

AUS DEM UNIVERSITÄTSKLINIKUM WÜRZBURG
KLINIK UND POLIKLINIK FÜR UNFALL-, HAND-, PLASTISCHE UND
WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE

DIREKTOR: UNIV. PROF. DR. MED. RAINER MEFFERT



Die palmare Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur
Versorgungszeitraum 2012 - 2013

INAUGURAL - DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

VORGELEGT VON

SASKIA HAUKE, B.A. M.A.

AUS WIEN

WÜRZBURG, JUNI 2018



Referent: Univ. Prof. Dr. med. Rainer Meffert

Koreferent / Koreferentin: Univ. Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 15.05.2019

Die Promovendin ist Ärztin

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Die Anatomie und Funktion des Handgelenks	2
2.1. Anatomie	2
2.1.1. Knöcherne Strukturen	2
2.1.2. Kapsel-Band-Apparat.....	5
2.1.3. Muskulatur	7
2.1.4. Leitungsbahnen	8
2.2. Biomechanik des menschlichen Handgelenks	10
2.3. Radiologische Kriterien und wichtige physiologische Winkel	13
2.3.1. Radiusbasiswinkel	13
2.3.2. Dorso-Palmarer Kippwinkel	14
2.3.3. Radiushöhe.....	14
2.3.4. Ulnare Varianz	15
2.3.5. Bewertung der Implantatlage und Repositionsqualität (nach Soong) .	16
3. Die distale Radiusfraktur	17
3.1. Definition.....	17
3.2. Verletzungs- und Frakturmechanismen.....	17
3.3. Begleitverletzungen	18
3.3.1. Knöcherne Begleitverletzungen und Knorpelschäden	18
3.3.2. Ligamentäre Verletzungen	19
3.4. Diagnostik.....	20
3.5. Frakturklassifikationen.....	20
3.5.1. Historische Klassifikationen	21
3.5.2. Klassifikation nach Frykman	21
3.5.3. Klassifikation nach Melone	22

3.5.4.	Klassifikation nach Fernandez und Jupiter	23
3.5.5.	Mayo-Klassifikation	25
3.5.6.	AO-Klassifikation.....	26
3.6.	Therapie	32
3.6.1.	Konservative Behandlung	33
3.6.2.	Operative Behandlung	34
3.6.2.1.	Gedeckte Reposition, perkutane Bohrdrahtosteosynthese	35
3.6.2.2.	Direkte Fragment-Verschraubung	36
3.6.2.3.	Geschlossene Reposition, Fixateur externe.....	36
3.6.2.4.	Offene Reposition.....	37
3.6.2.4.1.	Palmare Plattenosteosynthese.....	38
3.6.2.4.2.	Dorsale Plattenosteosynthese.....	38
3.6.2.4.3.	Palmare, winkelstabile Platte	38
3.6.2.4.4.	Dorsale, winkelstabile Platte	40
3.7.	Komplikationen nach Therapie	40
4.	Versorgungskonzept der palmaren Rahmenplatte bei distalen Radiusfrakturen am Universitätsklinikum Würzburg.....	42
4.1.	Klinische Erstbeurteilung	42
4.2.	Operative Therapie	42
4.2.1.	Präoperative Vorbereitung	43
4.2.2.	Operations-Technik der palmaren, winkelstabilen Plattenosteosynthese	43
4.2.3.	Nachbehandlung	49
5.	Studiendesign	50
5.1.	Material	51
5.2.	Patientenkollektiv.....	55
5.3.	Untersuchungsmethodik.....	56

5.3.1.	Anamnese, Inspektion und Palpation	56
5.3.2.	Funktionalität und Stabilität nach Frakturheilung	57
5.3.2.1.	Bewegungsumfang.....	57
5.3.2.2.	Kraft.....	57
5.3.3.	Traumascore nach Gartland & Werley.....	59
5.3.4.	DASH-Score	59
5.3.5.	Radiologische Dokumentation	60
5.4.	Statistische Auswertung / Datenanalyse	60
6.	Ergebnisse.....	62
6.1.	Studienpopulation.....	62
6.2.	Fraktur- und Operations-Rohdaten.....	62
6.3.	Postoperative Begleiterscheinungen	66
6.4.	Funktionelle Ergebnisse	70
6.4.1.	Bewegungsumfänge	70
6.4.1.1.	Supination und Pronation	70
6.4.1.2.	Dorsalextension passiv und Dorsalextension aktiv	71
6.4.1.3.	Palmarflexion passiv und Palmarflexion aktiv	72
6.4.1.4.	Radialabduktion und Ulnarabduktion	72
6.4.1.5.	Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand und Fingernagel-Tisch-Abstand	73
6.4.2.	Kraftmessungen.....	74
6.4.3.	Gartland & Werley Score	78
6.4.4.	DASH-Score	79
6.5.	Radiologische Ergebnisse	81
7.	Diskussion	85
7.1.	Methodikdaten	85
7.2.	Epidemiologische Daten.....	87

7.3.	Frakturdaten	87
7.3.1.	Frakturseite und Händigkeit	87
7.3.2.	Unfallhergang.....	88
7.3.3.	AO-Frakturklassifikation.....	88
7.3.4.	postoperative-Begleiterscheinungen und Komplikationen	90
7.3.5.	Implantatentfernungen	93
7.4.	Vergleich funktioneller Ergebnisse und radiologischer Kriterien	94
7.4.1.	Bewegungsumfänge	94
7.4.2.	Kraft	96
7.4.3.	Radiologische Werte.....	97
7.4.4.	Scoring Systeme.....	100
7.5.	Fazit aus dem Literaturvergleich	102
8.	Zusammenfassung	105
	Anhang.....	106
	Bibliographie	115

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Handwurzel- und Mittelhandknochen von palmar	3
Abbildung 2: Der distale Radius	4
Abbildung 3: Handgelenksmodell einer rechten Hand von palmar gesehen mit markierter Watershedline	5
Abbildung 4: Bandapparat des rechten Handgelenks von palmar	7
Abbildung 5: Gefäße und Nerven sowie Retinaculum flexorum des palmaren Handgelenks	9
Abbildung 6: Das Drei-Säulen-Modell nach Rikli et al.....	12
Abbildung 7: Radius-Seitansicht mit dem Dorso-Palmaren-Kippwinkel und Radius und Ulna in a.p. Ansicht mit dem Radiusbasiswinkel, der Ulnavarianz und der Radiushöhe.....	13
Abbildung 8: AO 23C3-Fraktur mit prä- und postoperativem Radiusbasiswinkel	14
Abbildung 9: AO 23C2-Fraktur mit prä- und postoperativem Dorso-Palmaren- Kippwinkel.....	14
Abbildung 10: AO 23A3-Fraktur mit prä- und postoperativer Radiushöhe	15
Abbildung 11: AO 23C3-Fraktur mit prä- und postoperativer Ulnavarianz.....	15
Abbildung 12: Soong Klassifikation	16
Abbildung 13: Die 8 Typen der Frykman-Klassifikation.....	22
Abbildung 14: Klassifikation nach Melone.....	23
Abbildung 15: Fernandez & Jupiter – Typ 1	24
Abbildung 16: Fernandez & Jupiter – Typ 2.....	24
Abbildung 17: Fernandez & Jupiter – Typ 3.....	24
Abbildung 18: Fernandez & Jupiter – Typ 4.....	25
Abbildung 19: Fernandez & Jupiter – Typ 5.....	25
Abbildung 20: Die Mayo-Klassifikation	26
Abbildung 21: A2 Frakturen.....	27
Abbildung 22: A3.2 Fraktur.....	28
Abbildung 23: B1 Frakturen.....	28
Abbildung 24: B2 Frakturen.....	29
Abbildung 25: B3 Frakturen.....	30
Abbildung 26: C1 Frakturen	31

Abbildung 27: C2 Frakturen	31
Abbildung 28: C3 Fraktur	32
Abbildung 29: Prinzip des "Fixateur interne"	39
Abbildung 30: Palmarer Zugang der Plattenosteosynthese	44
Abbildung 31: Unterarm im Querschnitt mit Pitfall des operativen Zugangsweges nach Henry	44
Abbildung 32: Schrittweise Präparation in die Tiefe.....	45
Abbildung 33: Darstellung des M. pronator quadratus	45
Abbildung 34: Implantation der winkelstabilen, palmaren Rahmenplatte.....	46
Abbildung 35: Verschraubung der winkelstabilen, palmaren Rahmenplatte	47
Abbildung 36: Korrekte Platten- und Schraubenlage	48
Abbildung 37: Rückvernähen des M. pronator quadratus	48
Abbildung 38: Standardmaterial für die palmare Plattenosteosynthese der Firma Medartis I	51
Abbildung 39: Standardmaterial für die palmare Plattenosteosynthese der Firma Medartis II	51
Abbildung 40: Kurze Aptus 2,5mm palmare Rahmenplatte der Firma Medartis.	52
Abbildung 41: Schematische Darstellung der Aptus 2,5mm palmaren Rahmenplatte.....	53
Abbildung 42: TriLock Verblockungstechnologie	54
Abbildung 43: B&L Engineering Pinch-Gauge zur Überprüfung der FPL- Funktion	58
Abbildung 44: KLS Martin Vigorimeter zur Überprüfung der Fingerbeuger.....	58
Abbildung 45: B&L Engineering Dynamometer zur Überprüfung der Griffstärke.	59
Abbildung 46: Geschlechtsverteilung der Studienpatienten nach Alter.....	62
Abbildung 47: Unfallhergangshäufigkeiten der Studienpatienten.....	64
Abbildung 48: Frakturverteilung nach AO-Klassifikation der Studienpopulation.	65
Abbildung 49: Frakturarten-Verteilung in der Studienpopulation.....	66
Abbildung 50: Gründe für eine Implantatentfernung aus der vorliegenden Studie	69
Abbildung 51: Gartland & Werley Gesamtergebnis der Studienpopulation.....	78

Abbildung 52: DASH-Gesamtergebnis der Studienpopulation.....	79
Abbildung 53: Radiusbasiswinkel – Studiendaten.....	81
Abbildung 54: Dorso-Palmarer-Kippwinkel – Studiendaten	82
Abbildung 55: Ulnavarianz – Studiendaten	82
Abbildung 56: Radiushöhe – Studiendaten	83
Abbildung 57: Soong-Klassifikation – Studiendaten.....	84
Abbildung 58: Gartland & Werley Score.....	106
Abbildung 59: DASH-Fragebogen Teil I	107
Abbildung 60: DASH-Fragebogen Teil II	108
Abbildung 61: DASH-Fragebogen Teil III	109
Abbildung 62: DASH-Fragebogen Teil IV.....	110
Abbildung 63: Nachuntersuchungsbogen Teil I.....	111
Abbildung 64: Nachuntersuchungsbogen Teil II.....	112
Abbildung 65: Nachuntersuchungsbogen Teil III.....	113
Abbildung 66: Nachuntersuchungsbogen Teil IV	114

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Supination und Pronation der Studienpopulation	70
Tabelle 2: Dorsalextension passiv und aktiv der Studienpopulation	71
Tabelle 3: Palmarflexion passiv und aktiv der Studienpopulation	72
Tabelle 4: Radialabduktion und Ulnarabduktion der Studienpopulation.....	73
Tabelle 5: Vigorimeter – Studiendaten	75
Tabelle 6: Vigorimeter – Rechtshänder mit Fraktur auf der rechten Seite. Studiendaten	76
Tabelle 7: Vigorimeter – Linkshänder mit Fraktur auf der linken Seite. Studiendaten	76
Tabelle 8: Vigorimeter – Linkshänder mit Fraktur auf der rechten Seite. Studiendaten	76
Tabelle 9: Vigorimeter – Rechtshänder mit Fraktur auf der linken Seite. Studiendaten	76
Tabelle 10: Methodikdaten anderer Studien über die 3.Generation der palmaren Platte aus dem Literaturvergleich.....	86
Tabelle 11: Durchschnittsalter und Anzahl von Frauen und Männern im Literaturvergleich der 3.Generation der palmaren Platte	87
Tabelle 12: Unfallhergang im Literaturvergleich.....	88
Tabelle 13: Frakturhäufigkeiten nach AO-Klassifikation im Literaturvergleich ..	89
Tabelle 14: postoperative Komplikationen im Literaturvergleich	90
Tabelle 15: postoperative Bewegungsmaße des operierten Handgelenks im Literaturvergleich.....	94
Tabelle 16: Griffstärke des operierten Handgelenks in % zur gesunden Gegenseite bzw. in kg im Literaturvergleich	96
Tabelle 17: postoperative, radiologische Winkel im Literaturvergleich.....	98
Tabelle 18: DASH mittlere Gesamtpunktezahl im Literaturvergleich	100

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A. / Aa.	Arteria / Arteriae
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
Art.	Articulatio
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CRPS	Complex Regional Pain Syndrom
CT	Computertomographie
DASH	Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
DE	Dorsalextension
d.h.	das heißt
DISI-Stellung	dorsiflexed intercalated segment instability Stellung
DRUG	distales Radioulnargelenk
DTM	Dart-Throwing-Motion
EPL-Sehne	Sehne des Musculus extensor pollicis longus
et al.	et alii (und Mitarbeiter)
etc.	et cetera (und so weiter)
FCR-Sehne	Sehne des Musculus flexor carpi radialis
FKHA	Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand
FNTA	Fingernagel-Tisch-Abstand
FPL-Sehne	Sehne des Musculus flexor pollicis longus
i.S.	im Sinne

kg	Kilogramm
kPa	Kilopascal
Lig. / Ligg.	Ligamentum / Ligamenta
LT Ligament	Lunotriquetrales Ligament
M. / Mm.	Musculus / Musculi
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Anzahl
N. / Nn.	Nervus / Nervi
ORIF	Open Reduction Internal Fixation
PF	Palmarflexion
PISI-Stellung	palmarflexed intercalated segment instability Stellung
Proc.	Processus
PSU	Processus styloideus ulnae
R.	Ramus
SD	Standard Deviation
SLAC	Scapho-Lunate-Advanced-Collaps
SL Ligament	Scapholunäres Ligament
TFCC	triangulärer fibrocartilaginärer Komplex
V. / Vv.	Vena / Venae
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Behandlungseffizienz der palmaren Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur zu untersuchen. Hierzu wurde das funktionelle und radiologische Behandlungsergebnis sowie Komplikationsraten anderen Studienergebnissen gegenübergestellt.

Da die distale Radiusfraktur die häufigste Fraktur beim Menschen darstellt, erfordert die Versorgung eine kontinuierliche Weiterentwicklung, die nicht nur die chirurgische Versorgung, sondern auch die Nachsorge und ökonomische Aspekte miteinschließt. Alleine in Deutschland erleiden pro Jahr ca. 200.000 Menschen eine distale Radiusfraktur. [28] Seit den 1930-er Jahren wurde die Behandlungsmethodik kontinuierlich weiterentwickelt und hat eine Trendwende weg von der konservativen hin zur operativen Behandlung erfahren. Die Indikation zur operativen Versorgung wird heute dann gestellt, wenn eine stärkere Dislozierung oder Instabilität der Fraktur besteht. Bei der Wahl der Osteosynthese spielt sodann vor allem die Frakturform eine Rolle, aber auch indirekte Parameter wie die Knochenstruktur oder der Unfallmechanismus. Am häufigsten wird derzeit eine Osteosynthese mittels winkelstabiler, palmarer Platte vom low-profile Typ mit anatomischer Präkonturierung angewendet. Die Versorgung mit diesem Plattentyp eignet sich auch für komplexe intraartikuläre Frakturen. Dieser Plattentyp, kombiniert mit einer polyaxialen Verschraubung, findet auch in distalen Trümmerzonen Halt und führt durch die anatomische Passform zu weniger postoperativen Komplikationen. Dabei spielt auch der palmare operative Zugang eine entscheidende Rolle, da er eine exakte Reposition und gute Weichteildeckung mit geringer Sehnenirritation gewährleistet. Der am häufigsten verwendete Zugang nach *Henry* erfolgt in Projektion auf die Flexor carpi radialis Sehne, da so der Nervus medianus und dessen Ramus palmaris sowie die Arteria radialis geschützt werden. Wichtig ist letztlich auch die korrekte Implantatlage. Die Platte darf nach distal die so genannte *Watershedline* nicht überragen, um eine Flexor pollicis longus Sehnenruptur zu verhindern. Die Schrauben müssen strikt extraartikulär liegen und dürfen dorsal nicht überstehen um Strecksehnenirritationen zu verhindern. Werden diese Kriterien nicht eingehalten, ist mit einer erhöhten Zahl an Komplikationen zu rechnen. [14] [98] [143] [177] [198]

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit die männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

2. Die Anatomie und Funktion des Handgelenks

Im vorliegenden Kapitel wird im Allgemeinen auf das distale Ende des Unterarms und im Spezifischen auf den distalen Radius eingegangen.

2.1. Anatomie

2.1.1. Knöcherne Strukturen

Das distale Ende des Antebrachium wird aus Radius und Ulna gebildet, welche medial über die Membrana interossea antebrachii in Verbindung stehen. Das distale Radiusende ist verbreitert und wird radial durch den Processus (Proc.) styloideus radii begrenzt. Des Weiteren steht es in direktem Kontakt mit den Ossa scaphoideum und lunatum sowie medial mit dem Caput ulnae. Die sich daraus ergebende Gelenkfläche ist die Facies articularis radii. Die topographischen Beziehungen sind in Abbildung 1 ersichtlich. [20] [107]

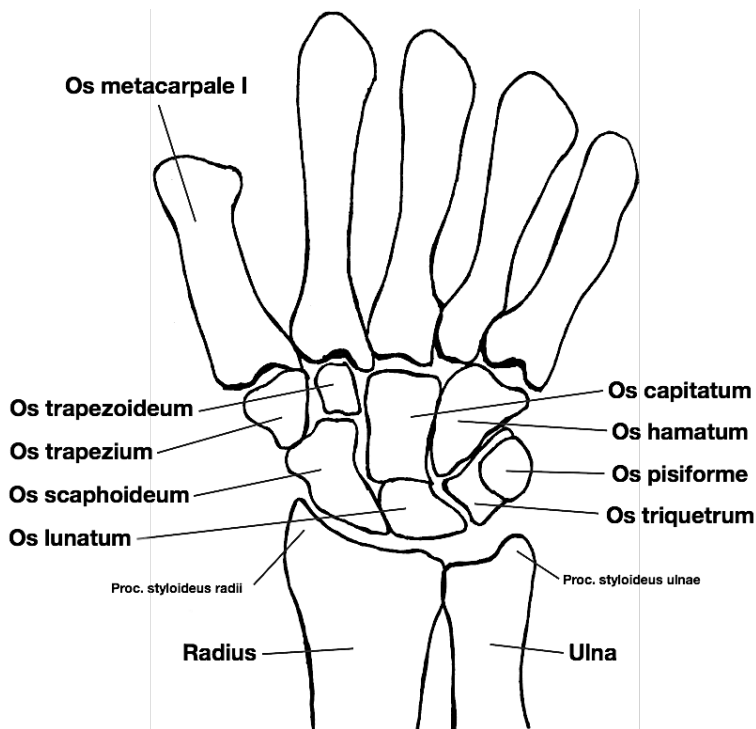


Abbildung 1: Handwurzel- und Mittelhandknochen von palmar (Eigendarstellung)

Die anteriore Fläche des Radius (Abbildung 2) ist konkav und wird distal vom Musculus (M.) pronator quadratus bedeckt. Sie erstreckt sich radialseitig zum Proc. styloideus radii sowie ulnarseitig zum Triangulären Fibrokartilaginären Komplex (TFCC). Die raue Oberfläche dient als Befestigung für die palmaren radiocarpalen Bänder. [43] [133]

Die laterale Fläche des distalen Radius, welche eine konische Form besitzt (Abbildung 2), geht in den Proc. styloideus radii über. Der distale Anteil dient als Befestigung für die Gelenkkapsel und für die Kapselverdickung des Kollateralbandes. Des Weiteren dient er auch als Ansatz für den M. brachioradialis. [43] [133]

Die dorsale Seite des distalen Radius (Abbildung 2) weist eine irreguläre Oberfläche auf, ist konvex und dient als Drehpunkt für die Strecksehnen. Des Weiteren befindet sich hier ein prominenter Höcker: der Lister Tuberkel. Die Sehne des M. extensor pollicis longus (EPL) gleitet ulnar am Tuberkel vorbei und dient als Hypomochlion um die Zugrichtung zur Daumenhebung zu optimieren. [43] [133]

Die mediale Seite des distalen Radius (Abbildung 2) besteht im Wesentlichen aus der Gelenkfläche für den Caput ulnae (Incisura ulnaris). Auf Höhe der Sigmoidkerbe dreht sich der Radius um den Kopf der Ulna. Die Länge der Ulna variiert mit der Länge des Radius und ändert sich je nach Bewegungsrichtung (Supination, Pronation). Die so genannte Ulna-Plus-Varianz (Ulnavorschub) und Ulna-Minus-Varianz beeinflussen die auf den distalen Radius und den TFCC übertragene Kraft. [43] [133]

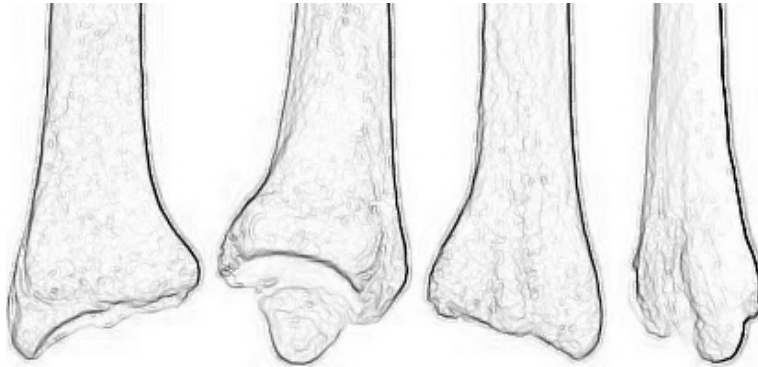


Abbildung 2: Der distale Radius. Ansicht von links nach rechts: anterior, medial, posterior, lateral (Eigendarstellung)

Von besonderer Bedeutung für die Osteosynthese bei distaler Radiusfraktur stellt sich die so genannte *Watershedline* (= Wasserscheide) dar (Abbildung 3). Sie ist der höchste Punkt bzw. die am distalsten gelegene Kante am distalen, palmaren Radius und ist Ansatzzone der palmaren Handgelenkscapsel. [129] [201] [202]



Abbildung 3: Handgelenksmodell einer rechten Hand von palmar gesehen mit markierter Watershedline (violette-gestrichelte Linie) und der proximalsten Stelle des distalen Anteils des M. Pronator quadratus (blau-gepunktete Linie) (Foto aus vorliegender Studie)

2.1.2. Kapsel-Band-Apparat

Die straffe Membrana interossea antebrachii (Abbildung 4) spannt sich zwischen dem medial gelegenen Margo interosseus radii und dem ebenfalls medial gelegenen Margo interosseus ulnae aus. Die meisten Fasern verlaufen vom Radius schräg distal zur Ulna, wobei es auch einen Faserverlauf in entgegengesetzter Richtung gibt, der die Druckübertragung bei aufgestützter Hand ermöglicht. Die Membrana interossea dient als Ursprungs- und Ansatzfläche für Unterarmmuskeln und begrenzt die Supination. [107]

Die Gelenkkapsel des distalen Radioulnargelenks (DRUG) ist eher schlaff und weit. Es handelt sich um ein Radgelenk, wobei die Falten des Recessus sacciformis eine Pronation bzw. Supination erlauben. Der Discus articularis schließt die Gelenkhöhle nach distal ab. Er trennt die Gelenkhöhle vom distalen Radioulnargelenk bzw. vom proximalen Handgelenk. [20] [107]

Es werden drei Gelenke unterschieden, die zusammen das Handgelenk bewegen: das Radiocarpalgelenk (proximales Handgelenk), das Mediocarpalgelenk und das Carpo-Metacarpalgelenk (zusammen als funktionelle Einheit des distalen Handgelenks).

Das Radiocarpalgelenk ist ein Eigelenk mit zwei Freiheitsgraden. Es stellt die Verbindung des Radius mit der proximalen Reihe der Handwurzelknochen dar. Die proximale Reihe wird dabei vom Os scaphoideum, Os lunatum und Os triquetrum gebildet. Die Gelenkfläche wird durch die Facies articularis carpalis des distalen Radius und dem Discus articularis der distalen Ulna gebildet. Der Discus articularis gleicht den Abstand zwischen den proximalen Handwurzelknochen und der distalen Ulna aus. [20] [107]

Das distale Handgelenk soll hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden, da es sich hinsichtlich der Bewegungsspielräume mit dem proximalen Handgelenk ergänzt. Im proximalen Handgelenk überwiegt die Palmarflexion, im distalen Handgelenk die Dorsalextension. [107]

Die palmaren (Abbildung 4) und dorsalen radiocarpalen Bänder verbinden den Radius mit den Handwurzelknochen und erlauben ein limitiertes Bewegungsausmaß sowie das ulnare Abgleiten des Carpus in die nach ulnar gelegene Gelenkpfanne. Die radialeseitigen Kollateralbänder (Ligamenta collaterale carpi radiale) verbinden den Processus styloideus radii und das Os scaphoideum. Die ulnarseitigen Kollateralbänder (Ligamenta collaterale carpi ulnare) verbinden den Processus styloideus ulnae mit dem Os triquetrum bzw. Os pisiforme der Handwurzel. [20] [107] [167]

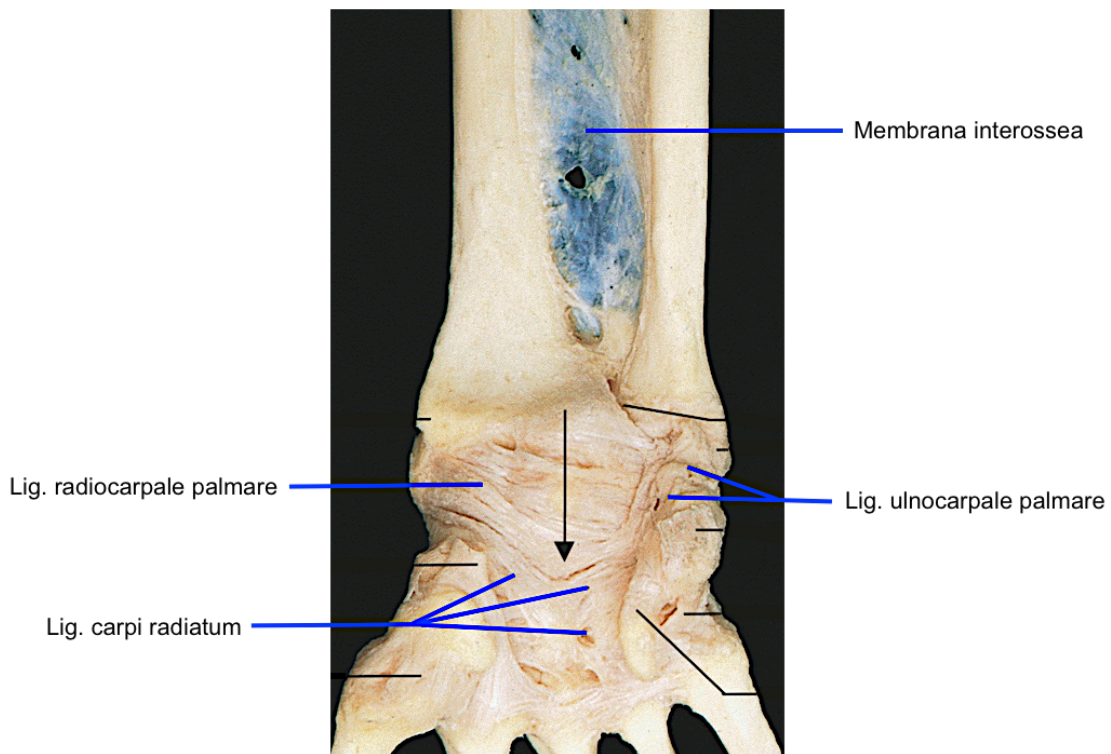


Abbildung 4: Bandapparat des rechten Handgelenks von palmar. Die Lage des Karpaltunnels wird mit dem schwarzen Pfeil angedeutet. © Schattauer GmbH [158]

Das Retinaculum musculorum flexorum (Ligamentum carpi transversum, Abbildung 5) spannt sich zwischen den Eminentiae carpales radialis und ulnari. Es besteht aus mehreren sich durchkreuzenden und miteinander verwobenen Fasern. Durch die Überdachung des Sulcus carpi bildet es den so genannten Karpaltunnel (Abbildung 4) und sorgt dafür, dass die Sehnen der Flexoren auch bei flektierter Hand am Handgelenk liegen. Das Anliegen der Sehnen entsteht eher über Dehnung und Verschiebung, als über einen direkten Kompressionseffekt. [20] [167]

2.1.3. Muskulatur

Funktionell werden Handgelenksex tensoren und -flexoren sowie Extensoren und Flexoren der Finger unterschieden.

Zu den Extensoren zählen in der radialen Gruppe der M. brachioradialis und die Mm. extensor carpi radialis brevis et longus. Die oberflächliche Schicht beinhaltet den M. extensor carpi ulnaris, M. extensor digitorum und M. extensor digiti minimi.

Zur tiefen Schicht werden der M. abductor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis et longus, M. extensor indicis und M. supinator gezählt.

Die Flexoren umfassen in ihrer oberflächlichen Schicht die Mm. flexor carpi radialis et ulnaris, den M. flexor digitorum superficialis, M. palmaris longus und den M. pronator teres. In der tiefen Schicht befinden sich der M. pronator quadratus, M. flexor pollicis longus und M. flexor digitorum profundus.

Neben ihrer Zuständigkeit für die Handgelenksbeweglichkeit, haben sie auch eine Stütz- und Stabilisierungsfunktion im DRUG. [187]

Die Flexoren der Finger verlaufen palmar vom Unterarm entlang des Radius bis zum Karpalkanal und weiter nach distal. Aufgrund ihrer guten Weichteildeckung und Unterpolsterung des M. pronator quadratus hinsichtlich der Frakturzone spielen sie bei der distalen Radiusfraktur und ihrer Versorgung eine untergeordnete Rolle. [187]

Die Extensoren verlaufen entlang des dorsoradialen Unterarms zu den Fingern. Vor allem die Extensoren des ersten Strecksehnenfaches (M. extensor pollicis brevis, M. abductor pollicis longus) sind bei der distalen Radiusfraktur von Bedeutung, da sie in einem fibroossären Kanal an der radialen Seite des Proc. styloideus radii verlaufen, in dessen Bereich auch epifaszial ein oberflächlicher, sensibler Ast des N. radialis verläuft. Die anderen Extensoren spielen bei der palmarren, osteosynthetischen Versorgung eine untergeordnete Rolle und werden an diese Stelle daher nicht gesondert erwähnt. [187]

2.1.4. Leitungsbahnen

Die arterielle Versorgung des Unterarms (Abbildung 5) erfolgt aus der Arteria brachialis, die sich in etwa in der Höhe der Ellenbeuge in die kräftigen Arteria radialis und Arteria ulnaris aufspaltet. [167]

Epiphysär erfolgt die Versorgung hauptsächlich über die A. radialis. Die A. ulnaris gibt als Ast die Arteria interossea communis ab, welche sich in die Arteria interossea posterior bzw. anterior verzweigt. Die A. interossea posterior ist meist stärker ausgeprägt und versorgt die Extensoren. Die Versorgung des distalen Radius

erfolgt in der Metaphyse hauptsächlich über die A. interossea anterior. [20] [64]
[100] [131]

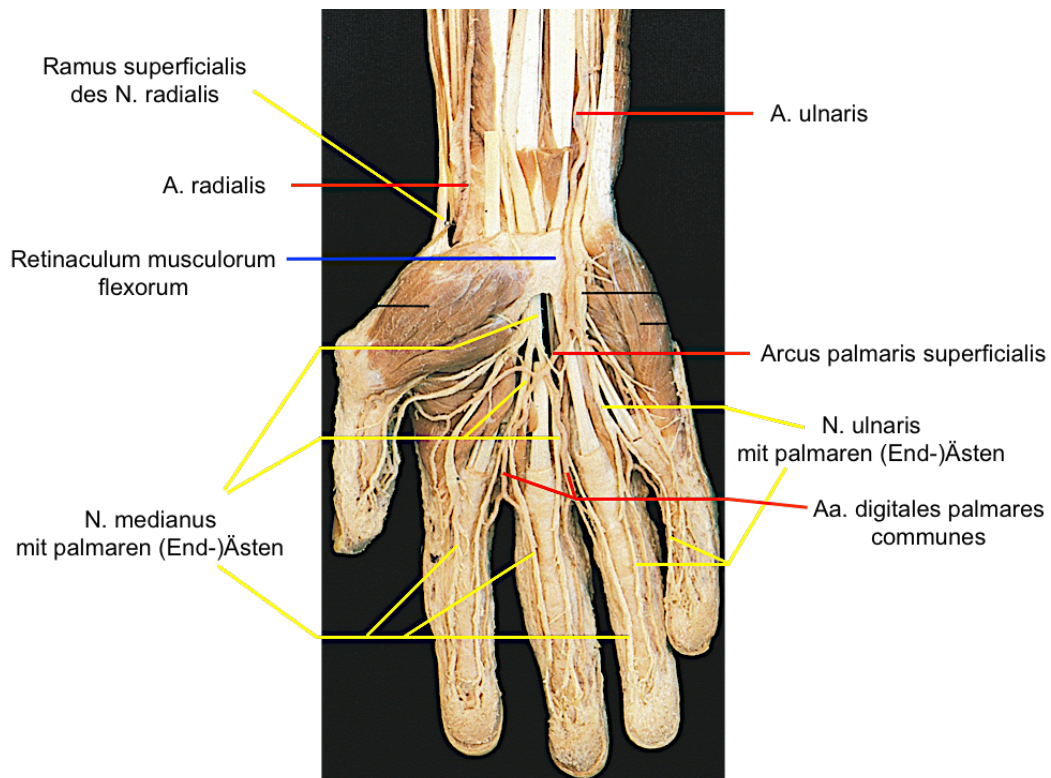


Abbildung 5: Gefäße (rot) und Nerven (gelb) sowie Retinaculum flexorum (blau) des palmaren Handgelenks © Schattauer GmbH [158]

Folgende Nerven (Abbildung 5) befinden sich am distalen Unterarm, ziehen entlang des Handgelenks und versorgen die Hand: der N. radialis, der N. ulnaris und der N. medianus.

Der Ramus superficialis des N. radialis durchbricht die Unterarmfaszie im proximalen Drittel und verläuft subkutan. Er teilt sich auf Höhe des distalen Radius proximal des Radiusstyloids in seine Endäste und kann daher leicht verletzt werden. Besonders perkutane Kirschner-Drähte oder Zugschrauben stellen eine Gefahr dar. [187]

Der N. ulnaris verläuft etwa in der Mitte des Antebrachium und erreicht radial des Os pisiforme oberflächlich zum Retinaculum musculorum flexorum die Hand. In der Guyon-Loge teilt sich der N. ulnaris in einen kräftigen, oberflächlichen Ast

und einen motorischen Ast, der rechtwinkelig in die Tiefe zieht. Der N. ulnaris gibt Äste zum M. flexor carpi ulnaris und M. flexor digitorum profundus ab.

Der N. medianus durchbohrt den M. pronator teres und zieht zwischen dem M. flexor digitorum superficialis und profundus zur Hand. Er gibt Äste für den Großteil der Flexoren ab, bevor er im distalen Antebrachium unter der Sehne des M. palmaris longus verläuft und schließlich durch den Karpaltunnel tritt. [20] [107]

2.2. Biomechanik des menschlichen Handgelenks

Die Hand kann gegenüber dem Unterarm um zwei Achsen bewegt werden. Parallel zur Handfläche und senkrecht zur Längsachse sind eine Palmarflexion von etwa 80° und eine Dorsalextension von etwa 60° möglich. Bei der Palmarflexion kommt es zu einer überwiegenden Bewegung der proximalen Handwurzelknochen gegenüber der Gelenkpfanne. Bei der Dorsalextension bewegen sich hauptsächlich die distalen Handwurzelknochen gegen die proximalen Handwurzelknochen. [20]

Die Achse, die von dorsal nach palmar verläuft, ermöglicht die radiale Abduktion von etwa 20° bzw. ulnare Abduktion von etwa 40°. Um eine Radialabduktion zu ermöglichen, müssen die Ossa trapezium und trapezoideum nach proximal bewegt werden, um sich der Gelenkfläche des Radius anzunähern. Dies bewirkt eine Kippung des Os scaphoideum um die Flexionsachse nach ventral. Um diese Flexionsbewegung wieder auszugleichen, werden die Ossa trapezium und trapezoideum im distalen Handgelenk nach dorsal bewegt, was einer Extension gleichkommt. Bei der Ulnarabduktion kommt es zu analogen Bewegungen der Karpalknochen zum Os triquetrum. [20]

Am häufigsten getätigte Bewegungen resultieren aus einer Kombination dieser Bewegungsausmaße. Hier spielt die Ulnarabduktion und die Palmarflexion sowie die Radialabduktion und Dorsalextension, als so genannte *Dart-Throwing-Motion (DTM)*, die größte Rolle. Dies ist deshalb besonders erwähnenswert, da sowohl der radiocarpale Bandapparat als auch die Extensions- / Flexionssehnen darauf anatomisch ausgerichtet sind (doppelt angelegter Extensor carpi radialis longus

et brevis und Flexor carpi ulnaris verstärkt über das Hypomochlion des Os pisiforme). Für die DTM ist allerdings nicht nur der radiocarpale Bandapparat von Bedeutung, sondern auch die verminderte Flexions- und Extensionsrotation des Os scaphoideum und Os lunatum. Die DTM scheint darüber hinaus eine stabilere Bewegung im Radiocarpalgelenk zu gewährleisten, als die anatomischen Richtungen der Extension/Flexion und Radial-/Ulnarabduktion. Sie kann somit als primär funktionelle Bewegung gesehen werden. [46] [196]

Eine dritte Achsenbewegung ist um die Längsachse der Hand bzw. Ossa antebrachii möglich: Pronation und Supination, jeweils von etwa 90°. Bei der Pronation zeigt die Palmarfläche der Hand nach unten und die Ulna wird vom Radius überkreuzt. Bei der Supination zeigt die Palmarfläche der Hand nach oben und die Unterarmknochen stehen parallel zueinander. [20]

Nach Rikli et al. [151] können drei Säulen der Biomechanik unterschieden werden (Abbildung 6), wobei die Instabilität jeder einzelnen einen negativen Einfluss auf das Behandlungsergebnis nach distalen Radiusfrakturen haben kann:

- Radiale oder scaphoidale Säule: Sie dient als radialseitiger Rotationsstabilisator, weil sowohl die Pronation als auch die Supination hier ihr Drehzentrum haben. Die Säule reicht vom Proc. styloideus radii bis zur Fossa scaphoidea. Die radiale Säule überträgt nur wenig Kraft vom Carpus auf den Vorderarm.
- Intermediäre oder zentrale Säule: Sie dient vor allem der Kraftübertragung. Bei Verkürzung resultiert eine Überbelastung mit resultierendem Ulnavorschub. Bei intraartikulären Frakturen wird die Säule oftmals in ein dorsoulnares und palmoulnares Fragment gespalten.
- Ulnare oder ulnotriquetrale Säule: Sie dient ebenfalls der Kraftübertragung und der Stabilisation. Sie ist eine fixe Drehachse für Umwendbewegungen des Radius um die Ulna. Der TFCC kompartimentiert das radiocarpale Gelenk vom radioulnaren Gelenk, wodurch eine voneinander unabhängige Bewegung ermöglicht wird.

[93] [151] [187]

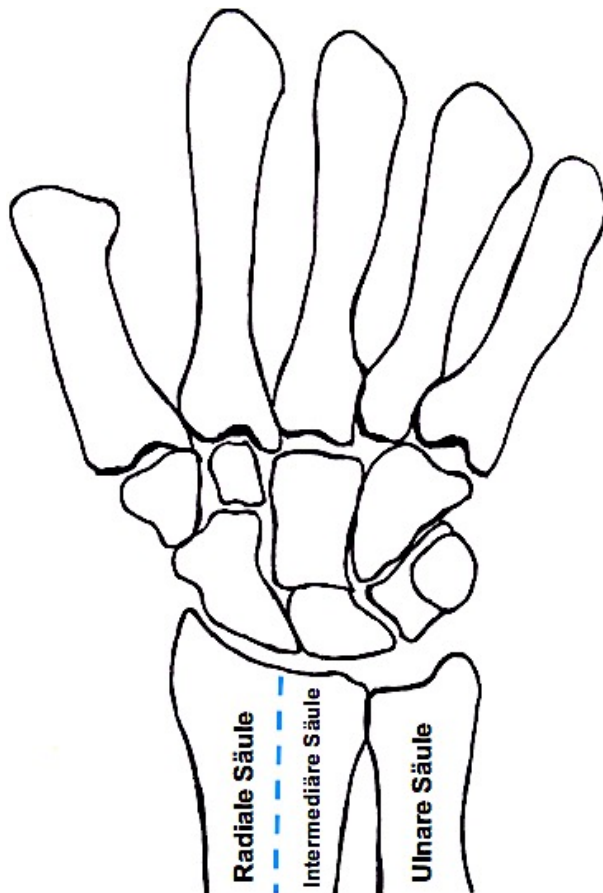


Abbildung 6: Das Drei-Säulen-Modell nach Rikli et al. [151] (Eigendarstellung)

In biomechanischen Studien wurde herausgefunden, dass die radiale und intermediäre Säule etwa 82% der axialen Last tragen. Die ulnare Säule lediglich etwa 18%. [141] Bei in-vivo-Druckmessungen wurde eine höhere Belastung der ulnaren Säule, nämlich von etwa 55% gemessen. Dies würde darauf schließen lassen, dass z.B. durch aktive Extension keine große Änderung der Druckverteilung stattfindet. In Radialabduktions- oder Ulnarabduktionsstellung findet hingegen eine vermehrte Druckverteilung in Richtung der Abduktionsrichtung statt. Diese Überlegung legt nahe, dass aus einer Krafteinleitung in Hyperextensionsstellung auch jede Frakturform der distalen Radiusfraktur stattfinden kann. Entscheidend sind also Energiemenge, Handgelenksstellung mit daraus resultierenden Kraftvektoren und Knochenqualität. [152] [153] [142]

2.3. Radiologische Kriterien und wichtige physiologische Winkel

Zur Diagnose, Klassifikation und Behandlung der distalen Radiusfraktur ist die Beurteilung eines Röntgenbildes Voraussetzung.

Eine Magnetresonanztomographie oder eine Computertomographie sind nur in seltenen Fällen indiziert. Diese dienen lediglich der Beurteilung von komplexen Frakturen oder Komplikationen.

Die nachfolgende Abbildung 7 gibt einen schematischen Überblick über die wichtigsten, radiologischen Kriterien.

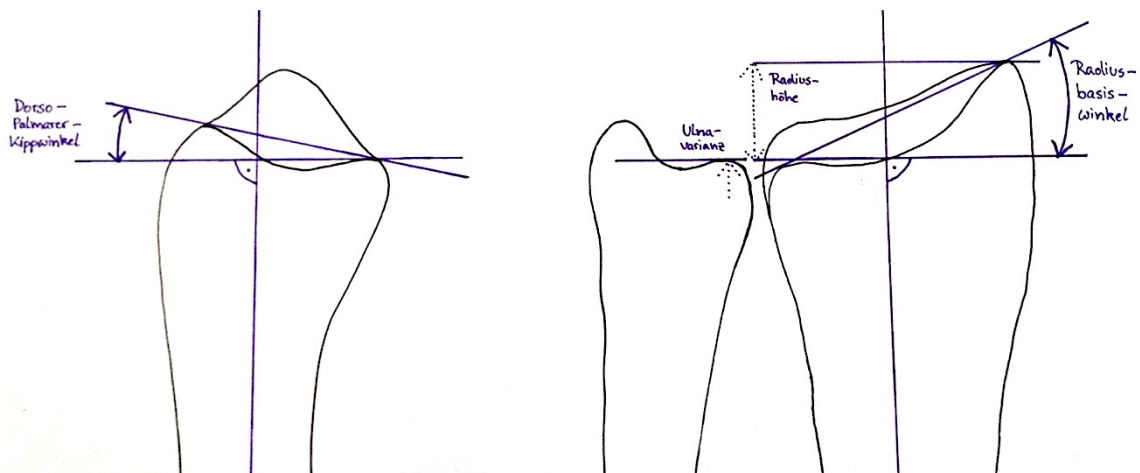


Abbildung 7: Links: Radius-Seitansicht mit dem Dorso-Palmar-Kippwinkel (normalerweise 10° bis 12°). Rechts: Radius und Ulna in a.p. Ansicht mit dem Radiusbasiswinkel (normalerweise 22° bis 23°), der Ulnavarianz (normalerweise 0 mm) und der Radiushöhe (normalerweise 1mm bis 12mm) (Eigendarstellung)

2.3.1. Radiusbasiswinkel

Im a.p.-Strahlengang kann durch eine Orthogonale zur radiären Schaftachse die Kippung der radiokarpalen Gelenkfläche bestimmt werden (Abbildung 8). Der Radiusbasiswinkel beträgt im Mittel etwa $22^\circ - 23^\circ$, kann aber durchaus zwischen 13° und 30° variieren. [13]

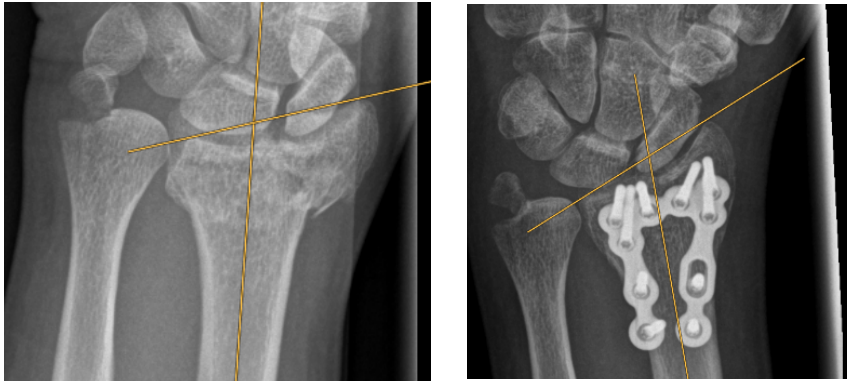


Abbildung 8: AO 23C3-Fraktur: links präoperativer Radiusbasiswinkel von $17,0^\circ$ und rechts postoperativer Radiusbasiswinkel von $22,1^\circ$ (Bilder aus vorliegender Studie)

2.3.2. Dorso-Palmarer Kippwinkel

Im seitlichen Strahlengang kann die dorso-palmar Kippung der Gelenkfläche bestimmt werden (Abbildung 9). Sie ist Ausdruck für stattgefundene Scherkräfte in Extensions- bzw. Flexionsrichtung und beträgt $11^\circ - 12^\circ$, kann allerdings stark variieren. [13] [163]

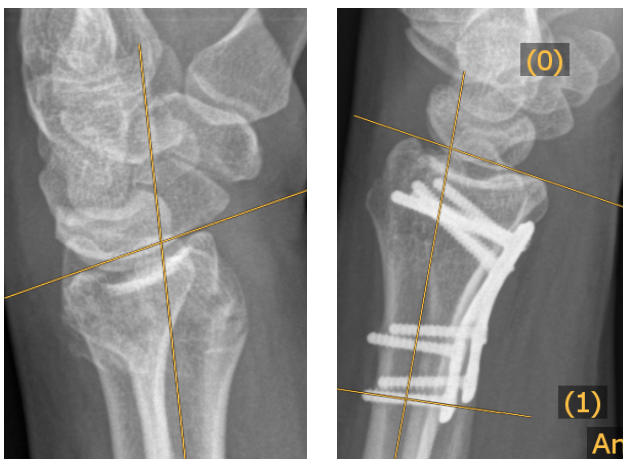


Abbildung 9: AO 23C2-Fraktur: links dorsale Abkipfung mit einem präoperativen Dorso-Palmar-Kippwinkel von -16° und rechts Repositionsergebnis mit einem postoperativen Dorso-Palmar-Kippwinkel von $11,5^\circ$ (Bilder aus vorliegender Studie)

2.3.3. Radiushöhe

Im a.p.-Strahlengang ist es möglich die Radiushöhe zu ermitteln (Abbildung 10). Die Höhe entspricht dabei der Strecke zwischen einer Orthograden zur Radiuschaftachse durch die Spitze des Proc. Styloideus radii und einer Orthograden in

Höhe der ulnaren Gelenkfläche. Sie beträgt im Mittel 11mm - 12mm und ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. [13] [163]

Ebenfalls in Abbildung 17 gut ersichtlich ist der Radiusshift (grüne Linien). Er beschreibt den Versatz der Radiusepiphyse nach radial.

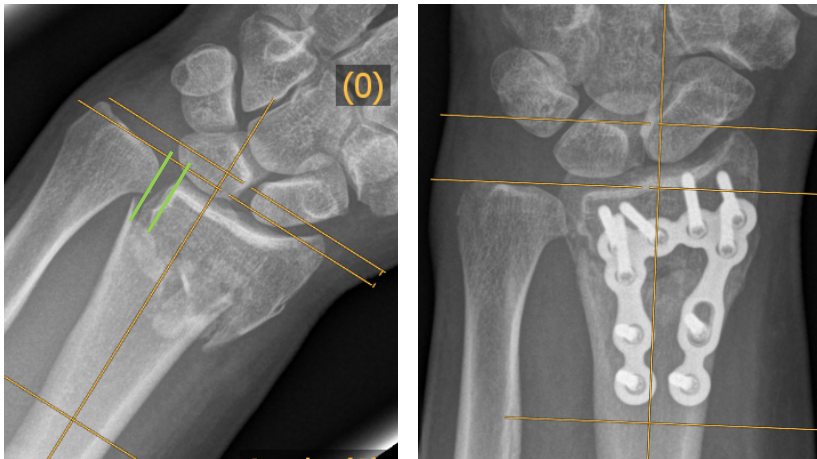


Abbildung 10: AO 23A3-Fraktur: links präoperative Radiushöhe von 3,6mm und rechts postoperative Radiushöhe von 10,4mm (Bilder aus vorliegender Studie)

2.3.4. Ulnare Varianz

Die Ulnavarianz ist der Abstand zwischen einer Parallelen zur Fossa lunata und der Ulnaköpfchengelenkfläche (Abbildung 11). Bei 60% der Menschen ist die Ulnavarianz neutral. Das bedeutet, sie beträgt 0mm. [13] [163]

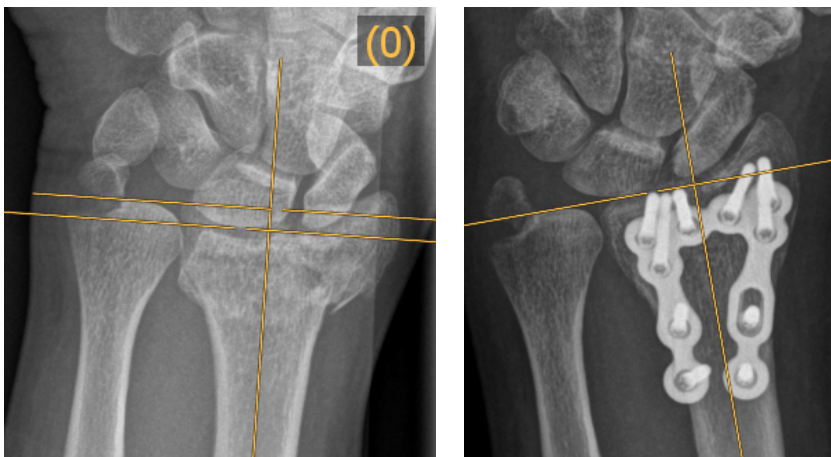


Abbildung 11: AO 23C3-Fraktur: links präoperative Ulna-Plus-Varianz von 3,3mm und rechts postoperative Ulnavarianz von 0mm (Bilder aus vorliegender Studie)

2.3.5. Bewertung der Implantatlage und Repositionsqualität (nach Soong)

Eine Methode um die Implantatlage zu beurteilen ist die Bewertung nach Soong. Hierzu wird ein postoperatives Röntgenbild in der Seitansicht verwendet. Eine Linie wird entlang der Kortikalis des Radius und eine zweite Linie parallel dazu durch den äußersten Punkt des volaren Randes des Radius gezogen (Abbildung 12). Als Klasse 0 werden jene Osteosynthesen beurteilt, deren Implantatränder diese zweite Linie nicht überschreiten. Palmare Platten, die diese äußerste Linie überschreiten, aber proximal des volaren, äußersten Randes liegen, werden als Klasse 1 klassifiziert. Implantate, die sie überschreiten und auf gleicher Höhe oder distal des volaren, äußersten Punktes des Radius liegen, werden als Klasse 2 beurteilt. Die Platte liegt somit distal und palmar der Watershedline. Bei dieser Klasse 2 liegt oft eine unvollständige Reposition vor und stellt einen Risikofaktor für die Beugesehnen dar. [177]

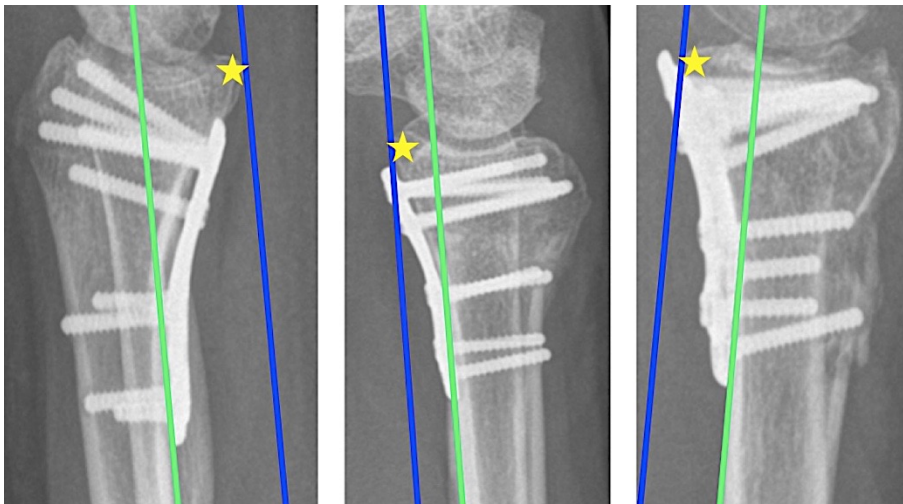


Abbildung 12: Soong Klassifikation. Von links nach rechts: Klasse 0, Klasse 1 und Klasse 2 (Bilder aus vorliegender Studie)

Grüne Linie: Kortikalis des Radius, blaue Linie: äußerster Punkt des palmaren Randes des Radius, gelber Stern: Watershedline

In anderen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Klassifikation eine hohe intra- und interpersonelle Reliabilität (d.h. Zuverlässigkeit) aufweist. Sie ist geeignet den Grad einer Plattenprominenz aufzuzeigen. [110]

3. Die distale Radiusfraktur

Die distale Radiusfraktur ist eine der häufigsten Knochenverletzung des Erwachsenen. [206] Die Fraktur tritt mit einer jährlichen Inzidenz von 2-3 auf 1000 Einwohner auf. [108] Die Inzidenzen variieren allerdings je nach Geschlecht: Die jährliche Inzidenz bei >35-jährigen Frauen beträgt 3,7/1000 bzw. bei Männern 0,9/1000. [132] Bei Frauen ab 85 Jahren beträgt sie sogar 12/1000. [185] Das Risiko für Frauen eine distale Radiusfraktur zu erleiden ist vier bis fünf Mal so hoch, wie bei Männern. [26] [51] [121]

3.1. Definition

Bei der distalen Radiusfraktur handelt es sich um eine knöchernen Verletzung, die mit oder ohne Beteiligung von Gelenken vorliegen kann und in der Regel in der distalen Metaphyse lokalisiert ist. Gemäß den Leitlinien der *Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF)* zu distalen Radiusfrakturen aus dem Jahr 2015 sind dies Frakturen, die bis zu 3cm proximal des radiocarpalen Gelenks liegen. [20] [21] [32] [33] [70] [131] [206]

3.2. Verletzungs- und Frakturmechanismen

Am häufigsten erfolgt der Sturz auf die dorsal extendierte Hand um das Körpergewicht abzufangen. Hierbei kommt es zu einer Dislokation des distalen Radiusfragments nach dorsal und häufig auch zu einem Abriss des Proc. styloideus ulnae, wobei eine Fraktur vom Extensionstyp entsteht. Die Fraktur kann intra- oder extraartikulär sein. Historisch bezeichnet man diese Form auch als *Colles-Fraktur*, welche bei der distalen Radiusfraktur zu etwa 85% und mehr auftritt. Es kann zur so genannten *Fourchette-Stellung* kommen, wenn das distale Fragment zur Streckseite disloziert ist und sich das distale Ende der Ulna prominent hervorhebt. [20] [32] [33] [70] [131] [206]

Erfolgt der Sturz auf die flektierte Hand, so erfolgt meist eine Dislokation des distalen Fragments nach palmar und radial. Die Fraktur kann intra- oder extraartikulär sein. Sie wird auch als Flexionsfraktur, bzw. historisch als *Smith-Fraktur*

bezeichnet und tritt bei der distalen Radiusfraktur zu etwa 15% auf. Bei einer Dislokation zur Palmarseite kommt es zu einer so genannten *Bajonett-Stellung*. [20] [32] [33] [70] [131] [206]

Weitere Verletzungsformen umfassen [20] [32] [33] [70] [131] [206]:

- *Barton-Fraktur*: Intraartikuläre Fraktur, welche monofragmentär mit einem dorsalen Kantenbruch des Radius ist.
- *Reversed-Barton-Fraktur*: Ähnlich der Barton-Fraktur, allerdings mit einem Abbruch der palmaren Radiuskante. Sie ist ebenfalls eine partielle Gelenkfraktur.
- *Chauffeur-Fraktur*: Intraartikuläre Fraktur mit sagittalem Verlauf und Abbruch des Proc. styloideus radii.
- *Die-Punch-Fraktur*: Intraartikuläre Kompressionsfraktur bei der die Radiussephyse in vier Hauptfragmente gesprengt wird.

Zu unterscheiden sind zudem das Patientenalter und der Unfallhergang. Bei jungen, eher männlichen Patienten überwiegen hochenergetische Unfallmechanismen im Rahmen von Sport- oder Arbeitsunfällen. Mehr als 50% der Frakturen sind dabei disloziert und zwei Drittel betreffen das radioulnare oder radiocarpale Gelenk. Bei älteren, eher weiblichen Patienten überwiegen klassische Stolperstürze im Haushalt oder der Freizeit. Bei ihnen erhöht außerdem die geringe Knochendichte das Risiko, eine Fraktur zu erleiden. [21] [75] [95] [106] [142] [154] [175] [192]

3.3. Begleitverletzungen

Je komplexer die distale Radiusfraktur ist, desto wahrscheinlicher sind schwerwiegendere Begleitverletzungen. [28] [66] [148]

3.3.1. Knöcherner Begleitverletzungen und Knorpelschäden

In etwa der Hälfte der Fälle der distalen Radiusfrakturen kommt es zu einer PSU-Abrissfraktur. Eine Indikation zur operativen Refixation wird allerdings aufgrund der Gefahr der Verletzung des R. dorsalis des N. ulnaris zurückhaltend gestellt.

Ist nur die Spitze des PSU betroffen, so kann der kapsuläre Anteil des TFCC in Mitleidenschaft gezogen werden. Ebenso kann es zu einer Dislokation des Caput ulnae mit Ruptur der Membrana interossea und radioulnarer Instabilität kommen. [65] [88] [96] [114] [122] [165] [207]

Kombinierte Verletzungen der Handwurzelknochen und des distalen Radius sind selten (bis 6% der Fälle) und kommen gehäuft bei hochenergetischen Traumen und axialer Stauchung bei dorsalexteindierter Hand vor. Am häufigsten sind das Os scaphoideum mit etwa 80% und das Os triquetrum mit etwa 13% betroffen. [22] [56] [130]

Gelenkknorpel sind meistens dann betroffen, wenn es im Rahmen der Verletzungen zu Impaktierungen der Gelenkfläche kommt, wie dies z.B. bei der Die-Punch-Fraktur der Fall ist. Da nach dem 3-Säulen-Modell die intermediäre Säule der Hauptträger der Kraftübertragung von der Hand auf den Unterarm ist, ist der zentrale Pfeiler von besonderer Bedeutung für die operative Therapie. [32] [70] [151] [198] [203]

3.3.2. Ligamentäre Verletzungen

In 40% - 70% der intraartikulär dislozierten Frakturen mit Beteiligung der Fossa lunata und vertikal verlaufendem Frakturspalt finden sich unterschiedlich ausgeprägte Verletzungen des intrinsischen Bandapparats. [146] [172] [179] [195]

Eine der häufigsten Verletzungen ist die Ruptur des scapholunären Bandes (SL-Band). Im Röntgen zeigt sich eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Os scaphoideum und Os lunatum über 2mm und pathologische, carpale Winkelverhältnisse. Da Stressaufnahmen in ulnarer und radialer Abduktion sowie Faustschlussaufnahmen bei distalen Radiusfrakturen nicht möglich sind, werden intraoperative Stabilitätskontrollen nach einer Open Reduction Internal Fixation (ORIF) gemacht. [32] [70] [125] [160]

Eine weitere Bandverletzung, die in Folge einer distalen Radiusfraktur entsteht, ist die Dissoziation des lunotriquetralen Ligament (LT Ligament) mit ulnarer

Instabilität der Hand. Eine sichere Diagnose kann nur arthroskopisch gestellt werden. Bei weit fortgeschrittener Instabilität kann es zu einer so genannten PISI-Stellung (Palmarflexed Intercalated Segment Instability) kommen. Dabei kippt das Os lunatum aus seiner natürlichen Position nach palmar ab. [31] [32] [70] [160]

3.4. Diagnostik

Die Diagnose erfolgt standardmäßig mittels Röntgenbildern in zwei Ebenen: a.p. und seitlich. Dabei sollte der Patient eine Schulterabduktion von 90° sowie eine Beugung des Ellenbogens in Mittelstellung machen. Die AWMF empfiehlt eine Anhebung des Handgelenks bei der a.p.-Aufnahme um 10° und in der seitlichen Aufnahme von 20° - 25°. Beurteilt werden die Fraktur per se, Fehlstellungen, artikuläre Beteiligungen und Abrissfrakturen umliegender Strukturen. Hierzu können gegebenenfalls weitere Röntgenaufnahmen, wie beispielsweise eine Schrägaufnahme in 45° mit radialer Anhebung, angefertigt werden. [21] [33] [34] [168]

In allen Fällen mit intraartikulären Frakturen wird die Computertomographie großzügig gestellt. Magnetresonanz-Tomographien sind bei Verdacht auf Bandschäden indiziert. Die beiden bildgebenden Verfahren dienen der Beurteilung von ulnaren Verletzungsmustern, zum Ausschluss carpaler Begleitverletzungen und zur Beurteilung der Gelenkflächenkongruenz. Eine Gelenksarthroskopie findet bei Verletzungen des TFCC, SL- und LT-Bandverletzungen Anwendung. [21] [32] [41] [44] [68] [150] [168] [186]

3.5. Frakturklassifikationen

Aufgrund der vielfältigen Verletzungsschweregrade und Komplexität mancher Frakturen ist eine eindeutige Klassifikation unabdingbar.

3.5.1. Historische Klassifikationen

Entscheidend für die Namensgebung der historischen Klassifikationen waren die Ärzte Abraham Colles (1773-1843, Chirurg, Dublin), Claude Pouteau (1725-1775, Wundarzt, Lyon), Robert William Smith (1807-1873, Chirurg, Dublin) und John R. Barton (1794-1871, Chirurg, Philadelphia). Zur historischen Typisierung anhand von Eponymen zählen die Folgenden:

- Colles-Fraktur: Es handelt sich um eine Extensionsfraktur, wobei es zur Dislokation nach dorsal kommt. Sie wird auch Pouteau-Fraktur genannt. Unterschieden wurde zwischen extra- und intraartikulär sowie dislozierten und nicht-dislozierten Extensionsfrakturen.
- Smith-Fraktur: Es handelt sich um eine Flexionsfraktur, wobei es zu einer Dislokation nach palmar kommt. Die Fraktur wird auch Goyrand-Smith-Fraktur genannt.
- Barton-Fraktur: Diese Fraktur ist eine intraartikuläre, dorsale Zweifragmentfraktur.
- Reversed-Barton-Fraktur (Smith II): Diese Fraktur ist ebenfalls intraartikulär, besitzt aber ein palmares Kantenfragment.
- Chauffeur-Fraktur: Hierbei handelt es sich um einen radialen Keilbruch. Sie wurde vermehrt an der rechten Hand bei Autochauffeuren beobachtet, als diese den Motor über eine Handkurbel angelassen haben. Durch das Zurückschlagen derselben gegen das Handgelenk kam es zu einer schnellen Radialduktion mit Styloidfraktur.

[21] [24] [37] [144]

3.5.2. Klassifikation nach Frykman

Die Klassifikation nach Frykman [63] wurde bereits 1967 publiziert und teilt distale Radiusfrakturen in 8 Typen ein. Die Klassifikation zeigt die Beteiligung des Radio-ulnaren- und Radio-carpalen-Gelenks mit und ohne Beteiligung des Proc. styloideus ulnae.

- Typ 1: Extraartikuläre, transverse metaphysäre Fraktur
- Typ 2: Typ 1 & Fraktur des Proc. styloideus ulnae
- Typ 3: Fraktur mit Beteiligung des Radiocarpalgelenkes
- Typ 4: Typ 3 & Fraktur des Proc. styloideus ulnae

- Typ 5: Transverse Fraktur mit Beteiligung des distalen Radioulnargelenks
- Typ 6: Typ 5 & Fraktur des Proc. styloideus ulnae
- Typ 7: Beteiligung des Radiocarpal- sowie distalen Radioulnargelenks
- Typ 8: Typ 7 & Fraktur des Proc. styloideus ulnae

Ein Nachteil dieser Klassifikation ist, dass sie nicht auf das Ausmaß oder die Richtung der ursprünglichen Verschiebungen oder Fragmentierungen eingeht.

[21] [24] [63] [131] [174]

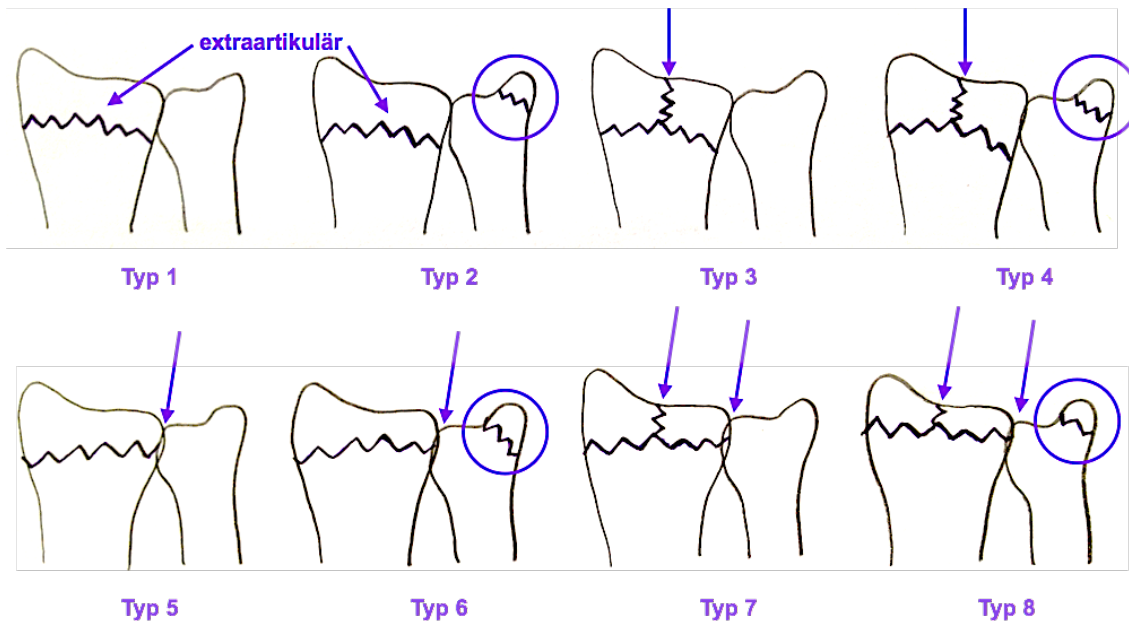


Abbildung 13: Die 8 Typen der Frykman-Klassifikation (Eigendarstellung)

3.5.3. Klassifikation nach Melone

Melone [38] entwickelte in den 1980er Jahren eine Einteilung intraartikulärer Frakturen mit fünf Typen. Sie basieren im Wesentlichen auf einer anatomischen Einteilung des Radius. Die vier Frakturkomponenten bestehen aus Radiuschaft, