

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
der DRK Kliniken Berlin | Köpenick
Akademisches Lehrkrankenhaus der Medizinischen Fakultät Charité –
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Zur operativen Versorgung komplexer distaler Radiusfrakturen mit einer
winkelstabilen dorsalen Plattenosteosynthese

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Samir Zoubie

aus Gifhorn

Gutachter: 1. Priv. -Doz. Dr. med. D. Wahl
 2. Prof. Dr. med. C. Perka
 3. Prof. Dr. med. M. Wich

Datum der Promotion: 22.06.2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Inzidenz und Ätiologie.....	1
1.2 Anatomische Grundlagen	3
1.3 Klinik und Diagnostik.....	5
1.4 Einteilung	6
1.4.1 Colles-Klassifikation.....	6
1.4.2 Melone-Klassifikation	6
1.4.3 AO-Klassifikation.....	7
1.5 Therapie.....	8
1.5.1 Konservative Behandlung	9
1.5.2 Kirschner-Draht-Osteosynthese.....	10
1.5.3 Osteosynthese mit dem Fixateur externe	11
1.5.4 Konventionelle Plattenosteosynthesen	11
1.5.5 Winkelstabile Implantate	12
1.6 Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit	17
2 Patienten, Materialien und Methode	19
2.1 Patientenkollektiv	19
2.2 Osteosynthesematerial	20
2.3 OP-Technik.....	21
2.4 Dokumentation.....	28
2.4.1 Datenerhebung, Literatur und statistische Methode	28
2.4.2 Geschlechterverhältnis, Alter, verletzte Seite und Händigkeit	29

2.4.3 Energiegehalt des Unfallereignisses.....	29
2.4.4 Privatunfall / Arbeitsunfall.....	30
2.4.5 Stationärer Aufenthalt	30
2.4.6 Frakturformen nach AO-Klassifikation	30
2.4.7 Weichteilschaden	31
2.4.8 Begleitverletzungen.....	31
2.4.8.1 Processus styloideus ulnae – Verletzung	31
2.4.8.2 Versorgungspflichtige scapholunäre Dissoziation.....	31
2.4.8.3 Zusätzliche Verletzungen.....	31
2.5 Operative Daten.....	32
2.5.1 Primärversorgung.....	32
2.5.2 OP-Zeiten.....	32
2.5.3 Knochenersatzmaterial	32
2.5.4 Zusatzoperationen am Handgelenk und an der Handwurzel	32
2.5.5 Andere simultan durchgeführte Zusatzoperationen	33
2.5.6 Nachbehandlung	33
2.6 Radiologische Daten.....	33
2.6.1 Postoperativer anterior-posteriorer (a.p.) Gelenkflächenwinkel	33
2.6.2 Postoperativer seitlicher Gelenkflächenwinkel.....	34
2.6.3 Postoperativer Ulnavorschub	35
2.7 Nachuntersuchung.....	35
2.8 DASH-Score (disabilities of arm, shoulder and hand)	36
2.9 Subjektive Zufriedenheit	37
2.10 Operateure.....	37
2.11 Komplikationen	37
3 Ergebnisse.....	38
3.1 Allgemeine Daten.....	38
3.1.1 Geschlechterverhältnis, Alter, verletzte Seite und Händigkeit	38

3.1.2 Energiegehalt des Unfallereignisses.....	38
3.1.3 Privatunfall / Arbeitsunfall.....	39
3.1.4 Stationärer Aufenthalt	40
3.2 Frakturformen nach AO-Klassifikation	41
3.3 Weichteilschaden.....	42
3.4 Begleitverletzungen	43
3.4.1 Processus styloideus ulnae-Beteiligung.....	43
3.4.2 Versorgungspflichtige scapholunäre Dissoziation.....	44
3.4.3 Zusätzliche Verletzungen.....	45
3.5 Operative Daten.....	46
3.5.1 Primärversorgung.....	46
3.5.2 OP-Zeiten.....	47
3.5.3 Knochenersatzmaterial	47
3.5.4 Zusatzoperationen am Handgelenk und an der Handwurzel	47
3.5.5 Andere simultan durchgeführte Zusatzoperationen	47
3.5.6 Nachbehandlung	48
3.6 Radiologische Daten.....	49
3.6.1 Postoperativer anterior-posteriorer (a.p.) Gelenkflächenwinkel	49
3.6.2 Postoperativer seitlicher Gelenkflächenwinkel.....	49
3.6.3 Postoperativer Ulnavorschub	50
3.7 Nachuntersuchung.....	50
3.7.1 Unterarmdrehung.....	50
3.7.2 Handgelenkbeweglichkeit	51
3.7.3 Daumenbeweglichkeit.....	53
3.7.4 Faustschluss / Abstand der Fingerkuppen II-V zur Hohlhandfalte	54
3.7.5 Daumen-Langfinger-Berührung	55
3.7.6 Armumfänge.....	55
3.8 DASH-Score	55

3.8.1 DASH-Score in Bezug auf Alter und Geschlecht	55
3.8.2 DASH-Score in Bezug auf die Frakturschwere	56
3.8.3 DASH-Score in Bezug auf die Nachbehandlung	56
3.8.4 DASH-Score in Bezug auf die direkte / verzögerte Versorgung	57
3.8.5 DASH-Score in Bezug auf Arbeits-/Wegeunfall	57
3.8.6 DASH-Score bei scapholunären Bandverletzungen	60
3.9 Patientenzufriedenheit	61
3.10 Operateure	61
3.10.1 OP-Dauer	64
3.10.2 Röntgendurchleuchtungszeit	65
3.10.3 DASH-Score	65
3.11 Komplikationen	65
4 Diskussion	67
4.1 Allgemeine Diskussion	67
4.2 Kritische Anmerkung und Einfluss auf die Methodik	69
4.3 Diskussion der Ergebnisse	70
4.3.1 Patientenkollektiv	70
4.3.2 Stationärer Aufenthalt und OP-Zeitpunkt	72
4.3.3 Begleitverletzungen	73
4.3.4 Radiologische Ergebnisse	74
4.3.5 Nachuntersuchung	76
4.3.6 DASH und subjektive Zufriedenheit	78
4.3.7 Operation und Operateure	80
4.3.9 Komplikationen	82
5 Zusammenfassung	86
6 Literatur	88
7 Anhang	99

8 Lebenslauf	103
Danksagung	105
Erklärung	106

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Abhängigkeit der Stellung im Handgelenk für die Frakturform.....	2
Abb. 2: rechtes Handgelenk von dorsal.....	3
Abb. 3: rechtes Handgelenk von palmar.....	4
Abb. 4: Melone-Klassifikation.....	7
Abb. 5: AO-Klassifikation des distalen Unterarmes.....	8
Abb. 6: Kraftübertragung (links) konventioneller und (rechts) winkelstabiler Platten.	12
Abb. 7: Pi-Platte.....	15
Abb. 8: 3-Säulen-Modell.....	16
Abb. 9: Doppelplattenosteosynthese.....	16
Abb. 10: Röntgenbild a.p. der Y-Platte.....	17
Abb. 11: Technische Zeichnung des Implantates.....	21
Abb. 12: OP-Vorbereitung.....	22
Abb. 13: Retinaculum extensorum.....	22
Abb. 14: Inzisionen des Retinaculum extensorum.....	23
Abb. 15: „Insula listeri“.....	24
Abb. 16: Frakturreposition.....	25
Abb. 17: OP-Technik I - Langloch.....	25
Abb. 18: OP-Technik II – distale Schrauben.....	26
Abb. 19: Situs der Platte.....	27
Abb. 20: Retinakuloplastik.....	27
Abb. 21: a.p.-Gelenkflächenwinkel.....	34
Abb. 22: Seitlicher Gelenkflächenwinkel.....	35
Abb. 23: Histogramm Altersverteilung.....	38
Abb. 24: Unfallenergie.....	39
Abb. 25: Privat- oder Arbeitsunfall.....	39
Abb. 26: Operationszeitpunkt.....	40
Abb. 27: Liegedauer zwischen OP und Entlassung.....	41
Abb. 28: AO-Klassifikation.....	41
Abb. 29: Processus styloideus ulnae – Verletzung.....	43
Abb. 30: Scapholunäre Dissoziation.....	44
Abb. 31: Beispiel für die Versorgung mit Doppelgewindedraht.....	45

Abb. 32: Primärversorgung	46
Abb. 33: Nachbehandlung	48
Abb. 34: Ergotherapie	49
Abb. 35: Frakturverteilung unter den Operateuren	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Frakturschwere in Abhängigkeit des gruppierten Patientenalters.....	42
Tabelle 2: Defizit der Unterarmdrehung auswärts prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	50
Tabelle 3: Defizit der Unterarmdrehung einwärts prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	51
Tabelle 4: Defizit der Handgelenksextension prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	51
Tabelle 5: Defizit der Handgelenksflexion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	52
Tabelle 6: Defizit der Ulnarduktion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	52
Tabelle 7: Defizit der Radioduktion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	53
Tabelle 8: Defizit der Abspreizbewegung in der Hohlhandebene prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	54
Tabelle 9: Defizit der Abspreizbewegung rechtwinkelig Hohlhandebene prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)	54
Tabelle 10: Umfangdifferenz verletzter – unverletzter Arm in Zentimeter	55
Tabelle 11: DASH-Score und Frakturschwere.....	56
Tabelle 12: DASH-Score-Punktwerte in Abhängigkeit der Nachbehandlung	56
Tabelle 13: DASH-Score-Punktwerte in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Versorgung	57
Tabelle 14: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Begleitverletzung.....	57
Tabelle 15: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Frakturschwere.....	58
Tabelle 16: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Processus styloideus ulnae Fraktur	58
Tabelle 17: Kreuztabelle Arbeitsunfall / SL-Bandläsion	59
Tabelle 18: DASH-Score und Unfall im Rahmen gesetzlich versicherten Tätigkeit...	59
Tabelle 19: Kreuztabelle SL-Bandverletzung / Frakturschwere.....	60
Tabelle 20: DASH-Score und SL-Bandverletzungen.....	60
Tabelle 21: Kreuztabelle Referenzoperator / SL-Bandläsion.....	62

Tabelle 22: Kreuztabelle Referenzoperator / Begleitverletzung am betroffenen Arm..	62
.....	62
Tabelle 23: Kreuztabelle Referenzoperator / AO-Klassifikation.....	63
Tabelle 24: Kreuztabelle Referenzoperator / Beteiligung Processus styloideus ulnae	64
.....	64
Tabelle 25: Kreuztabelle Referenzoperator / Arbeitsunfall	64

Abkürzungsverzeichnis

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
CD	compact disc
CRPS	complex regional pain syndrome
CT	Computertomographie / -tomogramm
DASH	disabilities of arm, shoulder and hand
d. h.	das heißt
DICOM	digital imaging and communications in medicine
DRG	diagnosis related groups
DRUG	distales Radioulnargelenk
DVD	digital video disc
EDV	elektronische Datenverarbeitung
et al.	et altera
etc.	et cetera
Fa.	Firma
K-Draht	Kirschner-Draht
M.	Muskulus, Muskel
MRT	Magnetresonanztomographie / -tomogramm
N., n.	Nervus, nervi
OP	Operation
PACS	picture archiving and communication system
SL-	scapholunär, z. B. in „SL-Band“
sog.	sogenannt(e/er/es)
SPSS	statistical package for the social sciences
TFCC	triangulärer fibrocartilaginärer Complex
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Inzidenz und Ätiologie

Die distale Radiusextensionsfraktur loco typico (Colles 1814) ist der häufigste Bruch am menschlichen Skelett mit einer Inzidenz von 200-300/100.000/Jahr (Frank et al. 2010, Gabl 2007, Müller 2004). Aufgrund der steigenden Lebenserwartung in Industrieländern wird sogar eine Zunahme der Inzidenz bis zum Jahr 2030 um 50 Prozent erwartet (Figl et al. 2010).

17 Prozent aller Knochenbrüche am Menschen betreffen die körperferne Speiche (Alfram et al. 1962, Owen et al. 1982). Es zeigen sich in der Altersverteilung abgesehen von kindlichen Frakturen zwei Gipfel (Siebert und Klönz 2005): Im 1.-3. Lebensjahrzehnt, überwiegend beim männlichen Geschlecht, bedingt durch Rasanzunfälle bei Freizeitsportarten wie Inlineskaten, Fahrradfahren etc. - vom 60.-80. Lebensjahr vornehmlich durch die osteoporotische Veränderung der Knochensubstanz; es dominiert das weibliche Geschlecht (Alfram et al. 1962, Cuenca et al. 2003, Leitlinien der Gesellschaft für Unfallchirurgie 2008, Rikli 2003, Thielke et al. 2003). Der Unfallmechanismus ist hier meistens ein niedrigenergetischer Sturz in der Ebene.

Etwa 90 Prozent der distalen Radiusmetaphysenfrakturen sind Extensionsfrakturen (Schmidt et al. 2003). Sie entstehen zumeist durch einen Sturz auf die überstreckte Hand. Die Bruchform und -lokalisierung sind abhängig von der Ausrichtung und Größe der einwirkenden Kraft.

Frykman hat in einer experimentellen Arbeit ermitteln können, dass eine Krafteinwirkung von 282 Kilopond (140 - 440 Kilopond) beim männlichen und 195 Kilopond (105 - 320 Kilopond) beim weiblichen Geschlecht zu einer Fraktur an der distalen Radiusmetaphyse führen kann (Frykman 1967).

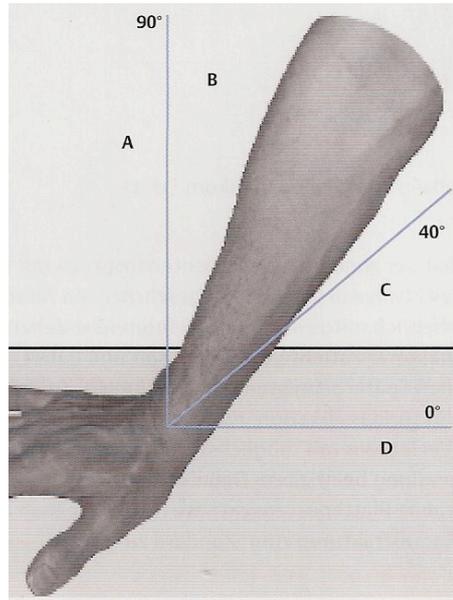


Abb. 1: Abhängigkeit der Stellung im Handgelenk für die Frakturform

A – Luxationsfraktur, B – Extensionsfraktur, C – Unterarmfraktur, D – Flexionsfraktur (Quelle: Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2/2007, Thieme Verlag)

Eine Extensionsfraktur entsteht bei einem Winkel zwischen Unterarm und Handwurzel zwischen 40 und 90 Grad. Ist der Winkel kleiner, entsteht wahrscheinlich eine Unterarmfraktur, bei einem Winkel über 90 Grad kann es zu Frakturen und Luxationen an den Handwurzelknochen kommen. Bei Sturz auf den palmar flektierten Handrücken stellt sich regelmäßig eine volare Absprengung dar. Pechlaner konnte 2002 in einer Untersuchung an Handgelenkspräparaten nachweisen, dass es auch bei einem Extensionstrauma zu palmar abgekippten Frakturen kommen kann. Der Studie zufolge war hierfür maßgeblich, mit welcher Kraft die proximale Handwurzelreihe auf die Radiusgelenkfläche traf (Pechlaner 2002).

1.2 Anatomische Grundlagen

Die körperferne Speiche stellt den Hauptpfeiler des Handgelenkes dar und hat drei anatomische Gelenkflächen, die interindividuell unterschiedlich ausgeprägt sind: 1. die Kahnbeingrube, 2. die Mondbeingrube und 3. die sog „sigmoid notch“, die radiale Gelenkfläche des distalen Radio-Ulnar-Gelenkes (Frank et al. 2003, Rauber und Kopsch 1987).

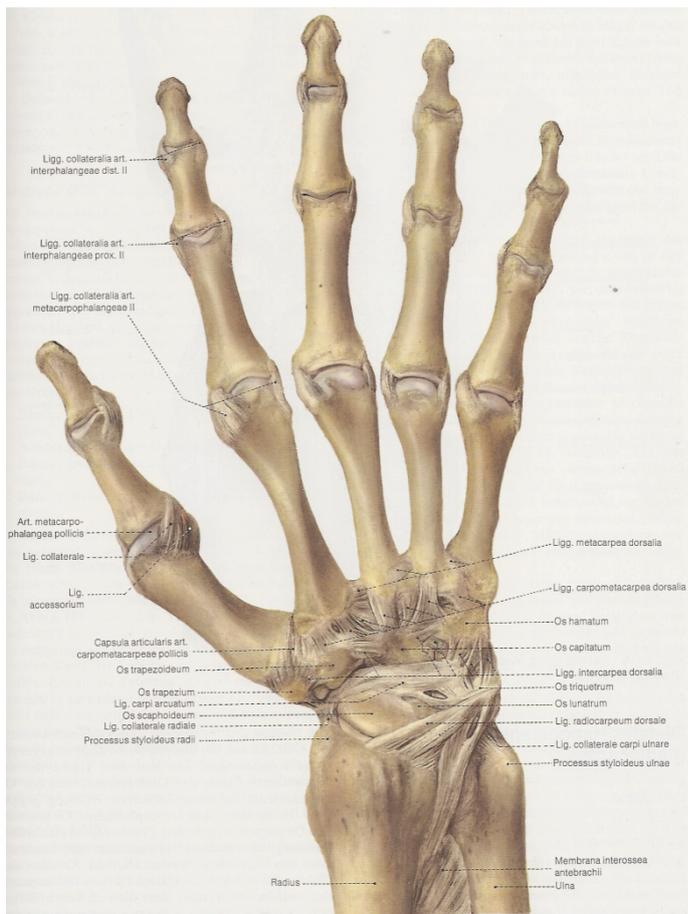


Abb. 2: rechtes Handgelenk von dorsal

(Quelle: Rauber/Kopsch Anatomie des Menschen Band 1; Thieme Verlag 1987)

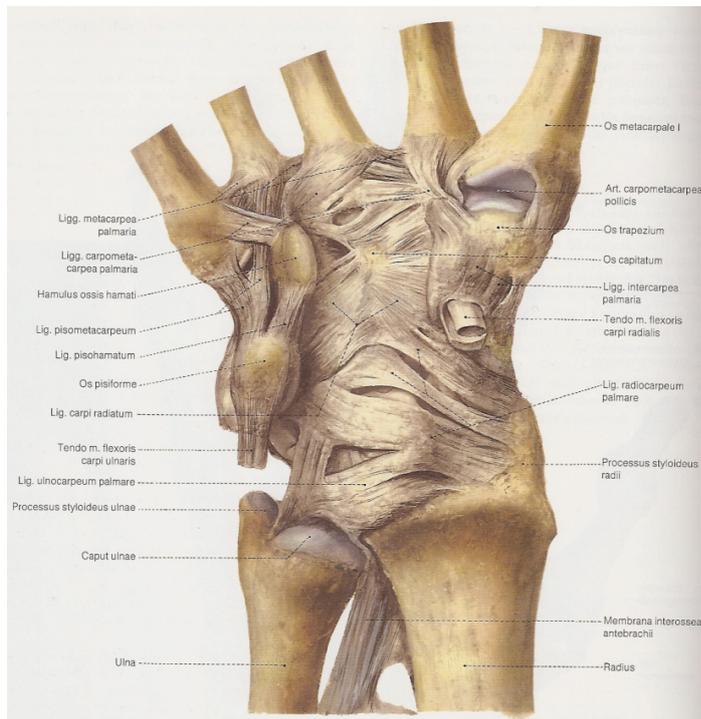


Abb. 3: rechtes Handgelenk von palmar
 (Quelle: Rauber/Kopsch wie Abb. 2)

An der palmaren Metaphyse des distalen Radius zeigt sich eine glatte Oberfläche, die Ansatzpunkt für wichtige, das Handgelenk stabilisierende Bänder ist. Der konvex konfigurierte dorsale Bereich ist das Lager der sechs Strecksehnenfächer und hat in der Mitte eine längliche Erhabenheit, das Tuberculum dorsale (LISTERI). Dieses dient der im dritten Strecksehnenfach laufenden Sehne des M. extensor pollicis longus als Hypomochlion und erfüllt somit eine wichtige biomechanische Funktion.

Die Metaphyse des distalen Radius beginnt ca. drei Zentimeter vor der distalen Gelenkfläche. Pathophysiologisch wichtig ist die Abnahme der Dicke der Kortikalis in diesem Bereich mit gleichzeitiger Zunahme der spongiösen Knochensubstanz. Somit ist dieser Anteil des Knochens als „locus minoris resistentiae“ anzusehen (Frank et al. 2003).

In der frontalen Ebene ist die Radiusgelenkfläche in einem Winkel von durchschnittlich ca. 23 Grad nach ulnar inkliniert, in der sagittalen Ebene stellt sich

die Gelenkfläche um ca. 10 Grad nach palmar geneigt dar. Diese Winkelverhältnisse variieren interindividuell und sind für die optimale Kraftübertragung und Beweglichkeit zwischen Radiusgelenkfläche und der proximalen Handwurzelreihe von erheblicher Bedeutung (Böhler 1957, Kwasny et al. 1991).

Das Handgelenk setzt sich proximal aus dem Radio-Carpal-Gelenk, dem distalen Radio-Ulnar-Gelenk (DRUG) und dem triangulären fibrocartilaginären Komplex (TFCC) zusammen. Distal erfolgt die Artikulation über das Os scaphoideum, das Os lunatum und das Os triquetrum, welche untereinander durch straffe Bandhaften miteinander verbunden sind und eine funktionelle Einheit bilden.

1.3 Klinik und Diagnostik

Klinisch imponiert der körperferne Speichenbruch durch schmerzhafte Schwellung und Bewegungseinschränkung mit Verbreiterung oder Fehlstellung im Handgelenk (Colles 1814). Typisch ist die sog. Bajonett- oder Fourchettfehlstellung. Weiterhin kann es zu Begleitverletzungen wie z.B. carpale ligamentäre Verletzungen, carpale und ulnare Frakturen, Verletzungen des TFCC und Instabilitäten des distalen radio-ulnaren Gelenkes kommen (Siebert und Klönz 2005). Ausserdem können Durchblutungsstörungen und neurologischen Defizite entstehen. Somit ist die genaue Untersuchung von Fingerbeweglichkeit, Durchblutung und Sensibilität obligat und muss dokumentiert werden. Bei ausgedehnten, geschlossenen Weichteilschäden ist an ein Kompartmentsyndrom zu denken.

Die Röntgenuntersuchung des Handgelenkes in zwei Ebenen stellt die Basis der bildgebenden Diagnostik dar. Bei Verdacht auf komplexe intraartikuläre Frakturen mit Unklarheit über die Stellung der Fragmente wird die Computertomographie zur besseren Planung des operativen Vorgehens und der postoperativen Stellungskontrolle großzügig herangezogen (Dahlen 2004). Auch bei Verdacht auf eine zusätzliche knöcherne Handwurzelverletzung ist eine CT-Diagnostik dringend anzuraten (Strassmair 2013).

Die dynamische Untersuchung des Handgelenkes im Bildverstärkerstrahlengang ist ubiquitär einsetzbar und geeignet, sowohl diagnostisch vor der Operation als auch

perioperativ carpale Instabilitäten zu detektieren. Außerdem aufzuzählen sind die MRT-Untersuchung des Handgelenkes und die Handgelenksarthroskopie, die für die Beurteilung und Therapie von Handgelenkbinnenstrukturen (z.B. Verletzung des TFCC) oder intrinsischer Bänder der Handwurzel (z.B. scapholunäre Dissoziation) von Bedeutung sind (Frank et al. 2010, Rose et al. 1999).

1.4 Einteilung

Von einer guten Klassifikation wird gefordert, dass sie einfach anwendbar und weit verbreitet ist. Zusätzlich sollte sich aus der Einteilung eine klinische Relevanz, eine Prognose über die Schwere der Verletzung, sowie eine therapeutische Entscheidung ableiten können (Wittner 1993). Im Schriftgut wird eine Vielzahl von Einteilungsmöglichkeiten der distalen Radiusfraktur genannt. Die verschiedenen Autoren versuchten jeweils stabile von instabilen Frakturen, intraartikuläre von extraartikulären Frakturen abzugrenzen und einen Algorithmus zur operativen Strategie anhand der Klassifikation abzuleiten.

1.4.1 Colles-Klassifikation

Pouteau (1783) und Colles (1814) teilten erstmalig distale Radiusextensionsfrakturen als sog. „Fractura loco typico sive classico“ in vier Klassen auf. Unterschieden wurde lediglich zwischen einer extraartikulären und intraartikulären, sowie nichtdislozierten und dislozierten Radiusextensionsfraktur.

1.4.2 Melone-Klassifikation

Melone konnte erstmalig typische Dislokationsmuster von vier Hauptfragmenten, sog. Schlüsselfragmenten, nachweisen und so mit seiner Einteilung komplexe Frakturen beschreiben (Melone 1993). Der Typ I stellt die stabile, nicht dislozierte intraartikuläre Fraktur dar. Der Typ II ist instabil und weist eine Dislokation des

medialen Komplexes auf. Die Spike-Fraktur als Typ III ist ebenso instabil und weist zusätzlich zur Typ II – Fraktur eine palmare Aussprengung auf. Im Typ IV findet sich eine Mehrfragmentfraktur wieder, die erheblich eingestaucht ist und der mediale Komplex auseinander gesprengt und gegebenenfalls auch rotiert ist (Tscherne 2001). Diese Klassifikation ist im deutschsprachigen Gebiet nicht sehr verbreitet, wird aber angeführt, da anhand dieser Darstellung komplexe intraartikuläre Fraktursituationen beschrieben werden können.

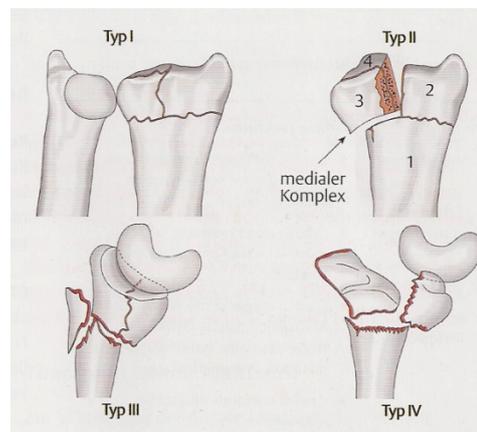


Abb. 4: Melone-Klassifikation

(Quelle: Aktuelle Traumatologie 3/05; Thieme Verlag)

1.4.3 AO-Klassifikation

Die AO-Klassifikation für Frakturen der langen Röhrenknochen (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen - kurz AO genannt) ist eine weltweit verbreitete Einteilung von Frakturen der langen Röhrenknochen und hat sich auch hierzulande durchgesetzt. Zunächst wird jedem Knochen bzw. Knochenpaar eine Ziffer von eins bis vier zugeordnet (erste Zahl). Danach erhält jeder Knochenabschnitt eine Ziffer (zweite Zahl). Es ergibt sich somit für den distalen Unterarm die Zuordnungszahl 23. Die Klassifikation der Fraktur erfolgt durch die Buchstaben A, B, C. Diese Gruppen werden wiederum unterteilt mit drei Ziffern. Zuletzt erfolgt nochmals die Unterteilung in Subgruppen, sodass sich für den distalen Unterarm 27 Frakturtypen ergeben (Müller et al. 1990). Diese Einteilung nach Müller von 1990 hat den Vorteil, dass sich

aus der Eingruppierung der Fraktur eine Aussage über das therapeutische Vorgehen und die Prognose treffen lässt (Müller 1992). Für die Planung der Behandlung der Radiusfraktur und für eine Aussage über die Prognose ist vor allem wichtig zu klären, in welcher Schwere das Radiokarpalgelenk und das distale Radioulnargelenk betroffen sind.

