur die Arbeit. Durch die mögliche individuelle wählbare Schraubenrichtung ($\pm 40^\circ$) lassen sich theoretisch die Schrauben in der biomechanisch optimalen Position platzieren mit einer längst möglichen Schraubenlänge und damit maximalen Stabilität. Die längstmögliche Schraube ist am effektivsten. (50).

Die Frage ist, ob die winkelstabilen classic Platten der Firma Litos mit der zusätzlichen Möglichkeit der multidirektionalen Schraubenplatzierung zu einer Verbesserung der Behandlungsergebnisse bei plattenosteosynthetisch versorgten Frakturen führen im Vergleich zu den winkelstabilen unidirektionalen 3,5 Platten der Firma Synthes.

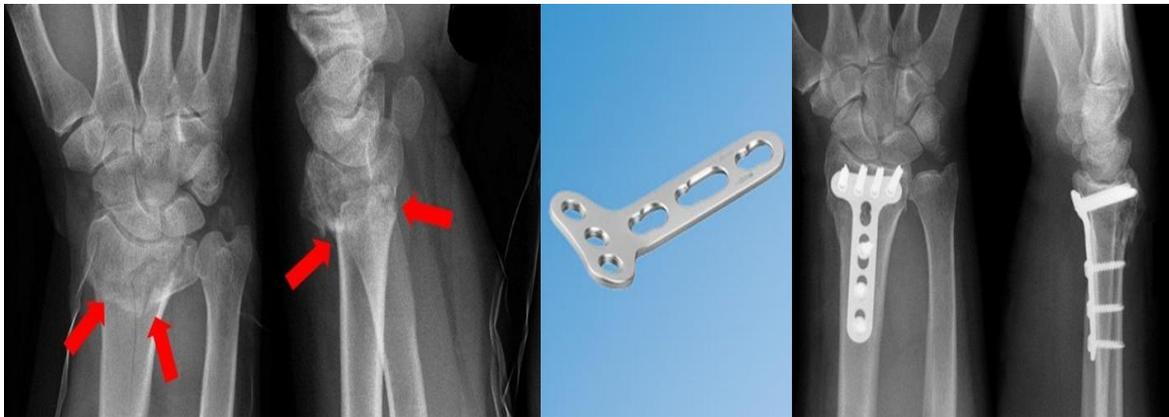


Abbildung 22: LCP-T-Platte 3.5 für distalen Radius von der Firma Synthes

2.3 Protokoll

Die Grundlage für die Untersuchung war ein Messblatt für die oberen Gliedmaßen (nach der Neutral - 0 – Methode).

Die klinische Untersuchung beinhaltete die Messung der Beweglichkeit des Ellenbogengelenkes, des Handgelenks und der Finger sowie die Vermessung des Unterarmes und der Hand mit Umfangmessungen. Es wurden auch Sensibilität, Durchblutung sowie die Narben kontrolliert.

Die Ergebnisse wurden mit dem Score nach Castaing ausgewertet. (Abbildung 25, Seite 44 zeigt den Score nach Castaing).

Ein weiterer Teil der Untersuchung war die radiologische Diagnostik. Zur Verfügung standen die präoperativen Röntgenaufnahmen des Handgelenks in 2 Ebenen sowie sämtliche Verlaufskontrollaufnahmen. Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in 2 Ebenen ca. 2 Jahre nach der Operation gehörten zur Nachuntersuchung. Die Patienten wurden über die Untersuchung aufgeklärt und waren mit der radiologischen Diagnostik einverstanden. Die AO-Klassifikation der Frakturen erfolgte anhand der präoperativen Aufnahmen. Die postoperativen Bilder wurden auf Dorsalkippung, Radialkippung, Arthrosezeichen und Ulnarvorschub analysiert. Auch diese Ergebnisse wurden mittels Score nach Castaing ausgewertet.

Den letzten Teil der Nachuntersuchung bildete ein Fragebogen. Hier konnten zusätzliche Informationen gewonnen werden:

- Zeitpunkt der ersten Vorstellung nach dem Unfall in der chirurgischen Ambulanz,
- Zeitpunkt der Operation nach dem Unfall,
- Dauer der Ruhigstellung nach der OP in einer Gipsschiene,
- Beginn, Dauer und Anzahl der krankengymnastischen Anwendungen.

Auch Informationen über Rechts oder Linkshändigkeit, über unfallunabhängige Gelenkerkrankungen oder zur beruflichen Belastung der verletzten Person wurden erfragt. Teil des Fragebogens bildeten Fragen zur Auswertung mit dem DASH Score.

Abbildung 23: Messblatt für obere Gliedmaßen (nach der Neutral - 0 – Methode)

Name:

Aktenzeichen:

Untersuchungstag:

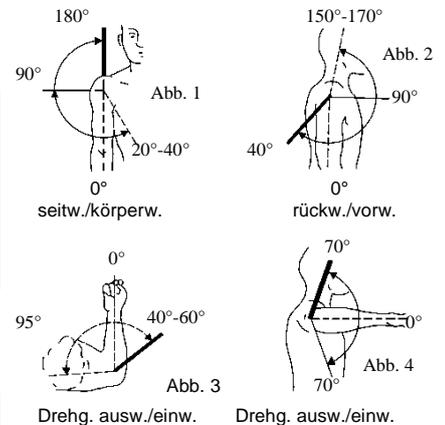
Rechtshänder Linkshänder

Messblatt für obere Gliedmaßen (nach der Neutral - 0 - Methode)

Schultergelenke:

- Arm seitw. / körperl. (Abb. 1)
- Arm rückw. / vorw. (Abb. 2)
- Arm ausw. / einw. drehen (Oberarm anliegend) (Abb. 3)
- Arm ausw. / einw. (Oberarm 90° seitw. abgeh.) (Abb. 4)

Rechts			Links		



Ellenbogengelenke:

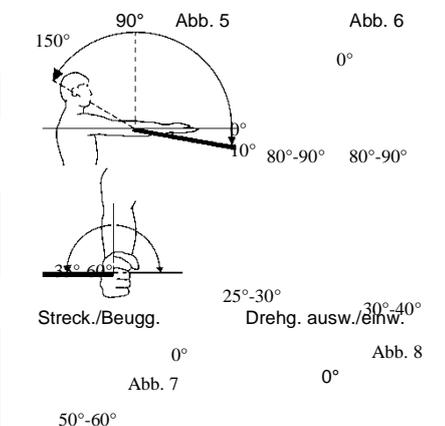
Streckung / Beugung (Abb. 5)

--	--	--	--	--	--

Unterarmdrehung:

ausw. / einw. (Abb. 6)

--	--	--	--	--	--



Handgelenke:

- handrückenw. / hohlhandw. (Abb. 7)
- ellenw. / speichenw. (Abb. 8)

Fingergelenke:

- Abstände in cm:
- Nagelrand
- / quere Hohlhandfalte (Abb. 9)
- Nagelrand
- / verl. Handrückenebene (Abb. 10)

II	III	IV	V	II	III	IV	V

Daumengelenke:

Streckung/Beugung:

Grundgelenk										
Endgelenk										
Abspreizung (Winkel zwischen 1. und 2. Mittelhandknochen)										
In der Handebene (Abb. 11)	0				0					
Rechtwinklig zur Handebene (Abb. 12)	0				0					
	II	III	IV	V	II	III	IV	V		
Ankreuzen, welche Langfingerkuppen mit der Daumenspitze erreicht werden können										
Handspanne: Größter Abstand in cm zwischen Daumen- und Kleinfingerkuppe										
Umfangmaße in cm: (Hängender Arm)										
15 cm ob. äußerem Oberarmknorren										
Ellenbogengelenk										
10 cm unt. äußerem Oberarmknorren										
Handgelenk										
Mittelhand (ohne Daumen)										
Armlänge in cm:										
Schulterhöhe / Speichenende										
Stumpflängen in cm:										
Schulterhöhe / Stumpfende										
Äuß. Oberarmknorren / Stumpfende										

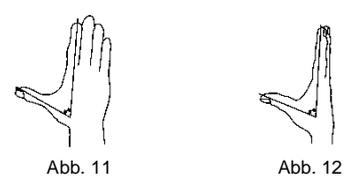
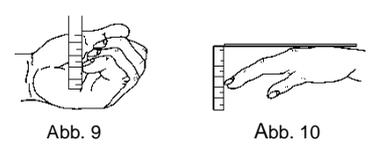
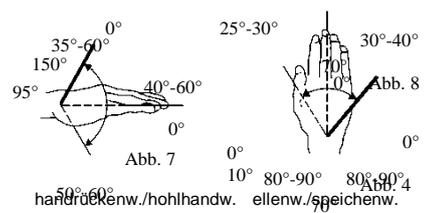


Abbildung 24: Fragebogen mit DASH Score

Geschlecht: W / M

- Alter** () 19 – 49
 () 50 – 64
 () 65 – 79
 () 80 und mehr

Verletzte Hand : rechts / links

Rechts- / Linkshändler

Unfallunabhängige Gelenkkrankheiten: _____

Krankschreibung nach dem Unfall (Wochen) _____

Beruf: _____

Unfalltag _____

Erste Vorstellung nach dem Unfall / Sturz in der chirurgischen Ambulanz / beim Arzt:

() am Unfalltag

() 1 Tag später

() 1 Woche später

Operation () am Unfalltag

() 1 Tag später

() 2 Tage später

() mehrere Tage später

Fadenzug am Tag nach Operation

Ruhigstellung in einer Gipsschiene / Gips :

() 10 Tage

() 2 Wochen

() 4 Wochen

() 6 Wochen

Hatten Sie Krankengymnastik gemacht : () ja

() nein

wenn ja: () auf Rezept

() selbständig

Beginn der Krankengymnastik: () 1 Woche nach der Operation

() 2 Wochen nach der Operation

() 4 Wochen nach der Operation

() Wochen nach der Operation

Dauer der Krankengymnastik bis zur Woche nach Unfalltag

Anzahl der krankengymnastischen Anwendungen (wenn bekannt)

Zufriedenheit mit Ergebniss der Operation von 1 – 6 (Schulnoten 1 = sehr gut)

Zufriedenheit mit ärztliche Behandlung von 1 – 6 (Schulnoten 1 = sehr gut)

Fragen zum Empfang des s. g. DASH Scores

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
Ein neues oder fest verschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
Schreiben	1	2	3	4	5
Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
Betten machen	1	2	3	4	5
Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5

Einen schweren Gegenstand tragen (über 5 kg)	1	2	3	4	5
Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
Ihre Haare waschen oder fönen	1	2	3	4	5
Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
Ein Messer benutzen um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z.B. Badminton, Frisbee, usw.)	1	2	3	4	5

Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit der Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an.)	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	1	2	3	4	5
Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an.)	Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an.)	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausübung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm- oder Hand	1	2	3	4	5
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche auf Grund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an.)	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

Auf Grund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an.)	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
	1	2	3	4	5

Abbildung 25: Score nach Castaing

Subjektive Angaben	Perfekt	Keine Beschwerden	0
	Befriedigend	Beschwerden, alle Kraftgriffe möglich, selten Beschwerden	1
	Genügend	Alle Kraftgriffe möglich, oft Beschwerden bei Belastung	2
	Ordentlich	Gewisse Kraftgriffe unmöglich	4
	Ungenügend	Mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit eingeschränkt	6
	Schlecht	Mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit sehr reduziert	8
	Sehr schlecht	Unbrauchbare Hand	9

Funktion	Normal		0
	Dorsalflexion	Von 45 – 25°	1
		Von 25 – 15°	2
		Von 15 – 10°	3
	Palmarflexion	Weniger als 45°	1
	Ulnarabduktion	Von 30 – 15°	1
		Von 15 – 0°	2
	Radialabduktion	Eingeschränkt	1
	Pro- / Supination	Zwischen 130 – 90°	1
		Unter 90°	2
Röntgenbild	Normal		0
	Dorsalkippung	Von 5 – 10°	1
		Von 10 – 20°	2
		Über 20°	3
	Radialkippung	Von 10 – 20°	1
		Über 20°	2
	Arthrosezeichen	+	1
		++	2
	Ulnarvorschub	Von 2 – 4 mm	1
		Über 4 mm	2

Resultat	0	Perfekt
	1 – 5	Gut
	6 – 11	Genügend
	12 – 15	Mäßig
	16 – 25	Schlecht
	> 25	Sehr schlecht

2.4 Beurteilungsschema

Wie schon oben erwähnt, wurde die Daten mittels DASH Score und Score nach Castaing ausgewertet.

Der DASH Score ist ein subjektiver Score und wertet 30 physische Funktionen und Symptome des Armes in Punkten von 1 (keine Schwierigkeiten) bis 5 (Tätigkeit nicht möglich) aus. Das Resultat wird berechnet mit einer Formel, welche lautet:

$$\text{DASH} = (\text{Summe der beantworteten Fragen} - 1) / \text{Anzahl der beantworteten Fragen} * 25$$

Ein zunehmender Wert spricht für zunehmende Behinderung und Schmerzen.

Der Score nach Castaing beurteilt subjektive Angaben des Patienten, die Funktion des Handgelenks (Dorsalflexion, Palmarflexion, Ulnarabduktion, Radialabduktion, Pro-/Supination) und die radiologischen Ergebnisse (Dorsalkippung, Radialkippung, Arthrosezeichen, Ulnarvorschub).

Die Beschwerden sowie die klinischen Ergebnisse werden in einem Punktsystem ausgewertet.

Die Anzahl der Punkte bewegt sich zwischen 0 (perfekt) und über 25 (sehr schlecht).

2.5 Statistische Analyse

Für die graphische Darstellung sowie die statistische Berechnung in dieser Arbeit wurde das Programm Microsoft Excel Version 2003 und 2007 angewandt. Die statistische Auswertung erfolgte unter Darstellung arithmetischer Mittelwerte \pm Standardabweichung sowie der Median (Min-Max)-Werte. Der Vergleich zweier Gruppen wurde mittels parametrischer Student t-Test durchgeführt oder anhand des Kolmogorow-Smirnow-Tests bzw. des Mann-Whitney-Tests zur Signifikanzanalyse nicht-parametrischer Daten. Nominalskalierte Daten wurden mittels Chi-Quadrat-Testverfahren oder dem Exakte Fisher-Testverfahren auf Unabhängigkeit überprüft. Das Signifikanzniveau liegt bei $p=0,05$

2.6 Klassifikation der Frakturen

Die versorgten Frakturen mit winkelstabilen Platten wurden nach der AO-Klassifikation aufgeteilt. Hier findet man vor allem C-Frakturen. In der multidirektionalen Gruppe versorgt mit multidirektionalen Litos classic Platten gab es 68 % C- Frakturen und 32 % A- Frakturen. In der unidirektionalen Gruppe versorgt mit unidirektionalen 3,5 Synthes Platten findet man 77,4 % C-Frakturen, 19,4 % A- Frakturen und 3,2 % B-Fraktur.

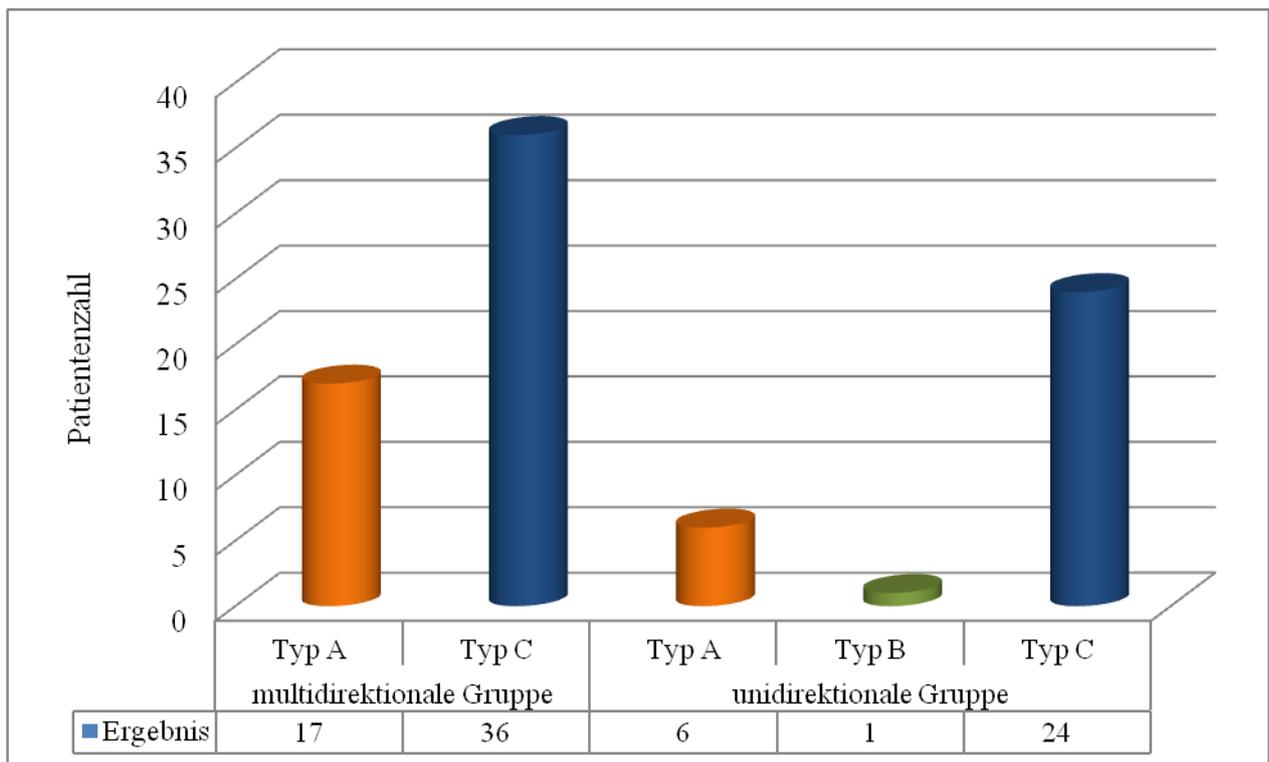


Abbildung 26: Anzahl der Frakturen in der multidirektionalen und unidirektionalen Gruppe eingeteilt nach AO-Klassifikation.

Die weitere Aufteilung zeigt, dass in der multidirektionalen Gruppe am häufigsten einfache C1 Frakturen versorgt wurden gefolgt von C2 und C3 Frakturen. In der unidirektionalen Gruppe gab es am häufigsten mehrfragmentäre C3 Frakturen gefolgt von C2 und C1 Frakturen. Die Abbildungen 27 und 28 (Seite 48) zeigen Details der Aufteilung.

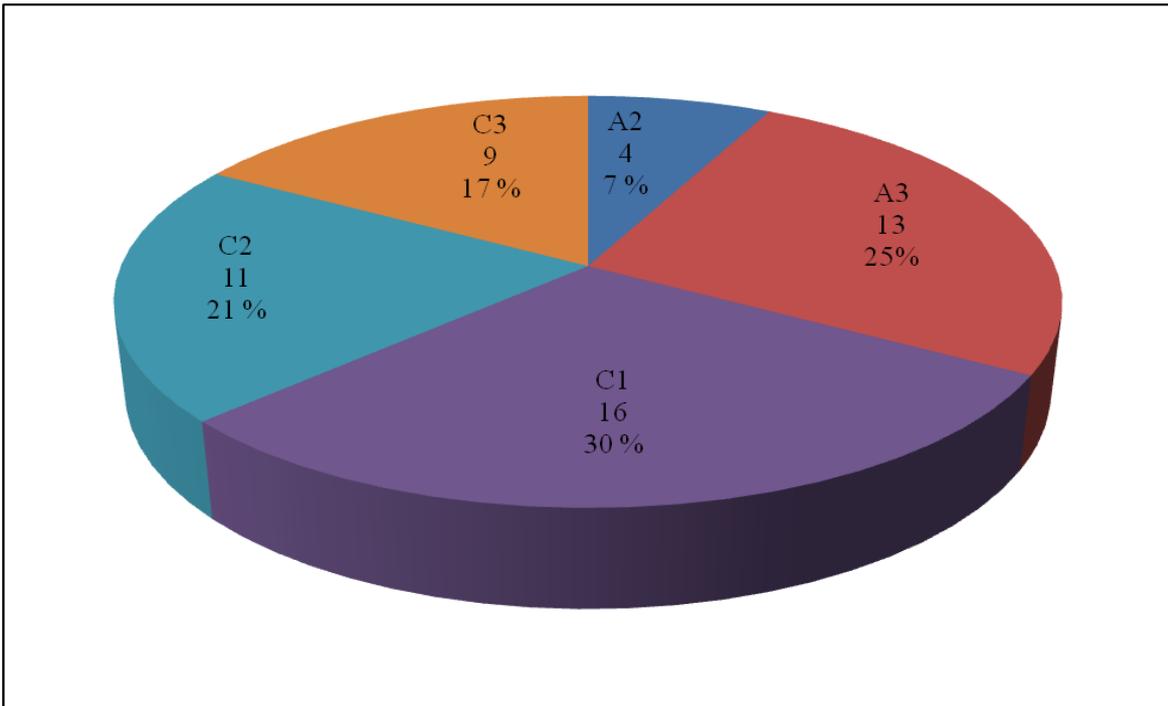


Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation in der multidirektionalen Gruppe

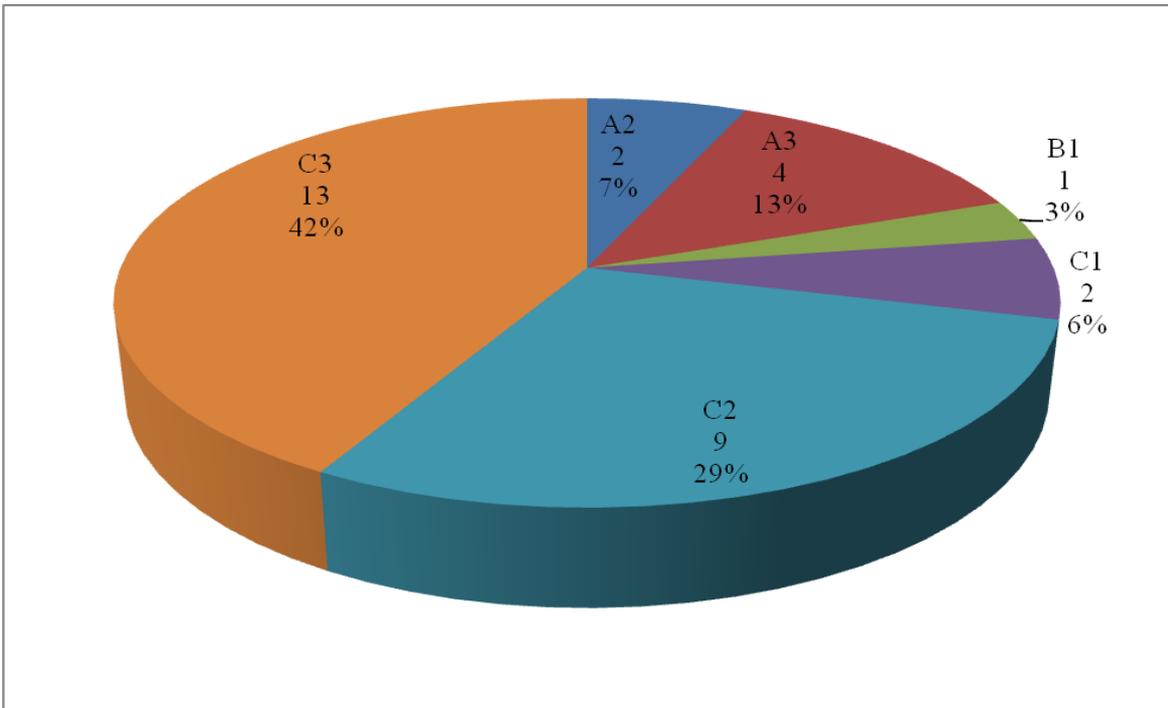


Abbildung 28: Häufigkeitsverteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation in der unidirektionalen Gruppe

2.7 Patientendaten

Im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2006 wurden im Ostalbklinikum Aalen 53 Patienten mit distaler Radiusfraktur mit einer winkelstabilen Platte der Firma Litos versorgt. In dieser multidirektionalen Gruppe befanden sich 69,8 % Frauen im Alter von 26,7 bis 88,2 Jahre und 30,2 % Männer von 32,5 bis 85,6 Jahre alt. Bei den Frauen konnte ein Durchschnittsalter von 63,2 Jahren, bei den Männern von 53,4 Jahren ermittelt werden.

Im Klinikum Crailsheim wurden in dieser Zeit 31 Frakturen mit einer winkelstabilen Platte der Firma Synthes versorgt. Diese unidirektionale Gruppe bildeten 71 % Frauen, im Alter von 22,8 bis 83,5 Jahre und 29 % Männer 26,7 - 55,1 Jahre alt. Das Durchschnittsalter bei den Frauen lag bei 60,2 Jahren, bei den Männern bei 42,6 Jahren.

In beiden Gruppen wurden mehr Frauen als Männer operiert, die operierten Männer waren durchschnittlich jünger als die Frauen.

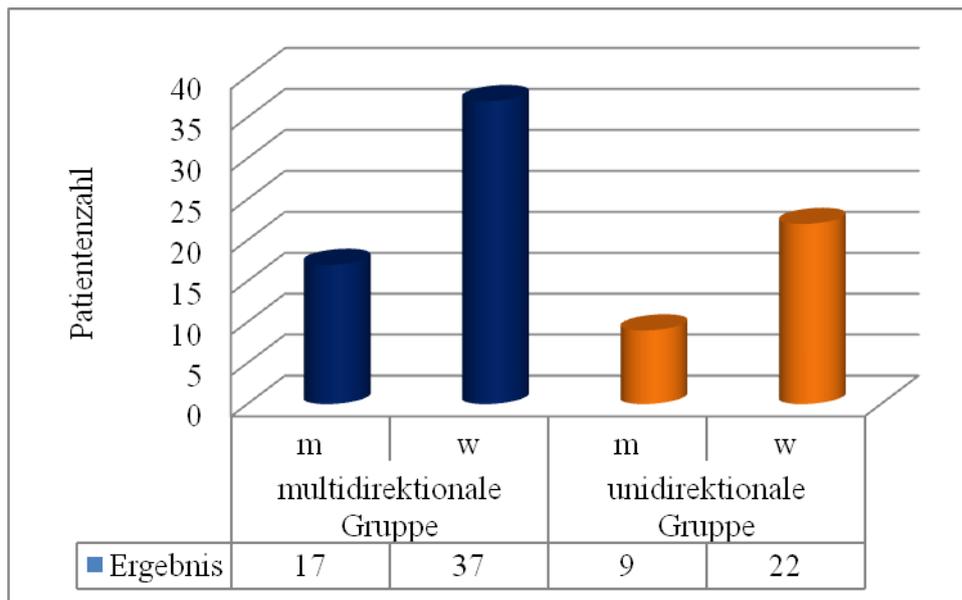


Abbildung 29: Anzahl der untersuchten Frauen (w) und Männern (m) in der multidirektionalen (blau) und der unidirektionalen Gruppe (orange)

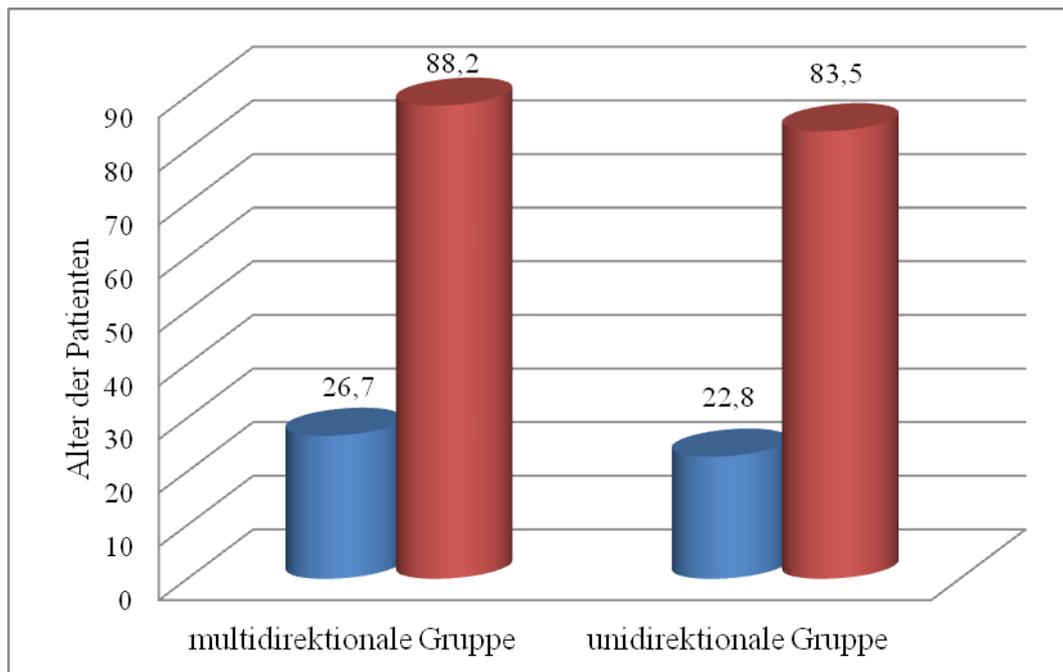


Abbildung 30: Minimales (blau) und maximales (rot) Alter der untersuchten Patienten in der multidirektionalen- und der unidirektionalen Gruppe

Die Patienten wurden in 4 Altersgruppen aufgeteilt:

1. 19 – 49 Jahre
2. 50 – 64
3. 65 – 79
4. 80 und mehr

Wie man auf den Abbildungen 31 und 32 (Seite 51) sieht, war die prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen in der multi- und unidirektionalen Gruppe vergleichbar.

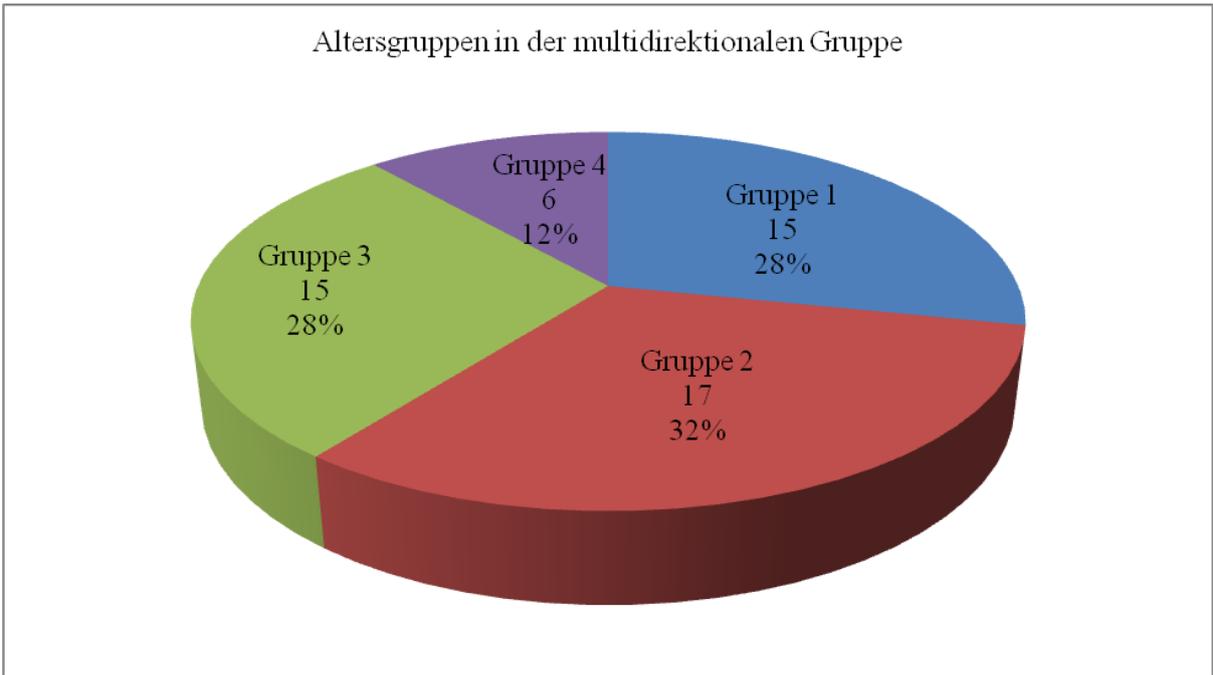


Abbildung 31: Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen in der multidirektionalen Gruppe

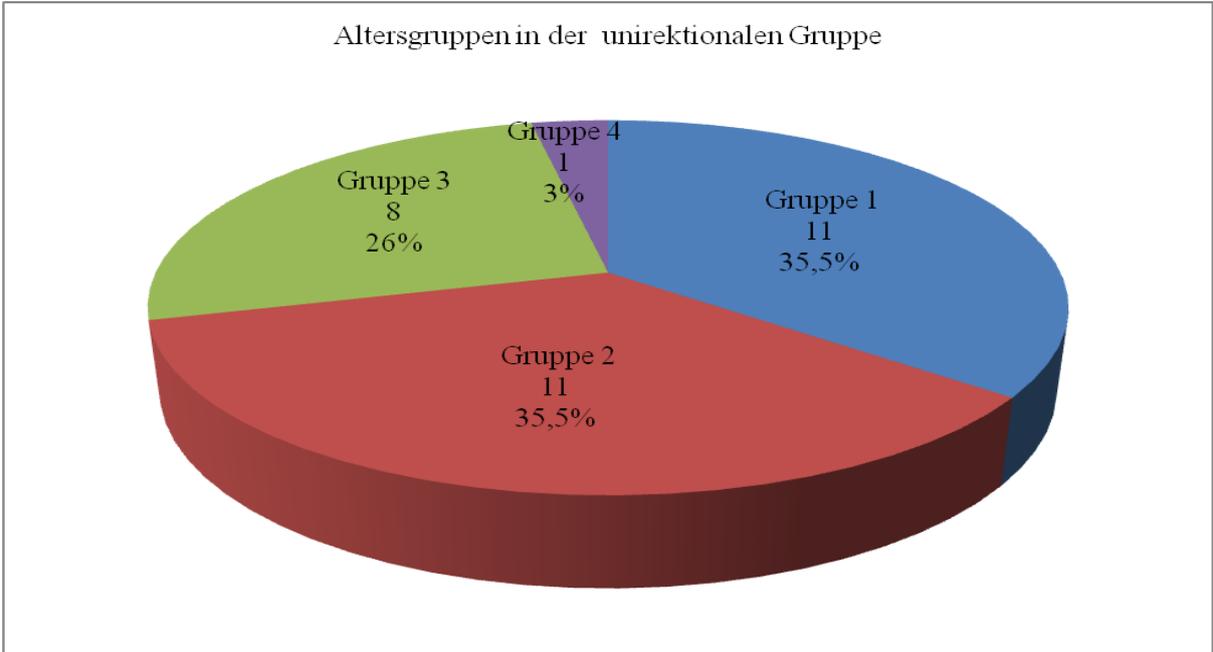


Abbildung 32: Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen in der unidirektionalen Gruppe

2.8 Verletzungsseite

Es gab kaum einen Unterschied zwischen den verletzten Seiten in beiden Gruppen. In beiden Gruppen waren mehr operierte linke Handgelenke als rechte. Abbildung 33 zeigt Details.

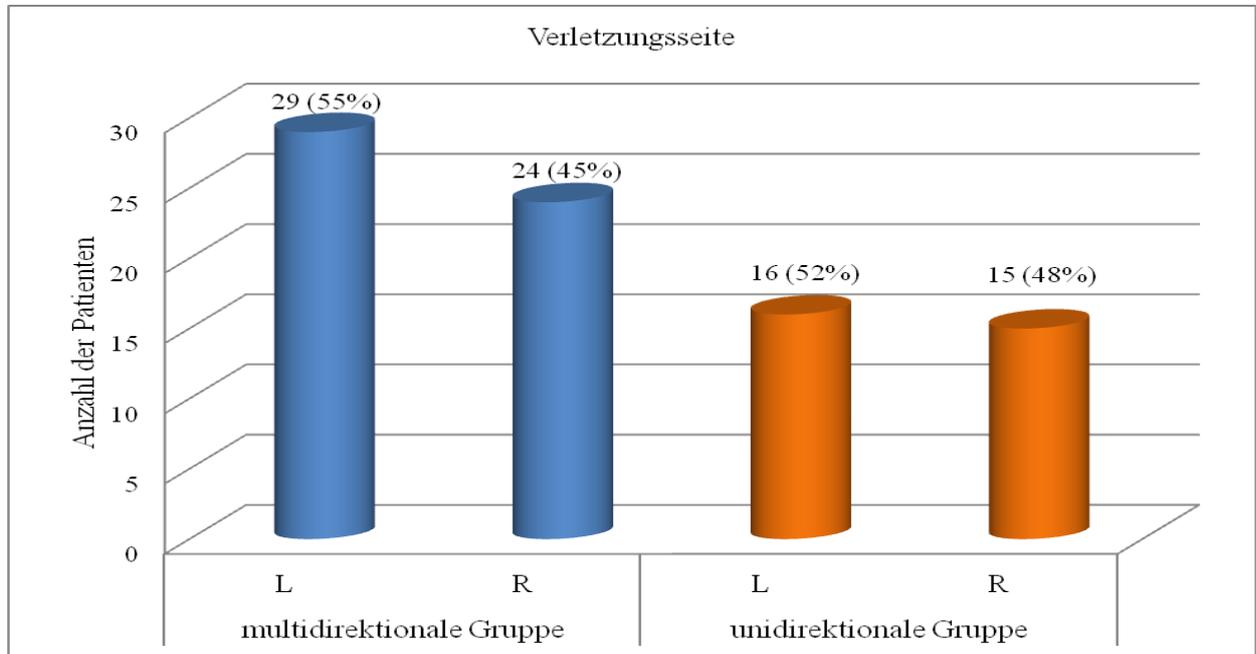


Abbildung 33: Häufigkeit der Verletzungsseite in der multidirektionalen Gruppe (blau) und unidirektionalen Gruppe (orange)

2.9 Rechtshänder und Linkshänder

Die untersuchten Patienten waren in beiden Gruppen vor allem Rechtshänder und brachen sich minimal öfter die Gegenhand als die Führungshand. Sie teilten sich in der multidirektionalen Gruppe in 50 Rechtshänder (94,3 %) und 3 Linkshänder (5,7 %). Zur unidirektionalen Gruppe gehörten 29 Rechtshänder (93,6 %) und 2 Linkshänder (6,4 %). In der multidirektionalen Gruppe brachen sich 23 Verletzte (43,4 %) die Führungshand und 30 Patienten (56,6 %) die Gegenhand. In der unidirektionalen Gruppe brachen sich 15 Personen (48,4 %) die Führungshand und 16 Patienten (51,6 %) die Gegenhand.

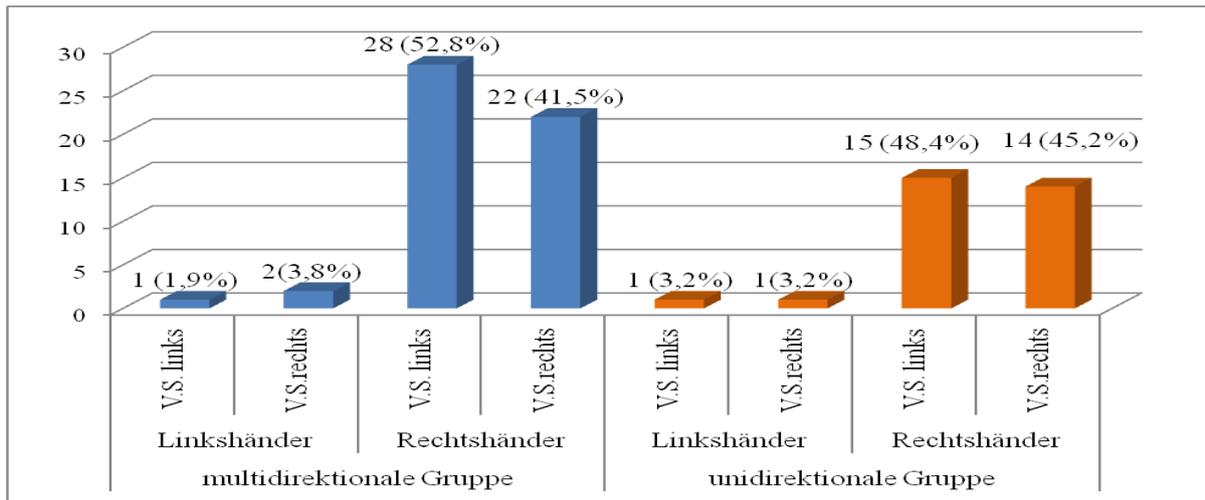


Abbildung 34 : Häufigkeit der Rechtshänder und Linkshänder in der multidirektionalen Gruppe (blau) und unidirektionalen Gruppe (orange) im Vergleich zur Verletzungsseite (V.S.).

2.10 Behandlungszeiten

Die erste Vorstellung der Patienten nach dem Unfall in der chirurgischen Ambulanz oder beim Arzt erfolgte in beiden Gruppen meistens am Unfalltag. (Details Abbildung 35)

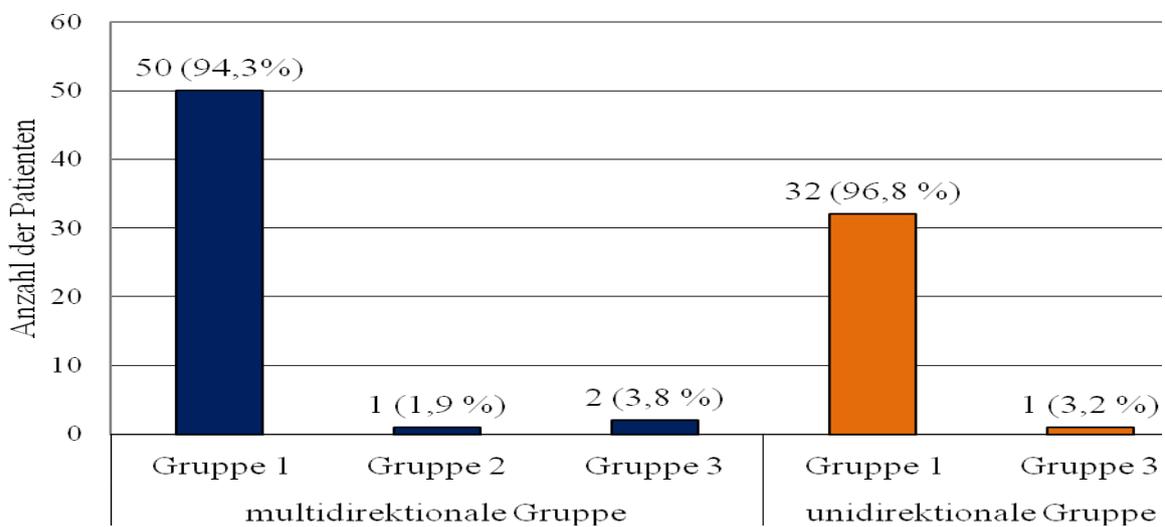


Abbildung 35: Erste Vorstellung nach dem Unfall in der chirurgischen Ambulanz oder beim Arzt in der multidirektionalen Gruppe (blau) und unidirektionalen Gruppe (orange): Gruppe 1 am Unfalltag, Gruppe 2- 1 Tag später und Gruppe 3 ca. 1 Woche später

Die untersuchten Patienten wurden in 4 Gruppen aufgeteilt:

1. Gruppe: Patienten, die am Unfalltag operiert wurden.
2. Gruppe: Patienten, die am ersten Tag nach dem Unfall operiert wurden.
3. Gruppe: Operation 2 Tage nach dem Unfall.
4. Gruppe: Verletzten, die erst mehrere Tage nach dem Unfall operiert wurden.

Genauere Angaben befinden sich in der Abbildung 36 und 37.

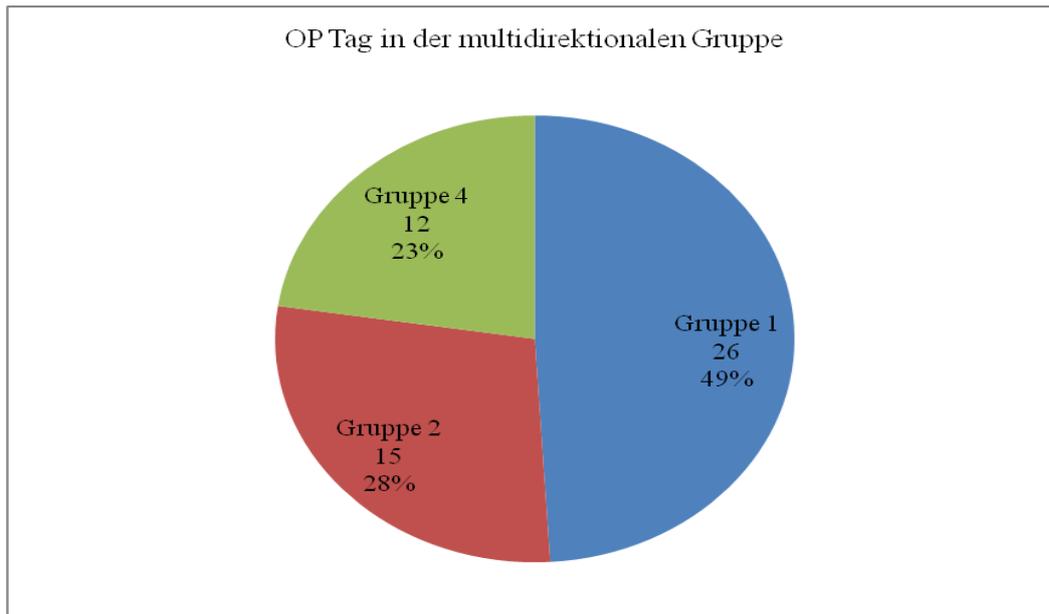


Abbildung 36: Operationstag in der multidirektionalen Gruppe

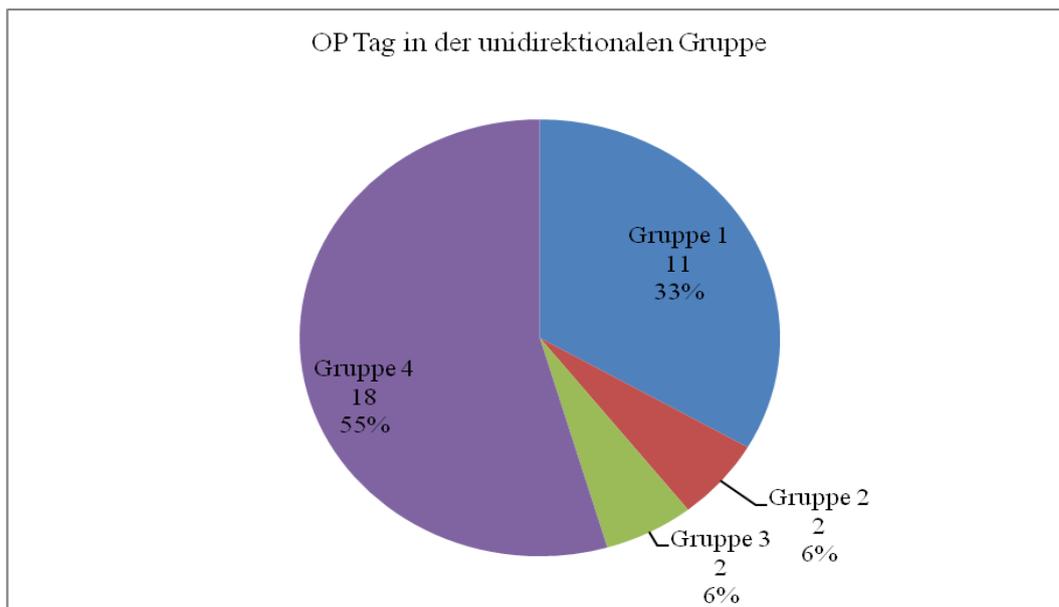


Abbildung 37: Operationstag in der unidirektionalen Gruppe

Insgesamt zeigte sich die Tendenz, dass die Verletzten in der multidirektionalen Gruppe am Unfalltag oder 1 Tag später operativ versorgt wurden und in der unidirektionalen Gruppe ein paar Tage später.

2.11 Ruhigstellungszeiten

Postoperativ wurden die Frakturen in der unidirektionalen Gruppe durchschnittlich etwas länger ruhiggestellt. Die durchschnittliche Ruhigstellungsdauer betrug in der multidirektionalen Gruppe durchschnittlich 14,7 und in unidirektionalen Gruppe 17,6 Tage.

Auf Grund der Ruhigstellungsdauer wurden die Patienten in 4 Gruppen aufgeteilt:

1. Gruppe 10 Tage
2. Gruppe 14 Tage
3. Gruppe 28 Tage
4. Gruppe 42 Tage

In der multidirektionalen Gruppe wurde in 28 % auf eine Ruhigstellung komplett verzichtet und die Patienten wurden primär nur mit einem Verband versorgt. 40 % der Operierten wurden in einer Schiene für 14 Tage ruhiggestellt. (Details siehe Abbildung 38).

In der unidirektionalen Gruppe erfolgte nach jeder Plattenosteosynthese die Ruhigstellung in einer Unterarmgipsschiene. 45 % der Patienten haben eine Schiene für 10 Tage getragen und 26 % der Patienten für 14 Tage. (Details siehe Abbildung 39).

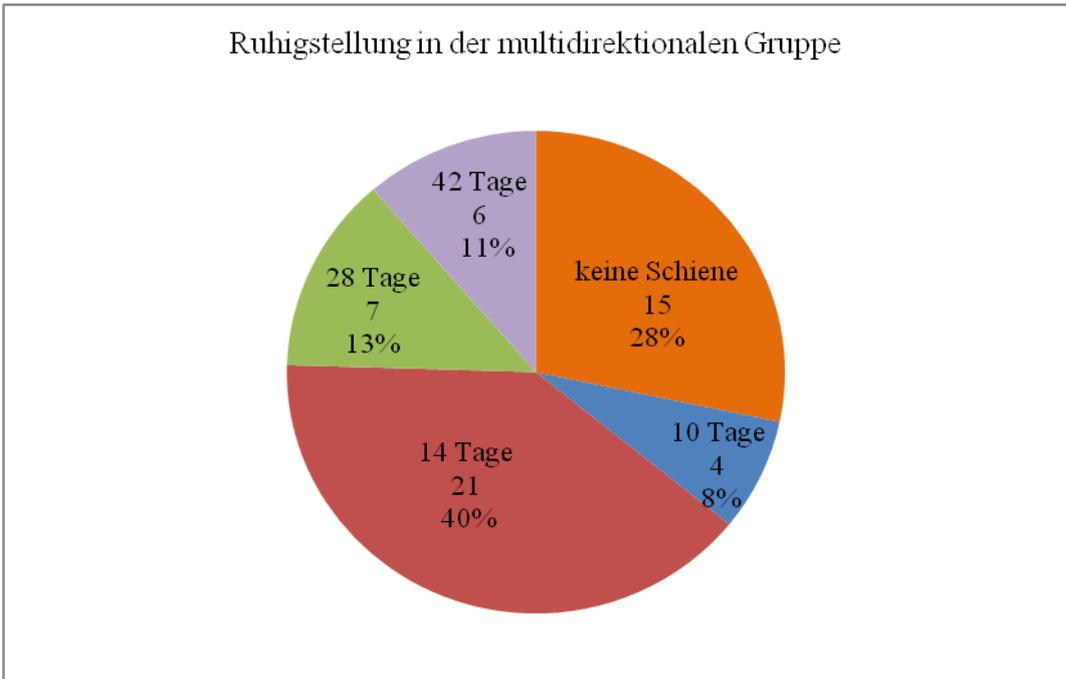


Abbildung 38: Dauer der Ruhigstellung nach OP in der multidirektionalen Gruppe

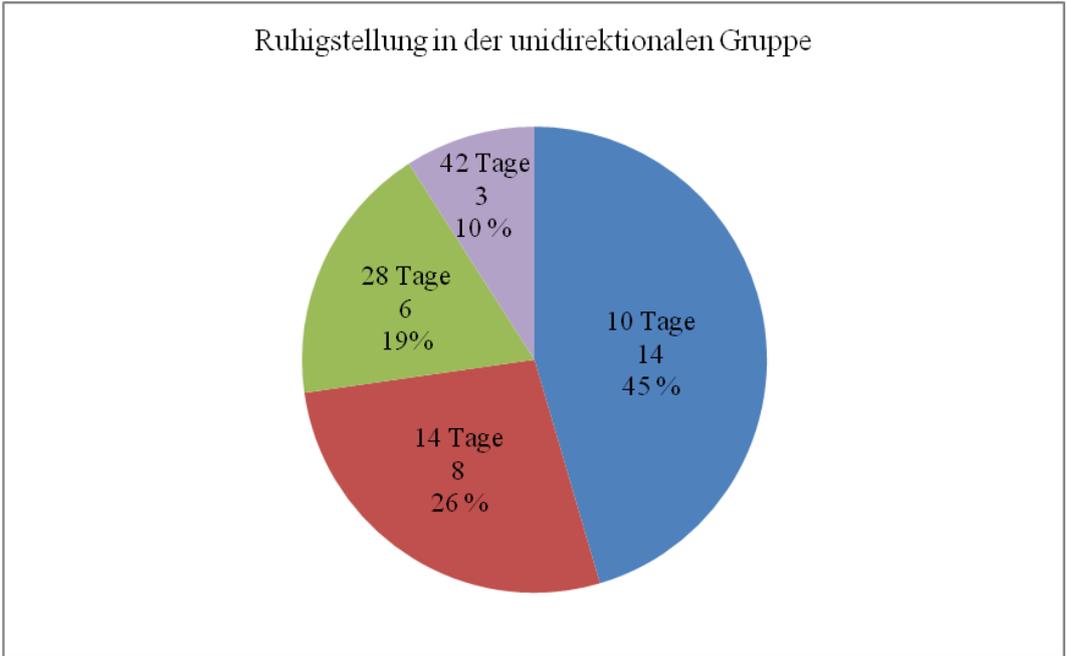


Abbildung 39: Dauer der Ruhigstellung nach OP in der unidirektionalen Gruppe

2.12 Krankengymnastische Übungen

Die meisten Patienten aus beiden Gruppen haben eine krankengymnastische Übungsbehandlung nach der Operation durchgeführt. In der multidirektionalen Gruppe waren das 42 (79 %) der Operierten, 11 Patienten (21 %) verzichteten auf die Übungen. In der unidirektionalen Gruppe nahmen 25 Operierte (81 %) krankengymnastische Übungen in Anspruch und 6 Patienten (19 %) sind ohne Krankengymnastik zu Recht gekommen.

Durchschnittlich hat man in der multidirektionalen Gruppe minimal früher, 2,8 Wochen nach der Operation mit der Krankengymnastik begonnen und in der unidirektionalen Gruppe nach 3 Wochen. Die größte Anzahl der Patienten aus beiden Kliniken hat 2 Wochen nach dem Eingriff mit der Krankengymnastik begonnen. 6 operierte Patienten in der multidirektionalen Gruppe (14 %) haben schon 1 Woche nach dem Eingriff mit den krankengymnastischen Übungen angefangen, 18 Patienten (43 %) 2 Wochen nach Operation, 9 Patienten (21,5 %) 4 Wochen und 9 Patienten (21,5 %) mehrere Wochen nach dem Eingriff. In der unidirektionalen Gruppe übten 4 Patienten (16 %) schon nach 1 Woche, 12 Patienten (48 %) nach 2 Wochen, 4 Patienten (16 %) nach 4 Wochen und 5 Patienten (20 %) nach mehr als 4 Wochen.

Die krankengymnastische Behandlung in der multidirektionalen Gruppe dauerte durchschnittlich bis 11 Wochen nach dem Unfalltag. Die kürzeste Behandlungszeit waren 3 Wochen, die längste 130 Wochen. In der unidirektionalen Gruppe betrug die durchschnittliche Behandlungszeit 15,6 Wochen, minimal 5 Wochen und maximal 52 Wochen nach dem Eingriff.

Die Anzahl der krankengymnastischen Anwendungen war in der multidirektionalen Gruppe durchschnittlich kleiner und lag bei 18,7 Anwendungen, minimal 6 und maximal 260.

Die operierten Patienten in der unidirektionalen Gruppe brauchten durchschnittlich 25,2 Anwendungen, minimal 6 und maximal 100.

2.13 Komplikationen

Zu den Komplikationen gehörten postoperative Gefühlsstörung, posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom, Sehnenruptur, sekundäre Dislokation, revisionsbedürftige Bewegungseinschränkung mit Sehnenverklebung, CRPS und Wundinfekt.

Nach der Osteosynthese mit der multidirektionalen Platte traten auf:

- postoperative Gefühlsstörung bei 5 Patienten (9,43 %)
- Karpaltunnelsyndrom bei 2 Patienten (3,77 %)
- Sehnenrupturen bei 4 Patienten (7,55 %)
- operationsbedürftige Bewegungseinschränkung bei Sehnenverklebung oder Tendovaginitis stenosa von Quervain bei 3 Patienten (5,66 %)
- CRPS bei 1 Patienten (1,89 %)

Nach der Osteosynthese mit der unidirektionalen Platte traten auf:

- postoperative Gefühlsstörung bei 4 Patienten (12,9 %)
- sekundäre Dislokation bei 1 Patienten (3,22 %)
- CRPS bei 2 Patienten (6,45 %)
- Wundinfekt bei 1 Patienten (3,22 %)

2.14 Revision und Metallentfernung

Die verwendeten Platten aus Titan sind für den menschlichen Körper sehr gut verträglich und eine Materialentfernung wird deshalb nicht routinemäßig empfohlen oder durchgeführt.

Eine Metallentfernung findet statt bei störendem Material, Infektion, Materialdislokation und oft auf Wunsch des Patienten.

In der multidirektionalen Gruppe hat man bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 20 Platten (37,8 %) und in der unidirektionalen Gruppe nur 2 (6,5 %) entfernt.

Eine Revision mit Rekonstruktion der Extensor pollicis longus Sehne bei Ruptur war bei 2 Patienten (3,8 %) aus der multidirektionalen Gruppe erforderlich.

Eine Rekonstruktion der Flexor pollicis longus Sehne war bei 2 weiteren Operierten aus der multidirektionalen Gruppe sekundär erforderlich. Damit lagen die sekundären Sehnenrupturen in der multidirektionalen Gruppe bei 7,6%

Eine postoperative Bewegungseinschränkung bei Sehnenverklebungen oder eine Tendovaginitis stenosa von Quervain erforderte bei 3 Patienten (5,7 %) aus der multidirektionalen Gruppe entsprechende Folgeeingriffe.

Es gibt verschiedene Studien, die für und gegen die primäre Spaltung des Karpaldachs bei der

Plattenosteosynthese sprechen. Im Ostalb-Klinikum Aalen (multidirektionale Gruppe) wird die Spaltung nicht regelmäßig durchgeführt. Nur bei 4 Fällen (7,5 %) hat man den Karpaltunnel gespalten. Im Klinikum Crailsheim (unidirektionale Gruppe) wird dieser Eingriff regelmäßig bei der weit distalen Plattenosteosynthese durchgeführt. Dies war bei 29 Patienten (93,5 %) der Fall. In keinem Fall war es dadurch zu einer Beeinträchtigung der Medianusfunktion gekommen.

Eine sekundäre Karpaldachspaltung war bei 2 Patienten aus der multidirektionalen Gruppe (3,8%) erforderlich .

Eine postoperative Dislokation mit notwendiger sekundärer Korrekturosteotomie beobachtete man bei einem Patienten (3,2 %) aus der unidirektionalen Gruppe.

III ERGEBNISSE

3.1 Allgemeine Daten: Geschlecht, Alter, AO Klassifikation, Verletzungsseite, Händigkeit, Behandlungszeiten

Die beiden verglichenen, nachuntersuchten Patientengruppen wurden jeweils über den palmaren Zugang und ausschließlich mit einer volaren winkelstabilen Platte versorgt. Zu der Gruppe, bei der die multidirektionale Platte verwendet wurde, gehörten 53 Patienten (n=53). Zu der Gruppe, bei der die unidirektionale Platte implantiert wurde gehörten 31 Patienten (n=31).

In den beiden Gruppen hat man mehr Frauen als Männer operiert. Bezüglich beider Geschlechter zeigte sich keine signifikante Differenz zwischen beiden Gruppen ($p=0,911$). (Details Tabelle 1). In der unidirektionalen Gruppe waren die Patienten etwas jünger als in der multidirektionalen Gruppe (Tabelle 1), es gab jedoch keine signifikante Altersdifferenz ($p=0,163$). Die operierten Männer waren in beiden Gruppen durchschnittlich jünger als die Frauen.

Die versorgten Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation aufgeteilt. Hier findet man in der beiden Gruppen vor allem C Frakturen (in der unidirektionalen Gruppe mehr als in der multidirektionalen), dann A und B Frakturen (Details Tabelle 1). Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der operierten Gruppe und dem Frakturtyp. Die weitere Aufteilung zeigt, dass in der multidirektionalen Gruppe mehr einfache C1 Frakturen versorgt wurden gefolgt von C2 und C3 Frakturen. In der unidirektionalen Gruppe gab es mehr mehrfragmentären C3 Frakturen, gefolgt von C2 und C1 Frakturen. Demnach wurden in der unidirektionalen Gruppe mehr C Frakturen und davon häufiger mehrfragmentäre C3 Frakturen operiert.

In beiden Gruppen untersuchte man minimal mehr operierte linke Handgelenke als rechte. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der verletzten Seite in beiden Gruppen ($p=0.783$).

In beiden Gruppen fand man vor allem Rechtshänder. Es gab keine signifikante Korrelation zwischen der Führungshand und der operierten Gruppe ($p=0.353$).

Die erste Vorstellung des Patienten nach dem Unfall in der chirurgischen Ambulanz erfolgte in beiden Gruppen in über 90 % am Unfalltag.

Die Verletzten in der multidirektionalen Gruppe wurden am Unfalltag oder einen Tag später operativ versorgt und in der unidirektionalen Gruppe im Schnitt ein paar Tage später. Der Zeitraum von der Verletzung bis zur Operation war in der unidirektionalen Gruppe im Vergleich zu der multidirektionalen Gruppe ($p\text{-Wert}=0.013$) signifikant höher. Die Erklärung hierfür ist

das Behandlungsregime in Crailsheim, welches entweder eine Operation im 6 Stundenzeitraum bei entsprechender Indikation vorsieht oder dann nach Abklingen der Hauptschwellungsphase nach 3-4 Tagen die planmäßige Operation.

Tabelle 1: Ergebnisse der demographischen- und Verletzungseigenschaften in Bezug auf behandelte Gruppen (uni- und multidirektional)

Variables	unidirektionale Gruppe (n=31)	multidirektionale Gruppe (n=53)	p-Wert
Geschlecht			0.911 *
Männer	9 (29.0)	16 (30.2)	
Frauen	22 (71.0)	37 (69.8)	
Alter (Jahre)	55.1±16.9	60.3±15.0	0.163 **
AO Klassifikation			0.195 ***
A	6 (19.4)	17 (32.1)	
B	1 (3.2)	0 (0.0)	
C	24 (77.4)	36 (67.9)	
Verletzungsseite			0.783 *
Rechts	15 (48.4)	24 (45.3)	
Links	16 (51.6)	29 (54.7)	
Führungshand			0.353 ****
Rechts	29 (93.5)	50 (94.3)	
Links	2 (6.5)	3 (5.7)	
Zeit von der Verletzung zur Operation (Tage)	2.7±1.9	2.0±1.2	0.013 **

Daten sind vorgestellt als N (%) oder Mittelwert ±Standardabweichung.

* p-Wert gewonnen aus dem Chi-Quadrat-Test

** p-Wert gewonnen aus dem Student-t-Test

*** p-Wert gewonnen aus der Erweiterung von Freeman-Halton des Exakten Fisher-Tests

**** p-Wert gewonnen aus dem Exakte Fisher-Test

3.2 DASH Score (Primärziel) und Score nach Castaing (Sekundärziel)

Der durchschnittliche DASH -Wert in der multidirektionalen Gruppe war kleiner als in der unidirektionalen Gruppe. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen lässt sich mittels Mann-Whitney Test nicht nachweisen (p=0,198). (Details Tabelle 2).

Tabelle 2: Ergebnisse des DASH Score und Score nach Castaing in Bezug auf behandelte Gruppen

Variables	unidirektionale Gruppe (n=31)	multidirektionale Gruppe (n=53)	p-Wert [*]
DASH Score			0.198 [*]
Mittelwert (SD)	19.5±22.0	15.0±19.7	
Median (Min;Max)	10.8 (0.0;84.2)	6.7 (0.0;83.3)	
Castaing Score			0.746 [*]
Mittelwert (SD)	2.3±2.3	2.7±2.9	
Median (Min;Max)	1.0 (0.0;11.0)	2.0 (0.0;13.0)	

^{*}p-Wert gewonnen aus dem Mann-Whitney Test, SD (Standardabweichung)

Tabelle 3: Ergebnisse des DASH Score und Score nach Castaing in Bezug auf AO Klassifikation und behandelte Gruppen

Variables	unidirektionale Gruppe (n=30)	multidirektionale Gruppe (n=53)	p-Wert [*]
DASH Score			
Frakturen Typ A			
n	6	17	
Mittelwert (±SD)	11.4±9.8	15.7±15.4	0.440 [*]
Frakturen Typ C			
n	24	36	
Mittelwert (±SD)	22.3±23.9	14.6±21.6	0.083 ^{**}
Castaing Score			
Frakturen Typ A			
n	6	17	
Mittelwert (±SD)	1.3±0.8	2.3±1.8	0.263 ^{**}
Frakturen Typ C			
n	24	36	
Mittelwert (±SD)	2.6±2.5	2.9±3.3	0.868 ^{**}

^{*}p-Wert gewonnen aus dem Student-t-Test

^{**}p-Wert gewonnen aus dem Mann-Whitney Test

Im Bezug auf den Frakturtyp in der multidirektionalen Gruppe ein Mittel-DASH-Wert für die C-Fraktur war überraschend kleiner als für die A-Fraktur (Details Tabelle 3). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturtypen in dieser Gruppe lässt sich nicht nachweisen (p=0.376).

Umgekehrte Ergebnisse fand man in der unidirektionalen Gruppe. Die Verletzten nach Versorgung einer A-Fraktur hatten besseren Mittel-DASH-Wert als nach Versorgung einer C-Fraktur (Details Tabelle 3). Auch hier gab es kein signifikanter Unterschied ($p=0.098$).

Es gab auch keine Beweise für eine bedeutende Korrelation zwischen der behandelten Gruppe (unidirektional oder multidirektional) und dem Frakturtyp ($p=0.440$ für die A Frakturen und $p=0.083$ für die C-Frakturen).

Die subjektive Angaben des Patienten bezüglich der Beschwerden und der Funktion der Hand, die Funktion des Handgelenks (Dorsalflexion, Palmarflexion, Ulnarabduktion, Radialabduktion, Pronation und Supnation) sowie die radiologischen Ergebnisse (Dorsalkippung, Radialkippung, Arthrosezeichen, Ulnarvorschub) wurden mit dem Score nach Castaing beurteilt.

In der multidirektionalen Gruppe gab es 9 Patienten (17 %) mit perfekten Ergebnissen, 36 Patienten (67,9 %) mit guten Ergebnissen, 7 Fälle (13,2 %) waren genügend und 1 Fall (1,9 %) mäßig. Unter den Operierten in der unidirektionalen Gruppe gab es 4 Patienten (12,9 %) mit perfekten Ergebnissen, 25 (80,6 %) mit guten Ergebnissen und 2 (6,4 %) waren genügend.

In beiden Gruppen gab es keine schlechten oder sehr schlechten Ergebnisse. Insgesamt erlangten 29 (93,5 %) Patienten in der unidirektionalen Gruppe und 45 (84,9 %) in der multidirektionalen Gruppe perfekte bis gute Ergebnisse.

Die unidirektionale Gruppe hatte einen kleineren (besseren) arithmetischen Mittelwert (SD) als die multidirektionale Gruppe (Tabelle 2). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen lässt sich mittels Mann-Whitney Test nicht nachweisen ($p=0.746$).

Die Analyse der Ergebnissen nach Castaing abhängig von den Frakturtypen in der multidirektionalen Gruppe zeigte einen besseren Mittelwert für den Patienten mit einer A-Fraktur als für den mit einer C-Fraktur (Tabelle 3), es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede $p=0,0901$. Auch in der unidirektionalen Gruppe erreichten die Verletzten bei einer A Fraktur einen besseren Mittelwert als nach einer C Fraktur (Details Tabelle 3). Es gab auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen A und C Fraktur versorgt mit unidirektionaler Platte.

Es gab auch keine signifikante Korrelation zwischen der behandelten Gruppe unidirektional oder multidirektional und dem Frakturtyp ($p=0.263$ für die A Frakturen und $p=0.868$ für die C-Frakturen).

Die weitere statistische Auswertung aller Frakturtypen (A2, A3, C1, C2, C3) ist nicht möglich auf Grund der zu kleinen Fallzahl. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 40 und 41 vorgestellt.

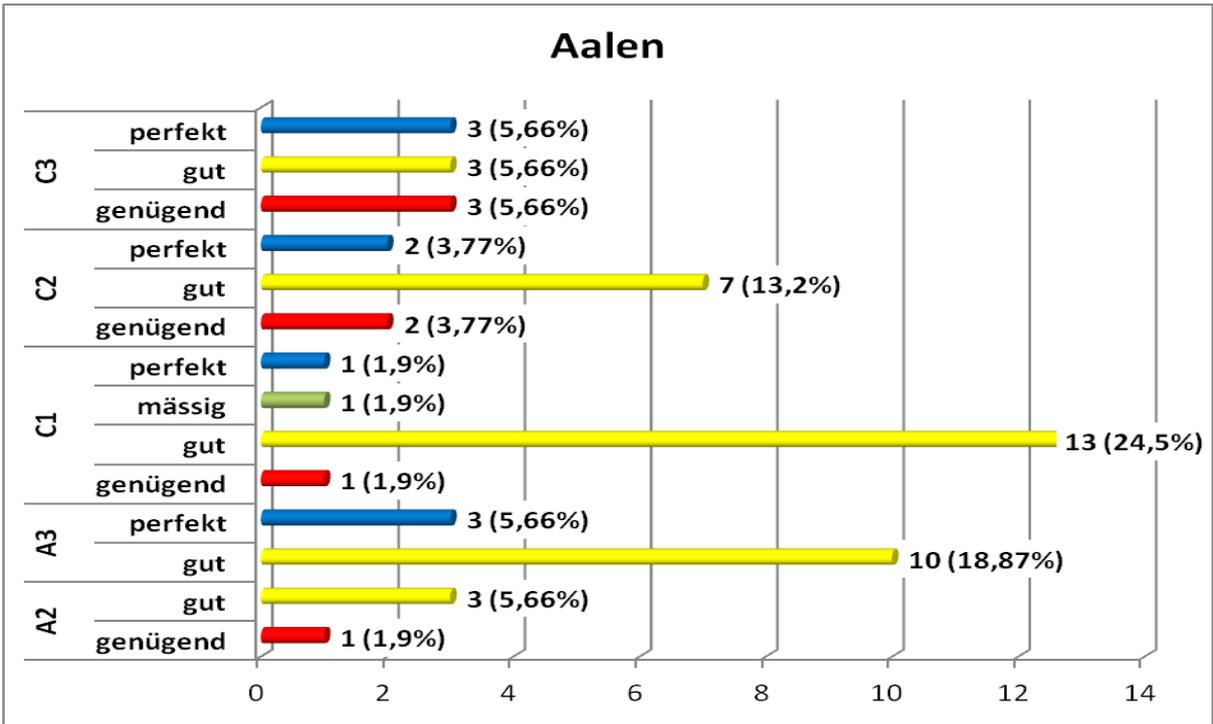


Abbildung 40: Ergebnisse nach Castaing nach multidirektionaler Plattenosteosynthese in Aalen in Bezug auf den Frakturtyp (blau: perfekt, gelb: gut, rot: genügend, grün: mässig)

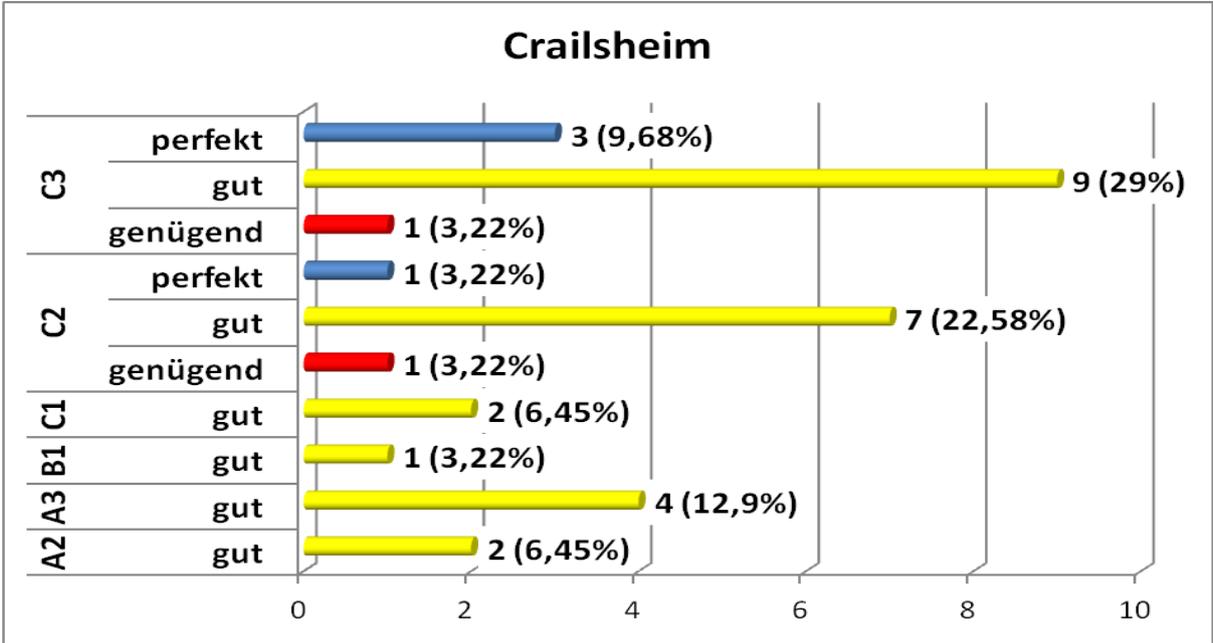


Abbildung 41: Ergebnisse nach Castaing in Bezug auf den Frakturtyp nach unidirektionalen Plattenosteosynthese in Crailsheim (blau: perfekt, gelb: gut, rot: genügend)

3.3 Ergebnisse der Messung des Bewegungsumfangs

Alle Patienten wurden unter Zuhilfenahme des Messblattes für obere Gliedmaßen (nach der Neutral - 0 – Methode) untersucht. Durchschnittlich fand man folgende Unterschiede der Beweglichkeit zwischen dem gesunden und operierten Handgelenk (ROM) in der multidirektionalen Gruppe: Supination um ca. 5 %, Pronation 3 %, Extension 8,62 %, Flexion 9,52 %, Ulnarabduktion 5,71 % Radialabduktion 6,16 %, dies war schlechter als bei gesunder Seite.

Die Unterschiede der Beweglichkeit zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk in der unidirektionalen Gruppe waren minimal kleiner als in der multidirektionalen Gruppe. Durchschnittlich fand man folgende Unterschiede der Beweglichkeit zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk nach Plattenosteosynthese in der unidirektionalen Gruppe: Supination um 0%, Pronation 0,37 %, Extension 5,98 %, Flexion 11,38 %, Ulnarabduktion 5,14 %, Radialabduktion 4,6 % . Also ROM (Range of motion) war besser in der unidirektionalen Gruppe.

Nach dem Student-t-Test zeigten sich für Pronation, Extension, Flexion, Ulnar- und Radialabduktion des Handgelenkes im Vergleich der operierten Seite in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Nur die Supination in der unidirektionalen Gruppe war signifikant besser ($p=0,03$) als in der multidirektionalen Gruppe. Außerdem war in der unidirektionalen Gruppe die Pronation, Extension und Radialabduktion besser (nicht signifikant) aber die Flexion und die Ulnarabduktion waren schlechter (auch nicht signifikant) als in der multidirektionalen Gruppe (Details Tabelle 4).

Tabelle 4: Vergleich des Bewegungsumfanges des operierten und gesunden Handgelenks in der multidirektionalen- und unidirektionalen Gruppe

Variables	unidirektionale Gruppe (n=31)		multidirektionale Gruppe (n=53)		p-Wert *
	operierte Hand	gesunde Hand	operierte Hand	gesunde Hand	
Supination (Grad)					0.030 *
Mittelwert (SD)	83.2±6.0	83.2±6.0	77.8±15.9	81.9±7.4	
Median (Min;Max)	80 (70;90)	80(70;90)	80(0;90)	80(60;90)	
Pronation (Grad)					0.733 *
Mittelwert (SD)	87.1±5.9	87.4±5.8	86.4±12.3	89.1±3.5	
Median (Min;Max)	90(70;90)	90(70;90)	90(20;90)	90(70;90)	
Extension (Grad)					0.094 *
Mittelwert (SD)	54.9±11.0	58.4±11.9	49.9±15.9	54.6±13.9	
Median (Min;Max)	55(30;80)	60(30;80)	50(10;80)	60(10;80)	
Flexion (Grad)					0.974 *
Mittelwert (SD)	54.0±17.9	61.0±14.9	54.2±12.9	59.8±11.9	
Median (Min;Max)	50(10;80)	60(30;85)	55(20;80)	60(30;85)	
Ulnar Abduktion (Grad)					0.572 *
Mittelwert (SD)	40.6±9.5	42.8±10.1	41.9±10.5	44.4±9.3	
Median (Min;Max)	40(20;60)	45(10;60)	40(20;65)	40(20;65)	
Radial Abduktion (Grad)					0.571 *
Mittelwert (SD)	23.2±7.6	24.4±7.4	22.1±10.9	23.5±10.2	
Median (Min;Max)	20(10;40)	20(15;40)	20(0;50)	20(5;50)	

* p-Werte sind auf den Student-t-Test zurückzuführen gewesen und haben die Verbindung zwischen Handgelenkbeweglichkeitsrahmen und Behandlungsgruppe in der operierten Hand untersucht.

3.4 Radiologische Ergebnisse

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde eine radiologische Kontrolle des Handgelenks in 2 Ebenen bei allen Patienten ca. 2 Jahre nach der Operation durchgeführt. Folgende Parameter wurden bewertet: Dorsalkippung, Radialkippung, Arthrose und Ulnavorschub. Diese Parameter wurden indirekt mit Score nach Castaing ausgewertet. Die Röntgenkontrollaufnahmen zeigten einen normalen Befund (regelrechte Gelenkstellung, keinen Arthrosezeichen) bei 56,6 % des Patientenguts aus der multidirektionalen Gruppe und bei 67,7 % aus der unidirektionalen Gruppe.

3.5 Ergebnisse der Physiotherapie

Die meisten Patienten aus beiden Gruppen haben eine krankengymnastische Übungsbehandlung nach der Operation durchgeführt. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ($p=0,878$), Details Tabelle 5.

Durchschnittlich hat man in der multidirektionalen Gruppe 2,8 Wochen nach der Operation mit Krankengymnastik begonnen und in der unidirektionalen Gruppe nach 3 Wochen.

Die krankengymnastische Behandlung in der multidirektionalen Gruppe dauerte durchschnittlich kürzer als in der unidirektionalen Gruppe. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war nicht signifikant ($p=0,26$). (Tabelle 5)

Auch die Anzahl der krankengymnastischen Anwendungen war in der multidirektionalen Gruppe durchschnittlich kleiner als in der unidirektionalen Gruppe. Bezüglich beider Gruppen zeigt sich keine signifikante Differenz ($p=0,4$).

Tabelle 5: Ergebnisse der Physiotherapie in Bezug auf behandelte Gruppen

Variables	unidirektionale Gruppe (n=31)	multidirektionale Gruppe (n=53)	p-Wert
Krankengymnastik			0.878 *
Nein	6 (19.4)	11 (20.8)	
Ja	25 (80.6)	42 (79.2)	
Dauer der Krankengymnastik (Wochen))	15.6±13.5	11.0±19.3	0.260 *
Anzahl der Behandlungen	25.2±23.8	18.7±39.0	0.400 *

Daten sind vorgestellt als N (%) oder Mittelwert ±Standardabweichung.

* p-Wert gewonnen aus Student-t-Test

3.6 Komplikationen

Beim untersuchten Kollektiv nach der Osteosynthese mit der multidirektionalen Platte ($n=53$) hat man insgesamt 15 (27,3 %) Komplikationen festgestellt. Dazu zählten: 5 postoperative Gefühlsstörungen, 2 Karpaltunnelsyndrome, 4 Sehnenrupturen, 3 operationsbedürftige Bewegungseinschränkungen bei Sehnenverklebung oder Tendovaginitis stenosaans de Quervain und 1 CRPS.

In der unidirektionalen Gruppe ($n=31$) stellte man 8 Komplikationen (25,8%) fest. Hier gab es: 4 postoperative Gefühlsstörungen, eine sekundäre Dislokation, 2 CRPS und einen Wundinfekt.

Der Unterschied zwischen der Anzahl der Komplikationen in beiden Gruppen war nicht signifikant ($p=0.883$ gewonnen aus dem Chi-Quadrat-Test).

Man sieht, dass die multidirektionale Gruppe einige Sehnenverletzungen hatte, die in der unidirektionalen Gruppe nicht auftraten. Dafür kam es in der unidirektionalen Gruppe zu einer sekundäre Dislokation.

IV DISKUSSION

Die distale Radiusfraktur stellt die häufigste Fraktur beim Menschen dar. In Deutschland treten über 200.000 Frakturen pro Jahr auf (3). Aufgrund demographischer Veränderungen in den Industrieländern und der daraus resultierenden stetig wachsenden Bevölkerungszahl sowie der erhöhten Lebenserwartung wird eine Zunahme der Inzidenz der distalen Radiusfrakturen bis zum Jahr 2030 um 50 % erwartet (4). Deshalb sind eine optimale Behandlung der Frakturen sowie gute postoperative Ergebnisse wichtig.

Die Wiederherstellung der Anatomie des Handgelenks wurde für das Erreichen einer guten Funktion als essenziell angegeben. Während bis Mitte der 1990er Jahre die distale Radiusfraktur eine Domäne der konservativen Behandlung war, ist derzeit ein deutlicher Trend zur operativen Versorgung vorhanden. Sicherlich ist dies auf die Weiterentwicklungen der winkelstabilen Plattensysteme zurückzuführen. Der Wandel erfolgte aber ohne konklusive Evidenz aus der Literatur. Für die Behandlung distaler Radiusfrakturen im Kindesalter gibt es gute Behandlungskonzepte. Hingegen stellt die Behandlung von instabilen Radiusfrakturen bei älteren Patienten immer noch eine Herausforderung dar, ein optimales Behandlungskonzept fehlt (5). Mit Einführung von winkelstabilen Implantaten haben sich die Möglichkeiten zur Versorgung von instabilen distalen Radiusfrakturen wesentlich verbessert und der Prozentsatz operativ versorgter Frakturen nahm stetig zu.

In den letzten Jahren gibt es einen Trend hin zu multidirektional-winkelstabilen Implantatsystemen. Diese Plattensysteme erlauben eine multidirektionale winkelstabile Schraubenplatzierung, um gezielt Frakturfragmente zu erreichen (4). Laut Wolter et al., erleichtert die multidirektionale Schraube dem Operateur die Arbeit und durch die mögliche individuelle wählbare Schraubenrichtung lassen sich die Schrauben theoretisch in der biomechanisch optimalen Position platzieren mit einer längst möglichen Schraubenlänge und damit maximalen Stabilität (50). Sind die postoperative Ergebnisse nach Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit der multidirektionalen winkelstabilen Platte besser als nach Versorgung mit der unidirektionalen winkelstabilen Platte ?

In der Literatur werden vergleichbare Resultate bei der Anwendung eines unidirektionalen und eines multidirektionalen winkelstabilen Implantatsystems beschrieben. Die Studien sind jedoch limitiert. Bei der Versorgung von je 20 Patienten mit unidirektionalem und multidirektionalem Plattensystem bei C1- und C2-Frakturen fanden Hakimi et al. nur Unterschiede in der Durchleuchtungszeit, aufgrund einer vermehrten Schraubenbesetzung bei der polyaxialen

Platte. Meier et al. zeigten in einer prospektiv angelegten Studie von 20 Patienten mit distaler Radiusfraktur, welche durch eine multidirektionale winkelstabile palmare Plattenosteosynthese versorgt wurden, dass nach einem Follow up von 6 Monaten die klinischen und radiologischen Ergebnisse der multidirektionalen Implantate mit denen der monodirektionalen vergleichbar sind, sofern eine exakte und differenzierte Indikationsstellung sowie eine korrekte technische Durchführung erfolgt war.(4,60)

In dieser Arbeit werden die Nachuntersuchungsergebnisse nach Anwendung zweier winkelstabiler Plattensysteme zur Versorgung von distalen Radiusfrakturen, unidirektional von der Firma Synthes bei Patienten im Klinikum Crailsheim und multidirektional von der Firma Litos bei Patienten im Ostalbklinikum Aalen verglichen.

Alle Patienten in beiden Gruppen wurden über den palmaren Zugang und ausschließlich mit winkelstabiler Platte versorgt. Zu der multidirektionalen Gruppe gehörten 53 Untersuchte (n=53); zu der unidirektionalen Gruppe 31 Untersuchte (n=31). Das Patientengut aus beiden Gruppen war vergleichbar. Die versorgten Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt. In beiden Gruppen wurden hauptsächlich intraartikuläre C Frakturen operativ versorgt, gefolgt von A-Frakturen. Das Durchschnittsalter in der unidirektionalen Gruppe lag bei 55.1 ± 16.9 und in der multidirektionalen Gruppe bei 60.3 ± 15.0 Jahre. In beiden Gruppen wurden mehr Frauen als Männer operiert. Die operierten Männer waren in beiden Gruppen durchschnittlich jünger als die operierten Frauen. Es gab keine Beweise für eine signifikante Korrelation zwischen der operierten Gruppe (unidirektional oder multidirektional) und dem Frakturtyp, dem Geschlecht, dem Alter, der Führungshand oder der verletzten Seite. Es gab aber Beweise, dass der Zeitraum von der Verletzung bis zur Operation in der unidirektionalen Gruppe im Vergleich zu der multidirektionalen Gruppe (p-Wert=0.013) bedeutend länger ist. Postoperativ wurden die Frakturen in der unidirektionalen Gruppe durchschnittlich etwas länger ruhiggestellt.

Um unsere Ergebnisse mit der Literatur vergleichen zu können, wurden die Resultate der Nachuntersuchung mit dem DASH-Score und Score nach Castaing ausgewertet.

4.1 Auswertung nach DASH-Score

Der durchschnittliche DASH -Wert der multidirektionalen Gruppe war besser mit 15 Punkten. Die unidirektionale Gruppe hatte mehr Beschwerden mit einem durchschnittlichen Wert von 19,5 Punkten.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen lässt sich nicht nachweisen. Der Unterschied kommt möglicherweise daher, dass es in der multidirektionalen Gruppe mehr einfache Frakturen gab. Die Prozentzahl an extraartikulären A-Frakturen war in der multidirektionalen Gruppe größer und es waren mehr einfache C1 Frakturen versorgt worden als in der unidirektionalen Gruppe.

Es gab jedoch keine Signifikanz in der Korrelation der Frakturklassifikation zu den beiden Gruppen.

Moser et al. (2004) haben 62 Patienten mit winkelstabilen Implantaten und palmarem Zugang mit einem Durchschnittsalter von 55 Jahren operativ behandelt und nachuntersucht. Die Frakturen wurden in Abhängigkeit vom Frakturtyp mit unterschiedlichen Plattensystemen (2,0–3,5 mm) einschließlich eines multidirektionalen Systemes ohne zusätzliche Spongiosaplastik versorgt. Der durchschnittliche DASH-Wert lag bei 19 Punkten (52).

Mehling et al. (2007) nachuntersuchten 55 Patienten mit einem mittlere Alter $53,9 \pm 17,8$ Jahre, vor allem mit C Frakturen, gefolgt von A und B Frakturen. Die Patienten wurden mit einer multidirektionalen winkelstabilen palmaren Aptus(R) Radius 2.5 Platte von Medartis versorgt. Alle Patienten erreichten eine gute Handfunktion, was sich an einem mittleren DASH-Score von 14 Punkten zeigte (58). Meier et al. (2010) untersuchten 20 Patienten nach, die über einen standardisierten palmaren Zugang mit einem multidirektionalen winkelstabilen Implantat (Aptus 2.5 Platte von Medartis) versorgt worden waren. Der Durchschnittsalter lag bei $53,7 \pm 20$ Jahre, Allerdings waren in der Gruppe nur 40 % Frauen. Es handelte sich um 12 C Frakturen (C1, C2, C3), 7 A (A2, A3) und 1 B Fraktur. Der durchschnittliche DASH-Score betrug 13 Punkte (59). Die multidirektionale Gruppe in dieser Dissertation erreichte 15 Punkte.

Arora et al. (2007) untersuchte eine Gruppe von 114 Patienten versorgt mit der unidirektionalen volaren 2.4 mm LCP Platte von Synthes über 1 Jahr postoperativ. Die Operierten hatten einen Durchschnittsalter von 57 Jahre, überwiegend Frauen, mit 55 A-Frakturen und 59 C-Verletzungen. Diese Gruppe erreichte einen durchschnittlichen DASH-Wert von 13 Punkten (68). Figl et al. (2010) untersuchten 58 Patienten nach versorgt mit einer winkelstabilen unidirektionalen volaren Platte. Das Patientenkollektiv war mit durchschnittlich 75 Jahren wesentlich älter als die in den anderen Arbeiten und in dieser Dissertation nachuntersuchten Patienten. Sie erreichten im DASH Score durchschnittlich nur 28 Punkte (62). Die unidirektionale Gruppe in dieser Dissertation hatte einen Mittelwert von 19,5. Dieses Ergebnis ist etwas schlechter als das Ergebnis von Arora (13 Punkte). Die Gruppe von Arora bildeten Patienten vor allem mit C1 und C2 Frakturen und in der unidirektionalen Gruppe in dieser

Dissertation gab es mehr mehrfragmentären C3 Frakturen und deutlich weniger A-Frakturen als bei Arora.

Die Diskussion der Ergebnisse im Bezug auf den Frakturtyp ist aus mehreren Gründen eingeschränkt verwertbar. Schwierigkeiten bei der Frakturklassifikation an sich sind bekannt und nachuntersucht, sodass hier bereits größere Differenzen und Vergleichsschwierigkeiten resultieren können. Zusätzlich waren die Frakturverteilungen in den Gruppen inhomogen. Einige Aussagen können jedoch im Bezug auf den jeweiligen Frakturtyp getroffen werden: für die A-Fraktur hat man in der unidirektionalen Gruppe einen besseren Wert im DASH score mit 11,4 Punkten erreicht und in der multidirektionalen Gruppe ein Mittelwert von 15,7. Die Ergebnisse für die C-Verletzungen waren in der multidirektionalen Gruppe deutlich besser mit einem Mittelwert im DASH score von 14,6 Punkten. In der unidirektionalen Gruppe wurde ein durchschnittlicher DASH Score von 22,3 Punkten nachgewiesen. Es gab keine signifikante Korrelation zwischen den beiden untersuchten Gruppen (uni- oder multidirektional) und den DASH-Score-Ergebnissen weder für die A noch die C-Verletzungen. Thielke et al (2003) kontrollierten in einer retrospektiven Studie an einem homogenen Patientenkollektiv mit 49 Typ C-Verletzungen nach der AO-Klassifikation die Einjahresergebnisse eines winkelstabilen unidirektionalen Implantates von Königsee . Der DASH-Score (durchschnittlicher Punktwert: 15,5) gab eine hohe subjektive Zufriedenheit der Patienten an (53). Die unidirektionale Gruppe von Hakimi et al. (2010, n=20, 2,4-mm-Platte Fa. Synthes, Durchschnittsalter 62,0 (25–95) Jahre), C1- und C2-Frakturen) erreichte 10,3 Punkte. Der Mittel-DASH-Wert in der multidirektionalen Gruppe von Hakimi (n=20, 2,7-mm-Matrix-Smartlock Fa. Stryker, Durchschnittsalter 59,9 (24–83) Jahre, C1- und C2-Frakturen) lag nach 1 Jahr bei 12,3 Punkte (60).

Die Bewertung mit dem DASH-Score in dieser Studie ergab für die multidirektionale Platte etwas bessere Ergebnisse als für die unidirektionale Platte , besonders bei den intraartikulären Frakturen. Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant und die im Rahmen der Studie erzielten Ergebnisse für beide Platten sind zum größten Teil mit der modernen Literatur zum Thema: „Winkelstabile palmare Plattenosteosynthese“ identisch. Ein Grund für die etwas schlechteren Ergebnisse bei den C-Frakturen in der unidirektionalen Gruppe ist möglicherweise die unterschiedliche Schwere der Verletzung. In der unidirektionalen Gruppe wurden vor allem C3 Frakturen , gefolgt von C2 und C1Frakturen operiert. In der multidirektionalen Gruppe gab es hauptsächlich C1 Frakturen , gefolgt von C2 und C3 Frakturen . Zudem fanden die

schlechteren DASH-Ergebnisse in der unidirektionalen Gruppe für die C-Verletzung keine weitere Bestätigung bei den weiteren Untersuchungsergebnissen nach Castaing. Es fanden sich auch keine größeren Bewegungseinschränkung des Handgelenks.

4.2 Auswertung mit Score nach Castaing

Als zweites wurde in dieser Dissertation der Score nach Castaing angewandt. Dieser beurteilt subjektive Angaben bezüglich der Beschwerden und Funktion der Hand, die Beweglichkeit des Handgelenks und die radiologischen Ergebnisse.

Mittels Score nach Castaing konnte man keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Gruppen (uni- und multidirektional) feststellen ($p=0.746$). Es gab auch keine signifikante Korrelation zwischen der behandelten Gruppe (unidirektional und multidirektional) und dem Frakturtyp ($p=0.263$ für die A Frakturen und $p=0.868$ für die C-Frakturen). Insgesamt erlangten 45 Patienten (84,9 %) in der multidirektionalen Gruppe und 29 (93,5 %) in der unidirektionalen Gruppe perfekte bis gute Ergebnisse.

Gruber et al. (2010) untersuchten 54 Operierten versorgt mit einer volaren unidirektionalen Platte wegen intraartikulärer Fraktur im Durchschnittsalter von 63 Jahre ca.2 Jahre postoperativ. Es erreichten über 90 % der Patienten perfekte bis gute Ergebnisse (76). Bei Goehre et al. (2014) waren die untersuchten Patienten ($n=21$) über 65 Jahre alt mit A2, A3 und C1 Frakturen. 16 Operierte (76,2 %) erreichten nach 1 Jahr nach Versorgung der Frakturen mit der volaren unidirektionalen winkelstabilen Platte gute Ergebnisse (61). Figl et al. (2010) haben 58 Patienten im Alter von 75 Jahren oder älter nachuntersucht, die man mit einer volaren unidirektionalen winkelstabilen Platte behandelt hatte. In der Nachuntersuchung nach ca. 13 Monaten mittels Score nach Castaing erreichten 25 Patienten (43,1%) "perfekte" Ergebnisse, 30 (51,7 %) "gute" und 3 (5,2 %) "genügende" Ergebnisse (62).

Der Vergleich der Werte des Scores nach Castaing für die unidirektionale und multidirektionale Gruppe mit anderen Studien spricht für ein insgesamt gutes Ergebnis in den beiden nachuntersuchten Gruppen auch im Literaturvergleich. Die unidirektionale Gruppe erreichte etwas bessere Ergebnisse (nicht signifikant), auch die Mittelwerte abhängig vom Frakturtyp waren in dieser Gruppe (nicht signifikant) besser als in der multidirektionalen Gruppe. Die Werte sind vergleichbar mit der modernen Literatur. Leider verbieten sich genauere Vergleiche, da in der neueren Literatur über die multidirektionalen Plattensysteme leider dieser Score nach

Castaing abhängig vom Frakturtyp nicht ausgewertet wurde und damit keine Vergleichsmöglichkeiten bestehen.

4.3 Auswertung postoperative Beweglichkeit

Die postoperative Beweglichkeit des Handgelenkes war exzellent, in der unidirektionalen Gruppe minimal besser als in der multidirektionalen Gruppe. Die Unterschiede der Beweglichkeit zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk (ROM) waren in der unidirektionalen Gruppe minimal kleiner als in der multidirektionalen Gruppe. Durchschnittlich war die Beweglichkeit der operierten Seite in beiden Gruppen nur um ein paar Prozent schlechter als die der gesunden Seite. Hier findet man eine Minderung der Beweglichkeit im Vergleich zur gesunden Seite für die multidirektionalen Gruppe bei Supination um 5 %, Pronation 3 %, Extension 8,6 %, Flexion 9,5 %, Ulnarabduktion 5,7 % und Radialabduktion 6,2 %. In der multidirektionale Gruppe von Mehling et al. (2007, n=55) gab es folgende Minderung der Beweglichkeit im Vergleich zur gesunden Seite : Supination und Pronation um 2 %, Extension und Flexion um 12 %, Ulnarabduktion und Radialabduktion um 9 % (58). Meier et al. (2010) hat in seiner multidirektionalen Gruppe (n=20) ein durchschnittlicher Bewegungsumfang für Extension/Flexion von 87° (76% der Gegenseite) und Ulnar-/Radialduktion von 42° (88%) erreicht. (59). Die Untersuchung erfolgte in dieser Arbeit etwas früher als bei uns, 26 Wochen nach dem Eingriff. Bei Moser et al. (2004, uni- und multidirektionales System, n=62, Durchschnittsalter von 55 Jahren) waren die Bewegungsausmaße im Schnitt um 19 % bei Extension/ Flexion, um 13% bei Radial-/Ulnarduktion und um 10% bei Pronation/Supination im Vergleich zur Gegenseite vermindert, entsprechend einer nur geringen Funktionseinschränkung (52).

In der unidirektionalen Gruppe in dieser Dissertation war die Supination und Pronation beidseitig gleich, die Extension gemindert um 6 %, Flexion um 11,4 %, Ulnarabduktion 5,1 % und Radialabduktion 4,6 %. Die unidirektionale Gruppe von Arora et al. (2007, n=114) erreichte nach durchschnittlich 15 Monaten 54 °Extension (82% im Vergleich zur gesunden Seite), 46° Flexion (72% der gesunden Seite), Pronation 81° (95%) und Supination 82° (95% im Vergleich zur Gesundenseite) (68). Bei Sakhaii et al. (2003) in einer prospektiven Studie wurden 124 instabile distale Radiusfrakturen mit der palmaren winkelstabilen T-Platte (Fa.Synthes) behandelt. Nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 10 Monaten konnten 100 distale Radiusfrakturen (10 A-, 6 B- und 84 C-Frakturen) klinisch und radiologisch

nachuntersucht werden. Im Vergleich zur Gegenseite konnte für die Flexion/Extension eine Beweglichkeit von durchschnittlich 81%, für die Ulnarabduktion/Radialabduktion von 84% und für die Pronation/Supination von 91% erreicht werden (63).

In dieser Studie wurde sowohl für die uni- als auch multidirektionale Gruppe eine sehr gute Beweglichkeit nachgewiesen. Im Vergleich entsprechen diese Ergebnisse denen in der Literatur, wobei dort teilweise auch wesentlich schlechtere Beweglichkeiten berichtet werden.

Der statistische Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigte, dass lediglich die Supination in der multidirektionalen Gruppe signifikant schlechter war ($p=0,03$) als in der unidirektionalen Gruppe. Die bessere Beweglichkeit in der unidirektionalen Gruppe erklärt sich möglicherweise durch die in größerer Anzahl von krankengymnastischen Anwendungen in dieser Gruppe ergeben.

4.4 Auswertung Physiotherapie

Die Behandlung dauerte in der unidirektionalen Gruppe durchschnittlich länger und die Anzahl der Anwendungen war auch durchschnittlich um 6,5 Anwendungen größer als in der multidirektionalen Gruppe. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war jedoch nicht signifikant. Hier muss man erwähnen, dass die unidirektionale Gruppe mehr krankengymnastische Anwendungen durchgeführt hat und eine bessere Beweglichkeit sowie bessere Ergebnisse mittels Score nach Castaing erreichte als die multidirektionale Gruppe. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Die Anzahl der Anwendungen lag in der unidirektionalen Gruppe von dieser Dissertation durchschnittlich bei 25.2 ± 23.8 und in der multidirektionalen Gruppe bei 18.7 ± 39.0

Allerdings darf man die postoperative Physiotherapie nicht vernachlässigen. Die Anzahl oder Dauer der durchgeführten Physiotherapie nach der multidirektionalen oder unidirektionalen Plattenosteosynthese wird in der Literatur leider selten erwähnt. Lohsträter et al. beschreibt eine Gruppe von 84 Patienten mit distalen Radiusfrakturen, in welcher man durchschnittlich $46 \pm 52,9$ krankengymnastische Einheiten bekommen hat (77).

4.5 Auswertung der radiologischen Ergebnisse

Die durchgeführten Röntgenkontrollaufnahmen ca. 2 Jahre postoperativ zeigten einen normalen Befund (regelrechte Gelenkstellung, keinen Arthrosezeichen) bei 56,6 % des Patientenguts aus

der multidirektionalen Gruppe und bei 67,7 % aus der unidirektionalen Gruppe.

Drobertz und Kutscha-Lissberg (2003) untersuchten durchschnittlich 26 Monate postoperativ 49 Patienten nach mit überwiegend C-Frakturen versorgt mit unidirektionalen Platten. 46 % des Patientenguts waren zur unbeschädigten Seite radiologisch identisch. (65).

Die radiologische Ergebnisse in dieser Dissertation wurden indirekt mittels Score nach Castaing vorgestellt. Die Bewertung der Röntgenkontrollaufnahmen zeigte keine großen Unterschiede zwischen dem Patientengut beider Kliniken.

4.6 Auswertung der Komplikationen

In der multidirektionalen Gruppe betreffen die Komplikationen 27,3 % der Fälle, in der unidirektionalen Gruppe 25,8 %. Der Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch nicht signifikant. Im Bezug auf die Komplikationsraten zeigt sich in der Literatur unabhängig vom operativen Therapieverfahren eine große Bandbreite von bis zu 40 %. Die große Diskrepanz ist sicher nicht durch die operative Therapie, sondern vielmehr mit der primär nicht bzw. unvollständigen Befunderhebung zu erklären. Zudem bleibt es eine Definitionsfrage, was als Komplikation angesehen wird und was nicht. Im Bezug auf interne Osteosyntheseverfahren werden von 7 bis zu 23 % Komplikationen berichtet (53).

Im Vergleich zur multidirektionalen Gruppe von dieser Dissertation (27,3 %) erreichte die multidirektionale Gruppe von Geyer et al. (n=49) 14,3 % (64) und bei Mehling et al. nur 3,6 % Komplikationen (58). Meier et al. (2010) beschreibt 10% (59) und Hakimi et al. 15% Komplikationen (60).

Die Komplikationen der unidirektionalen Gruppe in dieser Dissertation lagen bei 25,8 %. Bei Sakhaii et al. (n=124, 2003, unidirektionale T-Platte Fa.Synthes) traten postoperative Komplikationen bei 10% der Patienten auf (63). Komplikationen der winkelstabilen unidirektionalen Plattenosteosynthesen von palmar liegen bei Arora et al. (n=114) bei 27 % (68), Hakimi et al. bei 10 % (60), Drobertz und Kutscha-Lissberg (n=50) 34 % (65), Thielke et al. (n=49) 12 % (53), Al Rashid et al. (n=35) 9% (66), Rozental und Blazar (n=41) 14 % (67), und Windolf et al. (n=99) bei 9% (55).

Die Anzahl der Komplikationen in der unidirektionalen Gruppe ist vergleichbar mit der in der neueren Literatur. Die Komplikationsrate in der multidirektionalen Gruppe liegt etwas höher.

Ein direkter reiner Vergleich der Zahlen ist nicht sinnvoll, da sich hinter der komplikationsrate multiple Faktoren verbergen können, die diese beeinflussen können. Sie werden im folgenden kurz einzeln diskutiert. Thielke et al. hatte ebenfalls darauf hingewiesen, dass es keine standardisiert definierten Komplikationen gibt. (53)

Auswertung und Diskussion Strecksehnenverletzungen

Die Komplikationsrate nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese liegt in einigen Publikationen über 30 %, wobei bis zu 60 % dieser Komplikationen die Sehnen betreffen. Arora et. al beschreibt 27 % Komplikationen (n=114), wobei 57 % davon waren Irritationen der Streck- und Beugesehnen mit 2 Rupturen der Sehne des M. extensor pollicis longus (EPL), 2 Rupturen der Sehne des M. flexor pollicis longus (FPL), 4 Tenosynovitis der Strecksehnen und 9 Tenosynovitis der Beugesehnen (68).

Sehnenrupturen stellen besonders gravierende Schädigungen dar, da in der Mehrzahl der Fälle signifikante Funktionseinschränkungen und die Notwendigkeit von zum Teil aufwendigen rekonstruktiven Eingriffen für den Patienten resultieren.

Mit Abstand am häufigsten betroffen ist hierbei die Sehne des M. extensor pollicis longus von 4,4–8,6 %.

Für die EPL-Sehne ist aufgrund ihres anatomischen Verlaufs im dritten Strecksehnenfach in einer engen „Sehnengrube“ unmittelbar ulnar des Tuberculum listeri das Rupturrisiko besonders erhöht. Als Ursache wurden in erster Linie überragende Schraubenspitzen an der dorsalen Kortikalis oder eine intraoperative direkte Schädigung durch den Bohrvorgang beschrieben. Die Länge einer Schraube auf Höhe des dritten Strecksehnenfachs wird aufgrund der dreieckförmigen dorsalen Radiuskortikalis anhand der Standardebenen im Röntgen häufig falsch eingeschätzt und ein Überstand nicht erkannt. Dies trifft auch für die Sehnen im vierten Strecksehnenfach zu, da hier der Radius concav gemuldet ist. Bei der Ermittlung der Schraubenlänge in den Standardröntgenaufnahmen sind deshalb Fehleinschätzungen möglich. In Kadaverstudien konnte für unidirektionale Platten unterschiedlicher Hersteller bei korrekter Schrauben Platzierung einige Schraubenlöcher identifizieren werden, die mit dem dritten und vierten Strecksehnenfach korrespondieren. Es wird daher empfohlen, für diese Schraubenpositionen deutlich kürzere, d. h. unikortikale Schrauben zu verwenden oder diese Plattenlöcher gar nicht zu besetzen, sofern die Stabilität der Osteosynthese durch die restlichen Schrauben gewährleistet ist (29).

Man könnte vermuten, dass bei multidirektionalen Platten, auf Grund der frei wählbaren

Schraubenrichtung das Rupturrisiko der EPL-Sehne vermindert ist, da man gefährdende Schraubenlagen meiden kann. Hierzu gibt es in der Literatur keinerlei Angaben. Sekundäre Sehnenrupturen treten in der Literatur bei multidirektionalen Plattensystemen in vergleichbarer Zahl auf. In unseren untersuchten beiden Gruppen war die Zahl der Sehnenirritationen in der multidirektionalen Gruppe wesentlich höher (3,8%) als in der unidirektionalen Gruppe (0%).

Die Revision mit Rekonstruktion der Sehne bei Ruptur der EPL-Sehne war bei 2 Patienten 3,8 % aus der multidirektionalen Gruppe erforderlich.

In der unidirektionalen Gruppe beobachtete man, trotz seltener Plattenentfernung, keine Sehnenruptur.

Weiterer Grund für eine Revision war eine operationsbedürftige Bewegungseinschränkung bei Sehnenverklebung oder Tendovaginitis de Quervain. Diese Situation fand sich bei 3 Patienten (5,66 %) aus der multidirektionalen Gruppe; in der unidirektionalen Gruppe gab es keine. Diese Komplikationen werden in der modernen Literatur zum Thema "multidirektionale oder unidirektionale winkelstabile Plattenosteosynthese" nicht beschrieben.

In der multidirektionalen Gruppe von Mehling et al. (n=55) gab es bei vier Patienten (7,3%) eine dorsale Synovialitis aufgrund zu lang gewählter Schrauben, die eine Plattenentfernung notwendig machte (58). Ein Patient vom Meier (n=20) zeigte bei zu langer Schraubenwahl eine Irritation der Extensor-pollicis-longus-Sehne mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung. Deshalb erfolgte die Implantatentfernung nach 7,5 Monaten(59). Die Verletzung der EPL-Sehne beobachtet Hakimi bei keiner von 2 Gruppen (multi- und unidirektional) (60). Die Ruptur der M. extensor-pollicis-longus-Sehne nach Implantation einer unidirektionalen Platte findet man bei Al Rashid et al. (66) bei 9 % und bei Drobertz und Kutscha-Lissberg (65) sowie Sakhaii et al. (63) und bei Arora et al. (68) bei 2%. Um das Rupturrisiko zu Minimieren empfehlen einige Autoren eine Schraube zu wählen, deren Länge 2 mm geringer ist als das bikortikale Messergebnis (29).

Das Problem der potentiell überstehenden Schrauben auch bei korrekter Platzierung, bedingt durch die Anatomie des Radius und die damit einhergehende Fehleinschätzung intraoperativ bei der Röntgenkontrolle besteht also sowohl bei uni als auch multidirektionalen Platten, wie man aus den Komplikationsraten bezüglich sekundärer Sehnenrupturen auch in der Literatur ableiten kann. Der theoretische Vorteil der frei wählbaren Schraubenplatzierung führt bei den multidirektionalen Plattensystemen nicht zu einer Verminderung der Gefahr von sekundären

Sehnenrupturen . Vielmehr scheint hier die Erfahrung des Operateurs entscheidend und sicher eine gewisse Lernkurve. Bei Osteosynthesen generell und besonders bei mehreren kleinen gelenkbeteiligten Fragmenten, versucht ein Operateur normalerweise zur Erhöhung der Stabilität die Schrauben möglichst lange und in beiden Kortikales verankert zu besetzen (50). Nun ist der/ die Operierende in der Situation, dass die Schrauben „eigentlich falsch kurz“ besetzt werden müssen, um ein dorsales Übertagen und eine sekundäre Irritation der Strecksehnen zu vermeiden . Dies fordert ein Umdenken und die Konsequenz, um trotzdem eine gute Stabilität zu erhalten ist : Lieber mehrere unicortikale Schrauben zu besetzen als eine zu lange dorsal überragende „ideal platzierte“ Schraube. Dies ist auch der Punkt, wo der theoretische Vorteil der multidirektionalen Schraubenplatzierung am distalen Radius, da er aus genannten Gründen nicht voll ausgenützt werden kann, relativiert oder sogar aufgehoben wird . Dies würde auch die vergleichbaren Ergebnisse nach Versorgung mit uni und multidirektionalen Platten am distalen Radius erklären.

Auswertung Karpaltunnel und Beugesehnenverletzungen

Die Inzidenz von Beugesehnenrupturen nach palmarer Plattenosteosynthese am distalen Radius liegt in verschiedenen Studien zwischen 0 und 12 % .

Die Ruptur der M. flexor pollicis longus Sehne wird in der multidirektionalen Gruppe von Mehling, Meier oder Hakimi nicht beobachtet. Dafür in der unidirektionalen Gruppe tritt bei Drobertz und Kutscha-Lissberg (65) bei 12 %, bei Arora et al. (68) bei 3 % und bei Figl et al. bei 1,7% (62) der Patienten nach palmarer Plattenosteosynthese auf. Arora et. al beschreibt (n=114) 2 Rupturen der Sehne des M. flexor pollicis longus (FPL) und 9 Tenosynovitis der Beugesehnen (68).

Ursächliche Faktoren für Beugesehnenrupturen sind eine unfallunabhängige Degeneration der Sehne, das Implantatdesign, prominente Schraubenköpfe und eine mechanische Irritation durch eine aufragende Platte und weit distale Positionierung der Platte. Als radiologische Landmarke zur Positionierung einer Platte am palmaren Radius dient die von Orbay erstmals beschriebene „watershed line“. Bei einer Plattenpositionierung distal der Watershed-Linie nimmt der Kontaktdruck auf die Beugesehnen in Abhängigkeit von der Extensionsstellung des Handgelenks signifikant zu. Den höchsten Drücken ausgesetzt ist die Sehne des M. flexor pollicis longus (FPL), am ehesten bedingt durch ihre Lage und ihren Verlauf. In der Mehrzahl der veröffentlichten Fallberichte waren die Beugesehnenrupturen mit einer Plattenlage distal der Watershed-Linie assoziiert. Zusammengefasst gibt es klare Hinweise darauf, dass eine

Prominenz der Platte an der Watershed-Linie einen Indikator für eine Affektion der FPL-Sehne darstellt (29). Von den Plattenherstellern wurden die Plattendesigns deshalb im Verlauf so konfiguriert, dass sie bei ausreichender Stabilität möglichst dünn aufragen und ausreichend weit distal platziert werden können .

Liegt die palmare Frakturkomponente weit distal, sind multidirektionale winkelstabile Plattensysteme vorteilhaft (46). Laut Arora, ist es möglich, dass durch die distale Plattenlage nicht nur der N. medianus, sondern auch die Beugesehnen vermehrt gegen das Retinaculum flexorum gedrängt werden und so eine Synovialitis initiiert wird. Es wird diskutiert, ob eine partielle oder gänzliche Karpaltunnelspaltung bei der Primäroperation diese Situation verbessern könnte (46). In der multidirektionalen Gruppe, wo die Spaltung der Retinaculum flexorum nicht regelmäßig durchgeführt wurde (nur 7,5 %), war in 3,77 % der Fälle eine sekundäre Spaltung bei posttraumatischem Karpaltunnelsyndrom (CTS) nötig. In der unidirektionalen Gruppe wurde dieser Eingriff fast regelmäßig mit Plattenosteosynthese durchgeführt (93,5 %), hier trifft man kein posttraumatisches CTS. In der Literatur wird ein Karpaltunnelsyndrom nach palmarer multidirektionalen Plattenosteosynthese bei Mehling et al. (n=55) in 1 Fall (1,8%) beschrieben. Nach Implantation einer unidirektionalen Platte trifft man CTS bei Arora et al. (68) bei 3%, Drobertz und Kutscha-Lissberg (65) sowie Sakhaii et al. (63) bei 2%, Windolf et al. bei 4%. (55) und bei Figl et al. 5 % (62). Spaltung des Retinaculum flexorum wird bei der Plattenosteosynthese durch manche Autoren empfohlen. Die regelmäßig durchgeführte Spaltung der Retinaculum flexorum in unserer unidirektionalen Gruppe hatte keine negativen Auswirkungen.

In der multidirektionalen Gruppe fanden sich 2 Patienten (3,8 %) mit Ruptur der M. flexor pollicis longus Sehne. In der unidirektionalen Gruppe beobachtete man keine Beugesehnenruptur obwohl gerade in dieser Gruppe implantatbedingt eine sehr distale Plattenlage gewählt wurde, um die Schrauben suffizient zu platzieren. Man würde also in der unidirektionalen Gruppe aufgrund der erforderlichen distalen Plattenlage und der Plattenstärke eher Sehnenrupturen erwarten. Die Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch liegt darin, dass in der unidirektionalen Gruppe in Crailsheim bei weit distaler Plattenlage routinemäßig der Karpaltunnel eröffnet wird. Dies war bei 93,5% der Operierten der Fall. Negative Auswirkungen wurden dadurch nicht beobachtet. Möglicherweise kann also eine regelmäßig durchgeführte Karpaltunnelspaltung, wie in unserer unidirektionalen Gruppe durchgeführt nicht nur ein posttraumatisches Karpaltunnelsyndrom verhindern sondern auch eine

Beugesehnenverletzung ? Die statistische Auswertung ist leider auf Grund von zu kleinen Fallzahl (2 Sehnenrupturen), genauso wie bei anderen Komplikationen in dieser Dissertation nicht sinnvoll.

Auswertung sekundäre Dislokation, Korrekturverlust

Das Problem der postoperativen Dislokation beobachtet man bei 1 Patienten (3,2 %) aus der unidirektionalen Gruppe. In der multidirektionalen Gruppe gab es keine Dislokation. Gegensätzliche Ergebnisse beschrieb Hakimi et al. In der multidirektionalen Gruppe kam es bei einer 83-jährigen Patientin zu einem Korrekturverlust (60). In der multidirektionalen Gruppe von Mehling et al. fand man diese Komplikation nicht. In der Arbeiten über unidirektionale Platte wird eine Schraubenlockerung beschrieben, es gibt aber keine Angaben zur Dislokation, z.B. Arora et al. (n=112) findet Schraubenlockerung bei 3 % (68), Sakhaii et al. (n=100) bei 16%. Aus den beschriebenen Studien kann man keinen klaren Schlüsse ziehen, dass eine der Platten (unidirektionale oder multidirektionale) bessere Ergebnisse und ein geringeres Risiko der sekundären Dislokation hätte.

Betrachtet man den Fall der Patientin 40 Jahre alt, Fahrradsturz, aus der unidirektionalen Gruppe bei der es zur sekundären Dislokation kam , so wurde die dislozierte Trümmerfraktur vom Typ C2 mit einer winkelstabilen 3.5 mm Platte stabilisiert, wobei distal nur 2 Schraubenlöcher besetzt wurden (1 Schraube pro 1 Fragment) und damit sicher eine instabile Situation bestand . Die Fraktur wurde zusätzlich in einer Gipsschiene für 6 postop. Wochen ruhiggestellt. Der Grund für die sekundäre Dislokation war sicher die nicht ausreichende Stabilität. Zusätzlich entwickelte die Patientin nach 3 Monaten ein CRPS. Es wurde eine intensive krankengymnastische Übungsbehandlung durchgeführt und 2 Monate später ließ sich die Patientin auswärts eine Radiuskorrekturosteotomie mit Interposition eines Beckenkammspanes durchführen. Bei bestehender Bewegungseinschränkung erfolgte nach 15 Monate eine Metallentfernung der Radiusplatte und Reosteosynthese bei fraglich durchbauter Osteosynthese nach Korrekturosteotomie. Es ist zu diskutieren, ob die primäre Verwendung einer multidirektionalen Platte eine sekundäre Dislokation hätte vermeiden können über die verbesserte Möglichkeit einer stabilen Schraubenverankerung durch die frei wählbare Richtung. Sicherlich hätte jedoch ein Plattendesign, welches die Möglichkeit mehrere winkelstabile Schrauben in den distalen Fragmenten zu verankern, eine bessere Ausgangssituation geschaffen und eine höhere Stabilität der Osteosynthese ermöglicht. Theoretisch betrachtet sollten alle winkelstabilen Systeme auf Grund der fixierten Verankerung zwischen Platte und Schrauben eine sekundäre Dislokation

unmöglich machen. Die Voraussetzung ist allerdings dass die Schrauben im Knochen stabil verankern und den sekundären Dislokationskräften (Muskelzug etc) bis zur Knochenheilung standhalten. Dazu ist auch eine ausreichende Reposition und knöchernerne Abstützung erforderlich. Das Knochenmaterial und die Verankerung der Schrauben ist abhängig vom Alter des Patienten und vom Frakturtyp. Bei gestörter oder ausbleibender Frakturheilung kommt es auch bei winkelstabilen Platten zum Materialversagen mit Fraktur der Schrauben oder Platten oder zum Ausreißen der Schrauben aus dem Knochen. Einen solchen Fall haben wir in beiden Gruppen nicht beobachtet. Die eine sekundäre Dislokation in der unidirektionalen Gruppe ist aus oben genannten Gründen bei einer primär instabilen Osteosynthese nicht als implantatspezifisch anzusehen.

Auswertung CRPS

Das complexe regionale pain syndrom wird in der multidirektionalen Gruppe bei 1,9 % und in der unidirektionalen Gruppe bei 6,4 % des Patientenguts diagnostiziert. Die genaue Ursachen eines CRPS sind unklar. Erfahrungsgemäß gilt Schmerz als ein möglicher Auslöser, mehrfache Repositionsversuche, zu enge Gipsverbände, fehlende aktive Bewegungen der nicht fixierten Gelenke, das Ausmaß des Operationstraumas sowie die prolongierte Ruhigstellung (14).

Ein Grund für höhere Häufigkeit des CRPS in der unidirektionalen Gruppe ist möglicherweise die geschlossene Reposition (bei stark dislozierten Frakturen) und signifikant später durchgeführte Operation sowie längere Ruhigstellungsdauer als in der multidirektionalen Gruppe.

Die Inzidenz eines CRPS nach der Osteosynthese mit der multidirektionalen Platte wird bei Mehling et al. bei 1,8 % beschrieben, bei Hakimi oder Meier findet sich kein. Nach der Osteosynthese mit der unidirektionalen Platte fand man bei Arora et al. bei 4% des Patientenguts (68), Thielke et al. bei 4 % (53), Drobertz und Kutscha-Lissberg 6% (65) und Sakhaii et al. bei 2% (63). Die Ergebnisse dieser Studie sind vergleichbar mit der modernen Literatur.

Persistierende Gefühlstörung

Über eine persistierende lokale Gefühlstörung haben in der multidirektionalen Gruppe 9,4 % der Operierten geklagt und in der unidirektionalen Gruppe 12,9 %. Ward et al. erwähnt die Gefühlstörung im Thenarbereich bei 2 % des Patientenguts (69). Sowohl in der multidirektionalen Gruppe als auch in der unidirektionalen Gruppe ist die Anzahl der Gefühlstörung hoch. Diese Komplikation wird jedoch in der Literatur nicht beschrieben.

Deswegen ist auch ein Vergleich nicht möglich.

Wundinfekt

In der unidirektionalen Gruppe gab es einen oberflächlichen Wundinfekt bei einem Patienten (3,22 %), in der multidirektionalen Gruppe keinen. Infekte werden in der multidirektionalen Gruppe von Mehling, Meier oder Hakimi nicht erwähnt. Nach unidirektionalen Plattenosteosynthese wurde ein Infekt beschrieben bei Sakhaii et al. (n=100) bei 1 % (63), Thielke et al.(n=49) bei 1 % (53), bei Drobertz und Kutscha-Lissberg bei 8 % (65), und Windolf et al. bei 2 % (55).

Auswertung und Diskussion Metallentfernung

In der multidirektionalen Gruppe wurden 20 Platten (37,8 %) entfernt, in der unidirektionalen Gruppe nur 2 (6,5 %). Gemäß Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)(2014) bestehen für den distalen Radius keine evidenzbasierten Kriterien für die Implantatentfernung. In der Anfangsphase der winkelstabilen Verplattung des distalen Radius wurde von einer Materialentfernung viele Jahre lang abgeraten zur Vermeidung der sekundären Eingriffsmorbidität. In den USA ist das Belassen der Implantate auch heute noch die Regel, sodass nur bei störenden Faktoren oder drohenden Sekundärkomplikationen wie Sehnenrupturen oder CTS eine Entfernung erwogen wird. Laut DGU soll die Indikation individuell gestellt werden und ist abhängig von Alter und Aktivitätsgrad des Patienten, Material und Rigidität des Implantats sowie lokalen Beschwerden. In letzter Zeit wird vermehrt die Auffassung vertreten, die Empfehlung zur Entfernung einer palmaren Platte am distalen Radius großzügig und vergleichsweise früh nach einer Operation auszusprechen. Die Empfehlungen gehen sogar soweit, die palmaren Platten am distalen Radius immer zu entfernen. Dieser Meinungstrend begründet sich im Wesentlichen in der Sorge um eine Affektion der Beugesehnen (29). Auch sollte aufgrund der signifikant besseren Beweglichkeit und höheren Kraft nach Entfernung der Platte die Indikation zur Osteosynthesematerialentfernung großzügig gestellt werden (56).

Einige Autoren stellen die Indikation zur Entfernung der palmaren Platte bei Übertreten der Watershed-Linie durch das distale Plattenende. Interessanterweise berichten viele Patienten über Beschwerden im Sinne einer Tenosynovialitis unterschiedlicher Ausprägung im Vorfeld des eigentlichen Rupturereignisses. Also können mithilfe regelmäßiger Nachuntersuchungen innerhalb des ersten Jahres nach palmarer winkelstabiler Platte anhand der klinischen und

radiologischen Parameter Patienten identifiziert werden, die von der Implantatentfernung im Sinne der Prävention einer Beugesehnenruptur profitieren (29).

In der unidirektionalen Gruppe wurden kaum Metallentfernungen durchgeführt trotzdem war die Beweglichkeit mit liegenden Implantaten gleich oder besser als in der multidirektionalen Gruppe, aus der 37,8 % Platten entfernt wurden. In der unidirektionalen Gruppe traten trotz liegendem Implantat keine Sehnenrupturen oder Sehnenirritationen auf wohingegen bei der multidirektionalen Gruppe 2 Streck -und 2 Beugesehnenrupturen zur vorzeitigen Metallentfernung und Rekonstruktion der Sehnen veranlassten. Die unidirektionale und multidirektionale Gruppe unterscheiden nicht nur durch das verschiedene aber vergleichbare Krankengut. Die Operateure und Standards an beiden Kliniken unterscheiden sich zusätzlich zu den beiden unterschiedlichen eingesetzten Plattensystemen. In der unidirektionalen Gruppe in Crailsheim sieht der OP-Standard die gleichzeitige Spaltung und Revision des Karpaltunnels vor bei weit distal geplanter Plattenlage am distalen Radius. In Aalen wurde dies nicht standardmäßig durchgeführt.

Es stellen sich also neue Fragen:

Kann eine regelmäßig durchgeführte CTS Spaltung, wie in der unidirektionalen Gruppe praktiziert, eine sekundäre Beugesehnenverletzung verhindern ?

Hat die routinemäßige Spaltung des retinaculum mit Revision des Karpaltunnels im Rahmen einer Osteosynthese am distalen Radius Nachteile?

Erübrigt sich dadurch die Materialentfernung oder verändert sich dadurch die Indikationen zur Metallentfernung ?

Kostenvergleich

Beim Vergleich der unidirektionalen und multidirektionalen Platten stellt sich noch die letzte Frage, der Kosten. Die Platten unterscheiden sich preislich in Abhängigkeit von Hersteller und Design. Die winkelstabilen multidirektionalen Platten für den distalen Radius kosten ca. 200–250 Euro, die unidirektionalen Platten kann man schon für ca. 60 Euro bekommen. Die dazugehörigen Kopfverriegelungsschrauben für die multidirektionale Platte werden für je 20–30 Euro pro Stück angeboten und für unidirektionalen Platte zwischen 20-24 Euro pro Stück.

Da keine signifikante besseren Ergebnisse beim Einsatz der multidirektionalen Platten am distalen Radius erzielt wurden, rechtfertigt sich aus unserer Sicht der höhere Kostenaufwand für den Einsatz der multidirektionalen Platten nicht.

4.7 Kritische Anmerkung und Limitationen dieser Studie

Die Aussagekraft der Studie ist durch das retrospektive Design eingeschränkt.

Einfluss hatte auch die Selektion durch die Patienten, die nicht alle an der Nachuntersuchung teilgenommen haben. Es wurden nur ca. 50 % operierten Patienten untersucht. In der nicht untersuchten Hälfte befanden sich oft die Operierten, die mit dem postoperativen Ergebnis vollständig zufrieden waren und deshalb keine Nachkontrolle oder Beratung wünschten. Deshalb ist eine Extrapolation der Ergebnisse auf die Gesamtzahl der Operierten nicht möglich.

Die Eingriffe wurden an 2 Kliniken durch verschiedene Operateure durchgeführt, was sicherlich das operative Ergebnis beeinflusst hat.

Die Nachuntersuchung wurde ausschließlich durch die Autorin dieser Arbeit durchgeführt, damit besteht eine größere Gefahr eines systemischen Fehlers.

Klinische Studien zum Vergleich uni- versus multidirektionaler Platten sind limitiert. In der modernen Literatur findet man wenige Artikeln zum Thema "multidirektionale Plattenosteosynthese"; diese wenigen Arbeiten sind anders strukturiert und deshalb nicht direkt vergleichbar. Gezogene Vergleiche sind eingeschränkt verwertbar.

4.8 Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit untersuchte die Frage:

Sind die postoperative Ergebnisse nach Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit der multidirektionalen winkelstabilen Platte (Litos) besser als nach Versorgung mit der unidirektionalen winkelstabilen (Synthes) Platte ?

Die Antwort anhand der erhobenen Ergebnisse ist ein klares Nein.

Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede weder bei den objektiven Kriterien Beweglichkeit und Röntgen sowie der subjektiven Kriterien ermittelt mit DASH Score und Score nach Castaing. Lediglich die Supination in der multidirektionalen Gruppe war signifikant schlechter.

Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Tatsache der Winkelstabilität an sich den entscheidenden Faktor bei der Stabilisierung der distalen Radiusfraktur darstellt und für die durchweg auch in der Literatur ermittelten guten und sehr guten Ergebnisse, egal mit welchem winkelstabilen System operiert wurde, verantwortlich zeichnet. Die zusätzliche theoretische

verbesserte Schraubenplatzierung durch multidirektionale Systeme hat nicht den theoretisch erwarteten durchschlagenden positiven Effekt gezeigt.

Ein Grund hierfür ist möglicherweise, dass die Vorteile der Multidirektionalität auf Grund der anatomischen Besonderheit am distalen Radius mit der unmittelbaren Nähe zu den Strecksehnen nicht vollständig ausgenutzt werden können. So werden sowohl bei den unidirektionalen als auch bei den multidirektionalen Systemen oft monocorticale Schrauben, kürzer als gemessen, eingesetzt um Sehnenrupturen zu vermeiden.

Diese traten in unserer Untersuchung allerdings nur in der multidirektionalen Gruppe in 7,6% auf.

Sie sind sicher unabhängig vom verwendeten Plattensystem zu sehen und entweder durch die Fraktur selbst oder die Schraubenplatzierungen und Schraubenlängen bedingt. Interessant ist, dass dies in der Gruppe der Multidirektionalität auftrat, wo ja eine fast beliebige Schraubenplatzierung möglich ist.

Man kann also zumindest schlussfolgern, dass ein multidirektionales System zwar eine beliebige Position der Schrauben erlaubt aber nicht vor Fehlplatzierungen schützt.

Die Kompromittierung der Beugesehnen scheint mit der Plattenlage korreliert. Bei weit distaler Plattenlage nimmt die Wahrscheinlichkeit der Beugesehnenirritation zu auch die Wahrscheinlichkeit ein Karpaltunnelsyndrom zu entwickeln. Die Tatsache, dass trotz sehr weit distalen Plattenlage in der unidirektionalen Gruppe keinerlei Sehnenrupturen oder Irritationen an den Beugesehnen auftraten und kein Karpaltunnelsyndrom im Gegensatz zu der multidirektionalen Gruppe, ist mit großer Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass in der unidirektionalen Gruppe der Karpaltunnel fast immer eröffnet und revidiert wurde.

Ob und in wieweit eine routinemäßige primäre Spaltung des retinaculum flexorum bei weit distaler Plattenlage Beugesehnenrupturen komplett verhindern könnte und damit grundsätzlich empfehlenswert wäre und was dies für weitere Folgen hätte, müsste in größeren relevanten Studien überprüft werden.

Wäre ein solcher Zusammenhang gegeben, hätte dies auch wesentlichen Einfluss auf die Indikation zur Materialentfernung am distalen Radius. Diese wird in den letzten Jahren ja auf Grund der gefürchteten sekundären Beugesehnenverletzungen wieder zunehmend häufiger gestellt obwohl an anderen Körperregionen die Implantate eher belassen werden.

VI LITERATURVERZEICHNIS

1. Meier R, Geerling J, Hufner T et al: The isocentric C-arm. Visualization of fracture reduction and screw position in the radius. *Unfallchirurg* 2011/7: 587–590
2. Witzel K, Raschka C, Schiffhauer S, Koch H: Zur Epidemiologie und Chronoepidemiologie distaler Radiusfrakturen. *Z Orthop Unfall* 139:252–255
3. Siebert HR, Klonz A.: distale Radiusfraktur, *Unfallchirurg* 2005/2; 108(2): 135-152
4. Michelitsch C, Acklin Y.P., Sommer C: Mulitdirektional winkelstabile volare Platte bei distaler Radiusfraktur Sekundärer Repositionsverlust – Entscheidend ist die richtige Implantation: *Der Unfallchirurg* 2013/12; 116, 1123-1127
5. Zeichen J: Distale Radiusfraktur. Aktueller Stand der Versorgungsmöglichkeiten. *Trauma Berufskrankh* 2014, 16[Suppl 1]:112–120
6. Schmidt S, Heinz T, David A: Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur. *OP-Journal* 2003; Nr. 1/Jahrg. 19/April:10-15
7. Oestern H.J.: Distale Radiusfrakturen Teil I. Grundlagen und konservative Therapie,
8. Oestern HJ, Distale Radiusfrakturen, *Tscherne Unfallchirurgie Ellenbogen, Unterarm, Hand.* 217-223
9. Hasse FM, Müller-Lange P: *Klinikleitfaden Chirurgie* 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag Ulm, Stuttgart, Jena, Lübeck 1997: 144
10. Benninghoff A, Goertler K: *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*, Urban & Schwarzenberg, Band 1 Allgemeine Anatomie (1980) und Band 3 Nervensystem (1979)
11. Rueger M, Linhart W, Sommerfeldt DW: Differentialindikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur., *Trauma und Berufskrankheit* 1, 1998, 6-14
12. Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J: *The Comprehensive Classification of Fractures of the Long Bones*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1990
13. Frank J, Pralle H, Lehnert M, Marzi I: Begleitverletzungen distaler Radiusfrakturen; *Der Unfallchirurg* 2010/10 796-803
14. Rueger JM, Hartel MJ, Ruecker AH, Hoffmann M: Frakturen des distalen Radius *Unfallchirurg* 2014, 117: 1025-1034
15. Luther C, Germann G, Krimmer H, Sauerbier M: Bedeutung des Ellengriffels bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen; *Trauma und Berufskrankheit*; March 2007, Volume 9, Issue 1, 31-37
16. Rikli D, Regazzoni P, Distale Radiusfrakturen , *Schweiz Med Wochenschr* 1999; 129: Nr 20

17. Merle M., Dautel G., Rehart S: Chirurgie der Hand: Bd 2, Sekundäreingriffe, Traumatologie des Handgelenkes, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1999
18. Gologan R, Ginter VM, Ising N, Kilian AK, Obertacke U, Schreiner U; Karpale Begleitläsionen bei dislozierter distaler Radiusfraktur. Eine systematische Erfassung durch präoperative CT- und MRT-Untersuchung, *Der Unfallchirurg* 2014, 117:48-53
19. Fischer M: Begleitende karpale Bandläsionen bei frischen distalen Radiusfrakturen-arthroskopische Studie über 54 Fälle. *Acta Chir. Austriaca* 29:177-179 (1997)
20. Prommersberger K-J, Mühldorfer-Fodor M, Kalb K, Schmitt R, Schoonhoven J: Die skapholunäre Bandverletzung. *Der Unfallchirurg* 2014, 117:723-739
21. Basten K., Hansen M., Rommens PM: Die operative Behandlung der distalen Radiusfraktur durch T-Plattenosteosynthese. *Akt. Traumatol* 1999, 29, 137-143
22. David A: Operative Therapie der distalen Radiusfraktur. *Trauma und Berufskrankheit*; Volume 8, Supplement 2/August 2006, 212-217
23. Hierholzer C, Chylarecki C: Indikation zur T-Plattenosteosynthese bei Frakturen des distalen Radius. *Op-Journal* 1, 32-39 (1994)
24. Woltmann A, Hierholzer C, Bühren V: Gibt es noch eine Differenzialindikation für die Behandlung der distalen Radiusfraktur? *Trauma und Berufskrankheit*; 2007/1; Volume 9, 6-13
25. Meffert R.; *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2010, S. 250,
26. Dumont C., Fuchs M., Folwaczny EK., Heuermann C., Stürmer KM.: Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. *Der Chirurg* 2003, 74, 827-833
27. Schwarz N: Die distale Radiusfraktur-konservative Behandlung. *OP-Journal* Nr 1, Jahrgang 19, April 2003, 16-20
28. Pabst T., Uzdil T., Winker KH Die palmare Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur, *OP-Journal* 2003, 19:42-50
29. Lögters T, Schädel-Höpfner M, Windolf J: Zehn Jahre palmare winkelstabile Plattenosteosynthese zur Behandlung der distalen Radiusfraktur: wer profitiert? *Obere Extremität* 2012/4, 200-208
30. Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur; *Der Unfallchirurg* 2004/6, 107:460-467
31. Siebert HR: Plattenosteosynthese von dorsal, *OP-Journal* 2003, 19: 34-40

32. Meier R, Krettek C, Probst C: Osteosynthese oder Platte? Die Versorgung der distalen Radiusfraktur, *Der Unfallchirurg* 2012/7; 598-607
33. Hotz TK: Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese, *OP-Journal* 2003, 19: 21-27
34. Oestern HJ: Distale Radiusfrakturen-Teil 2 Operative Therapien. *Der Chirurg* 1999, 70, 1381-1394
35. Oestern HJ: Osteosynthese mit Fixateur externe, *OP-Journal* 2003; 19:28-32
36. Flesch I, Pfister C, Weise K, Physio- und Ergotherapie bei distalen Radiusfrakturen, *OP-Journal* 2003,19: 66-69
37. Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL: Complications of Colles' fracture, *J Bone Joint Surg (Am)* 1980, 62: 613-619
38. Dresing K, Peterson T, Schmidt-Neuerburg KP: Compartment pressure in the carpal tunnel in distal fractures of the radius. A prospective study., *Arch Orthop Trauma Surg* 1994, 113: 285-289
39. Aro H, Koivunen T, Katevuo K, Nieminen S, Aho AJ. Late compression neuropathies after Colles' fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1988 Aug;(233):217-25.
40. Oestern HJ, Laque K.: Korrekturosteotomie fehlverheilte distale Radiusfrakturen, *Orthopäde* 1990, 19: 343-349
41. Knirk JL, Jupiter JB: Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults., *J Bone Joint Surg (Am)* 1986, 68: 647-649
42. Catalano LW, Cole RJ, Gelberman RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borelli J: Displaced intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Long-term results in young adults after open reduction and internal fixation., *J. Bone Joint Surg Am*, 1997; 79; 1290-1302
43. Aro HT., Koivunen T.: Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles' fracture treatment. *J Hand Surg*, 1991; 16-A; 392-398
44. Kihara H, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino M.D.: The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint congruency and forearm rotation. *J Hand Surg (Am)*, 1996, 21(1): 40-47
45. Schofer M, Kortmann HR: Korrekturmöglichkeiten bei Fehlstellungen nach distalen Radiusfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit* 2006/S2, 218-224
46. Arora R, Lutz M, Zimmermann R, Krappinger D, Gabl M, Pechlaner S: Grenzen der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen, *Handchir Mikrochir plast Chir* 2007; 39(1): 34-41

47. Oestern HJ: Sekundäre Sehnenerkrankungen und -verletzungen, Tscherne Unfallchirurgie Ellenbogen, Unterarm, Hand. 265
48. Dobyns JH, Linscheid RL, Complications of treatment of fractures and dislocation of the wrist. Complications in orthopaedic surgery, 1978, 271-352
49. Vonier D, Enderle E, Sauerbier M: Die Behandlung der Arthrose des distalen Radioulnargelenks, Der Unfallchirurg 2012/7 ; 589-597
50. Wolter D, Schumann U, Seide K (1999) Universeller Titan-Fixateur Interne, Trauma Berufskrankh (1999) 1:307-319, Springer, Berlin, Heidelberg, New York)
51. Litos offizielle Internetseite
52. Moser VL, Pommersberger K-J, Pessenlehner Ch, Meier M, Krimmer H: Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur, Operat Orthop Traumatol 2004; 16; 380-396
53. Thielke KH, Wagner T, Bartsch S, Echtermeyer V: Winkelstabile, volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Frakturen am distalen Radius. Chirurg (2003), 74, 1057-1063
54. Schmelzer-Schmied N, Schröder K, Wieloch P, Martini AK, Daecke W: Ergebnisse nach operativer Versorgung der distalen Radiusfraktur des älteren Patienten. Obere Extremität (2007), 2: 13-18
55. Windolf J, Hakimi M, Schädel-Höpfner M, Ergebnisse der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius, Trauma Berufskrankh (2008) 2:236-240, Springer Medizin Verlag
56. Zingg U, Rillmann P, Metzger U, Platz A: Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der AO/ASIF Titan-Pi-Platte. Unfallchirurg 2005, 108: 206-214
57. Mentzel M, Hoss H., Ebinger T, Kinzl L, Wachter NJ: Problematik der in Fehlstellung ausgeheilten distalen Radiusfraktur, Der Unfallchirurg 2001/3 DOI: 10.1007/s001130050716
58. Mehling I, Meier M, Schlör U, Krimmer H: Multidirektionale winkelstabile Versorgung der instabilen distalen Radiusfraktur, Handchir Mikrochir Plast Chir 2007; 39: 29–33
59. Meier R, Krettek C, Probst C: Erste Ergebnisse der multidirektional-winkelstabilen palmaren Osteosynthese der distalen Radiusfraktur, Der Unfallchirurg 2010/10, 113, 10, 789-795
60. Hakimi M, Jungbluth P, Gehrman S, Nowak J, Windolf J, Wild M: Unidirektionale vs. multidirektionale palmare winkelstabile Osteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen, Der Unfallchirurg, March 2010, Volume 113, Issue 3, pp 210-216

61. Goehre F, Otto W, Schwan S, Mendel T, Vergroesen PP, Lindemann-Sperfeld L: Comparison of palmar fixed-angle plate fixation with K-wire fixation of distal radius fractures (AO A2, A3, C1) in elderly patients. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014 Mar;39(3):249-57
62. Figl M, Weninger P, Jurkowitsch J, Hofbauer M, Schauer J, Leixnering M.: Unstable distal radius fractures in the elderly patient--volar fixed-angle plate osteosynthesis prevents secondary loss of reduction. *J Trauma.* 2010 Apr;68(4):992-8.
63. Sakhaii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H: Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen, *Der Unfallchirurg* 2003/4 , 272-280
64. Geyer T, Hefele K, Gülke J, Gebhard F, Mentzel M: Frühergebnisse nach palmarer winkelstabiler (multiaxialer) Plattenosteosynthese bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen, *Der Unfallchirurg* October 2011, Volume 114, Issue 10, pp 901-912
65. Drobetz H, Kutscha-Lissberg E: Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system. *Int Orthop.* 2003;27(1):1-6. Epub 2002 Aug 21.
66. Al-Rashid M, Theivendran K, Craigen MAC: Delayed ruptures of the extensor tendon secondary to the use of volar locking compression plates for distal radial fractures. *J Bone Joint Surg (2006) Br* 88: 1610–1612
67. Rozental TD, Blazar PE : Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg [Am]* (2006) 31: 359–365
68. Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, Krappinger D, Espen D, Gabl M: Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma* (2007) 21: 316–322
69. Ward Ch M, Kuhl T L, Adams BD: Early complications of volar plating of distal radius fractures and their relationship to surgeon experience, *Hand (N Y).* 2011 Jun; 6(2): 185–189.
70. Drobetz H, Weninger P, Grant C: More is not necessarily better. A biomechanical study on distal screw numbers in volar locking distal radius plates. (2013) *Injury* 44(4):535–539
71. Voigt C, Lill H: Welche Vorteile bietet die volare Plattenosteosynthese gegenüber der Kirschner-Drahtstabilisierung bei distalen Radiusextensionsfrakturen des alten Menschen? *Der Unfallchirurg* 2006/10: 845-854
72. Hollevoet N, Vanhoutie T, Vanhove W, Verdonk R: Percutaneous K-wire fixation versus palmar plating with locking screws for Colles' fractures. (2011) *Acta Orthop Belg* 2:180–187

73. McFadyen I, Field J, McCann P et al: Should unstable extra-articular distal radial fractures be treated with fixed-angle volar-locked plates or percutaneous Kirschner wires? A prospective randomised controlled trial. *Injury* 2011, 2:162–166
74. Costa ML, Achten J, Parsons NR, Rangan A, Griffin D, Tubeuf S, Lamb SE: Percutaneous fixation with Kirschner wires versus volar locking plate fixation in adults with dorsal displaced fracture of distal radius: randomised controlled trial, *BMJ* 2014;349:g4807
75. Knox J, Ambrose H, McCallister W, Trumble T: Percutaneous pins versus volar plates for unstable distal radius fractures: a biomechanic study using a cadaver model. *J Hand Surg Am* (2007) 6:813–81
76. Gruber G, Zacherl M, Giessauf C, Glehr M, Fuerst F, Liebmann W, Gruber K, Bernhardt GA: Quality of life after volar plate fixation of articular fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 May;92(5):1170-8.
77. Lohsträter A, Moock J, Germann S, Kohlmann T, Ekkernkamp A: Bedeutung der postoperativen Übungsbehandlung für das Outcome der distalen Radiusfraktur, *Trauma Berufskrankh* 2008 · 10[Suppl 2]:252–255

VI EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

„Ich, Agnieszka Polak, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Ergebnisse nach operativer Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit winkelstabiler Plattenosteosynthese. Eine retrospektive Studie. selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

08.04.2016

VII LEBENSLAUF

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

VIII DANKSAGUNG

Ich danke sehr herzlich Herrn Prof. Dr. med. Frieder Hahn für die Überlassung des Promotionsthemas sowie für die freundliche und geduldige Beratung und Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Ebenfalls möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Dr. med. Martina Mittag-Bonsch für die engagierte fachliche Korrektur dieser Arbeit bedanken.

Ich sage auch herzlichen Dank an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der chirurgischen Ambulanz, des Sekretariates und der radiologischen Abteilung im Klinikum Crailsheim und Ostalb-Klinikum Aalen für die freundliche technische Unterstützung bei Durchführung der klinischen Untersuchungen.

Besonders möchte ich mich bei meinen Freunden Anthony Lebouc und Pierre Compan sowie meinem Bruder Michał Polak für die emotionelle Unterstützung, Anregung und computertechnische Hilfe bedanken. Meiner geliebten Tochter Charlotte bedanke ich für die Geduld.

Einen besonderen Dank möchte ich an allen Patienten für Ihre Engagement und die Zeit beim Ausfüllen des Fragebogens sowie die Bereitschaft zur klinischen Nachuntersuchung aussprechen.

Agnieszka Polak

Crailsheim 08.04.2016