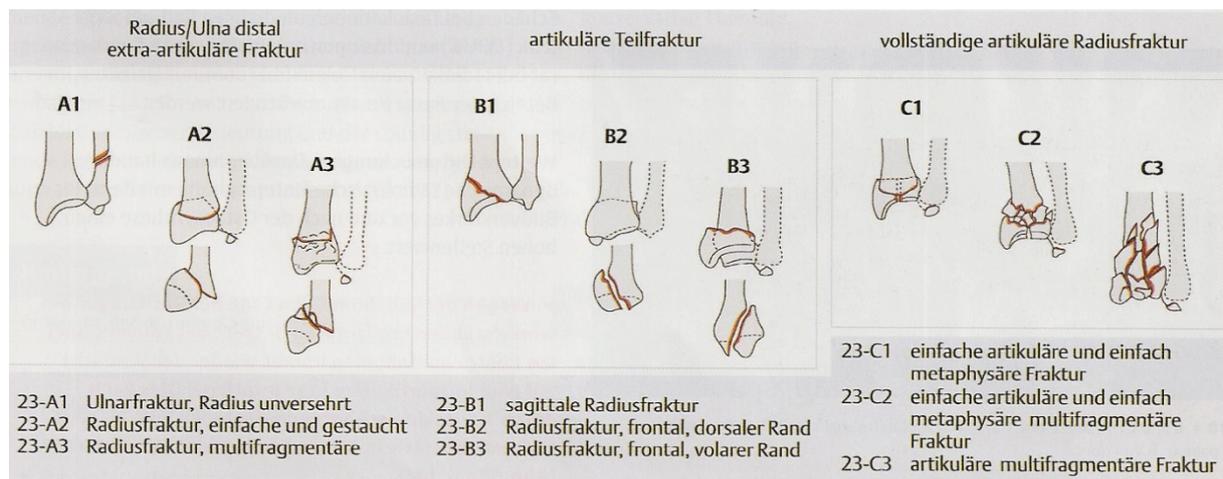


Abb. 5: AO-Klassifikation des distalen Unterarmes
(Quelle: Aktuelle Traumatologie 3/05; Thieme Verlag)

1.5 Therapie

Als Therapieziel wird einhellig die Wiederherstellung der Radiusgelenkflächenwinkel (sog. Böhler-Winkel) und Länge des Radius (Böhler 1957) sowie die stufenlose Rekonstruktion der Radiusgelenkfläche gefordert (Fernandez 2000, Knirk und Jupiter 1986, Schwarz 2003). Dieses Repositionsergebnis soll dauerhaft fixiert werden und zu einem Ausheilungsergebnis führen, welches eine uneingeschränkte Funktion des betroffenen Armes zulässt.

Für die Indikationsstellung zu operativen Versorgung sind unter anderem die Instabilitätskriterien nach Jupiter sinnvoll (Jupiter et al. 1997):

- Dorsale Abkippung des distalen Fragments im seitlichen Strahlengang $\geq 20^\circ$
- Vorhandensein einer dorsalen metaphysären Trümmerzone
- Intraartikuläre Fraktur
- Patient älter als 60 Jahre
- Relativer Ulnavorschub im anterior-posterioren Strahlengang $\geq 3\text{mm}$
- Ulnare Begleitverletzung
- Instabilität im distalen Radio-Ulnar-Gelenk

Instabile Frakturen und intraartikuläre Frakturen mit einer Gelenkstufe sollten, soweit keine Kontraindikationen bestehen, operativ versorgt werden. Das Gleiche gilt für offene Frakturen. Welche der nachfolgend aufgeführten Therapieoptionen gewählt wird, stellt die verantwortungsvolle Aufgabe des Chirurgen dar und wird als multimodales Therapiekonzept an die Lebenssituation des/der Verletzten angepasst.

1.5.1 Konservative Behandlung

Nach heutiger Sicht beschränkt sich die konservative Behandlung im Gipsverband auf 23-A2-Frakturen, nicht-dislozierte 23-B1-Frakturen und mit Einschränkung auch auf 23-A3-Frakturen (Schwarz 2003, Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie 2008). Um ein gutes funktionelles Ergebnis zu erzielen, ist die anatomiegerechte exakte Reposition und korrekte Gipsanlage (mit gegebenenfalls mehrfachem Wechsel) wichtig. Es lassen sich zwar nahezu alle Radiusfrakturen derartig behandeln, nur ein Teil jedoch im Gips auch dauerhaft halten. So kann ein gutes Repositionsergebnis nach wenigen Tagen wieder verloren gehen. Trotz korrekter Repositionen heilen viele konservativ geführte Knochenbrüche in Fehlstellung aus (Schwarz 2003). Allerdings ist die Aussage von Colles, dass auch grobe Fehlstellungen nach distalem Speichenbruch mit einem zufriedenstellendem Ergebnis ausheilen, heute widerlegt (Colles 1814, Rikli et al. 2003).

Indiziert ist daher die konservative Frakturbehandlung bei nicht-dislozierten und stabilen extraartikulären Frakturen vor allem der AO-Typ 23-A2 und bei Vorliegen von allgemeinen Kontraindikationen gegen einen operativen Eingriff, wie schwere Begleiterkrankungen und mit Einschränkung ein hohes Lebensalter des Patienten.

1.5.2 Kirschner-Draht-Osteosynthese

Als Bindeglied zwischen der konservativen Behandlung und der operativen Therapie ist die perkutane Bohrdraht-Osteosynthese anzusehen. Ihr Vorteil besteht darin, dass sie einfach, schnell und kostengünstig durchzuführen ist (Voigt und Lill 2006) und in der Regel ohne Allgemeinanästhesie mit lokoregionalen Betäubungstechniken durchgeführt wird. Die Indikation für die Kirschner-Draht-Osteosynthese besteht bei der distalen Extensionsfraktur des Radius ohne wesentliche Gelenkbeteiligung und ohne ausgeprägte Trümmerzone, bei welcher durch alleinige Gipsretention die Redislokation droht (Hotz 2003). Kontraindikation für diese Therapieoption ist die Flexionsfraktur, intraartikuläre Impressionsfrakturen sowie ausgedehnte Trümmerzonen. Als nachteilig anzusehen ist, dass es bei diesem Verfahren oft zu sekundären Sinterungen kommt, die dann im Ausheilungsergebnis eine Radiusverkürzung bzw. Dorsalkippung der Radiusgelenkfläche zeigen.

Die perkutane Bohrdraht-Osteosynthese wird im deutschsprachigen Raum zumeist in einer Modifikation der von Willenegger und Kapandji beschriebenen Techniken durchgeführt. Die von Kapandji propagierte Methode unterscheidet sich von den konventionellen Techniken darin, dass der Bohrdraht intrafokal, d.h. durch den Frakturspalt eingebracht wird und sich damit an beiden Kortikalices abstützen kann. Hierdurch soll eine Sekundärdisklokation verhindert werden (Kapandji 1976, Willenegger und Guggenbuhl 1959).

1.5.3 Osteosynthese mit dem Fixateur externe

Das biomechanische Prinzip der Osteosynthese mit dem transartikulären Fixateur externe beruht auf der Ligamentotaxis und ist an einen intakten Bandapparat gebunden (Vidal et al. 1983). Indiziert ist die Behandlung mit dem Fixateur bei offenen Frakturen und ausgedehnten Weichteilschäden, intraartikulären Trümmerfrakturen und infizierten Verhältnissen (Oestern 2003). Der Vorteil besteht darin, dass dieses Verfahren ubiquitär einsetzbar und durch wiederverwendbare Fixateursysteme kostengünstig ist. Als Komplikationen können Infektionen an den Schanz-Schrauben, Strecksehnenverletzungen (durch Pins oder scharfkantige Knochenfragmente) und Läsionen des Ramus superficialis n. radialis auftreten. Außerdem kann durch die Behandlung mit dem Fixateur ein komplex-regionales Schmerzsyndrom (CRPS) auftreten (Uzdil und Winker 2007). Unter bestimmten Bedingungen ist es empfehlenswert, einen Verfahrenswechsel frühzeitig entsprechend des Begleitschadens durchzuführen, damit die lange Ruhigstellung nicht zu einem Immobilisationsschaden mit dauerhafter Bewegungseinschränkung führt.

1.5.4 Konventionelle Plattenosteosynthesen

Plattenosteosynthesen am distalen Radius können dorsal und palmar durchgeführt werden. Biomechanisches Prinzip bei der konventionellen Technik ist die Implantatplatzierung im Sinne einer Abstützung der metaphysären und artikulären Fragmente und die Neutralisation von Rotationskräften. Die palmare Plattenlage bereitet bei seltenen Flexionsfrakturen keine größeren Probleme, da die Metaphyse hier plan ist und Sehnen und Nerven durch den M. pronator quadratus getrennt sind. Bei der dorsalen Abstützplatte zur Versorgung von Extensionsfrakturen kommt es durch den traumatisierenden operativen Zugang mit dem Eröffnen des dritten und vierten Strecksehnenfaches und dem Abtragen des Tuberculum dorsale listeri häufig zu Sehnenirritationen und -rupturen. Die frühe Materialentfernung ist hier obligat. Die konventionelle dorsale Plattenosteosynthese ist für Extensionsfrakturen weitgehend verlassen und von winkelstabilen Implantaten verdrängt worden (Siebert 2003).

1.5.5 Winkelstabile Implantate

Das Prinzip der winkelstabilen Verbindung ist schon seit Anwendung des Fixateur-externe bekannt und wurde sukzessive auf weitere Frakturgebiete erweitert: So findet sich beispielsweise die subcutane Anwendung dieser Methode beim Fixateur interne an der Wirbelsäule wieder. Die Osteosynthese an spongiösen, metaphysären und epiphysären Bereichen von Röhrenknochen geschah schon früh durch Winkelplatten, z.B. an der proximalen Femurfraktur. Diese Verwendungen haben mit der heutigen winkelstabilen Plattenosteosynthese gemein, dass die Kraftübertragung direkt zwischen Schrauben bzw. Klingen und dem Knochen erfolgt und Druckkräfte in diesem Bereich entstehen (Abb. 6 rechts) (Claes 2011).

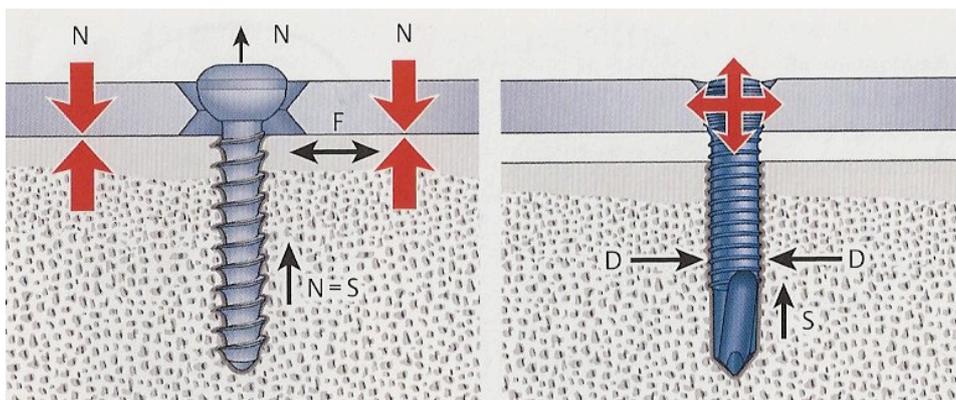


Abb. 6: Kraftübertragung (links) konventioneller und (rechts) winkelstabiler Platten
(Quelle: Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 6/2011; Thieme Verlag)

Durch die feste, rigide Vereinigung von Platte und Schraube, die entweder durch eine Gewinde-Verbindung oder durch Materialverformung im Schraubenloch entsteht, wird die Lockerung aus dem Knochen verhindert. Diese Schraubenfixierung ist insbesondere am spongiösen Knochen eine gefragte Eigenschaft. Mit Einführung winkelstabiler Implantate am distalen Radius ließ sich die Indikation der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese gemäß dem Fixateur-interne-Prinzip auf die Extensionsfrakturen erweitern.

Vor über einem Jahrzehnt begann die Anwendung von winkelstabilen Implantaten in der Frakturversorgung des distalen Radius. Seither hat sich die Behandlung dieser

Verletzung dahingehend so sehr verändert wie an keiner anderen Fraktur (Nellans et al. 2012). Wurden im Jahre 1999 noch die Mehrheit der Speichenbrüche durch Bohrdrahtosteosynthesen - welcher Art auch immer - versorgt, sind es heute 81 Prozent der Fälle, die durch eine offene Reposition und interne Stabilisierung behandelt werden (Lögters et al. 2012).

Besonders an komplexen Fraktursituationen oder an osteoporotisch bedingten Frakturen alter Menschen soll sich der Vorteil winkelstabiler Plattenosteosynthesen im Vergleich zu konventionellen Versorgungen zeigen (Walz et al. 2004). Ein weiterer Vorteil winkelstabiler Implantate am distalen Radius sind die Option der frühfunktionellen Nachbehandlung und die Reduktion von Komplikationen wie Repositionsverluste und Sehnenirritationen / -rupturen (Meier et al. 2012).

Durch die frühfunktionelle Nachbehandlung zeigt sich bei schonender Repositionstechnik und Verwendung einer (palmaren) winkelstabilen Plattenosteosynthese eine geringere Inzidenz des komplex-regionalen Schmerzsyndroms (CRPS) von nur noch etwa einem Prozent (Uzdil und Winker 2007).

Die neuere Generation der palmaren Plattensysteme am distalen Radius weist eine variable Verblockungsmöglichkeit der Schrauben im Plattenloch auf. Erste grundlegende Arbeiten gehen auf Wolter zurück (Wolter 1999; Wolter et al. 2001). In letzter Zeit setzt sich ein Trend zur multidirektionalen winkelstabilen palmaren Osteosynthese durch (Michelitsch et al. 2013). Durch diese Multidirektionalität lassen sich theoretisch Vorteile für die Versorgung komplexer Frakturen herausarbeiten; im Rahmen einer Untersuchung bot die variable Winkelstabilität gegenüber der unidirektionalen Winkelstabilität jedoch keinen nachgewiesenen Vorteil und führte lediglich zu längeren Durchleuchtungszeiten (Hakimi et al. 2010).

Trotz der vielfältig oben angeführten Therapieoptionen der distalen Radiusfraktur besteht bis heute keine Einigkeit über die Art der Versorgung (Zettl et al. 2009). Die palmare Instrumentierung bei Extensionsfrakturen des distalen Radius ist mittlerweile ein etabliertes Verfahren, mit dem sich gute funktionelle Ergebnisse realisieren lassen (Arora et al. 2011, Chung et al. 2008, Hakimi et al. 2010). So wurden im Laufe der Zeit zunehmend komplexe distale Radiusfrakturen von beugeseitig versorgt. Ein

universelles Verfahren kann es jedoch nicht sein, denn auch Verfechter des palmaren Zugangs mussten Rückschläge mit ungenügender Reposition der Fragmente und damit schlechten Ergebnissen hinnehmen und zwar dort, wo eine ausgeprägte „dorsale Pathologie“ oder multifragmentäre Fraktursituationen bestanden. Dort wo eine palmare Herangehensweise genutzt wurde, ist in solchen Fällen oft ein zweiter, dorsaler Zugang erforderlich geworden, zum Teil auch mit zweiter Osteosynthese. Um in solchen Fällen die ausgedehnte Gewebekompromittierung zu reduzieren, ist als möglicher geeigneter Weg der isolierte dorsale Zugang zu nennen, der zum einen eine bessere Übersicht zur Gelenkfläche bietet als der palmare Zugang, zum anderen die direkte Reposition dorsaler Fragmente und streckseitiger Trümmerzonen gestattet. Zur Retention wird ein Implantat benötigt, welches anatomisch vorgeformt und flach ist, um damit die Strecksehnen nicht zu irritieren.

Weitgehend bekannt ist die im Jahre 1994 eingeführte sogenannte Pi-Platte der AO (Siehe Abb. 7). Die ersten Ergebnisse waren enttäuschend, da es trotz Würdigung der anatomischen Verhältnisse mit Erhalt des Tuberculum dorsale durch die Implantatform im hohen Maße zur Irritation der Strecksehnen kam (Hahnloser et al. 1999, Kambouroglou und Axelrod 1998). Erst durch Veränderung des Designs insbesondere im distalen Plattenteil konnten Komplikationen minimiert werden und gute Ergebnisse vorgestellt werden (Zingg et al. 2005).

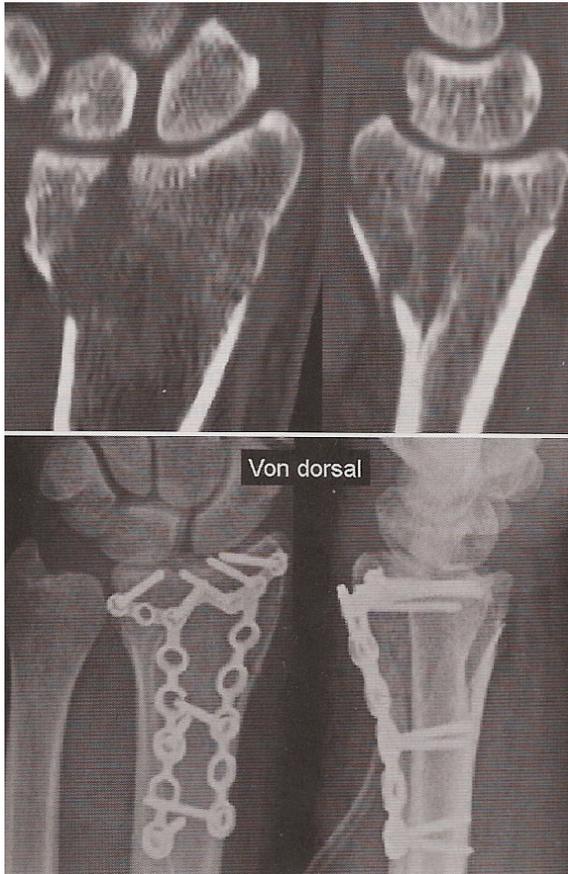


Abb. 7: Pi-Platte

(Quelle: Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2007; Thieme Verlag)

Eine weitere Möglichkeit der dorsoradialen Implantatplatzierung ist die Doppelplattenosteosynthese nach dem von Rikli und Regazzoni veröffentlichten 3-Säulen-Modell (Rikli und Regazzoni 1996, Rikli et al. 2005). Hier wird durch direkte Adressierung der intermediären und der radialen Säule eine ausreichende Stabilität erreicht (Abb. 8 und 9). Als potentieller Nachteil anzusehen ist die Notwendigkeit zweier Zugänge und die mögliche Irritation der Sehnen des ersten Strecksehnenfachs im Bereich des radialen Plattenlagers.

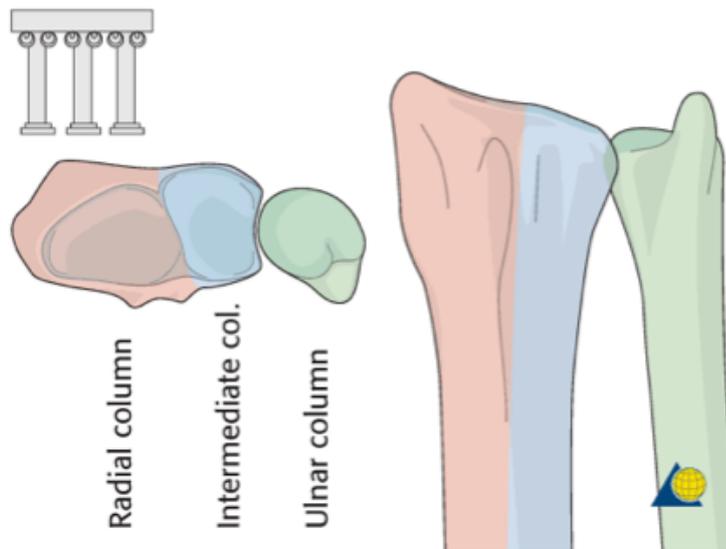


Abb. 8: 3-Säulen-Modell

(Quelle: AO surgery reference – www.aofoundation.org)

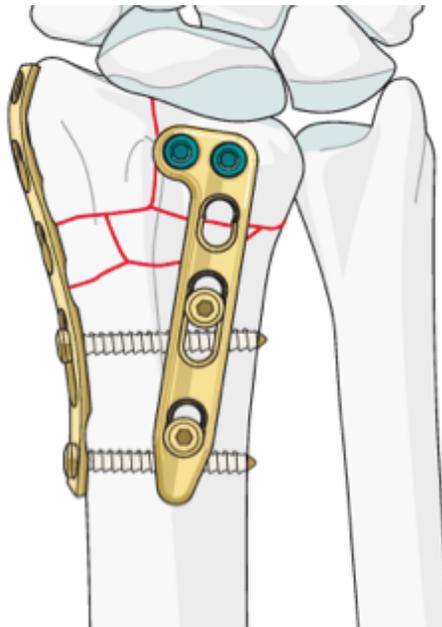


Abb. 9: Doppelplattenosteosynthese

(Quelle: AO surgery reference – www.aofoundation.org)

Die Vereinigung beider Prinzipien findet sich in der untersuchten dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese der Fa. Königsee (Abb. 10). Wie bei der Doppelplattenosteosynthese nach dem 3-Säulen-Modell werden die radiale und

intermediäre Säule abgestützt und dabei die Extensor pollicis longus-Sehne im dritten Strecksehnenfach geschont.



Abb. 10: Röntgenbild a.p. der Y-Platte

1.6 Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Seit dem Oktober 2003 kommt in der unfallchirurgischen Klinik der DRK-Kliniken Berlin | Köpenick eine winkelstabile Radiusplatte der Fa. Königsee zur dorsalen Instrumentierung bei komplexen distalen Radiusfrakturen zum Einsatz. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, zu beleuchten, ob es unter Anwendung der dorsal instrumentierten winkelstabilen 2,0mm-Plattenosteosynthese mit dem entsprechenden schonenden Zugang zu möglichst anatomiegerechten Ausheilung von komplexen Frakturen mit guten funktionellen Ergebnissen und subjektiver Zufriedenheit kommt. Für den Patienten ist eine möglichst rasche Wiedererlangung der vollständigen Handgelenksfunktion auch nach komplexem Trauma wichtig.

In diesem Zusammenhang soll geklärt werden

- wie oft es zu allgemeinen und implantatspezifischen Komplikationen gekommen ist
- wie sich funktionelle und radiologische Ergebnisse nach 6 Monaten darstellen
- wie hoch die Zufriedenheit und die alltägliche Funktionalität nach 6 Monaten unter Berücksichtigung des DASH-Scores ist
- ob die Anwendung der Platte sicher durchzuführen ist
- wie oft Begleitverletzungen aufgetreten sind
- wie oft Strecksehnenirritationen oder -rupturen entstanden sind, wie oft aus diesem Grunde eine Materialentfernung durchgeführt werden musste
- welche weiteren Faktoren Einfluss auf das Behandlungsergebnis haben

2 Patienten, Materialien und Methode

2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 2003 bis 2005 wurden an den DRK Kliniken Berlin | Köpenick konsekutiv 100 Patienten mit 100 distalen komplexen Radiusmetaphysen-extensionsfrakturen durch eine dorsale winkelstabile Plattenosteosynthese (Fa. Königsee, 2mm-Minifragment) operativ versorgt. Die Patienten stellten sich nach erlittenem Trauma entweder selbst in der Rettungsstelle vor bzw. wurden vom Rettungsdienst der Stadt Berlin oder des Landes Brandenburg unserer Behandlung zugeführt. Zudem erfolgte die operative Behandlung nach Einweisung durch einen unfallärztlichen Facharzt oder einen Allgemeinmediziner.

Nicht dislozierte Frakturen wurden der konservativen Therapie zugeführt und mit Anlage einer radial ungreifenden Gipslonguette ruhiggestellt. Einfache 23-A2-Frakturen, die eine dorsale Dislokation aufwiesen, wurden reponiert und im Spaltcast ruhiggestellt. Ließ sich das Repositionsergebnis nicht halten, wurde eine Kirschnerdraht-Osteosynthese in unterschiedlichen Techniken durchgeführt.

Lag eine komplexe, dorsal dislozierte Radiusmetaphysenfraktur vor (AO-Klassifikationen: 23-A3 mit ausgeprägter dorsaler Trümmerzone, 23-B2 sowie 23-C1, C2 und C3), wurde die Indikation zur dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese gestellt und der Patient nach Einverständniserklärung (siehe Anhang) in die Studie aufgenommen. Ausschließlich palmar abgekippte Frakturen wurden von palmar konventionell oder winkelstabil verplattet.

Eingeschlossen wurden Patienten mit primärer Versorgung durch diese winkelstabile Osteosynthese und Patienten, die sekundär mit der Minifragment-Platte behandelt wurden. Vorausgegangen sind bei diesen Patienten die geschlossene Reposition und Gipsanlage als konservativer Therapieversuch, die (sekundär dislozierte) Bohrdrahtosteosynthese und die primäre Fixateur-externe-Anlage im Rahmen eines Verfahrenswechsels. Ausgeschlossen wurden Fälle mit Korrekturosteotomien am distalen Radius nach fehlerheilender Fraktur, bei denen diese Platte im Untersuchungszeitraum in zwei Fällen ebenso Anwendung fand. Außerdem wurden

Patienten ausgeschlossen, die einen Zustand nach distaler Radiusfraktur an der betroffenen Extremität in der Vorgeschichte angaben.

2.2 Osteosynthesematerial

Zur Anwendung kam bei allen Patienten eine dorsal angelegte winkelstabile Plattenosteosynthese aus Titan. Diese anatomisch vorgeformte Platte ist durch ihre Ypsilon-Form der dorsalen Oberflächenbeschaffenheit des distalen Radius angepasst und lässt das Tuberculum dorsale LISTERI, das der Sehne des M. extensor pollicis longus als Hypomochlion dient, unversehrt. Distal fixieren vier bzw. fünf 2mm-winkelstabile Schrauben die Radiusgelenkfragmente und stützen diese durch ihre vorgegebene Anordnung die Gelenkfläche galerieartig ab. So sollen auch kleine Fragmente sicher gefasst und retiniert werden. Zur Auswahl stehen Implantate für die rechte und linke Hand mit jeweils vier und fünf distalen 2mm-Schrauben, die in Abhängigkeit von der Breite des distalen Radius eingesetzt werden können. Proximal befindet sich neben zwei Schaftschraubenlöchern mit Verriegelungsoption ein Langloch, das eine Feinreposition der Platte ermöglicht, bevor zwei weitere 3,5mm-Kortikalisschrauben distal davon eingebracht werden.

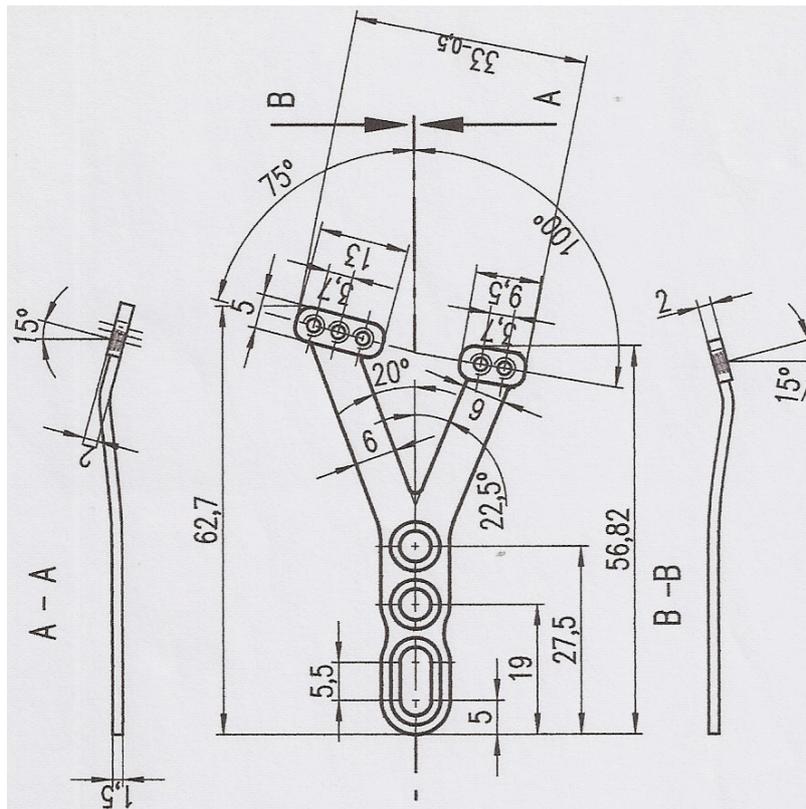


Abb. 11: Technische Zeichnung des Implantates
(mit freundlicher Genehmigung der Fa. Königsee)

2.3 OP-Technik

Nach üblicher OP-Vorbereitung, Rückenlage und Anlage einer Blutleere wird die betroffene Extremität auf dem Handtisch gelagert, die Haut chirurgisch desinfiziert und eine Extension von vier Kilogramm über sog. Mädchenfänger am ersten und zweiten Strahl angelegt. Hierdurch wird die Fraktur bereits durch Längszug grob reponiert.

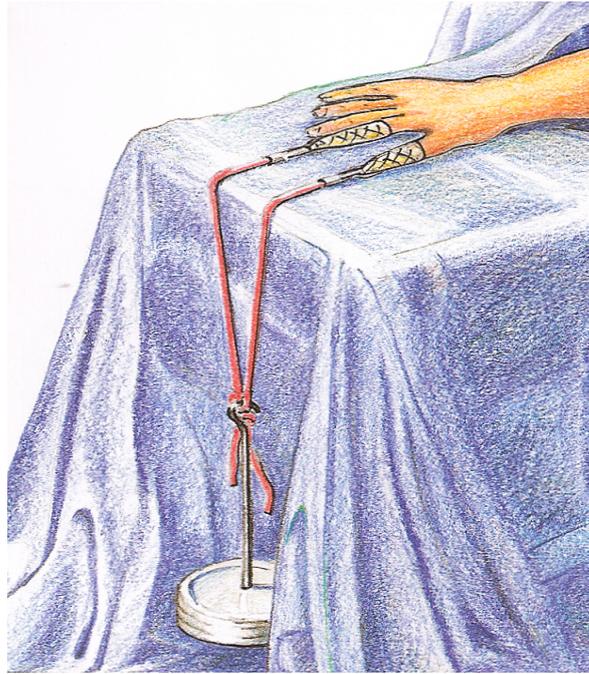


Abb. 12: OP-Vorbereitung

(Zeichnungen der Abb. 12-20 von D. Wahl, mit Genehmigung der Fa. Königsee)

Nach steriler Abdeckung und letzter Kontrolle der Patientendaten und der zu operierenden Seite erfolgt ein 7cm langer gerader Längsschnitt über der Radiusmitte. Das Retinaculum extensorum wird dargestellt und eine Inzision des vierten Strecksehnenfaches radial der Sehnen des M. extensor digitorum communis durchgeführt.

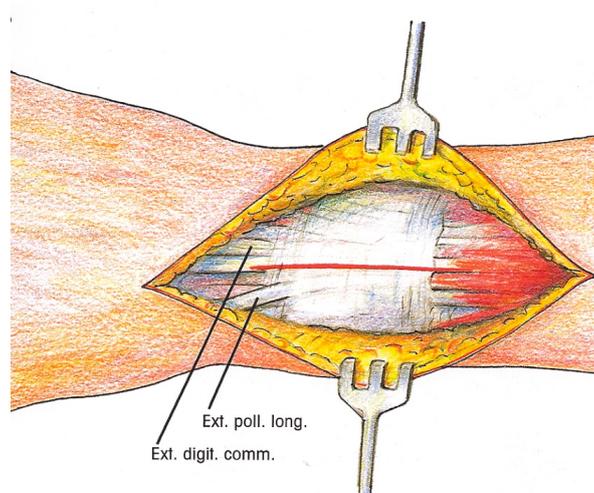


Abb. 13: Retinaculum extensorum

Nun können die Sehnen des Musculus extensor digitorum communis unter Anheben knochennah abgelöst und nach ulnar gehalten werden.

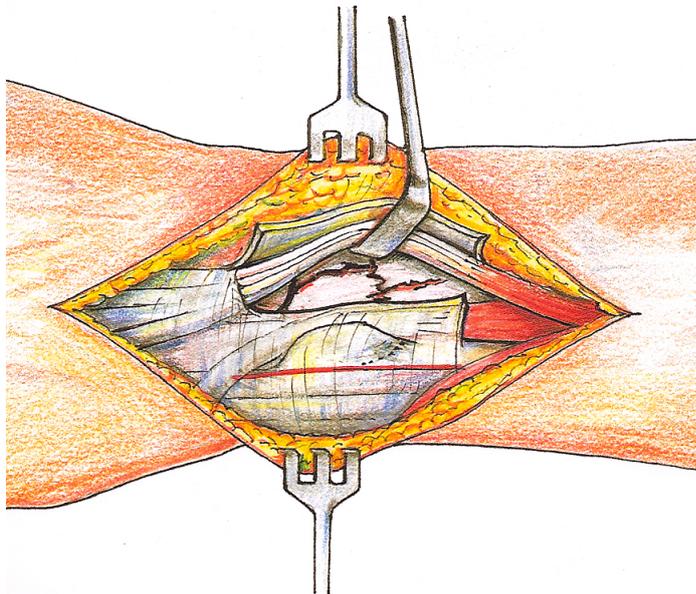


Abb. 14: Inzisionen des Retinaculum extensorum

Als nächstes wird das zweite Fach ulnar der Sehnen der Mm. extensor carpi radialis brevis et longus inzidiert, knochennah abgelöst und nach radial gehalten. Hierbei bleibt das dritte Strecksehnenfach mit dem Tuberculum LISTERI und der Sehne des M. extensor pollicis longus unversehrt.

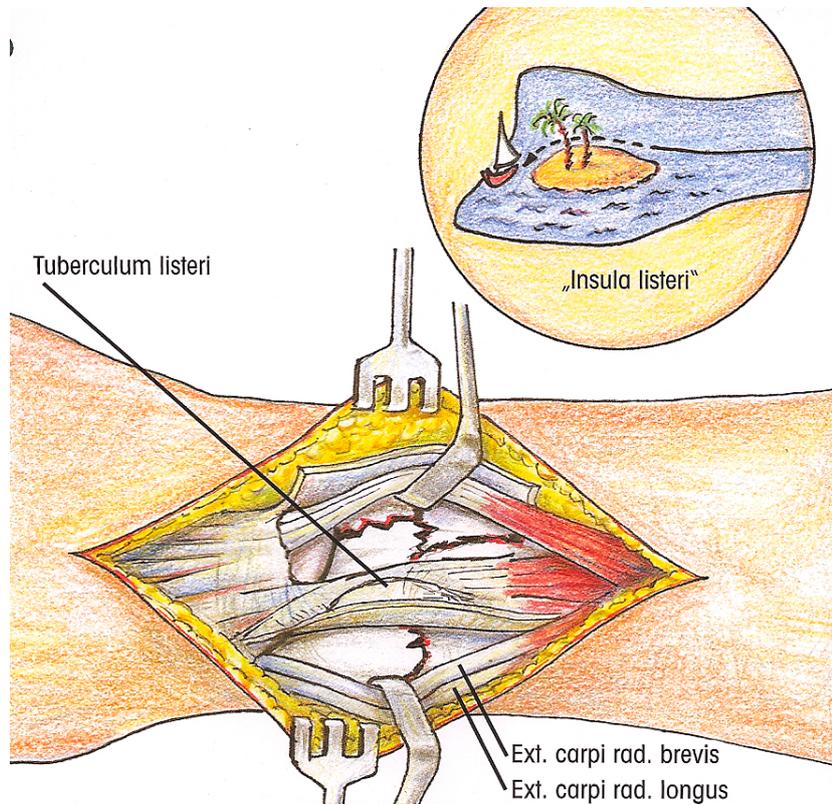


Abb. 15: „Insula listeri“

Danach kann unter Bildverstärkerkontrolle die Feinreposition der Gelenkfläche und der dorsalen Fragmente instrumentell oder durch dosierten Fingerdruck vorgenommen werden.

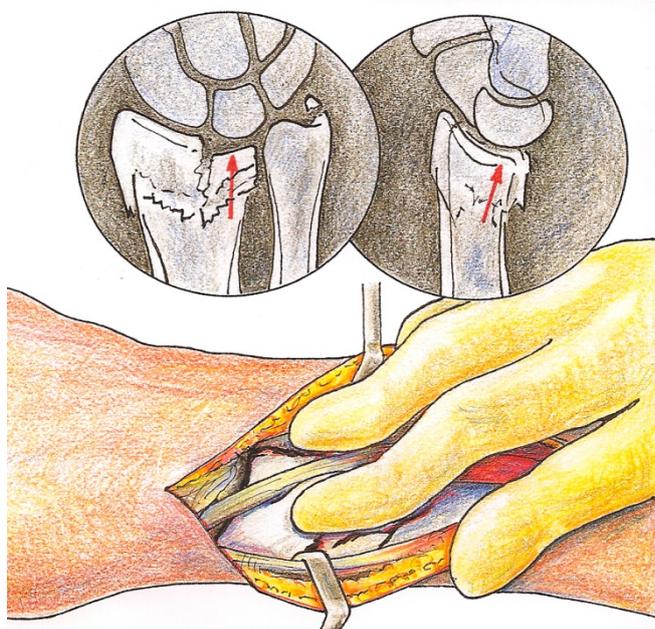


Abb. 16: Frakturreposition

Der M. extensor pollicis longus kann nun proximal der Fraktur unterfahren werden, damit die anatomisch vorgeformte Platte zu liegen kommt. Nach mittigem Besetzen des Langloches mit einer 3,5mm-Kortikalisschraube erfolgt die Feinkorrektur der Platte und das mittlere Schaftloch kann besetzt werden.

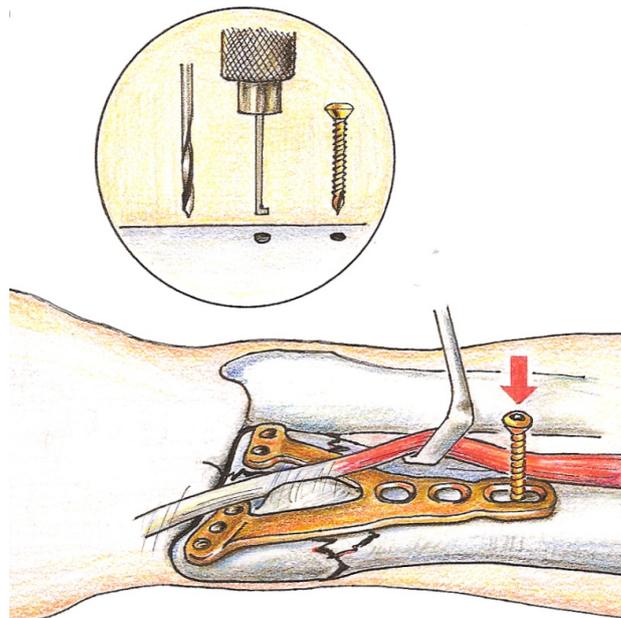


Abb. 17: OP-Technik I - Langloch

Über eine eindrehbare 2mm-Bohrbüchse, die von den distalen Schraubenlöchern aufgenommen wird, erfolgt nach Vorbohren und Längenbestimmung das winkelstabile Eindrehen der distalen 2mm-Schrauben.

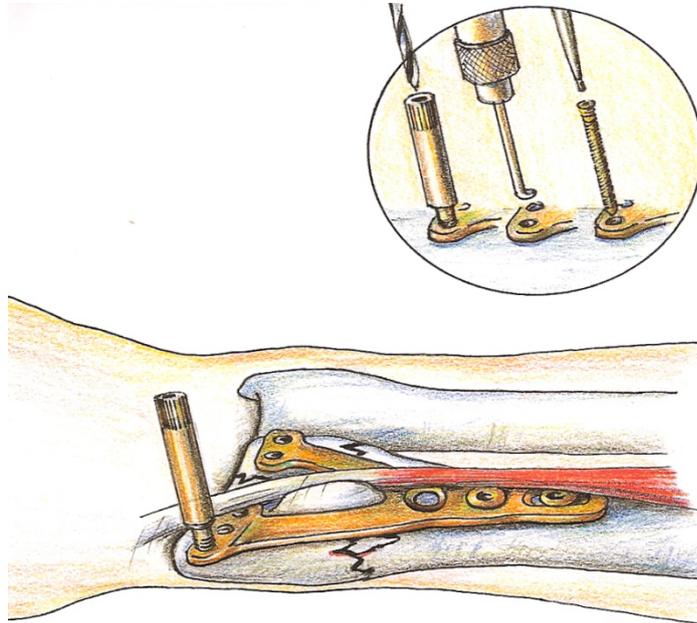


Abb. 18: OP-Technik II – distale Schrauben

Nun wird das distale Schaftloch besetzt, die Abschlussdurchleuchtung durchgeführt und hierbei insbesondere das Augenmerk auf carpale Instabilitäten in der dynamischen Handgelenkuntersuchung gerichtet.

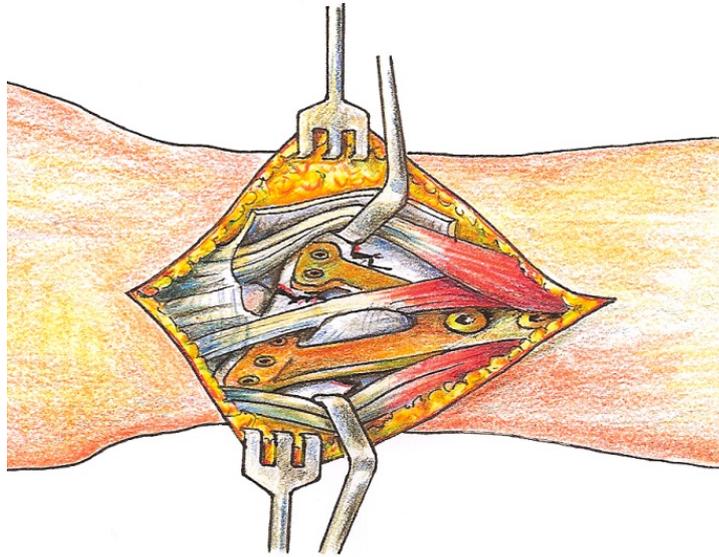


Abb. 19: Situs der Platte

Retinaculumnähte mit resorbierbarem Nahtmaterial, Öffnen der Blutleere mit Blutstillung, Einlage einer Redondrainage und schichtweiser Wundverschluss beenden den Eingriff.

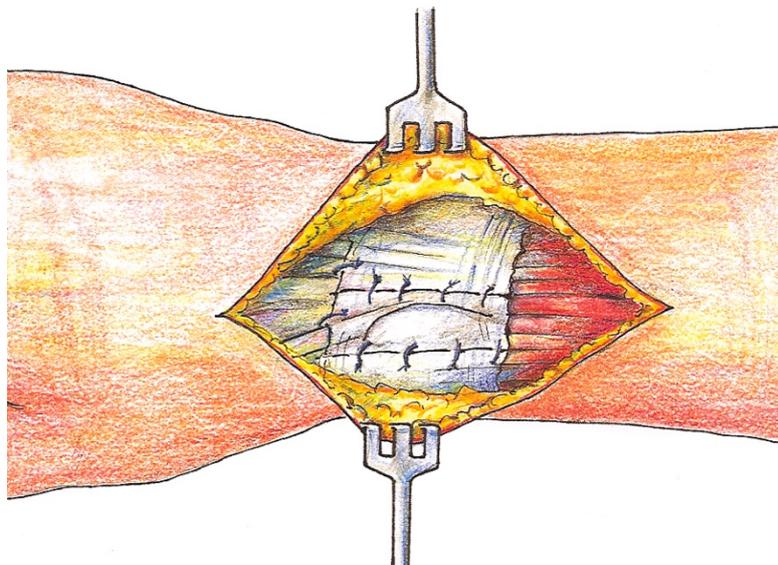


Abb. 20: Retinakuloplastik

Im OP-Raum wird eine Oberarmgipsschiene angelegt, die der Hochlagerung der Extremität dient und am distalen Ende eine Schlaufe zum Anhängen an den Bettengalgen aufweist.

2.4 Dokumentation

2.4.1 Datenerhebung, Literatur und statistische Methode

Patientendaten wurden anhand eines EDV-gestützten Krankenhaus-Informationssystems mit dem Namen Orbis OpenMed (Agfa) erfasst.

Bei der Archivierung der Röntgenbilder fand ein Röntgenbildarchivierungsprogramm (PACS) der Marke TIANI J-Vision Anwendung, über das zum Teil auch die postoperative Kontrolle der Radiusgelenkflächenwinkel und des Ulnarvorschubes durchgeführt wurde. Außerdem erhielten wir Fremdaufnahmen der nachbehandelnden Ärzte zur Befundung.

Die statistische Aufarbeitung der Ergebnisse wurde durch das Institut medistat GmbH mit Sitz in Kiel beratend unterstützt. Quantitative Größen wurden anhand von Mittelwert und Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie den Quartilen beschreibend dargestellt und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test oder bei kleinen Fallzahlen mit dem Shapiro Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft.

Aufgrund signifikanter Abweichung von einer Normalverteilung erfolgten der Vergleich zweier unabhängiger Stichproben mit dem U-Test und der Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben mit dem Kruskal-Wallis-Test. Um Zusammenhänge zwischen quantitativen nicht-normalverteilten Parametern zu untersuchen, wurde eine Rang-Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt.

Zu ordinal und nominal skalierten Größen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Je zwei Größen dieser Skalierung wurden in Kontingenztafeln gegenübergestellt, so dass mit dem Chi-Quadrat-Test geprüft werden konnte, ob eine Abhängigkeit bestand. Bei zu kleinen erwarteten Häufigkeiten wurde alternativ der exakte Test nach Fisher eingesetzt.

Es wurde stets zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt. Eine Alpha-Adjustierung für multiples Testen fand nicht statt, die Ergebnisse haben demnach explorativen und beschreibenden Charakter. Für die Durchführung der statistischen Berechnungen wurde IBM SPSS Statistics 21 (SPSS Inc. an IBM Company, Chicago, IL) verwendet.

Die Literaturrecherche erfolgte über das Internet: Herangezogen wurden die Datenbanken Medline, Embase und National Library of Medicine (Pubmed). Deutschsprachige Literatur konnte entsprechend von Abonnements der Fachzeitschriften und deren Online-Suchfunktion entnommen werden. Zusätzlich wurden deutschsprachige Fachbücher herangezogen.

2.4.2 Geschlechterverhältnis, Alter, verletzte Seite und Händigkeit

Erhoben wurde das Geschlecht, das Alter am Unfalltag, die verletzte Seite sowie die Händigkeit und damit die Aussage über eine Verletzung der dominierenden / nicht dominierenden Hand.

2.4.3 Energiegehalt des Unfallereignisses

Die Einteilung der Energie des frakturauslösenden Ereignisses in „niedrig“, „mittel“ oder „hoch“ wurde durch den Untersucher und Autor auf Grundlage der Befragung des Patienten bezüglich der Unfallanamnese vorgenommen. Als niederenergetischer Frakturmechanismus wird beispielsweise der einfache ebenerdige Sturz angenommen. Als hochenergetisch wird eine Unfallsituation wie z. B. ein Sturz beim Fahrradfahren, Inlineskaten, Fall aus großer Höhe etc. beschrieben.

2.4.4 Privatunfall / Arbeitsunfall

Während der Aufnahme in der Rettungsstelle wurde erhoben, ob das zugrunde liegende Unfallereignis im Rahmen einer gesetzlich versicherten Tätigkeit stattfand und ob der Unfallverletzte zum Unfallzeitpunkt zum versicherten Personenkreis gehörte.

2.4.5 Stationärer Aufenthalt

In dieser Studie definiert sich der Zeitraum des stationären Aufenthaltes vom Tag der Aufnahme bis zur Entlassung, wobei Aufnahmetag als auch Entlassungstag jeweils als ein voller Tag gezählt wurden. Dokumentiert wurde zudem der posttraumatische Operationszeitpunkt als Zeitraum zwischen Unfallereignis und Operation, sowie die Liegedauer als Zeitraum zwischen Operation und Entlassung aus der stationären Behandlung.

2.4.6 Frakturformen nach AO-Klassifikation

Eine Röntgenuntersuchung des betroffenen Handgelenkes anterior-posterior und seitlich wurde präoperativ zur Frakturdiagnostik und Indikationsstellung zur Operation durchgeführt. Anhand dieser Aufnahmen wurde die Einteilung der Frakturform nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) durchgeführt. Bei zugewiesenen Patienten wurden konventionell angefertigte Röntgenaufnahmen durch mitbehandelnde Ärzte zur Verfügung gestellt und ausgewertet. Digitale Medien im Dicom-Format auf CD oder DVD wurden über das Röntgenprogramm Tiani eingelesen und digital verwertet.

2.4.7 Weichteilschaden

Präoperativ wurde der Weichteilschaden der verletzten Extremität dokumentiert. Die Einteilung wurde entsprechend der Klassifizierung nach Tscherne und Oestern (Tscherne und Oestern 1982) vorgenommen.

2.4.8 Begleitverletzungen

2.4.8.1 Processus styloideus ulnae – Verletzung

Eine Verletzung des Ellengriffelfortsatzes wurde in den präoperativ angefertigten Röntgenbildern erhoben. Dabei wurde zwischen Avulsionsfrakturen der Styloidspitze, einer basisnahen Fraktur und einer distalen Ulnaschaftfraktur unterschieden.

2.4.8.2 Versorgungspflichtige scapholunäre Dissoziation

Nach Osteosynthese wurde bei allen 100 Patienten eine dynamische Untersuchung unter dem Bildwandler durchgeführt. Hierdurch detektierte SL-Bandverletzungen wurden simultan mit einem Doppelgewinde-Bohrdraht temporär transfixiert. Die Nachbehandlung erfolgte in diesen Fällen stets im Gipsverband.

2.4.8.3 Zusätzliche Verletzungen

Welche Verletzungen zusätzlich durch das Unfallereignis simultan zur distalen Radiusfraktur entstanden sind, werden im Rahmen der Untersuchung unter diesem Punkt zusammengefasst.

2.5 Operative Daten

2.5.1 Primärversorgung

Es wurden die Zustände erhoben, in denen ein Patient der offenen Reposition und dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese zugeführt wurde. Unterschieden wurde zwischen der primären Versorgung durch Direktverlegung in den OP aus der Rettungstelle, der geschlossenen Reposition und Gipsanlage, dem Versuch der perkutanen K-Draht-Osteosynthese und nach primärer Fixateur-externe-Anlage als Verfahrenswechsel.

2.5.2 OP-Zeiten

Im Rahmen der OP-Dokumentation wurde sowohl die Operationsdauer als auch die Röntgendurchleuchtungszeit erfasst. Als OP-Dauer definiert sich in unserer Untersuchung der Zeitraum zwischen Beginn der Repositionsmanöver im OP und dem Hautnahtende. Die Röntgendurchleuchtungsdauer ist die Summe der Durchleuchtungsintervalle während der Reposition und Osteosynthese und wurde an dem Bildverstärker nach Ende der Operation abgelesen. Dieses Zeitintervall wird in Minuten angegeben.

2.5.3 Knochenersatzmaterial

Bei wenigen Frakturen wurde insbesondere in der Anfangsphase ein größerer knöcherner Defekt durch synthetische kalziumapatithaltige Knochenersatzmaterialien oder Beckenkammpongiosa aufgefüllt.

2.5.4 Zusatzoperationen am Handgelenk und an der Handwurzel

Neben der dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese wurden weitere, das Handgelenk oder die Handwurzel betreffende Osteosynthesen oder temporäre Arthrodesen durchgeführt. Erfasst wurde die Art der Zusatzoperation.

2.5.5 Andere simultan durchgeführte Zusatzoperationen

Erfasst wurden bei Mehrfachverletzungen simultan zusätzlich durchgeführte Osteosynthesen oder Endoprothesenimplantationen.

2.5.6 Nachbehandlung

Der Operateur legte im postoperativen Verordnungsblatt die Art der Nachbehandlung und die Form der postoperativen Ruhigstellung fest. Er konnte zwischen funktioneller Nachbehandlung in einer Handgelenksorthese, einer Gipsanlage für einen festgelegten Zeitraum von sechs Wochen und einer Fixateur-externe-Sicherung wählen. Außerdem setzte der Operateur in der postoperative Anordnung fest, ob frühzeitige Ergotherapie ab dem zweiten Tag eingesetzt werden soll.

2.6 Radiologische Daten

Die erste postoperative Röntgenkontrolle erfolgte regelhaft am 2. Tag nach erstem Verbandwechsel und gegebenenfalls Zug der eingelegten Wunddrainage. Die Bestimmung der Gelenkflächenwinkel wurde durch die digitale Messung im Röntgenbetrachtungsprogramm J-Vision (TIANI) realisiert. Der größte Teil der die Frakturkonsolidierung dokumentierenden Röntgenaufnahmen wurde im Rahmen der Verlaufkontrolle in der handchirurgischen Sprechstunde angefertigt.

2.6.1 Postoperativer anterior-posteriorer (a.p.) Gelenkflächenwinkel

Im Röntgenbild wird eine Verbindungslinie zwischen dem Eckpunkt des Processus styloideus radii und dem ulnaren Ende der radialen Gelenkfläche gezogen und ein Winkel zur Orthogonalen der Radiuschaftachse gebildet (Abb.21).

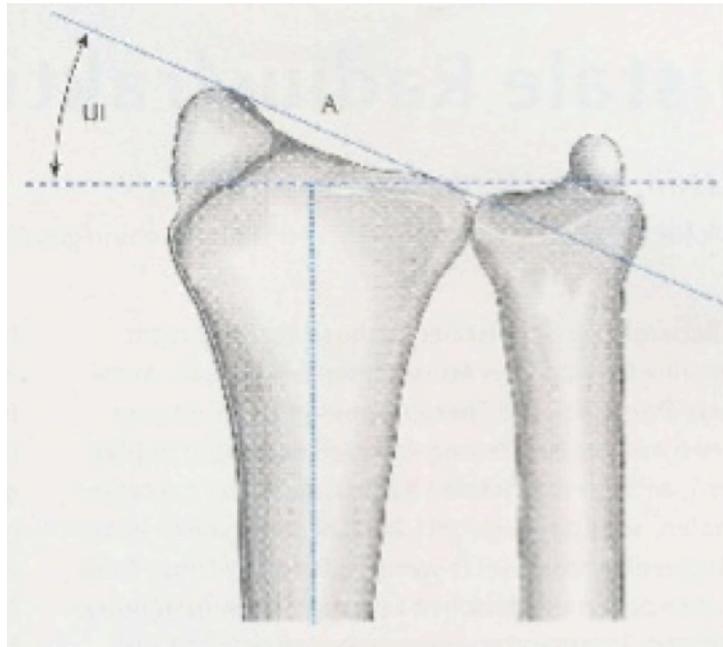


Abb. 21: a.p.-Gelenkflächenwinkel
 (Quelle: OP-Journal 2/2003, Thieme Verlag)

Nach Abschluss der knöchernen Konsolidierung, spätestens aber zum Nachuntersuchungszeitpunkt nach sechs Monaten wurde eine Röntgenkontrolle durchgeführt. Die Differenz zwischen dem direkt postoperativ erhobenen Wert und dem Wert nach knöcherner Konsolidierung wird als Korrekturverlust bezeichnet.

2.6.2 Postoperativer seitlicher Gelenkflächenwinkel

Der seitliche Gelenkflächenwinkel wird als Winkel der Linie zwischen dem palmaren und dorsalen Eckpunkt der konkaven Gelenkfläche des Radius und der Orthogonalen zur Radiusschaftachse definiert (Abb.22).

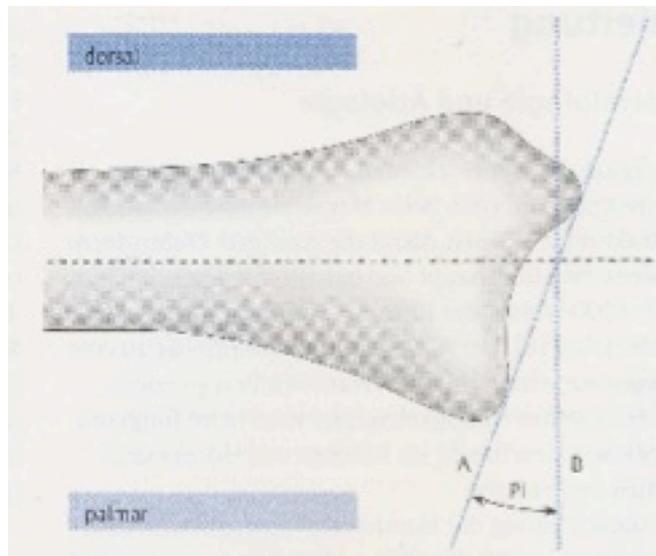


Abb. 22: Seitlicher Gelenkflächenwinkel
 (Quelle: OP-Journal 2/2003; Thieme Verlag)

Analog der Berechnung des Korrekturverlustes für die a.p.-Ebene wurde die Veränderung zwischen dem unmittelbar postoperativ gemessenen, seitlichen Gelenkflächenwinkel und dem Winkel nach knöcherner Konsolidierung dokumentiert.

2.6.3 Postoperativer Ulnarvorschub

Der postoperative relative Ulnarvorschub wurde zur Dokumentation der korrekten Wiederherstellung der Radiuslänge gemessen. Die Differenz des Betrages vom postoperativ gemessenen Ulnarvorschub und des Kontrollwertes wurde als Korrekturverlust dokumentiert.

2.7 Nachuntersuchung

Alle Patienten, die schriftlich in die Studie und die Verwendung ihrer Untersuchungsdaten einwilligten, wurden sechs Monate nach Entlassung aus der

Klinik in der Handsprechstunde nachuntersucht (Einwilligungsbogen siehe Anhang). Alle Patienten wurden durch den Autor dieser Arbeit untersucht und befragt. Die in der Nachuntersuchung erhobenen Messergebnisse wurden in das Formblatt A4222 (Messblatt für obere Gliedmaßen der Berufsgenossenschaften, siehe Anhang) nach der Neutral-Null-Methode eingetragen. Zusätzlich wurde die Händigkeit des Verletzten dokumentiert.

Gemessen wurde an beiden Armen jeweils die Unterarmdrehung, die Handgelenkbewegung in zwei Freiheitsgraden (Extension/Flexion, Ulnaduktion/Radioduktion), die Beweglichkeit der Langfinger (Faustschluss: Messen des Abstandes Nagelrand zur queren Hohlhandfalte), die Daumenbeweglichkeit in zwei Freiheitsgraden (Abduktion in der Handebene und orthogonal zur Handebene), welche Langfingerkuppen die Daumenspitze erreichen, sowie die Umfänge (10cm unterhalb des lateralen Oberarmknochens, Handgelenk und Mittelhand ohne Daumen) mit einem Winkelmesser.

2.8 DASH-Score (disabilities of arm, shoulder and hand)

Alle untersuchten Patienten füllten sechs Monate postoperativ einen Fragebogen nach dem DASH-Score in deutscher Sprache aus (Fragebogen siehe Anhang). Hierbei handelt es sich um einen standardisierten Bewertungsmaßstab für die unterschiedlichsten Alltagsaktivitäten, Fähigkeiten und Schmerzniveau an der oberen Extremität (Gummesson et al. 2003). Der Patient gestattet dem Untersucher einen Einblick in die subjektiv wahrgenommene Beeinträchtigung am betroffenen Arm. Wir verwendeten die von Germann (Germann et al. 1999) übersetzte und validierte deutsche Version mit 30 Fragen.

Zur Berechnung wurde von der Gesamtpunktzahl die Anzahl der beantworteten Fragen abgezogen und durch 1,20 geteilt. Bei einem errechneten Wert von 0 lagen keine Funktionseinschränkungen vor, bei einem Wert von 100 lag eine maximale Behinderung vor.

2.9 Subjektive Zufriedenheit

Der Patient wurde im Rahmen der Nachuntersuchung nach seiner Zufriedenheit bezüglich des postoperativen Ergebnisses befragt. Es bestand Wahlmöglichkeit zwischen „zufrieden“, „gleichgültig“ und „unzufrieden“. Diese Frage wurde nach Ausfüllen des DASH-Fragebogens gestellt.

2.10 Operateure

Jedem Operateur wurde verblindet eine Nummer zugeordnet. Ein Facharzt für Unfallchirurgie, der an der Entwicklung der Plattenosteosynthese beteiligt war, führte die größte Zahl der Operationen durch. Als „Referenz“-Operateur wurde er hinsichtlich OP-Zeit, Durchleuchtungsdauer und dem DASH-Score mit dem restlichen Operateurkollektiv verglichen. Bis auf einen Arzt in Weiterbildung waren alle Operateure Fachärzte für Chirurgie oder Orthopädie im Status des Assistenz-, Ober- oder Chefarztes.

2.11 Komplikationen

Die Aufzeichnung der intra- und postoperativen Komplikationen erfolgte im Zeitraum vom OP-Zeitraum bis zur Nachuntersuchung. Es wurden alle allgemeinen und implantatassoziierten Komplikationen erfasst.

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeine Daten

3.1.1 Geschlechterverhältnis, Alter, verletzte Seite und Händigkeit

Alle 100 Patienten konnten im sechsten postoperativen Monat im Rahmen der handchirurgischen Sprechstunde nachuntersucht werden. Das Geschlechterverhältnis betrug 84 Frauen zu 16 Männern. Der jüngste Patient war am Unfalltag 23 Jahre, die älteste Patientin 95 Jahre alt (Mittelwert 61,4; Median 63). Das Histogramm der Altersverteilung ist der Abbildung 23 zu entnehmen.

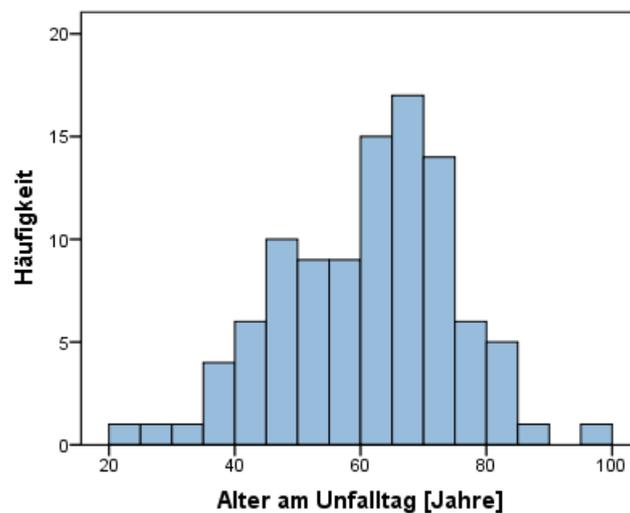


Abb. 23: Histogramm Altersverteilung

Verletzt waren 59-mal das linke, 41-mal das rechte Handgelenk. Es fanden sich in der Patientengruppe 97 Rechtshänder und drei Linkshänder.

3.1.2 Energiegehalt des Unfallereignisses

Die Energie, die zu der Radiusmetaphysenextensionsfraktur führte, ist in Abbildung 24 prozentual angegeben.

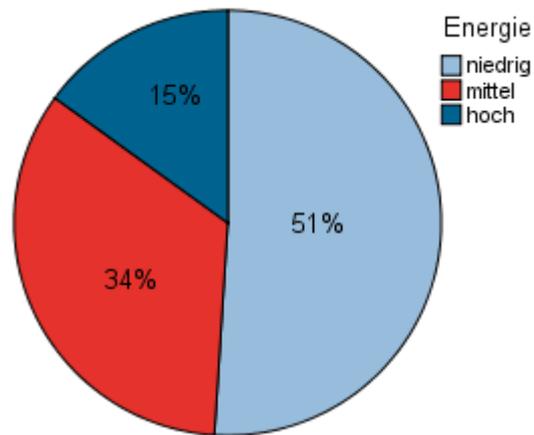


Abb. 24: Unfallenergie

In etwas mehr als in der Hälfte der Fälle (51 Prozent) genügte ein niederenergetischer Sturz in der Ebene aus, um eine Fraktur hervorzurufen (Abb. 24).

3.1.3 Privatumfall / Arbeitsunfall

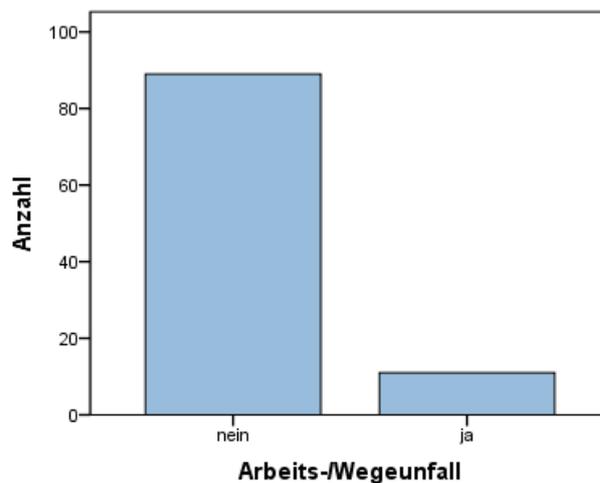


Abb. 25: Privat- oder Arbeitsunfall

In 89 Prozent der Fälle lag ein privater Unfall vor. 11 Prozent aller Unfälle ereigneten sich im Rahmen der gesetzlich versicherten Tätigkeit als Arbeits-, Wege- oder Schulunfall (Abb. 25).

3.1.4 Stationärer Aufenthalt

In der überwiegenden Zahl der Fälle wurde der Patient am Unfalltag osteosynthetisch versorgt (Mittelwert 2,6 Tage; Standardabweichung 3,7; Median 0 Tage). Gründe für die verzögerte Operation sind zum einen die verspätete Vorstellung in der Notaufnahme, zum anderen infrastrukturelle Gründe oder eine vorangestellte internistische Diagnostik bei älteren Patienten gewesen (Abb. 26).

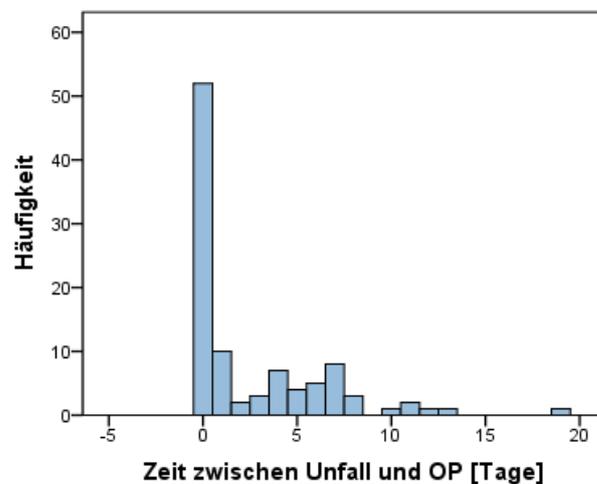


Abb. 26: Operationszeitpunkt

In der größten Zahl der Fälle wurden die Patienten zwischen dem fünften und dem achten Tag nach der Operation wieder entlassen (Mittelwert 7,3 Tage; Standardabweichung 3,3; Median 7 Tage). Gründe für frühe Entlassung innerhalb der ersten drei Tage postoperativ waren ausschließlich Entlassungen auf Wunsch des Patienten gegen ärztlichen Rat. Unter den Patienten, die länger als zehn Tage stationär behandelt wurden, fanden sich die Mehrfachverletzten mit zusätzlicher osteosynthetischer oder endoprothetischer Versorgung anderer Gliedmaßenabschnitte sowie Patienten mit gleichzeitig behandlungsbedürftigen internistischen Erkrankungen (Abb. 27).

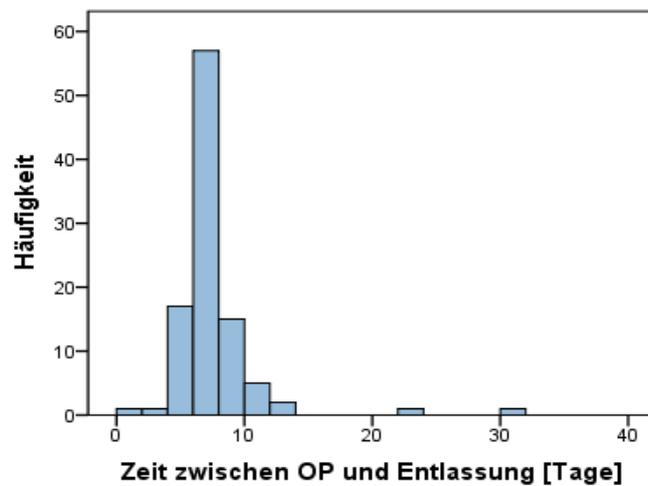


Abb. 27: Liegedauer zwischen OP und Entlassung

3.2 Frakturformen nach AO-Klassifikation

Es wurden distale Radiusextensionsfrakturen unterschiedlicher Schwere mit der 2,0mm Minifragmentplatte versorgt. Der Schwerpunkt lag jedoch bei den komplexeren Verletzungen. Insgesamt wurden fünfmal 23-A3-, 21 mal 23-C1-, 58 mal 23-C2- und 16 mal 23-C3-Frakturen osteosynthetisch versorgt (Abb. 28).

B-Frakturen kamen im untersuchten Patientenkollektiv nicht vor.

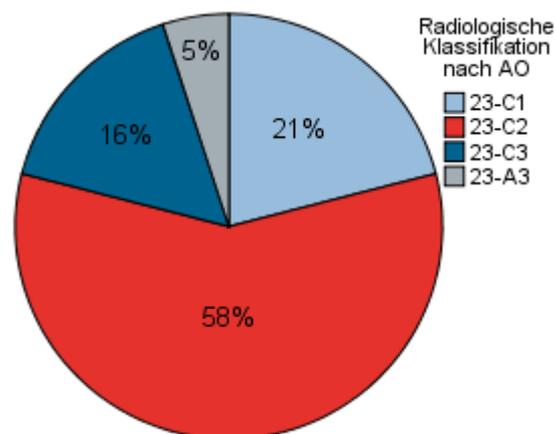


Abb. 28: AO-Klassifikation

In Tabelle 1 wird das Patientengut in 2 Gruppen (jünger und älter als 60 Jahre) aufgeteilt. Damit ergibt sich für die Frakturen innerhalb der Gruppen folgendes Verteilungsmuster:

Tabelle 1: Frakturschwere in Abhängigkeit des gruppierten Patientenalters

AO-Klassifikation	Alter		Gesamt
	≤ 60 Jahre	> 60Jahre	
23-C1	6 (14,6%)	15 (25,4%)	21 (21%)
23-C2	29 (70,7%)	29 (49,2%)	58 (58%)
23-C3	4 (9,8%)	12 (20,3%)	16 (16%)
23-A3	2 (4,9%)	3 (5,1%)	5 (5%)
Gesamt	41 (100%)	59 (100%)	100 (100%)

3.3 Weichteilschaden

Nach Aufnahme in der Ambulanz fand sich bei den untersuchten 100 Patienten keine offene Fraktur. In einem Fall (Patient Nr. 25) musste eine erhebliche Weichteilkompromittierung im Sinne eines Weichteilschadens Grad II nach Tscherne und Oestern dokumentiert werden. Es wurde hier die temporäre Stabilisierung mittels Fixateur externe durchgeführt, mit dem Ziel, nach Weichteilkonditionierung den Verfahrenswechsel anzustreben.

3.4 Begleitverletzungen

3.4.1 Processus styloideus ulnae-Beteiligung

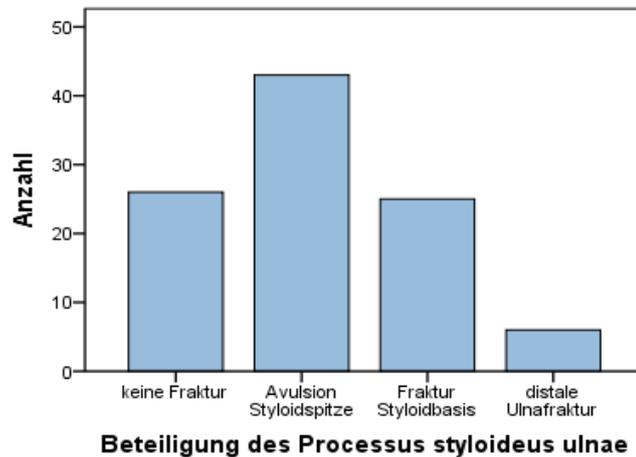


Abb. 29: Processus styloideus ulnae – Verletzung

Anhand der untersuchten Röntgenbilder ließ sich bei 26 Patienten nativradiologisch am Processus styloideus ulnae keine Fraktur nachweisen, bei 43 Patienten bestand eine Avulsion der Griffelfortsatzspitze, in 25 Fällen sahen wir einen basisnahen Abriss und in sechs Fällen eine Fraktur des Ulnaköpfchens bzw. eine distale Ulnafraktur (Abb. 29).

3.4.2 Versorgungspflichtige scapholunäre Dissoziation

Versorgungspflichtige Verletzungen des scapholunären Bandkomplexes wurden in 16 Fällen beobachtet (Abb. 30). Alle 16 Patienten wurden durch eine temporäre transfixierende Arthrodesse mittels Doppelgewinde-Kirschnerdraht behandelt. Bei allen 16 Patienten ließ sich postoperativ radiologisch eine regelrechte scapholunäre Spaltweite dokumentieren.

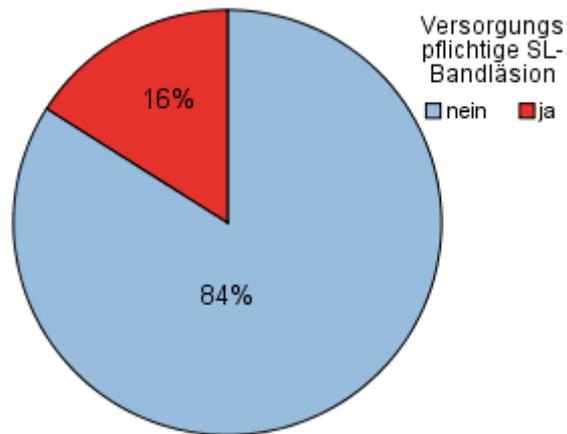


Abb. 30: Scapholunäre Dissoziation

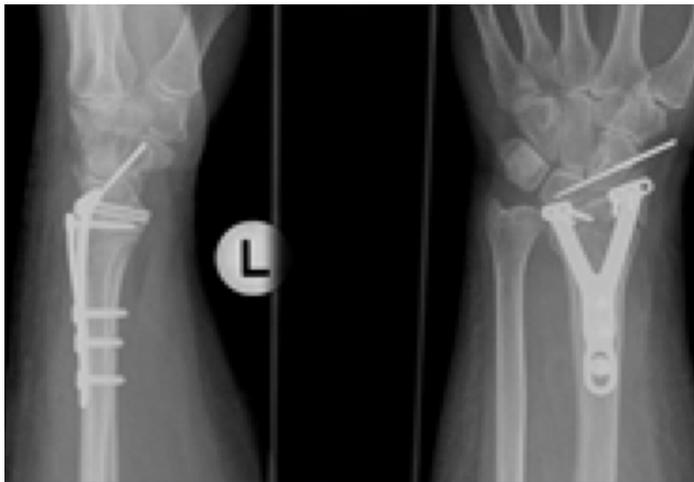


Abb. 31: Beispiel für die Versorgung mit Doppelgewindedraht (Nativröntgen und CT)

3.4.3 Zusätzliche Verletzungen

Bei 91 Patienten lag mit dem körperfernen Speichenbruch eine Einzelverletzung vor. Als sogenannte Kettenverletzung bestand in einem Fall zusätzlich eine ipsilaterale Humeruskopffraktur, bei einem anderen Patienten eine ipsilaterale percondyläre distale Humerusfraktur. Bei einem Patienten fand sich zusätzlich an der verletzten Hand eine Os triquetrum-Fraktur; ipsilaterale mediale Schenkelfrakturen sahen wir in zwei Fällen. Außerdem zeigte sich im Patientengut jeweils eine kontralaterale Tibiakopffraktur, eine Symphysensprengung, eine Contusio cordis, sowie in einem

Fall ipsilaterale Rippenfrakturen. Polytraumatisierte Patienten ließen sich im untersuchten Patientengut nicht ausmachen.

3.5 Operative Daten

3.5.1 Primärversorgung

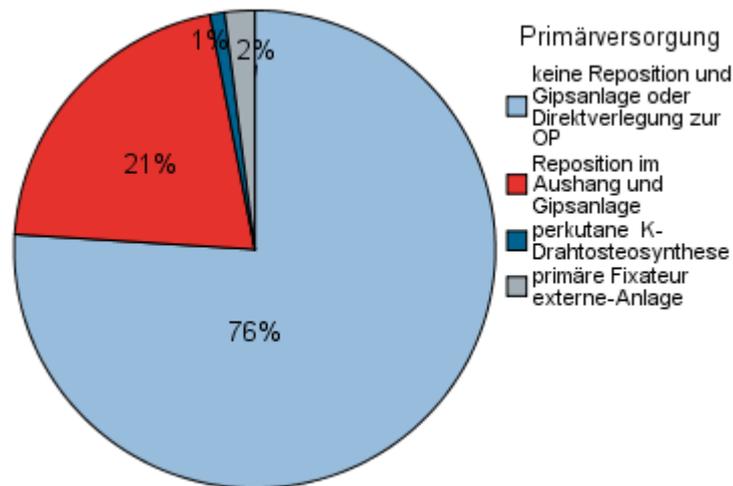


Abb. 32: Primärversorgung

Wurde eine instabile Fraktur anhand der primär angefertigten Röntgenbilder diagnostiziert, ist der verletzte Patient bei entsprechender Operationsfähigkeit ohne unnötige Repositionsmanöver aus der Notfallaufnahme zur OP verlegt worden. Sprachen internistische Begleiterkrankungen gegen die Narkose am Aufnahmetag, wurde die Narkosefähigkeit durch Anästhesisten und Internisten optimiert und der Patient danach der Operation zugeführt. In solchen Fällen wurde ohne gröbere und erneut traumatisierende Repositionen die Fraktur auf einer Gipsschiene kurzfristig immobilisiert. Beide Herangehensweisen stellten zusammengenommen mit 76 Prozent die Mehrheit der Fälle dar. Bei 21 Patienten fand eine Reposition im Aushang und Schmerzausschaltung durch Bruchspaltanästhesie Anwendung. Bei allen 21 Patienten führte ein primär unzufriedenstellendes Repositionsergebnis oder ein Repositionsverlust zur Indikationsstellung der Osteosynthese. In einem Fall ging der Plattenosteosynthese eine insuffizient durchgeführte perkutane Bohrdraht-Osteosynthese voraus, in zwei Fällen wurde im Rahmen eines Verfahrenswechsels die dorsale Plattenosteosynthese nach voraus gegangener Fixateur externe Anlage durchgeführt (Abb. 32).

3.5.2 OP-Zeiten

Im Mittel betrug die OP-Dauer als Zeitraum zwischen Beginn der Repositionsmanöver und Nahtende 85 Minuten (45 Minuten bis 205 Minuten; Standardabweichung 29,6; Median 80 Minuten). Durchschnittlich lag die intraoperativ gemessene Röntgendurchleuchtungszeit bei 0,78 Minuten (0,2 – 4,4 Minuten; Standardabweichung 0,75; Median 0,51 Minuten).

3.5.3 Knochenersatzmaterial

Insgesamt ließen sich anatomiegerechte Repositionsergebnisse größtenteils ohne Knochenersatzmaterial realisieren (94%). Bei Patient Nr. 33 wurde Beckenkammpongiosa (1%), fünfmal (Nr. 2, 10, 11, 12, 25) ein synthetisches kalziumapatithaltiges Knochenersatzmaterial verwendet (5%). Bei fünf Patienten (Nr. 2, 10, 11, 25, 33) lag eine starke Imprimierung eines zentralen oder dorsalen ulnaren Fragmentes vor. Bei Patient Nr. 12 (23-A3-Fraktur) führte eine ausgedehnte dorsale Trümmerzone intraoperativ die Entscheidung zur Verwendung von Knochenersatz herbei.

3.5.4 Zusatzoperationen am Handgelenk und an der Handwurzel

Bei 16 Patienten wurde eine simultan vorliegende scapholunäre Dissoziation detektiert und im Rahmen der Operation einzeitig temporär transfixiert. Drei Patienten wiesen eine dislozierte distale Ulnafraktur oder eine Ulnaköpfchenfraktur auf, die jeweils verschraubt wurden.

3.5.5 Andere simultan durchgeführte Zusatzoperationen

In vier Fällen wurde zusätzlich zur dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius eine weitere, nicht das Handgelenk betreffende Operation

durchgeführt. Es erfolgte jeweils eine Verriegelungsnagelung am ipsilateralen proximalen Humerus, eine Plattenosteosynthese am ipsilateralen distalen Humerus und eine an der Symphyse sowie eine Implantation einer kontralateralen Bipolarkopfprothese, diese jedoch simultan durch ein anderes OP-Team.

3.5.6 Nachbehandlung

Durch den Operateur wurde in den postoperativen Anordnungen festgesetzt, inwieweit der betroffene Arm nach dem ersten Verbandwechsel bzw. nach Abschwollen mobilisiert werden darf.

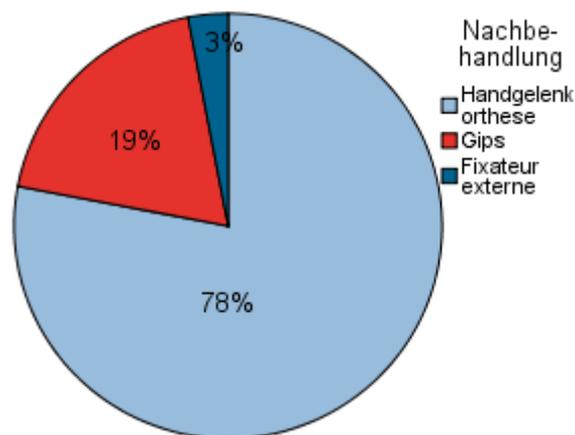


Abb. 33: Nachbehandlung

Gemäß Abbildung 33 konnte in der überwiegenden Zahl der Fälle (78%) eine gipsfreie Nachbehandlung nur mittels Handgelenkorthese realisiert werden. Eine Gipsruhigstellung wurde bei jeder scapholunären temporären Arthrodese veranlasst (n=16), sowie in den Situationen, in denen sich der Operateur aufgrund vermuteter fehlender Compliance bei chronischem Alkoholismus etc. eine restriktivere Nachbehandlung wünschte (n=2). In einem Fall (Nr. 65) lag eine ipsilaterale percondyläre distale Humerusfraktur vor. Der betroffene Arm wurde aufgrund dieser Verletzung im Oberarmgips ruhiggestellt. Bei drei Patienten erfolgte zur Sicherung des postoperativen Repositionsergebnisses die temporäre protektive Fixateur-Anlage.

Wie oft der Operateur die frühzeitige, d. h. nach dem ersten Verbandwechsel eingeleitete Ergotherapie gestattet hat, zeigt nachfolgende Abbildung.

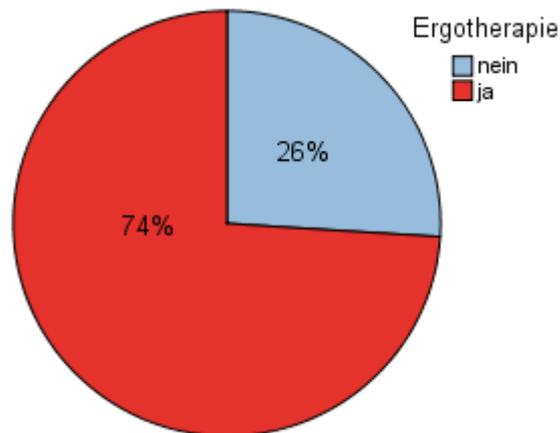


Abb. 34: Ergotherapie

3.6 Radiologische Daten

3.6.1 Postoperativer anterior-posteriorer (a.p.) Gelenkflächenwinkel

Der erste postoperativ gemessene a.p.-Gelenkflächenwinkel betrug bei den 100 untersuchten Röntgenaufnahmen im Mittel 22 Grad (Standardabweichung 3,0; Minimum 14 Grad; Maximum 30 Grad; Median 22 Grad). Die Veränderung des Gelenkflächenwinkels in der a.p.-Ebene betrug nach vollständiger Konsolidierung der Fraktur im Mittel 0,2 Grad (Standardabweichung 0,7; Minimum -2 Grad; Maximum 3 Grad; Median 0 Grad).

3.6.2 Postoperativer seitlicher Gelenkflächenwinkel

Der seitliche Gelenkflächenwinkel betrug nach erfolgter Osteosynthese durchschnittlich 7,8 Grad (Standardabweichung 3,0; Minimum 0 Grad; Maximum 14 Grad; Median 8 Grad). Die Veränderung des seitlichen Gelenkflächenwinkels nach Bruchheilung betrug im Mittel -0,1 Grad (Standardabweichung 1,1; Minimum -1 Grad; Maximum 2 Grad; Median 0 Grad).

3.6.3 Postoperativer Ulnavorschub

Der durchschnittliche postoperative relative Ulnavorschub in der a.p.-Projektion betrug 0,07 Millimeter (Standardabweichung 0,26; Minimum 0 Millimeter; Maximum 1 Millimeter; Median 0). Nach Frakturkonsolidierung sahen wir keine sekundären Korrekturverluste hinsichtlich des Ulnavorschubes.

3.7 Nachuntersuchung

3.7.1 Unterarmdrehung

Die Unterarmdrehung nach auswärts zeigte auf der operierten Seite ein durchschnittliches Defizit von 4 Grad im Vergleich zur Gegenseite (Standardabweichung 6,78; Minimum 0 Grad; Maximum 30 Grad; Median 0 Grad). Prozentual ergibt sich eine mittlere Auswärtsdrehung im Vergleich zur Gegenseite von 95,4% (66,67% - 100%). Betrachtet man das Defizit der Unterarmaußendrehung in Hinblick auf die Frakturschwere, entstehen folgende Verteilungen:

Tabelle 2: Defizit der Unterarmdrehung auswärts prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	97,6	4,2	88,9	100,0	94,4	100,0	100,0
23-C2	58	96,3	6,7	75,0	100,0	94,1	100,0	100,0
23-C3	16	88,7	12,0	66,7	100,0	75,7	91,7	100,0
23-A3	5	97,8	5,0	88,9	100,0	94,4	100,0	100,0

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Einschränkung der Unterarmauswärtsdrehung gemessen am Defizit im Vergleich zur Gegenseite bei den komplexen 23-C3-Verletzungen am stärksten ausgeprägt ist, ein signifikanter Unterschied zwischen den vier AO-Gruppen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,053$).

Die Unterarmeinwärtsdrehung weist im untersuchten Krankengut ein durchschnittliches Defizit von 1,2 Grad auf (Standardabweichung 4,1; Minimum -5

Grad; Maximum 20 Grad; Median 0 Grad). Prozentual bestand eine durchschnittliche Beweglichkeit von 98,62% (75% - 105,88%) gegenüber dem unverletzten Arm.

Tabelle 3: Defizit der Unterarmdrehung einwärts prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	98,64	3,1	88,9	100,0	100,0	100,0	100,0
23-C2	58	99,72	2,2	88,9	105,9	100,0	100,0	100,0
23-C3	16	94,97	9,4	75,0	100,0	91,7	100,0	100,0
23-A3	5	97,50	5,6	87,5	100,0	93,8	100,0	100,0

Hinsichtlich der Unterarmdrehung einwärts, gemessen am prozentualen Defizit im Vergleich zur Gegenseite, konnte global ein signifikanter Unterschied zwischen den vier AO-Klassen nachgewiesen werden (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,027$). In den Paarvergleichen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Frakturen C1 und C2 (U-Test, $p=0,024$) sowie zwischen C2 und C3 ($p=0,005$), alle übrigen Vergleich erwiesen sich nicht als signifikant ($p>0,05$).

3.7.2 Handgelenkbeweglichkeit

Die Extension im Handgelenk wies durchschnittlich ein Defizit von 10 Grad auf (Standardabweichung 11,75; Minimum -30 Grad; Maximum 40 Grad; Median 10 Grad). Damit betrug die Streckung 84,6% (33,3% - 200%) im Vergleich zur Gegenseite. Bezogen auf die Frakturschwere ergab sich folgendes:

Tabelle 4: Defizit der Handgelenksexension prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	82,1	15,4	40	110,0	71,4	83,3	91,7
23-C2	58	86,0	24,3	50	200,0	70,9	85,7	100,0
23-C3	16	82,5	38,6	33,3	200,0	50,0	85,4	100,0
23-A3	5	85,5	14,0	71,4	100,0	72,1	83,3	100,0

Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den AO-Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,863$).

Die Flexion im Handgelenk war durchschnittlich 9,3 Grad schlechter als auf der unverletzten Seite (Standardabweichung 13,91; Minimum -30 Grad; Maximum 50 Grad; Median 7,5 Grad). Prozentual bestand eine beugeseitige Beweglichkeit von 87,7% (18% - 400%) der Bewegungsausmaße des unverletzten Armes.

Tabelle 5: Defizit der Handgelenksflexion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	80,2	21,2	42,9	137,5	63,6	80,0	95,8
23-C2	58	93,6	47,7	36,4	400,0	75,0	92,3	100,0
23-C3	16	75,4	24,0	18,2	100,0	56,3	80,0	91,7
23-A3	5	90,4	13,8	71,4	107,1	78,6	87,5	103,6

Es fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den AO-Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,132$).

Die Ulnarduktion im Handgelenk war durchschnittlich 6,8 Grad schlechter als auf der unverletzten Seite (Standardabweichung 8,81; Minimum -10 Grad; Maximum 35 Grad; Median 5 Grad). Prozentual bestand eine Beweglichkeit nach ellenwärts von 83,1% (25% - 150%) der Bewegungsausmaße des unverletzten Armes. In Bezug auf die Frakturschwere ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 6: Defizit der Ulnarduktion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	74,7	25,8	25,0	100,0	53,6	75,0	100,0
23-C2	58	87,8	20,5	41,7	150,0	70,0	94,4	100,0
23-C3	16	74,2	17,8	41,7	100,0	66,7	70,8	85,1
23-A3	5	92,5	11,2	75	100,0	81,3	100,0	100,0

Der Vergleich der Frakturgruppen hinsichtlich des Defizits in der Ulnarduktion, gemessen am prozentualen Defizit im Vergleich zur Gegenseite, brachte einen signifikanten globalen Unterschied hervor (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,033$). In den sich anschließenden Paarvergleichen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Frakturen C2 und C3 (U-Test, $p=0,012$) und zwischen C3 und A3 ($p=0,040$), weitere signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden ($p>0,05$).

Das Defizit der Radioduktion im Handgelenk betrug im Mittel 3 Grad im Vergleich zur Gegenseite (Standardabweichung 7,35; Minimum -20 Grad; Maximum 30 Grad; Median 0 Grad). Prozentual bestand eine Beweglichkeit nach speichenwärts von 88,7% (25% - 200%) der Bewegungsausmaße des unverletzten Armes. Aufgeteilt auf die AO-Frakturgruppen zeigt sich folgendes Verteilungsbild:

Tabelle 7: Defizit der Radioduktion prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	82,6	24,8	28,6	133,3	63,3	85,7	100,0
23-C2	58	95,2	31,1	33,3	200,0	78,8	100,0	100,0
23-C3	16	72,8	35,0	25	133,3	42,5	83,3	100,0
23-A3	5	89,3	15,4	66,7	100,0	73,3	100,0	100,0

Bezüglich der Radioduktion findet sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturgruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,129$).

3.7.3 Daumenbeweglichkeit

Die Abspreizbewegung des Daumens in der Handtellerebene war durchschnittlich 0,6 Grad schlechter als auf der gesunden Seite (Standardabweichung 2,55; Minimum -10 Grad; Maximum 10 Grad; Median 0 Grad). Prozentual betrug die Abspreizbewegung in der Handtellerebene 99,2% (84,6% – 116,7 %).

Tabelle 8: Defizit der Abspreizbewegung in der Hohlhandebene prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	98,6	3,9	84,6	100,0	100,0	100,0	100,0
23-C2	58	99,5	4,2	84,6	116,7	100,0	100,0	100,0
23-C3	16	98,6	3,9	85,7	100,0	100,0	100,0	100,0
23-A3	5	100,0	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Es lässt sich für die Beweglichkeit des Daumens in der Hohlhandebene kein signifikanter Unterschied zwischen den AO-Gruppen ausmachen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,658$).

Die Abspreizbewegung des Daumens rechtwinklig zur Handtellerebene war durchschnittlich 0,7 Grad schlechter als auf der gesunden Seite (Standardabweichung 3,02; Minimum -10 Grad; Maximum 15 Grad; Median 0 Grad). Prozentual betrug die Abspreizbewegung in der Handtellerebene 99,0% (76,92% – 116,67%).

Tabelle 9: Defizit der Abspreizbewegung rechtwinklig Hohlhandebene prozentual zur Gegenseite in Abhängigkeit der Frakturschwere (AO-Klassifikation)

AO-Klassifikation	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
23-C1	21	98,3	4,3	85,7	100,0	100,0	100,0	100,0
23-C2	58	99,0	5,3	76,9	116,7	100,0	100,0	100,0
23-C3	16	99,6	1,8	92,9	100,0	100,0	100,0	100,0
23-A3	5	100,0	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Es zeigte sich für die Abspreizbewegung rechtwinklig zur Handtellerebene kein signifikanter Unterschied zwischen den AO-Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,775$).

3.7.4 Faustschluss / Abstand der Fingerkuppen II-V zur Hohlhandfalte

Bei zwei Patienten war der Faustschluss der betroffenen Seite inkomplett. Patient Nr. 70 hatte jeweils einen Zentimeter Abstand beim vierten Finger und zwei Zentimeter

Abstand beim fünften Finger. Patient Nr. 25 hatte einen Zentimeter Abstand beim dritten Finger zur Hohlhandbeugefalte.

3.7.5 Daumen-Langfinger-Berührung

Bis auf einen erreichten alle Patienten mit dem Daumen den Kleinfinger. Die übrigen Finger II, III und IV konnten von allen 100 Patienten berührt werden.

3.7.6 Armumfänge

Die Messergebnisse der Armumfänge (Umfangsdifferenz zwischen gesundem und verletztem Arm) sind nachfolgend tabellarisch als deskriptive Statistik zusammengefasst.

Tabelle 10: Umfangdifferenz verletzter – unverletzter Arm in Zentimeter

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
10cm unterhalb des äußeren Oberarmknorrens [cm]	-0,29	0,75	-2	2	0
am Handgelenk [cm]	0,88	0,81	-1,5	3	1
Mittelhand ohne Daumen [cm]	0,08	0,67	-2	2	0

3.8 DASH-Score

3.8.1 DASH-Score in Bezug auf Alter und Geschlecht

Es konnte keine Korrelation zwischen dem Patientenalter und der erzielten Punktzahl des DASH-Score nachgewiesen werden (Spearman Rang-Korrelation; $R = -0,012$). Der DASH-Score ist ebenso nicht signifikant abhängig vom Geschlecht des Patienten (U-Test, $p=0,312$).

Damit wird festgestellt, dass in der vorliegenden Untersuchung die Ergebnisse des DASH-Fragebogens weder signifikant durch das Patientenalter noch durch das Geschlecht des Patienten beeinflusst werden.

3.8.2 DASH-Score in Bezug auf die Frakturschwere

Tabelle 11: DASH-Score und Frakturschwere

Fraktur-Klassifikation:	n	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum	Median
23-C1	21	17,18	15,30	3	58	12,50
23-C2	58	16,78	13,92	2	67	11,67
23-C3	16	19,17	16,49	5	59	13,33
23-A3	5	12,00	6,66	7	21	7,50

Tabelle 11 zeigt die Verteilung der Frakturen nach AO-Klassifikation und die durchschnittlich erzielten DASH-Punktwerte in diesen Gruppen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturgruppen lässt sich nicht nachweisen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,894$).

3.8.3 DASH-Score in Bezug auf die Nachbehandlung

Tabelle 12: DASH-Score-Punktwerte in Abhängigkeit der Nachbehandlung

Nachbehandlung	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
Handgelenkorthese	78	15,61	13,976	2	67	10,00
Gips	19	22,81	15,271	5	59	20,83
Fixateur externe	3	16,67	8,819	7	23	20,00

Hinsichtlich der Nachbehandlung besteht zwar nach 6 Monaten für die Patienten mit einer Handgelenkorthese bessere Ergebnisse im DASH als bei der Gipsbehandlung (siehe Tabelle 12), ein signifikanter Einfluss der Nachbehandlung auf die erzielte DASH-Punktzahl ließ sich aber nicht nachweisen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,051$).

3.8.4 DASH-Score in Bezug auf die direkte / verzögerte Versorgung

Tabelle 13: DASH-Score-Punktwerte in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Versorgung

direkte Versorgung	N	Mittelwert	Standard-	Minimum	Maximum	Median
			abweichung			
nein	48	16,77	15,80	2	67	10,83
ja	52	17,23	12,87	2	59	12,92

Durchschnittlich wiesen die Patienten, bei denen eine direkte operative Versorgung vorgenommen wurde, einen schlechteren DASH-Wert auf als Patienten, die sekundär, d. h. nicht am Unfalltag versorgt wurden. Jedoch besteht kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,325$).

3.8.5 DASH-Score in Bezug auf Arbeits-/Wegeunfall

Um festzustellen, inwieweit sich das Vorliegen eines Arbeitsunfalls auf das Ergebnis der DASH-Befragung auswirkt, müssen andere mögliche Einflüsse überprüft werden.

Tabelle 14: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Begleitverletzung

Exakter Fisher-Test, $p>0,999$		Begleitverletzung am betroffenen Arm		
		Arm		Gesamt
		nein	ja	
Privatunfall	Anzahl	86	3	89
	%	96,6%	3,4%	100,0%
Arbeitsunfall	Anzahl	11	0	11
	%	100,0%	0,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	97	3	100
	%	97,0%	3,0%	100,0%

Aus Tabelle 14 ist zu entnehmen, dass zwar alle drei zusätzlichen ipsilateralen Begleitverletzungen in der Patientengruppe der Privatunfälle lagen. Ein signifikanter Zusammenhang konnte nicht nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, $p >0,999$).

Tabelle 15: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Frakturschwere

Exakter Fisher-Test, p=0,205		Radiologische Klassifikation nach AO				Gesamt
		23-C1	23-C2	23-C3	23-A3	
Privatunfall	Anzahl	20	49	16	4	89
	%	22,5%	55,1%	18,0%	4,5%	100,0%
Arbeitsunfall	Anzahl	1	9	0	1	11
	%	9,1%	81,8%	0,0%	9,1%	100,0%
Gesamt	Anzahl	21	58	16	5	100
	%	21,0%	58,0%	16,0%	5,0%	100,0%

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Unfallart (Privatunfall / Arbeitsunfall) und der Frakturschwere nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, p=0,205). Alle C3-Frakturen fanden sich in der Gruppe der Privatunfälle, wie aus Tabelle 15 ersichtlich.

Tabelle 16: Kreuztabelle Arbeitsunfall / Processus styloideus ulnae Fraktur

Exakter Fisher-Test, p=0,831		Beteiligung des Processus styloideus ulnae				Gesamt
		keine Fraktur	Avulsion Styloidspitze	Fraktur Styloidbasis	distale Ulnafraktur	
Privatunfall	Anzahl	22	38	23	6	89
	%	24,7%	42,7%	25,8%	6,7%	100,0%
Arbeitsunfall	Anzahl	4	5	2	0	11
	%	36,4%	45,5%	18,2%	0,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	26	43	25	6	100
	%	26,0%	43,0%	25,0%	6,0%	100,0%

Hinsichtlich einer Beteiligung des Ellengriffelfortsatzes konnte statistisch kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, p=0,831). Wie Tabelle 16 zeigt, lagen alle 6 distalen Ulnafrakturen in der Gruppe der Privatunfälle.

Tabelle 17: Kreuztabelle Arbeitsunfall / SL-Bandläsion

		Versorgungspflichtige		Gesamt
		SL-Bandläsion		
Exakter Fisher-Test, p=0,376		nein	ja	
Privatunfall	Anzahl	76	13	89
	%	85,4%	14,6%	100,0%
Arbeitsunfall	Anzahl	8	3	11
	%	72,7%	27,3%	100,0%
Gesamt	Anzahl	84	16	100
	%	84,0%	16,0%	100,0%

Gemäß Tabelle 17 konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen eines Arbeitsunfalls und einer SL-Bandläsion nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, p=0,376).

Zusammenfassend besteht für die Merkmale Begleitverletzung, Frakturschwere, Ellengriffelfortsatzfraktur und scapholunäre Bandverletzung kein nachweisbarer signifikanter Unterschied in den Gruppen Arbeitsunfall und Privatunfall. Somit wird überprüft, inwieweit sich das Vorliegen eines Arbeitsunfalls auf den DASH-Punktwert auswirkt:

Tabelle 18: DASH-Score und Unfall im Rahmen gesetzlich versicherten Tätigkeit

Arbeits-/Wegeunfall	n	Mittelwert	Standard-	Minimum	Maximum	Median
			abweichung			
nein	89	15,55	12,94	2	59	11,67
ja	11	28,79	19,32	7	67	30,83

Patienten, die einen Arbeits- oder Wegeunfall erlitten haben, zeigten in dem dieser Untersuchung zugrunde liegenden Patientenkollektiv signifikant schlechtere DASH-Ergebnisse (Mann-Whitney-U-Test, p=0,023).

3.8.6 DASH-Score bei scapholunären Bandverletzungen

Inwiefern sich unter den Patienten mit SL-Bandverletzung die unterschiedlich schweren Frakturformen wiederfinden und ob eine Abhängigkeit von der Frakturschwere besteht, beschreibt nachfolgende Kreuztabelle:

Tabelle 19: Kreuztabelle SL-Bandverletzung / Frakturschwere

Exakter Fisher-Test, p=0,694			Radiologische Klassifikation nach AO				Gesamt
			23-C1	23-C2	23-C3	23-A3	
Versorgungspflichtige	nein	Anzahl	18	49	12	5	84
		%	21,4%	58,3%	14,3%	6,0%	100,0%
SL-Bandläsion	ja	Anzahl	3	9	4	0	16
		%	18,8%	56,3%	25,0%	0,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	21	58	16	5	100
		%	21,0%	58,0%	16,0%	5,0%	100,0%

Hinsichtlich einer scapholunären Bandverletzung konnte kein signifikanter Zusammenhang zur Frakturschwere nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, p=0,694). Somit wird überprüft, ob das gleichzeitige Vorliegen einer scapholunären Bandverletzung Auswirkung auf das Ergebnis des DASH-Scores hat. Die DASH-Score-Werte mit und ohne SL-Bandverletzung werden in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: DASH-Score und SL-Bandverletzungen

SL-Bandläsion	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
nein	84	16,13	14,38	2	67	11,67
ja	16	21,61	13,20	5	54	20,83

Patienten aus dem untersuchten Krankengut, die simultan eine scapholunäre Bandverletzung erlitten, hatten signifikant schlechtere Punktwerte als Patienten ohne diese Begleitverletzung (Mann-Whitney-U-Test, p=0,036).

3.9 Patientenzufriedenheit

Auf die Frage nach der Zufriedenheit mit der Versorgung nach sechs Monaten antworteten zwei Patienten mit „unzufrieden“, 21 Patienten mit „gleichgültig“ und 77 Patienten mit „zufrieden“. Die unzufriedenen Patienten waren Nr. 3 und Nr. 56. Patientin Nr. 3 war eine 53-jährige Frau mit einer 23-C3-Fraktur und einer traumatischen statischen scapholunären Dissoziation im Rahmen eines Privatunfalls. Die Nachbehandlung erfolgte aufgrund der simultan durchgeführten temporären scapholunären Arthrodesen im Gipsverband. Der 58-jährige männliche Patient Nr. 56 hat sich im Rahmen eines Arbeitsunfalls eine 23-C2-Fraktur zugezogen. Begleitverletzungen bestanden nicht. Die Nachbehandlung erfolgte funktionell aus der Handgelenkorthese heraus. Ergotherapie wurde durchgeführt. Im Untersuchungszeitraum wurde bei diesem Patienten die Knochenplatte aufgrund einer Reizung der Extensor pollicis longus-Sehne mit deutlichem Schnappen bei der Umwendbewegung wieder entfernt. Bei beiden Patienten dokumentierte das Röntgenbild nach Frakturkonsolidierung anatomiegerechte Repositionsergebnisse ohne sekundären Korrekturverlust.

3.10 Operateure

Vergleicht man die perioperativen Ergebnisse des Operateurs, der an der Entwicklung der Osteosyntheseplatte beteiligt war (nachfolgend Referenzoperator genannt) mit den Ergebnissen des restlichen Operateurskollektives, so können wir zwei etwa gleich große Patientengruppen gegenüberstellen:

Referenzoperator: n = 49

Restliche Operateure: n = 51

Ob eine Abhängigkeit zwischen den Operateuren und einer aufgetretenen scapholunären Bandverletzung besteht, zeigt Tabelle 21.

Tabelle 21: Kreuztabelle Referenzoperator / SL-Bandläsion

		Versorgungspflichtige SL-Bandläsion		Gesamt
		nein	ja	
Chi ² -Test Pearson, p=0,121				
Restliche Operateure	Anzahl	44	5	49
	%	89,8%	10,2%	100,0%
Referenzoperator	Anzahl	40	11	51
	%	78,4%	21,6%	100,0%
Gesamt	Anzahl	84	16	100
	%	84,0%	16,0%	100,0%

Es konnte kein signifikanter Unterschied von SL-Bandläsionen in einer der beiden Gruppen (Referenzoperator oder andere Operateure) nachgewiesen werden (Chi²-Test, p=0,121).

Ebenso ließ sich gemäß Tabelle 22 in beiden Gruppen (Referenzoperator / andere Operateure) kein signifikanter Unterschied von ipsilateralen Begleitverletzungen am operierten Arm nachweisen (Exakter Fisher-Test, p>0,999).

Tabelle 22: Kreuztabelle Referenzoperator / Begleitverletzung am betroffenen Arm

		Begleitverletzung am betroffenen Arm		Gesamt
		nein	ja	
Exakter Fisher-Test, p>0,999				
Restliche Operateure	Anzahl	48	1	49
	%	98,0%	2,0%	100,0%
Referenzoperator	Anzahl	49	2	51
	%	96,1%	3,9%	100,0%
Gesamt	Anzahl	97	3	100
	%	97,0%	3,0%	100,0%

Folgende Tabelle 23 und Abbildung 35 stellen dar, wie sich die unterschiedlichen schweren Frakturen auf die beiden Gruppen (Referenzoperator / restliche Operateure) verteilen.

Tabelle 23: Kreuztabelle Referenzoperator / AO-Klassifikation

Exakter Fisher-Test, p=0,960		Radiologische Klassifikation nach AO				Gesamt
		23-C1	23-C2	23-C3	23-A3	
Restliche Operateure	Anzahl	11	29	7	2	49
	%	22,4%	59,2%	14,3%	4,1%	100,0%
Referenzoperator	Anzahl	10	29	9	3	51
	%	19,6%	56,9%	17,6%	5,9%	100,0%
Gesamt	Anzahl	21	58	16	5	100
	%	21,0%	58,0%	16,0%	5,0%	100,0%

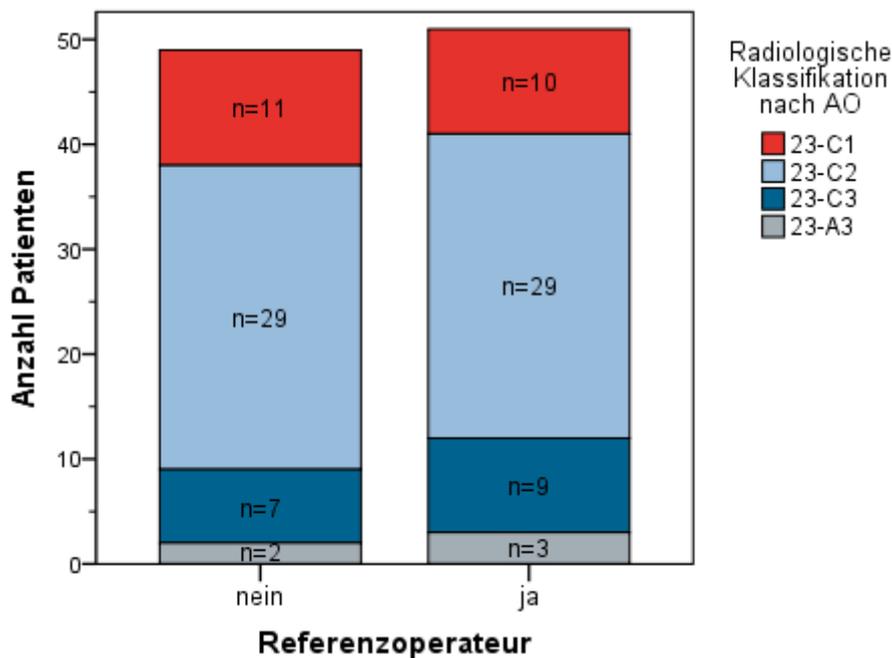


Abb. 35: Frakturverteilung unter den Operateuren

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Operateuren und der Frakturschwere nachgewiesen werden (Exakter Fisher-Test, p=0,960).

Inwieweit sich die unterschiedlich ausgeprägten Frakturen des Processus styloideus ulnae auf die Gruppe des Referenzoperators bzw. der restlichen Operateure verteilte, dokumentiert die Tabelle 24.

Es ließ sich kein signifikanter Zusammenhang nachweisen (Exakter Fisher-Test, p=0,845).

Tabelle 24: Kreuztabelle Referenzoperator / Beteiligung Processus styloideus ulnae

		Beteiligung des Processus styloideus ulnae				Gesamt
		keine Fraktur	Avulsion Styloidspitze	Fraktur Styloidbasis	distale Ulnafraktur	
Exakter Fisher-Test, p=0,845						
Restliche Operateure	Anzahl	11	23	12	3	49
	%	22,4%	46,9%	24,5%	6,1%	100,0%
Referenzoperator	Anzahl	15	20	13	3	51
	%	29,4%	39,2%	25,5%	5,9%	100,0%
Gesamt	Anzahl	26	43	25	6	100
	%	26,0%	43,0%	25,0%	6,0%	100,0%

Die Verteilung der Arbeitsunfälle auf die Gruppen Referenzoperator und restliche Operateure wird in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Kreuztabelle Referenzoperator / Arbeitsunfall

		Arbeits-/Wegeunfall		Gesamt
		nein	ja	
Chi ² -Test Pearson, p=0,803				
Restliche Operateure	Anzahl	44	5	49
	%	89,8%	10,2%	100,0%
Referenzoperator	Anzahl	45	6	51
	%	88,2%	11,8%	100,0%
Gesamt	Anzahl	89	11	100
	%	89,0%	11,0%	100,0%

Es konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Arbeitsunfälle in einer der beiden Gruppen nachgewiesen werden (Chi²-Test, p=0,803).

3.10.1 OP-Dauer

Bezüglich der OP-Dauer ließ sich beim Referenz-Operator eine Dauer von 84 Minuten (Standardabweichung 29,5; Minimum 45 Minuten; Maximum 195 Minuten; Median 80 Minuten) aufzeichnen, bei den restlichen Operateuren lag die OP-Dauer bei 85 Minuten (Standardabweichung 29,9; Minimum 50; Maximum 205 Minuten; Median 78 Minuten). Es ergibt sich für die OP-Dauer kein signifikanter Unterschied

zwischen dem Referenz-Operateur und dem restlichen Operateurskollektiv (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,868$).

3.10.2 Röntgendurchleuchtungszeit

Die Durchleuchtungsdauer betrug beim Referenz-Operateur im Mittel 0,75 Minuten (Standardabweichung 0,69; Minimum 0,2 Minuten; Maximum 3,1 Minuten; Median 0,46 Minuten). Bei den restlichen Operateuren lag sie bei durchschnittlich 0,81 Minuten (Standardabweichung 0,81; Minimum 0,3 Minuten; Maximum 4,4 Minuten; Median 0,56 Minuten). Für die Dauer der Durchleuchtung besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem Referenz-Operateur und den restlichen Operateuren (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,306$).

3.10.3 DASH-Score

Der durchschnittliche DASH-Score als Instrument für die Beschreibung der Funktionalität der oberen Extremität betrug beim Referenzoperateur 14 Punkte (Standardabweichung 11,5; Minimum 2; Maximum 58; Median 10) und beim restlichen Operateurskollektiv 20 Punkte (Standardabweichung 16,3; Minimum 2; Maximum 67; Median 14). Es findet sich in der Statistik ein signifikanter Unterschied zwischen den Operateuren bezüglich des DASH-Scores (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,045$).

3.11 Komplikationen

Bei 91 Patienten ließ sich vom OP-Zeitpunkt bis zur Nachuntersuchung ein komplikationsloser Heilverlauf dokumentieren. Bei einer Patientin (Nr. 25) kam es zu einem komplexen regionalen Schmerzsyndrom leichten Grades, das sich nach sechs Monaten vollständig zurückgebildet hat. Bei zwei Patienten mussten wir einen Bruch von einer bzw. zweier distaler 2mm-Schrauben feststellen (Nr. 35, Nr. 50). Bei Patientin Nr. 35 wurde eine Re-Osteosynthese mit Spongiosaunterfütterung

vorgenommen. Patientin Nr. 50 heilte in guter Stellung ohne Re-Operation aus. In einem Fall (Nr. 43) führte ein proximaler Plattenausriss bei einer Patientin mit einer Ethanolabhängigkeit und nicht eingehaltenem Belastungsregime zur Re-Osteosynthese. Patient Nr. 60 wies in der ersten postoperativ durchgeführten Röntgenuntersuchung aufgrund operationstechnischer Fehler ein unzufriedenstellendes Ergebnis mit unzureichender Reposition und Gelenkstufenbildung auf. Es fiel der Entschluss zur erneuten Verplattung mit gleicher Osteosynthese. Nach Revision ließen sich anatomiegerechte Repositionsverhältnisse mit stufenloser Rekonstruktion der Gelenkfläche dokumentieren. Einmal zeigte sich in der Nachuntersuchung eine Hypästhesie am lateralen Daumen (Nr. 41). Irritationen der Extensor pollicis longus-Sehne ließen uns in drei Fällen die Indikationsstellung zur frühelektiven Materialentfernung stellen (Nr. 32, Nr. 56, Nr. 90). Rupturen der langen Daumenstreckersehne und posttraumatische Karpaltunnelsyndrome sahen wir im untersuchten Patientengut nicht.

4 Diskussion

4.1 Allgemeine Diskussion

Die distale Radiusfraktur ist die häufigste Faktur des Menschen (Frank et al. 2010) und verdient nicht nur aus diesem Grund besondere Betrachtung. Sie stellt, sowohl auf Grund langer Ausfallzeiten Berufstätiger als auch auf Grund hoher Behandlungskosten, einen wichtigen sozioökonomischen Aspekt dar, dessen Druck aufgrund der erwarteten steigenden Inzidenz von Radiusfrakturen bei älteren Menschen noch zunehmen wird (Lögters et al. 2012).

Im Allgemeinen ist in der Versorgung akzeptiert worden, dass es für distale Radiusfrakturen kein standardisiertes Therapieverfahren geben kann, sondern ein der Frakturmorphologie angepasstes Osteosyntheseverfahren gewählt werden muss. Einigkeit über ein einheitliches Therapiekonzept besteht bisher nicht (Zettl et al. 2009).

Während die konservative Behandlung im Gipsverband im Wesentlichen nicht dislozierten stabilen Frakturen vorbehalten bleibt, bieten verschiedene Operationsverfahren die Möglichkeit, verschobene Fragmente nach der Reposition sicher zu retinieren. Als Bindeglied zwischen konservativen und operativen Behandlungsoptionen ist die perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese in all ihren technischen Modifikationen anzusehen. Einige Autoren favorisieren diese Versorgungsform insbesondere bei Frakturen des alten Menschen, da diese Verfahren einfach, kostengünstig und schnell durchzuführen seien (Voigt und Lill 2006). Als nachteilig wird angesehen, dass hier keine regelmäßige funktionelle Nachbehandlung möglich ist.

Die „klassische“ konventionelle Plattenosteosynthese mit dem Prinzip der metaphysären Abstützung wird für die Extensionsfraktur mit dorsaler Implantatplatzierung zunehmend verlassen (Siebert 2003). Dumont zeigte jedoch noch 2003 auf, dass auch Extensionsfrakturen komplexerer Morphologie durch eine konventionell angelegte palmare Platte durchaus erfolgreich behandelt werden können (Dumont et al. 2003).

Heutzutage werden intraartikuläre distale Radiusfrakturen vorherrschend offen reponiert und mittels verschiedener winkelstabiler Platten versorgt (Michelitsch et al 2013). Das Prinzip Winkelstabilität ist jedoch nicht neu. Es wurde bereits im Jahre 1931 von Paul Reinhold die winkelstabile Verbindung von der Schraube in der Platte als „Gewinde im Gewinde“ patentiert (Wolter et al. 2001).

Mit Einführung der Winkelstabilität und ihrem „Fixateur-Interne-Prinzip“ am distalen Radius konnte die Indikation zur palmaren Plattenosteosynthese auch auf Extensionsfrakturen erweitert werden. Zusätzlich wurde durch die steife Verriegelung der Fraktur die Option zur frühfunktionellen Nachbehandlung erreicht. In zahlreichen Arbeiten werden immer wieder die Vorteile winkelstabiler Implantate am distalen Radius (palmar, dorsal, uni- oder multidirektional) herausgestellt und auf gute funktionelle Ergebnisse hingewiesen (Frank et al 2010, Geyer et al 2010, Marcheix et al. 2010, Orbay und Fernandez 2004, Sakhaii et al. 2003, Uzdil und Winker 2007, Zettl et al 2009). Inzwischen spricht man bei der palmaren Instrumentierung vom „Standardzugang“ (Michelitsch et al. 2013).

Bei aller anfänglicher Euphorie über gute erzielte Ergebnisse mit palmaren winkelstabilen Platten entsteht zunehmend Ernüchterung. Dort wo multifragmentäre Fraktursituationen bestehen, können Fragmente durch die palmare Instrumentierung nicht ausreichend, oder nur durch inadäquate Plattenlage gefasst werden (Lögters et al 2012). Oft ist ein zweiter, dorsaler Zugang erforderlich, zum Teil auch mit zusätzlicher Osteosynthese. Insbesondere bei 23-C3 Frakturen sei oft ein dorsopalmares Vorgehen, gegebenenfalls mit Defektauffüllung nötig (Windolf et al. 2008).

Mit dem untersuchten Therapiekonzept eines weniger traumatisierenden Zuganges und der anatomisch vorgeformten 2,0mm–Minifragment-Platte wurde die Idee der dorsalen Instrumentierung wieder aufgegriffen, jedoch mit Respektierung wichtiger anatomischer Strukturen. So bleibt das Listersche Tuberkel mit der darum laufenden Sehne des langen Daumenstreckers unangetastet. Dorsale Fragmente können direkt reponiert und auch kleinere Fragmente mittels 2mm-Schrauben winkelstabil fixiert werden.

Die vorliegende Diskussion beleuchtet peri- und postoperativen Ergebnisse im Vergleich mit der Literatur. Besondere Berücksichtigung finden Publikationen, die Resutate winkelstabiler Plattenosteosynthesen vorstellen. Hierbei muss festgestellt werden, dass einer Fülle von aktuellen Veröffentlichungen palmarer Plattenosteosynthesen nur wenige Arbeiten über dorsale winkelstabile Plattenosteosynthesen gegenüberstehen.

4.2 Kritische Anmerkung und Einfluss auf die Methodik

Ungenauigkeiten von bis zu 5 Grad sind der Methode des Messens mit dem Extremitäten-Goniometer anzulasten. Außerdem können Messfehler bei der Beurteilung von Röntgenbildern auf Grund von Fehlprojektionen entstehen. Die Einteilung der Frakturschwere nach der AO-Klassifikation im präoperativen Röntgenbild unterlag Interpretationsungenauigkeiten auf Grund subjektiver Einschätzung des Betrachters.

Als positiv anzusehen und hervorzuheben ist, dass alle 100 mit dieser Platte versorgten Patienten auch nachuntersucht werden konnten. Durch die hohe Patientenadhärenz an die Handsprechstunde des Hauses ließ sich realisieren, dass alle Patienten im sechsten Monat nach der Operation exploriert wurden. Damit fielen Ungenauigkeiten seitens des tatsächlichen Untersuchungszeitpunktes weg. Die Nachuntersuchung wurde ausschließlich durch den Autor dieser Arbeit durchgeführt. Damit erscheinen Unschärfen in den erhobenen Messwerten zwar geringer, die Gefahr eines systematischen richtungweisenden Fehlers allerdings höher.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

4.3.1 Patientenkollektiv

Die DRK-Kliniken Berlin | Köpenick stellen durch ihre Randlage von Berlin an das angrenzende Bundesland Brandenburg mit einem Einzugsgebiet von zirka 250.000 Einwohnern ein klassisches Regelversorger-Krankenhaus dar. Hier wurden im Untersuchungszeitraum 100 Patienten mit 100 komplexen Radiusfrakturen dorsal winkelstabil verplattet. Im Mittel betrug das Alter am Unfalltag 61,35 Jahre, Der jüngste Patient war 23, die älteste Patientin 95 Jahre alt. Das Histogramm in Abbildung 23 zeigt die Altersverteilung unseres Patientenkollektives. Im Schriftgut ist ebenso deutlich eine Richtung hin zu älteren Patienten zu erkennen: Felderhoff et al. (1999) führten bei 213 Patienten ein Alter von durchschnittlich 63,5 Jahren auf, Walz et al. (2004) zeigten ein mittleres Alter von 79,4 Jahren auf, wobei diese Arbeit ein selektiertes Kollektiv älterer Patienten untersuchte. Krimmer et al. (2004) sahen auf ein durchschnittliches Patientenalter von 54,7 Jahren, Geyer et al. (2011) beschrieben ein mittleres Alter von 63 Jahren, unterteilten dann noch nach dem Geschlecht. Hier stellte die Arbeitsgruppe fest, dass die verletzten Männer durchschnittlich 54, die Frauen 65,8 Jahre alt waren.

Unser Geschlechterverhältnis lag bei 84 Prozent weiblicher zu 16 Prozent männlicher Patienten. Bei Geyer et al. (2011) lag ein Geschlechterverhältnis von 76,6 Prozent Frauen zu 23,4 Prozent Männern vor. Sakhaii et al (2003) untersuchten ein Patientengut mit 77 Prozent Frauen und 22 Prozent Männern und bei Zingg et al. (2005) fand sich ein Geschlechterverhältnis (weiblich/männlich) von 74 zu 26 Prozent.

In der Mehrheit der Fälle (51 Prozent) genügte in unserer Untersuchung ein Sturz in der Ebene um eine Fraktur hervorzurufen (Siehe Abb. 24). Hochrasanzverletzungen und Stürze aus hoher Höhe fanden wir nur bei 15 Prozent der Patienten. Zur gleichen Erkenntnis, dass überwiegend einfache, niederenergetische Stürze zur distalen Radiusfraktur führten, kamen auch Matschke et al. (2004). Hier war im untersuchten Patientengut sogar in 75 Prozent ein niederenergetisches Trauma für die Frakturgenese verantwortlich.

Im untersuchten Patientenkollektiv lag mit 89 Prozent ein Privatunfall und in 11 Prozent ein Unfall im Rahmen einer gesetzlich versicherten Tätigkeit vor. In der Literatur schwankt, soweit überhaupt angegeben, die angegebene Anzahl der Arbeitsunfälle deutlich: Acht Prozent geben Voigt et al. in einer Studie aus dem Jahre 2012 an (Voigt et al. 2012), wo hingegen Meier et al. (2010) 50 Prozent Arbeitsunfälle eingeschlossen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass unser Krankengut im wesentlichen dem der verbreiteten Literatur und damit einem unselektierten Patientenkollektiv entspricht, wie es üblicherweise in der Regelversorgung anzutreffen ist.

Sowohl das höhere durchschnittliche Alter, als auch das ungleiche Geschlechterverhältnis unseres untersuchten Krankengutes spiegelt das zunehmende Problem der Regelversorgung wider: Immer mehr ältere Patienten, immer mehr Frakturen auf dem Boden osteoporotischer Knochenveränderung und damit komplexere Frakturen sind durch geeignete Osteosyntheseverfahren zu versorgen. Mit dem Ziel der raschen Wiedereingliederung in die Aktivitäten des täglichen Lebens werden mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese auch beim älteren Patienten gute Ergebnisse erzielt (Walz et al. 2004). In einer aktuellen Arbeit stellen Meiners et al. (2012) heraus, dass die winkelstabile Plattenosteoporose gegenwärtig als das Verfahren der Wahl zur Versorgung osteoporotischer distaler Radiusfrakturen gelte, jedoch mit der Einschränkung, dass große vergleichende Studien noch ausstünden.

Der Schwerpunkt der Frakturen lag in unserem Patientengut bei den höhergradigen Verletzungen. 95 Prozent der Brüche waren intraartikuläre Verletzungen, davon 74 Prozent C2- oder C3-Frakturen (Abb. 28). B-Frakturen wurden im Untersuchungszeitraum nicht gesehen. Vergleicht man unsere Zahlen mit einer ähnlich angelegten Studie von Sakhaii et al. aus dem Jahr 2003, die eine palmare Plattenosteosynthese untersuchte, lagen dort bei 100 untersuchten Radiusfrakturen 84% C-Frakturen vor. Der Rest teilte sich mit zehn A-Frakturen und sechs B-Frakturen auf. Auch hier überwogen weibliche Verletzte im sechsten und siebten Lebensdezenium mit überwiegend niederenergetisch entstandenen Stürzen. Sowohl unsere Zahlen (Siehe Tabelle 1) als auch die Zahlen von Sakhaii et al. weisen darauf

hin, dass höhergradige, komplexere Frakturen eher beim älteren Patienten auftreten können (Sakhaii et al. 2003).

In der Untersuchung von Zingg et. al (2005), die Ergebnisse der AO-Pi-Platte vorstellten, fand sich eine Verteilung von 26 A-Frakturen, einer B- und 34 C-Verletzungen. Dem gegenübergestellt sei eine neuere Studie von Jakubietz, die ausschließlich C-Frakturen einschloss (Jakubietz et al. 2012). In dieser, zwischen den Ergebnissen randomisierter palmarer und dorsaler Plattenlage vergleichender Arbeit wurden in der palmaren Gruppe 22 Patienten eingeschlossen mit 10 C1-, 7 C2- und 5 C3-Frakturen. Die dorsale Gruppe umfasste 9 C1-, 5 C2- und 6 C3-Frakturen.

4.3.2 Stationärer Aufenthalt und OP-Zeitpunkt

Zur Dauer des stationären Aufenthaltes sind dem deutschsprachigen Schriftgut wenig Aussagen zu entnehmen. Lediglich eine Untersuchung aus dem Jahre 2009 in der die stationäre Behandlungsqualität für die distale Radiusfraktur erhoben wurde, zeigte eine Liegedauer von durchschnittlich 8,5 Tagen auf (Smektala et al. 2009). In unserer Studie fand sich ein etwas kürzerer stationärer Aufenthalt mit einem Mittelwert von 7,25 Tagen. Die Interpretation dieser Zahlen darf jedoch nur mit Kenntnis des Vergütungssystems in Deutschland erfolgen (DRG-System, DRG = diagnosis related groups). Hierbei richtet sich die Vergütung auch nach einer sogenannten Mindestverweildauer, die bei Unterschreitung zu Entgeltabschlägen führt. Bereinigt man unsere Zahlen um die Fälle, bei denen Mehrfachverletzung oder internistische Begleitprobleme zu einem verlängerten Aufenthalt führten, so erreichen wir mit 7 Tagen die Mindestverweildauer im damaligen Untersuchungszeitraum für eine operativ versorgte distale Radiusfraktur.

Abbildung 26 zeigt auf, dass unsere Patienten in der überwiegenden Zahl am Unfalltag operiert wurden. Gründe für eine verspätete Versorgung waren die verspätete Vorstellung in der Notaufnahme, infrastrukturelle Gründe im Bereitschaftsdienst mit begrenzter OP-Kapazität oder eine vorangestellte internistische Diagnostik bei älteren Patienten, z.B. im Rahmen einer

Synkopenabklärung oder zur Risikostratifizierung vor geplanter Anästhesie. Smektala et al. stellten in ihrer prospektiven Kohortenstudie an 242 Akutkliniken in Deutschland vergleichend fest, dass Patienten, die mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt worden sind, zu 75 Prozent am Unfalltag oder am Tag danach operiert wurden, während (nur) 49 Prozent der Plattenosteosynthesen innerhalb der ersten 2 Tage durchgeführt wurden (Smektala et al. 2009).

Die Frage nach dem optimalen OP-Zeitpunkt, die in der Akutversorgung immer wieder gestellt wird, kann auch mit dieser Arbeit nicht abschließend beantwortet werden. Eine signifikante Korrelation findet sich hinsichtlich der erhobenen DASH-Punktwerte und dem OP-Zeitpunkt in unseren Daten nicht. In der Literatur finden wir gegensätzliche Aussagen zum optimalen OP-Zeitpunkt: Während Siebert und Klonz (2005) zur Vermeidung von Weichteil-, Nerven- und Gefäßschäden die zeitnahe Versorgung empfehlen, weist Thielke darauf hin, dass ein Einfluss des OP-Zeitpunktes auf die Komplikationsrate und postoperativer funktioneller Ergebnisse bisher nicht nachgewiesen ist (Thielke et al. 2003). Aus eigener Erfahrung zeigt die unmittelbare Versorgung nicht nur an der distalen Radiusfraktur den Vorteil der besseren Präparation und Reposition der Fragmente und sollte daher angestrebt werden.

4.3.3 Begleitverletzungen

Die weit überwiegende Zahl der untersuchten Radiusfrakturen waren mit 91 Prozent Einzelverletzungen. Wie die Radiusfraktur stellt auch die Schenkelhalsfraktur eine „geriatrische“ Fraktur dar (Smektala et al. 2009) und wurde in unserem Krankengut in zwei Fällen simultan zur Radiusfraktur vorgefunden. Eine diagnostizierte Os triquetum-Fraktur wurde konservativ ausbehandelt. Von Bedeutung für die Nachbehandlung waren beide Kettenverletzungen (Humeruskopffraktur und eine distale percondyläre Humerusfraktur). Die Humeruskopffraktur konnte nach kurzer Ruhigstellung im Schlingenverband funktionell nachbehandelt werden und führte diesbezüglich nur zur geringen Einschränkung der Beübung des Handgelenkes. Die distale Humerusfraktur wurde im Oberarmgips ausbehandelt. Somit konnte in diesem Fall keine funktionelle Nachbehandlung der Radiusfraktur durchgeführt werden. Alle

anderen Verletzungen, die unter Kapitel 3.4.3 aufgeführt wurden, tangierten den Heilverlauf am Handgelenk nicht wesentlich.

Hinsichtlich der Anzahl der begleitenden scapholunären Dissoziation sind unsere Ergebnisse mit 16 versorgungspflichtigen Fällen mit denen der Arbeit von Schneiders et al. annähernd gleich. Hier wurde bei 13 von 120 (11 Prozent) Patienten eine dynamische oder statische traumatische SL-Bandverletzung vorgefunden (Schneiders et al. 2005). Felderhoff et al. (1999) fanden in 4,8 Prozent der Fälle eine statische SL-Bandverletzung. Als Besonderheit unserer operativen Herangehensweise ist die Stabilisierung mit einem Doppelgewinde-K-Draht hervorzuheben. Durch die unterschiedliche Gewindesteigung kommt es analog des Prinzips einer Herbertschraube beim Hereindreihen desselben unter Bildverstärkerkontrolle zur Annäherung von Scaphoid und Lunatum. Dies ist Gegenstand anderer Untersuchungen und soll hier keine nähere Betrachtung finden.

Im untersuchten Patientengut ließ sich in 74 Prozent eine Verletzung der Ulna (Styloidspitze, Styloidbasis, Ulnaköpfchenfraktur oder metaphysär-diaphysärer Übergang) nachweisen. Die Frakturen der Spitze und der Basis blieben stets unversorgt, drei Verschraubungen wurden bei Frakturen des Ulnaköpfchens durchgeführt. Frank et al deckten in ihren Ergebnissen 60 Prozent Ellengriffelfrakturen auf (Frank et al. 2010). Eine Studie von Reichl et al. untersuchte, ob das Vorliegen einer ulnaren Styloidfraktur (an der Spitze oder basisnah) sich auf funktionelle Ergebnisse auswirke (Reichl et al. 2011). Unter 238 Patienten mit distaler Radiusfraktur fand die Arbeitsgruppe 95 Frakturen der Styloidspitze und 36 Basisfrakturen der Ulna (entspricht 55 Prozent Frakturen des Ellengriffelfortsatzes). Reichl et al. zeigten auf, dass Patienten mit einer Styloidfraktur der Ulna, ob basisnah oder an der Spitze, gleiche funktionelle Ergebnisse aufwiesen, wie Patienten ohne diese Begleitverletzung.

4.3.4 Radiologische Ergebnisse

Durch die Versorgung mit der winkelstabilen dorsalen Plattenosteosynthese ließen sich in der postoperativen Röntgenkontrolle anatomiegerechte Gelenkflächenwinkel herstellen. In der a.p.-Ebene betrug die Radiusneigung durchschnittlich 22,4 Grad

und in der seitlichen Ebene 7,81 Grad. Damit liegen unsere Zahlen im Bereich der anatomischen Normvarianz für die anterior-posteriore Ebene und die Seit-Ebene (Martini 1986; Fernandez und Jupiter 1996; Sarmiento et al. 1975). Die Arbeit von Sakhaii et al. (2003), die eine palmare Instrumentierung untersuchte, kommt auf ähnliche Ergebnisse in der a.p.-Ebene (23,3 Grad +/- 4,8 Grad) bei jedoch deutlich flacheren palmaren Neigungswinkeln (4,6 Grad +/- 6,8 Grad). Sonderegger et al. dokumentierten postoperativ eine durchschnittliche radiale Inklination von 20,9 Grad und ebenso eine flachere palmare Inklination der Gelenkfläche von durchschnittlich 4,0 Grad bei palmarer multidirektionaler winkelstabiler Plattenosteosynthese (Sonderegger et al. 2010).

Zingg et al. (2005) zeigen an der dorsalen winkelstabilen Osteosynthese postoperative Gelenkflächenwinkel von 20,8 Grad (10-30 Grad) für die a.p.-Ebene und 9,3 Grad (-2-20 Grad) für die seitliche Ebene. Jakubietz et al. verglichen randomisiert dorsale und palmare Plattenlagen und zeichneten nach 6 Monaten für die palmare Inklination bei volarer Plattenlage 9 (+/- 5) Grad, für die dorsale Plattenosteosynthese 13 (+/- 5) Grad auf. Auch hier fallen die größeren seitlichen Neigungswinkel der Gelenkfläche in der Gruppe der dorsalen Plattenosteosynthese auf (Jakubietz et al. 2012).

Wahrscheinlich ließen sich sowohl in der vorliegenden Arbeit, als auch im Krankengut von Zingg et al. und Jakubietz et al. die größeren Gelenkflächenwinkel für die palmare Inklination bei der dorsalen Instrumentierung durch die direkte dorsale Reposition und das direkte Einpassen von dorsalen Fragmenten erzielen.

Unsere radiologischen Ergebnisse führten einen mittleren postoperativen Ulnavorschub von 0,07 Millimetern (Standardabweichung 0,26) zu Tage. Dies lässt sich in Hinblick auf bestehende methodenbedingte Messungenauigkeiten als vernachlässigbar einstufen. Der Korrekturverlust nach Frakturkonsolidierung in der a.p.-Ebene von durchschnittlich 0,2 Grad (Standardabweichung 0,7; -2-3 Grad) und in der Seitebene von durchschnittlich -0,1 (Standardabweichung 1,1; -1-2 Grad) lässt sich ebenso als unwesentlich einstufen. Des Weiteren war ein sekundär entstandener Ulnarvorschub nach Konsolidierung nicht messbar. Sonderegger et al. (2010) stellten eine Radiusverkürzung von 0,0 mm (Standardabweichung 1,4) fest

und auch Geller et al. (2009) sahen eine Ulnarvarianz von 0,0 cm (-0,5-0,7 cm). Diese Feststellung der guten Retention winkelstabiler Implantate beschreiben viele Autoren (Gradl 2009, Krimmer et al. 2004, Othman 2007, Rikli et al. 2007, Zingg et al. 2005).

Bei Nachuntersuchung waren alle Frakturen nativradiologisch knöchern konsolidiert. Gleiche Feststellung machten auch andere Autoren, die Ergebnisse winkelstabiler Plattenosteosynthesen beschrieben (Figl et al. 2010, Hakimi et al. 2010, Jakubietz et al. 2012, Tarallo et al. 2011, Zingg et al. 2005). Arora et al. sahen unter 114 Patienten lediglich zwei Mal (1,8 Prozent) eine verzögerte Bruchheilung (Arora et al. 2007).

Unter radiologischen Gesichtspunkten heilten alle untersuchten Frakturen im Untersuchungszeitraum in den anatomischen Normgrenzen und ohne wesentlichen Korrekturverlust des Radius knöchern aus.

4.3.5 Nachuntersuchung

In der klinischen Nachuntersuchung unserer Patienten nach sechs Monaten ließ sich in allen Freiheitsgraden eine gute Beweglichkeit dokumentieren. So bemisst sich die durchschnittliche Auswärtsdrehung mit 95,4 Prozent, die Einwärtsdrehung mit 98,2 Prozent der Beweglichkeit der unverletzten Gegenseite. Auch die Handgelenkextension und -flexion ist mit durchschnittlich 84,6 Prozent und 87,7 Prozent durchaus als gut einzustufen, betrachtet man den hohen Anteil der höhergradigen komplexen Handgelenkverletzungen in unserem Krankengut. Das Gleiche gilt für die Radio-/Ulnarduktion die durchschnittlich 88,7 Prozent und 83,1 Prozent der Bewegungsausmaße der unverletzten Seite betrug. Vergleicht man wiederum mit den Ergebnissen von Sakhaii et al. (2003), die für die Extension/Flexion 88 und 85 Prozent in ihrem Patientengut mit 84 Prozent C-Frakturen gemessen haben, sind die eigenen Ergebnisse vielversprechend. Auch die Unterarmdrehung wies wie bei uns die geringste Bewegungseinschränkung auf (Auswärtsdrehung 91 Prozent, Einwärtsdrehung 94 Prozent der gegenseitigen Beweglichkeit). Sonderegger et al. sahen nach einem längeren durchschnittlichen

Follow-up von 14,7 (12-24) Monaten in Ihrem Krankengut mit 66 Prozent intraartikulärer Frakturen eine Beweglichkeit für die Extension von 96 Prozent, für die Flexion von 85 Prozent der gegenseitigen Beweglichkeit. Die Radioduktion lag bei 87 Prozent, die Ulnarduktion bei 94 Prozent, die Umwendbewegung auswärts lag bei 96 Prozent und einwärts bei 99 Prozent der unverletzten Gegenseite (Sonderegger et al. 2010).

Auch die Bewegungsausmaße nach dorsaler (Pi-)Plattenosteosynthese beschreiben Zingg et al. (2005) nach durchschnittlich 20,1 Monaten als durchaus positiv: Von 61 untersuchten Patienten erlitten 56 Prozent eine C-Fraktur. Insgesamt lagen die Bewegungsausmaße im Gesamtkollektiv für die Extension bei 82 Prozent, für die Flexion bei 80 Prozent, die Radioduktion mit 84 Prozent und die Ulnarduktion mit 85 Prozent der Beweglichkeit der Gegenseite. Hier war die Umwendbewegung (Supination / Pronation) mit 97 zu 98 Prozent Beweglichkeit am geringsten eingeschränkt. Zu beachten ist beim Vergleich der Bewegungsausmaße die Tatsache, dass sich in der Literatur unterschiedliche Nachuntersuchungszeiträume finden. Mit einem Intervall von sechs Monaten erfolgte im Vergleich zu den oben genannten Arbeiten unsere Nachuntersuchung am frühesten.

Vor dem Hintergrund der möglichen Irritation der langen Daumenstreckersehne durch das Implantat mit konsekutiver Bewegungseinschränkung wurde in dieser Arbeit zusätzliches Augenmerk auf die Daumenbeweglichkeit gelegt. Es ließ sich über alle Frakturformen verteilt eine Beweglichkeit des Daumens in der Handtellerebene von 99,2 Prozent der Gegenseite und eine Beweglichkeit rechtwinklig zur Handtellerebene von 99,0 Prozent der Gegenseite ermitteln. Auch in Untergruppe der 23-C3-Frakturen dokumentierten wir noch Bewegungsausmaße von 98,6 Prozent (in der Handtellerebene) und 99,6 Prozent (rechtwinklig zur Handtellerebene). Insgesamt ließ sich keine Abhängigkeit von der bestehenden Frakturschwere auf die Daumenbeweglichkeit ausmachen. Im vorliegenden Schriftgut wurde die Daumenbeweglichkeit nicht gesondert ermittelt, daher fehlen Vergleiche an dieser Stelle. Offensichtlich scheint die Anwendung der untersuchten Platte nicht zur wesentlichen Einschränkung der Daumenbeweglichkeit zu führen.

Zur Objektivierung von Affektionen der Langfingerstrecksehnen wurde in der Nachuntersuchung der Faustschluss geprüft. Bei zwei Patienten konnte kein kompletter Faustschluss festgestellt werden. In der Vergleichsarbeit von Sakhaii et al. gelang in fünf Fällen (von 100 Frakturen) der Faustschluss nicht komplett, wobei dort angeführt wird, dass bei vier Patienten eine rheumatische Erkrankung Grund für die Bewegungseinschränkung war (Sakhaii et al 2003).

Die Bewegungsausmaße, die nach sechs Monaten durch das vorgestellte Behandlungskonzept mit der dorsalen winkelstabilen Plattenosteosynthese erreicht wurden, entsprechen im wesentlichen den Bewegungsausmaßen, die im Schriftgut für andere palmare und dorsale Plattensysteme zu entnehmen sind.

4.3.6 DASH und subjektive Zufriedenheit

Der DASH-Score ist ein zuverlässiges Werkzeug um Einblick in die subjektiv wahrgenommene Funktionseinschränkung des gesamten Armes als funktionelle Einheit zu erlangen (Gummesson et al. 2003). Changulani et al. zeigten in ihrem Review auf, dass der DASH gegenwärtig der beste Score zur Evaluation multipler Funktionsstörungen an der oberen Extremität ist (Changulani et al. 2008). Wir verwendeten die deutsche, validierte Version mit 30 Fragen und überprüften zunächst, ob er unabhängig vergleichende Aussagen zulässt. Dabei stellten wir fest, dass in unseren Daten die Höhe der erzielten DASH-Punktzahl nicht mit dem Alter korreliert und nicht signifikant vom Geschlecht abhängig ist.

Mit einem DASH-Wert von durchschnittlich 12 Punkten (7-21 Punkte) für die A3-Frakturen und 19,2 Punkten (5-59 Punkten) für die C3-Frakturen weist das Patientengut dieser Arbeit (Tabelle 11) bessere DASH-Werte als bei Felderhoff et al. (1999) mit durchschnittlich 23,7 (5-35,8) Punkten auf. Untersucht wurden in dieser Studie Frakturen, die mit einer dorsalen oder palmaren konventionellen Abstützplatte versorgt wurden. Figl et al. (2010) dokumentierten einen mittleren DASH-Wert von 28 Punkten in einem älteren Patientenkollektiv (>75 Jahre). Sonderegger et al. teilten ihr Krankengut in eine extra- und eine intraartikuläre Frakturgruppe auf und stellten für die extraartikuläre Gruppe einen mittleren DASH von 11,9 und für die intraartikuläre Gruppe einen DASH von 13,0 Punkten fest (Sonderegger et al. 2010). Diese

Arbeitsgruppe konnte in ihren Daten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der funktionellen und radiologischen Ergebnisse zwischen den Gruppen der intra- und der extraartikulären Frakturen feststellen. Auch in unseren Daten (Tabelle 11) ist hinsichtlich der erzielten DASH-Punktzahl kein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturklassen nachzuweisen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,894$). In einer Arbeit, die Ergebnisse unidirektionaler mit multidirektionaler Plattenosteosynthese bei 23-C1 und C2-Frakturen verglich, wurden mittlere DASH-Werte für die unidirektionale Gruppe von 10,3 (0-38), in der multidirektionalen Gruppe von 12,3 (0-46) Punkten in einem Untersuchungszeitraum von 12 bis 15 Monaten postoperativ erhoben (Hakimi et al. 2010).

Dass sich der DASH-Wert im Laufe der Zeit deutlich verbessern kann, zeigen Voigt et al. (2012): Der Score betrug im Gesamtkollektiv dieser prospektiven Fallbeobachtungsstudie vor dem Unfall median 0 (0-20) Punkte, 6 Wochen postoperativ 30 (2-62) Punkte, 3 Monate postoperativ 14 (0-68) Punkte und ein Jahr postoperativ 6 (0-64) Punkte und verbesserte sich damit signifikant ($p<0,05$).

Interessanterweise führte die Art der Nachbehandlung (funktionell auf einer Orthese, im Gips oder am Fixateur externe) in unseren Ergebnissen (Tabelle 12) nicht zu signifikanten Unterschieden in den DASH-Scores nach sechs Monaten. Sicherlich hätte eine zeitlich gestaffelte Untersuchung andere Ergebnisse zu Tage gefördert.

Begleitende scapholunäre Bandverletzungen führten im vorliegenden Krankengut zu signifikant schlechteren DASH-Werten ohne dass sich ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Frakturgruppen zeigte (Tabelle 19 und 20). Ein möglicher Grund für die schlechteren Ergebnisse kann in der operativen Strategie mit zusätzlicher Osteosynthese (temporäre Gewindedraht-Arthrodesen) und dem restriktiverem Nachbehandlungsregime im Gips für 6 Wochen liegen. Mc Queen et al. wiesen schon vor längerer Zeit auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen ligamentärer Handwurzelverletzung („Malalignment“) und schlechterem funktionellen Ergebnis hin (Mc Queen et al. 1996).

In der Gruppe der Patienten, die einen Arbeitsunfall erlitten, mussten signifikant schlechtere DASH-Werte dokumentiert werden als in der Gruppe, die einen

Privatunfall erlitten. Mögliche Einflußfaktoren wurden überprüft, gegenseitig untersucht und beschrieben. Warum berufsgenossenschaftlich behandelte Patienten bei gleichen „Startvoraussetzungen“ schlechtere DASH-Werte erreichen, bleibt letztlich offen. Eine Arbeit von Rether und Weise, die die berufsgenossenschaftliche Beurteilung von körperfernen Speichenbrüchen behandelt, weist diesbezüglich darauf hin, dass die Anwendung von Bewertungsschemata wie z.B. den DASH-Score anlässlich einer Begutachtung aufgrund der überwiegend subjektiv orientierten Erhebungsweise nicht unproblematisch seien (Rether und Weise 2007).

Auf die Frage nach der gesamten Zufriedenheit mit der Behandlung war die überwiegende Zahl (77 Prozent) der Patienten zufrieden, 21 Prozent waren dem Ergebnis gegenüber gleichgültig eingestellt und zwei Prozent unzufrieden. Sonderegger et al. sahen in ihrer intraartikulären Frakturgruppe einen unzufriedenen Patienten (2 Prozent) und 2 unentschlossene („undecided“) Patienten (5 Prozent). Die extraartikuläre Frakturgruppe zeigte nur einen unentschlossenen Patienten (5 Prozent). Hakimi et al. sahen zwei unzufriedene Patienten (5 Prozent) im Gesamtkollektiv von 40 eingeschlossenen Versorgungen (Hakimi et al. 2010).

Gerade mit diesem Instrument zur Messung des Behandlungserfolges sollte Vorsicht geboten sein, da hier zum einen der Patient dem Untersucher und Behandler eine Gefälligkeit erweisen wollen könnte, zum anderen die Aussage keinen Schluss über die tatsächliche Behandlungsqualität zulässt. Dies kann insbesondere in unserem Patientengut auftreten, da hier eine enge Anbindung an die handchirurgische Sprechstunde mit regelmäßigen Kontrollen durchaus enge Patientenbindungen erzeugte, die das Ergebnis der Befragung nach Zufriedenheit möglicherweise richtungsweisend verändern konnten.

4.3.7 Operation und Operateure

Die OP-Dauer des Gesamtkollektives lag bei durchschnittlich 85 Minuten (45-205 Minuten). Zahlen für die OP-Dauer ließen sich auch aus der Arbeit von Hakimi et al. (2010) entnehmen: In der Gruppe der Patienten mit einer palmaren unidirektionalen Plattenosteosynthese lag die OP-Dauer bei 79,4 (55-135) Minuten. In der Gruppe mit multidirektionaler palmarer Plattenosteosynthese wurde eine mittlere OP-Dauer von

81,9 (51-138) Minuten aufgezeichnet. In der Methodik der Arbeit von Hakimi et al. wurde angegeben, dass zur Bestimmung der OP-Dauer die OP-Berichte und -Protokolle analysiert wurden. Dem zufolge müsste es sich bei den angegebenen Werten um Schnitt-Naht-Zeiten gehandelt haben – somit naturgemäß ein kürzeres Intervall als in der vorliegenden Arbeit, in der die OP-Dauer als Zeitraum zwischen Beginn der Repositionsmaßnahmen und dem Hautnahtende definiert war.

Die Durchleuchtungszeiten betragen in der zuletzt zitierten Arbeit für die „unidirektionale Gruppe“ 45,8 (8-132) Sekunden und in der „multidirektionalen Gruppe“ 103,9 (70-149) Sekunden. In unseren Ergebnissen wurde eine mittlere Durchleuchtungszeit von 0,78 (0,2-4,4) Minuten oder umgerechnet durchschnittlich 46,8 Sekunden erhoben. Unsere Resultate für die Röntgendurchleuchtungszeit nähern sich damit denen der Patientengruppe mit Versorgung durch eine palmare unidirektionale winkelstabile Plattenosteosynthese an. Sie deuten darauf hin, dass die intraoperative Implantatplatzierung und Kontrolle der Schraubenlage der untersuchten dorsalen Platte sich zumindest nicht wesentlich komplizierter als die einer unidirektionalen palmaren Platte darstellt.

Der Umstand, dass ein Operateur der Klinik an der Entwicklung der Knochenplatte maßgeblich beteiligt war, und dass sich das Verhältnis der operierten Patienten zwischen dem „Referenz-Operateur“ und den „restlichen Operateuren“, die an der Versorgung von Handgelenksverletzten im Rahmen- und Bereitschaftsdienst beteiligt waren, sehr ausgeglichen darstellte, führte zum Vergleich der Ergebnisse beider Gruppen in Bezug auf die OP-Dauer, Röntgendurchleuchtungszeit und den DASH-Score.

Mit diesem Vergleich sollte ermittelt werden, ob ein Operateur, der das Implantat durch seine Entwicklertätigkeit sehr gut kennt, bessere Ergebnisse hinsichtlich der oben genannten Parameter erzielen kann als ein Operateur, der als reiner Anwender mit weniger Erfahrung die Platte im Rahmen der Regelversorgung implantiert. Beide Gruppen wurden auf unterschiedliche Einflüsse untersucht und deren Beziehung zueinander wechselseitig beschrieben (Tabellen 21-25, Abbildung 35). Signifikante Unterschiede hinsichtlich OP-Dauer und Röntgendurchleuchtungszeit ließen sich zwischen dem Referenzoperateur und den restlichen Operateuren in dieser

Untersuchung nicht ausmachen. Der Referenzoperator erzielte hingegen signifikant bessere DASH-Werte im untersuchten Kollektiv als die anderen Operateure.

4.3.9 Komplikationen

Mit neun Prozent komplikativer Verläufe bleibt das untersuchte Krankengut im Rahmen der Komplikationsraten anderer Studien. Für die palmare winkelstabile Osteosynthese ist von Thielke et al. (2003) eine Komplikationsrate von 18 Prozent attestiert worden, bei Krimmer et al. (2004) wird eine Komplikationsrate von drei Prozent dokumentiert. Arora et al. sahen in ihrer Studie aus dem Jahr 2007 eine Gesamtkomplikationsrate von 27 Prozent (31 von 114 Patienten). Die Nachuntersuchungen von Rikli et al. für die dorsale Doppelplattenosteosynthese zeigten acht Prozent unerwünschte Ereignisse: Hier wurden bei einem Patientenkollektiv von n=25 eine Adhäsion im muskulären Bereich des ersten Strecksehnenfaches und eine milde Algodystrophie beobachtet (Rikli et al. 2005). Zingg et al. zeigten 2005 bei 61 nachuntersuchten Patienten, die mit einer dorsalen Pi-Platte versorgt wurden, fünf Mal ein CRPS und einen revisionspflichtigen Repositionsverlust auf (entsprechend 10 Prozent Komplikationen). Zusätzlich wurden Strecksehnenirritationen in sechs Fällen gesehen und führten zur Materialentfernung.

In einer anderen, die Pi-Platte betrachtenden Arbeit (Seibert et al. 2002), wurde eine Ruptur der langen Daumenstreckersehne als Komplikation aufgeführt (von 17 untersuchten Patienten – sechs Prozent entsprechend). Meier et al. fanden 2010 unter 20 untersuchten Patienten eine Strecksehnenirritation (fünf Prozent) bei palmarer multidirektional winkelstabiler Plattenlage während Arora et al. 2007 bei 114 mit einer unidirektional winkelstabilen palmaren Platte behandelten Patienten zwei Rupturen der Flexor pollicis longus-Sehne, zwei Rupturen der Extensor pollicis longus-Sehne, vier Fälle einer Strecksehnenentenosynovitis und neun Fälle einer Beugesehnenentenosynovitis (entspricht 15 Prozent Sehnenaffektionen) feststellten.

Erfreulicherweise ist in unserem Krankengut keine Ruptur der Extensor pollicis longus - Sehne detektiert worden, Irritationen der Sehne des langen Daumenstreckers wurden in lediglich drei Prozent beobachtet und führten in jedem Fall zur Implantatentfernung innerhalb des Untersuchungszeitraums. Es scheint,

dass durch die OP-Technik bedingte Unversehrtheit der Sehnenscheide des langen Daumenstreckers im dritten Strecksehnenfach und das direkte Reponieren scharfkantiger Fragmente die Gefahr von posttraumatischen Strecksehnenverletzungen reduziert werden kann.

Die Materialbrüche der distalen 2mm dicken Schrauben bei Patient Nr. 35 und Nr. 50 am Kopf-Gewindeübergang waren in der Rückschau produktionsbedingt. Kommunikation mit der produzierenden Firma führte zur Änderung der Fertigung. Schraubenbrüche dergestalt traten danach in dieser Untersuchung nicht mehr auf.

Das Implantatversagen (proximaler Plattenausriß) bei Patientin Nr. 43 mit einer Ethanolabhängigkeit ist dem nicht eingehaltenen Belastungsregime anzuschuldigen. Die 3 proximalen Schaftschrauben sind nicht winkelstabil in der Platte zu verankern und folgen, wenn sie ausreißen, auch einem „konventionellem“ Muster. Strenggenommen muss man bei dieser untersuchten Knochenplatte - bei fehlender proximaler Verblockungsoption - von einer semi-winkelstabilen Osteosynthese sprechen. Bei Patientin 43 erfolgte nach Reosteosynthese die Nachbehandlung im Gips und die Fraktur heilte zeitgerecht aus.

Materialversager finden sich in der Literatur sowohl bei dorsalen als auch bei palmaren Plattenlagen: Geyer et al. (2011) finden unter 49 versorgten Frakturen 2 Plattenbrüche und Michelitsch zeigte in 2 Fallbeispielen auf, dass bei multidirektional verankerten distalen Schrauben ein sekundärer Repositionsverlust aufgrund einer Materialkomplikation auftrat (Michelitsch et al. 2013). Grund dafür war in einem Fall eine zu starke Angulation im Plattenloch, wodurch keine winkelstabile Verblockung entstand, im anderen Fall ließ eine insuffiziente Plattenanwendung den Repositionsverlust auftreten. In einem älteren Artikel von Kambouroglou und Axelrod wurden zwei Fälle beschrieben, in denen an einer Pi-Plattenosteosynthese sowohl ein Materialversagen als auch einer Verletzung der Extensor pollicis longus-Sehne detektiert wurde (Kambouroglou und Axelrod 1998).

Ein chronisch regionales Schmerzsyndrom wurde in einem Fall (Pat. 25; 1 Prozent) beobachtet. Es handelte sich um eine 49 Jahre alte Frau, die aufgrund einer erheblichen Weichteilkompromittierung entsprechend einem Weichteilschaden Grad

II nach Tscherne zunächst reponiert und dann mit einem gelenküberbrückenden Fixateur externe versorgt wurde. Nach Konditionierung der Weichteile erfolgte die offene Reposition und dorsale winkelstabile Plattenosteosynthese nach 5 Tagen. Bei kleinsten intraartikulären Fragmenten und eine zentralen Impression wurde mit kalziumapatit-haltigem Knochenersatzmaterial unterfüttert und der Fixateur für weitere 4 Wochen belassen. In der kritischen Revision ist einzuräumen, dass bei dieser Patientin mehrere begünstigende Faktoren für das Auftreten des CRPS vorlagen: Wiederholte Repositionen und Sekundäreingriffe sollen das Auftreten eines CRPS fördern (Schwarz 2003, Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie 2008). Außerdem begünstigt eine Behandlung mit dem Fixateur externe das Auftreten einer Algodystrophie (Oestern 2003). An anderer Stelle wird ebenso auf eine hohe Rate an aufgetretenen CRPS bei der Behandlung mit dem Fixateur externe hingewiesen (Uzdil und Winker 2007).

Rikli et al. (2005) sahen nach 25 dorso-radialen Doppelplatten-Osteosynthesen eine milde Algodystrophie (4 Prozent), die folgenlos ausheilte, Zingg et al. (2005) fanden in 8,2 Prozent klinische Zeichen eines CRPS, die sich in 4,9 Prozent der Fälle radiologisch durch den Befund einer fleckförmigen Entkalkung im Röntgen erhärten ließ. Sonderegger et al. (2010) sahen auf eine CRPS-Rate von 1,6 Prozent (1 von 61 Patienten).

Ein posttraumatisch entstandenes Karpaltunnelsyndrom ließ sich im vorliegenden Krankengut nicht ausmachen. Rikli et al. (2005) beschrieben nach Doppelplattenosteosynthese keine Karpaltunnelsyndrome in ihren Komplikationen und Zingg et al. (2005) stellten ebenfalls fest, dass in keinem Fall eine Karpaltunnelspaltung nötig war. Nach palmarer Plattenosteosynthese sind bei Sakhaii et al. (2003) zwei Prozent Karpaltunnelsyndrome aufgetreten und Figl et al. (2010) sahen in 5,2 Prozent der Fälle eine Kompression des Nervus medianus mit pathologischer Nervenleitungsgeschwindigkeit.

Interessant ist zur abschließenden Betrachtung die Metaanalyse von Jie et al. (2013): Aufgezeichnet wurden hier die Komplikationsraten nach palmarer und nach dorsaler Plattenosteosynthese. In der quantitativen Metaanalyse von 12 Studien mit insgesamt 952 Patienten konnte kein signifikanter Unterschied in der

Gesamtkomplikationsrate zwischen dorsalen und palmaren Plattenosteosynthesen nachgewiesen werden. Der palmare Zugang sei signifikant mit einer höheren Rate an Neuropathien (des N. medianus) und an Karpaltunnelsyndromen behaftet, während die dorsale Instrumentierung ein signifikant höheres Risiko an Sehenauffektionen mit sich bringe. Patienten mit distalen Radiusfrakturen können, der Veröffentlichung zufolge ähnliche Ergebnisse nach palmarer oder dorsaler Plattenosteosynthese erwarten (Jie et al. 2013).

5 Zusammenfassung

Die offene Reposition und winkelstabile Plattenosteosynthese zur Versorgung von distalen Radiusfrakturen hat sich heute als Behandlungsstandard etabliert. Unterschiedliche Frakturformen erfordern ein multimodales, dem Charakter der Fraktur angepasstes Verfahren. Der palmare Zugang mit winkelstabiler Osteosynthese hat aufgrund einfacher Zugangswege und einfacher anatomischer Verhältnisse einen hohen Stellenwert erhalten und sich als Standardzugang durchgesetzt. Problematisch bleiben einige komplexe Frakturen am distalen Radius, die oft nur unvollständig von palmar adressiert werden können. Es muss in diesen Fällen oft ein zusätzlicher dorsaler Zugang geschaffen werden, bisweilen sogar mit zusätzlicher Osteosynthese.

Das vorgestellte Behandlungskonzept mit modifiziertem dorsalem Zugang zum distalen Radius unter Erhalt des Tuberculum listeri und der Unversehrtheit des dritten Strecksehnenfachs und der dorsal instrumentierten winkelstabilen 2,0 mm Minifragment-Plattenosteosynthese wurde hinsichtlich funktioneller und radiologischer Ausheilungsergebnisse, sowie aufgetretener Komplikationen systematisch untersucht. Zur subjektiven Einschätzung der Funktionalität wurde eine DASH-Befragung durchgeführt und die Zufriedenheit erhoben.

Ein Chirurg, der an der Entwicklung der Platte maßgeblich beteiligt war, wurde einem restlichen Operateurskollektiv hinsichtlich der Operationsdauer, der intraoperativen Röntgendurchleuchtungszeit und dem erzielten DASH-Score nach sechs Monaten gegenübergestellt.

Alle untersuchten Frakturen heilten anatomiegerecht ohne nennenswerte sekundäre Korrekturverluste knöchern aus.

Es ergaben sich, gerade im Vergleich mit ähnlich angelegten Arbeiten für palmare Plattenosteosynthesen keine Nachteile hinsichtlich radiologischer und funktioneller Ergebnisse.

Die Bewegungsausmaße, die nach sechs Monaten durch das vorgestellte Behandlungskonzept erreicht wurden, entsprechen im wesentlichen den Ausmaßen, die im Schriftgut für andere palmare und dorsale Plattenosteosynthesen zu entnehmen sind.

Die Komplikationsrate von 9 Prozent blieb ebenfalls im Rahmen der Raten, die in der Literatur für palmare und dorsale Plattenosteosynthesen angegeben werden. Strecksehnenrupturen fanden sich nicht und Irritationen der langen Daumenstreckersehne ließen sich in lediglich 3 Prozent aufzeichnen. In diesen Fällen erfolgte die Materialentfernung im Untersuchungszeitraum. Seitens des DASH-Scores konnten Werte zwischen durchschnittlich 12 Punkten für A3-Frakturen und 19 Punkten für C3-Frakturen erhoben werden.

Hinsichtlich der OP-Dauer und der intraoperativen Durchleuchtungszeit bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Chirurgen, der an der Entwicklung der Platte beteiligt war und den restlichen Operateuren.

Das vorgestellte Behandlungskonzept führte unter Anwendung der dorsal instrumentierten winkelstabilen 2,0mm-Plattenosteosynthese mit dem entsprechenden schonenden Zugang zur anatomiegerechten Ausheilung der komplexen komplexen distalen Radiusfrakturen mit guten funktionellen Ergebnissen und subjektiver Zufriedenheit.

6 Literatur

Alfram PA, Bauer GC (1962): Epidemiology of fractures of the forearm. A biomechanical investigation of bone strength. J Bone Joint Surg Am (44-A) 105-114

American Academy of Orthopaedic Surgeons, Disabilities of the arm, shoulder and hand, The DASH, www.aaos.org

Arora L, Lutz M, Deml C, Krappinger D, Haug L, Gabl M (2011): A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. J Bone Joint Surg Am (93) 2146-2153

Arora L, Lutz M, Hennerbichler A, Krappinger D, Espen D, Gabl M (2007): Complication following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. J Orthop Trauma (21) 316-322

Böhler L (1957): Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Verlag Wilhelm Maudrich; Wien, München, Bern

Brug E, Joosten U, Püllen M (2000): Zum Thema: Frakturtherapie im hohen Alter, Brüche am distalen Unterarm. Welche Therapie ist wann indiziert? Der Orthopäde (29) 318- 326

Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, Kalairajah Y (2008): Outcome evaluation measures for wrist and hand – which one to choose? Int Orthop (32) 1-6

Chung KC, Squitieri L, Kim HM (2008): Comparative outcomes study using the volar locking plating system for the distal radius fractures in both young adults and adults older than 60 years. J Hand Surg Am (33) 809-819

Claes L (2011): Das Prinzip der winkelstabilen Platte – eine kritische Bewertung. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date (6) 1-16

Coenen H (1929): Über die Ursache der Sehnenruptur des Extensor pollicis longus bei der typischen Radiusfraktur. Vortrag in der Nederlandsche Vereeniging veer Heelkunde in Amsterdam

Colles A (1814): On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinburgh Med Surg J* (10) 181-186

Cuenca J, Martinez AA, Herrera A, Domingo J (2003): The incidence of distal forearm fractures in Zaragoza (Spain). *Chir Main* (22) 211-215

Dahlen HC, Franck WM, Sabauri G, Amlang M, Zwipp H (2004): Fehlklassifikation extraartikulärer distaler Radiusfrakturen in konventionellen Röntgenaufnahmen. Vergleichende Untersuchung der Frakturmorphologie zwischen biplanarer Röntgendiagnostik und CT. *Unfallchirurg* (107) 491-498

Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Stürmer KM (2003): Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. *Chirurg* (74) 827-833

Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U (1999): Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der dorsalen / palmaren Abstützplatte. *Orthopäde* (28) 853-863

Fernandez DL (2000): Should anatomic reduction be pursued in distal radial fractures? *J Hand Surg Br* (25) 523-527

Fernandez DL, Jupiter JB (1996): *Fractures of the distal radius*. Springer-Verlag; New York, Berlin, Heidelberg

Figl M, Weninger P, Jurkowitsch J, Hofbauer M, Schauer J, Leixnering M (2010): Unstable distal radius fractures in the elderly patient – volar fixed-angle plate osteosynthesis prevents secondary loss of reduction. *J Trauma* 68 (4) 992-998

Frank J, Pralle H, Lehnert M, Marzi I (2010): Begleitverletzungen distaler Radiusfrakturen. Unfallchirurg (113) 796-803

Frank J, Pralle H, Marzi I (2003): Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Handgelenkes und distalen Radioulnargelenkes. OP-Journal (19) 4-9

Frykman G (1967): Fracture of the distal radius including sequelae-shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop Scand (Suppl 108) 3-4

Gabl M (2007): Distale Radiusfraktur. Handchir Mikrochir Plast Chir (39) 1

Geller L, Bernstein M, Carli A, Berry G, Reindl R, Harvey E (2009): Efficacy of different fixation devices in maintaining an initial reduction for surgically managed distal radius fractures. Can J Surg (52) 161-166

Germann G, Wind H, Harth A (1999): Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. Handchir Mikrochir Plast Chir (31) 149-152

Geyer T, Hefele K, Gülke J, Gebhard F, Menzel M (2011): Frühergebnisse nach palmarer, winkelstabiler (multiaxialer) Plattenosteosynthese bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen. Unfallchirurg (114) 901-912

Gradl G (2009): Distale Radiusfrakturen. Z Orthop Unfall (147) 621-637

Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C (2003): The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery. BMC Musculoskeletal Disorders (4) 11-20

Hahnloser D, Platz A, Amgwerd M, Trenz O (1999): Internal fixation of distal radius fractures with a dorsal dislocation: Pi-Plate or two ¼ tube plates? A prospective randomized study. J Trauma (47) 760-765

Hakimi M, Jungbluth P, Gehrmann S, Nowak J, Windolf J, Wild M (2010): Unidirektionale vs. multidirektionale palmare winkelstabile Osteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. Vergleichende Analyse mit der 2,4-mm-LDR- vs. 2,7-mm-Matrix-Smartlock-Platte. Unfallchirurg (113) 210-216

Hakimi M, Jungbluth P, Windolf J, Wild M (2010): Functional results and complications following locking palmar plating on the distal radius: a retrospective study. J Hand Surg Eur (35) 283-288

Hotz TK (2003): Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese. OP-Journal (19) 21-27

Jakubietz MG, Gruenert JG, Jakubietz RG (2012): Palmar and dorsal fixed angle plates in AO C-type fractures of the distal radius: is there an advantage of palmar plates in the long term? J Orthop Surg Res (7) 1-6

Jie W, Tu-Bao Y, Wei L, Jia-Bi Q, Fan-Jing K (2013): Complications following dorsal versus volar plate fixation of distal radius fractures. A meta-analysis. J Int Med Res (41) 265-275

Jupiter JB (1997): Complex Articular Fractures of the Distal Radius: Classification and Management. J Am Acad Orthop Surg (5) 119-129

Kamano M, Honda Y, Kazuki K, Yasuda M (2002): Palmar plating for dorsally displaced fractures of the distal radius. Clin Orthop Relat Res (397) 403-408

Kambouroglou GK, Axelrod TS (1998): Complications of the AO/ASIF Titanium distal radius plate system (Pi-Plate) in internal fixation of the distal radius: a brief report. J Hand Surg Am (23) 737-741

Kapandji A (1976): L'osteosynthese par double embrochade intrafocale. Ann Chir (30) 903- 908

Knirk JL, Jupiter JB (1986): Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. J Bone Joint Surg Am (68) 647-659

Krimmer H, Pressenlehner C, Hasselbacher K, Meier M, Roth F, Meier R (2004): Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. Unfallchirurg (107) 460-467

Kwasny O, Barisani GR, Schabus R, Hertz H (1991): Ergebnisse und Analyse von Misserfolgen der konservativen Therapie bei distaler Radiusfraktur. Handchir Mikrochir Plast Chir (23) 240- 244

Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2008), Distale Radiusfraktur: www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012015_S2_Distale_Radiusfraktur_05-2008_05-2013.pdf

Lögters T, Schädel-Höpfner M, Windolf J (2012): Zehn Jahre palmare winkelstabile Plattenosteosynthese zur Behandlung der distalen Radiusfraktur: wer profitiert? Obere Extremität (7) 200-208

Marcheix PS, Dotzis A, Benkö PE, Siegler J, Arnaud JP, Charissoux JL (2010): Extension fractures of the distal radius in patients older than 50: a prospective randomized study comparing fixation using mixed pins or a palmar fixed-angle plate. J Hand Surg Eur Vol. (35) 646-651

Martini AK (1986): Die sekundäre Arthrose des Handgelenkes bei der in Fehlstellung verheilten und nicht korrigierten distalen Radiusfraktur. Aktuelle Traumatol (16) 143-148

Matschke S, Kruhl CH, Wentzensen A (2004): Erste Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten. Trauma Berufskrankh (6) 19-26

Matschke S, Wentzensen A (2004): Winkelstabile Implantate – Einsatzmöglichkeiten am distalen Radius. OP-Journal (20) 18-26

Mc Queen MM, Hajducka C, Court-Brown CM (1996): Redisplaced unstable fractures of the distal radius – A prospective randomized comparison of four methods of treatment. *J Bone Joint Surg Br* (78) 404-409

Meier R, Krettek C, Probst C (2010): Erste Ergebnisse der multidirektional-winkelstabilen palmaren Osteosynthese der distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg* (113) 789-795

Meier R, Krettek C, Probst C (2012): Die Versorgung der distalen Radiusfraktur. Kirschner-Draht-Osteosynthese oder palmare winkelstabile Platte? *Unfallchirurg* (115) 598-607

Meiners J, Jürgens C, Mägerlein S, Wallstabe S, Kienast B, Faschingbauer M (2012): Osteoporotische Frakturen des distalen Radius – was ist neu? *Chirurg* (83) 892-896

Melone CP (1993): Distal radius fractures: patterns of articular fragmentation. *Orthop Clin North Am* (24) 239-253

Michelitsch C, Acklin YP, Sommer C (2013): Multidirektional winkelstabile Platte bei distaler Radiusfraktur. *Unfallchirurg* (116) 1123-1127

Müller M (1992): *Manual der Osteosynthese*. Springer Verlag; Berlin

Müller M (2004): *Chirurgie für Studium und Praxis*. Medizinische Verlags- und Informationsdienste; Breisach

Müller M, Nazarian S, Koch P, Schatzker J (1990): *The comprehensive classification of fractures of the long bones*. Springer Verlag; Berlin, Heidelberg, New York.

Nellans KW, Kowalski E, Chung KC (2012): The epidemiology of distal radius fractures. *Hand Clin* (28) 113-125

Oestern HJ (2003): Osteosynthese mit dem Fixateur externe. *OP-Journal* (19) 28-32

Orbay JL, Fernandez DL (2004): Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg Am* (29) 96-102

Othman AY (2007): Fixation of dorsally displaced distal radius fractures with volar plate. *J Trauma* (66) 1416-1420

Owen RA, Melton LJ 3rd, Johnson KA, Ilstrup DM, Riggs BL (1982): Incidence of Colles' fracture in a North American community. *Am J Public Health* (72) 605-607

Pabst T, Uzdil T, Winker KH (2003): Die palmare Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur – Indikation und Technik. *OP-Journal* (19) 42-50

Pechlaner S, Kathrein A, Gabl M, Lutz M, Angermann P, Zimmermann R, Peer R, Peer S, Rieger M, Freund M, Rudisch A (2002): Distal radius fractures and concomitant lesions. Experimental studies concerning the pathomechanism. *Handchir Mikrochir plast Chir* (34) 150-157

Pouteau C (1783): Memoire, contenant quelques reflexions sur quelques fractures de l'avant-bras sur les luxations incomplete du poignet sur les diastasis. In: *Oeuvres Posthumes de M Pouteau*, Paris

Rauber A, Kopsch F (1987): *Anatomie des Menschen, Lehrbuch und Atlas (Band 1, Bewegungsapparat)*. Leonhardt H, Tillmann B, Töndury G (Hrsg.) Thieme Verlag; Stuttgart, New York

Reichl M, Piatek S, Adolf D, Winckler S, Westphal T (2011): Unbehandelter Abriss des Processus styloideus ulnae – kein schlechteres Ergebnis bei distaler Radiusfraktur. *Unfallchirurg* (114) 1099-1104

Rether JR, Weise K (2007): Begutachtung der körperfernen Speichenbrüche. *Trauma Berufskrankh* (9) 47-50

Rikli DA, Babst R (2003): Neue Prinzipien der operativen Behandlung von distalen Radiusfrakturen - winkelstabile Implantate. *Ther Umsch* (12) 745-750

Rikli DA, Babst R, Jupiter JB (2007): Distale Radiusfraktur: neue Konzepte als Basis für die operative Therapie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* (39) 2-8

Rikli DA, Businger A, Babst R (2005): Die dorsale Doppelplattenosteosynthese am distalen Radius. *Oper Orthop Traumatol* (17) 624-640

Rikli DA, Regazzoni P (1996): Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases. *J Bone Joint Surg* (78) 588-592

Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, Büchler U, Hastings H (1997): Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg* (22) 777-784

Rose S, Frank J, Marzi I (1999): Diagnostische und therapeutische Bedeutung der Arthroskopie bei der distalen Radiusfraktur. *Zentralbl Chir* (124) 984–992

Sakhaii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H (2003): Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen. Eine prospektive Studie. *Unfallchirurg* (106) 272-280

Sarmiento A, Pratt GW, Berry NC, Sinclair WF (1975): Colles' Fractures. Functional Bracing in Supination. *J Bone Joint Surg Am* (57) 311-331

Schmidt S, Heinz T, Dávid A (2003): Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur. *OP-Journal* (19) 10-15

Schneiders W, Amlang M, Rammelt S, Zwipp H (2005): Häufigkeit der traumatischen und chronischen skapholunären Bandläsion bei distaler Radiusfraktur. Differenziertes Behandlungsschema. *Unfallchirurg* (108) 715-720

Schwarz N (2003): Die distale Radiusfraktur – konservative Behandlung. OP-Journal (19) 16-20

Seibert FJ, Grechening W, Peicha G, Boldin Ch, Dreibholz JA (2002): AO-PI(π)-Platte - Mittelfristige radiologische und klinische Ergebnisse. Eur Surg (34, Supplement 3) 54-85

Siebert HR (2003): Plattenosteosynthese von dorsal. OP-Journal (19) 34-40

Siebert HR, Klönz A (2005): Distale Radiusfraktur. Unfallchirurg (108) 135-153

Smektala R, Endres HG, Dasch B, Bonnaire F, Trampisch HJ, Pientka L (2009): Die stationäre Behandlungsqualität der distalen Radiusfraktur in Deutschland. Ergebnisse eines Frakturregisters mit 1201 älteren Patienten. Unfallchirurg (112) 46-54

Sonderegger J, Schindele S, Rau M, Gruenert JG (2010): Palmar multidirectional fixed-angle plate fixation in distal radius fractures: do intraarticular fractures have a worse outcome than extraarticular fractures? Arch Orthop Trauma Surg (130) 1263-1268

Strassmair M (2013): Bei Radiusfrakturen an Begleitverletzungen denken. Orthopädie Rheuma (16) 48-49

Tarallo L, Adani R, Mugnai R, Catani F (2011): The treatment of distal radius articular fractures of C1-C2 type with DVR plate: analysis of 40 cases. Musculosket Surg (95) 225-230

Thielke KH, Wagner T, Bartsch S, Echtermeyer V (2003): Winkelstabile, volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Frakturen am distalen Radius – Lösung einer Problemfraktur? Chirurg (74) 1057-1063

Tscherne H (2001): Tscherne Unfallchirurgie (Band 6, Teil 1). Hierner R, Berger A, Gruber P, Kremer M, Rohde U (Hrsg.) Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 221-222

Tscherne H, Oestern HJ (1982): Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. Unfallheilkd (85) 111-115

Uzdil T, Winker KH (2007): Distale Radiusfrakturen. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date (2) 1-20

Vidal J, Buscayret C, Paran M (1983): Ligamentotaxis. In: Mears DC (Hrsg.): External skeletal fixation. Williams & Wilkins; Baltimore 493-496

Voigt C, Lill H (2006): Welche Vorteile bietet die volare Plattenosteosynthese gegenüber der Kirschner-Drahtstabilisierung bei distalen Radiusextensionsfrakturen des alten Menschen? Der Unfallchirurg (109) 845-854

Voigt C, Plesz A, Jensen G, Katthagen C, Lill H (2012): Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius – Assoziiert eine Osteoporose schlechtere funktionelle Ergebnisse ? Chirurg (83) 463-471

Walz M, Kolbow B, Auerbach F (2004): Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen? Unfallchirurg (107) 664-670

Willenegger H, Guggenbuhl A (1959): Operative treatment of certain cases of distal radius fracture. Helv Chir Acta (26): 81-94

Windolf J, Hakimi M, Schädel-Höpfner M (2008): Ergebnisse der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius. Trauma Berufskrankh (10) 236-240

Wittner B, Holz U (1993): Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und Behandlung der extraartikulären distalen Radiusfrakturen (Typ A2 und A3). Chirurg (64) 880-888

Wolter D (1999): Fixateur-interne-Systeme. Trauma und Berufskrankheit (1) 305-306

Wolter D, Jürgens C, Wenzel M, Schümann U, Seide K (2001): Titanfixateur-interne-Systeme mit multidirektionaler winkelstabiler Schraubenlage. Trauma und Berufskrankheit (3) 425-428

Zettl RP, Clauberg E, Nast-Kolb D, Ruchholtz S, Kühne CA (2009): Volare winkelstabile vs. dorsale Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusextensionsfraktur. Eine prospektive, randomisierte Untersuchung. Unfallchirurg (112) 712-718

Zettl RP, Ruchholtz S, Taeger G, Obertacke U, Nast-Kolb D (2001): Postoperative Morbidität der operativ behandelten distalen Radiusextensionsfraktur. Eine Vergleichsstudie zwischen dorsaler und volarer Plattenlage. Unfallchirurg (104) 710-715

Zingg U, Rillmann P, Metzger U, Platz A (2005): Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der AO/ASIF Titan-Pi-Platte. Unfallchirurg (108) 206-214

7 Anhang

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

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
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.) ¹	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
20. Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit 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

23. 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
24. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

29. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund 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

30. Aufgrund 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

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Chefarzt: PD Dr. med. Diethard Wahl
DRK Kliniken Berlin / Köpenick
Salvador-Allende-Str. 2-8
12559 Berlin

: das Original verbleibt beim Prüfarzt
: d. Pat. erhält eine Kopie

Patienteninformation zur Teilnahme an der klinischen Studie mit der winkelstabilen Y-Platte bei handgelenknahen Speichenbrüchen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie kamen wegen eines handgelenknahen Speichenbruches (sog. distale Radiusfraktur) zu uns in ärztliche Behandlung. Es bestanden mehrere, verschobene Bruchstücke, so dass eine Operation erforderlich war, bei der der Bruch eingerichtet (reponiert) und mit einer Knochenplatte befestigt werden musste.

Für diese Operation stehen vielerlei Knochenplatten zur Verfügung. Bei Ihnen wurde eine sog. winkelstabile neue Platte der Firma KÖNIGSEE eingesetzt, die der komplizierten Anatomie am Handgelenk besser als die bisherigen Platten gerecht wird.

Die Platte wurde schon bei vielen Patienten mit sehr gutem Erfolg angewandt; es ist jedoch notwendig, die Behandlungsergebnisse durch langfristige Erfolgskontrollen bei einer größeren Zahl von Pat. wissenschaftlich zu belegen. Da bei Ihnen nach der Operation ohnehin eine Kontrolle der Bruchheilung und auch die Frage einer eventuellen Plattenentfernung ansteht, würden wir Sie gern zu einer Nachuntersuchung einbestellen. Das Ergebnis wird Ihnen erklärt.

Die erhobenen Daten werden ausschließlich wissenschaftlich (statistisch) ausgewertet und Sie werden ausnahmslos dabei nicht namentlich genannt. Die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes werden eingehalten.

Für Sie entstehen keine zusätzlichen Risiken oder Kosten und Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteil für Sie aus der Studie aussteigen.

Einwilligungserklärung :

Ich erkläre mich bereit, an der Studie teilzunehmen.

Ich habe die aufgeführten Informationen zur Studie verstanden, bin damit einverstanden und habe keine weiteren Fragen dazu.

.....
Name d.Pat. in Druckbuchstaben

.....
Geb.Datum

.....
Unterschrift d. Pat.

Die Unterschriftenzeile wurde in der elektronischen Version meiner Arbeit aus datenschutzrechtlichen Gründen an dieser Stelle entfernt.

Name:

Aktenzeichen:

Untersuchungstag:

Rechtshänder Linkshänder

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

Schultergelenke:

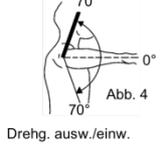
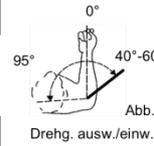
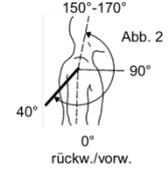
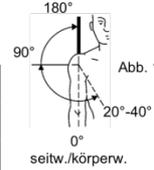
Arm seitw. / körperw. (Abb. 1)

Arm rückw. / vorw. (Abb. 2)

Arm ausw. / einw. drehen (Oberarm anliegend) (Abb. 3)

Arm ausw. / einw. (Oberarm 90° seitw. abgeh.) (Abb. 4)

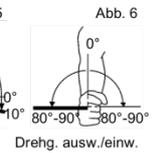
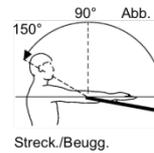
Rechts					Links				



Ellenbogengelenke:

Streckung / Beugung (Abb. 5)

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



Unterarmdrehung:

ausw. / einw. (Abb. 6)

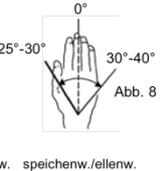
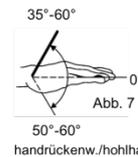
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Handgelenke:

handrückw. / hohlhandw. (Abb. 7)

speichenw. / ellenw. (Abb. 8)

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



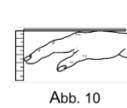
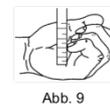
Fingergelenke:

Abstände in cm:

Nagelrand / quere Hohlhandfalte (Abb. 9)

Nagelrand / verl. Handrückenebene (Abb. 10)

Rechts					Links				
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)

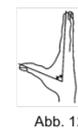
Rechtwinklig zur Handebene (Abb. 12)

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

0					0				
---	--	--	--	--	---	--	--	--	--

0					0				
---	--	--	--	--	---	--	--	--	--

Rechts					Links				
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

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

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

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

8 Lebenslauf

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

Danksagung

Herrn Priv. Doz. Dr. D. Wahl danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die unermüdliche Geduld bei der Bearbeitung desselben. Herrn Dr. Olaf Meyer danke ich für die wertvolle, herzliche und freundschaftliche Begleitung bei der Durchführung und Korrektur des Manuskriptes. Beide Kollegen waren mir auf dem Weg zum Chirurgen stets medizinisches und menschliches Vorbild und vermittelten mir in einer beispiellosen Weise ihre Freude an der menschlichen Heilkunde.

Ich danke meiner wunderbaren Frau Julia für die stets präsente Unterstützung, Geduld und Motivation zu jeder Zeit. Meinen Eltern danke ich zutiefst, da sie mir Beruf und langes Studium ermöglichten und mich in allen Lebenslagen und -fragen ausdauernd unterstützten und unterstützen.

Erklärung

„Ich, Samir Zoubie, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

- Zur operativen Versorgung komplexer distaler Radiusfrakturen mit einer winkelstabilen dorsalen Plattenosteosynthese -

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

12.01.2014

Samir Zoubie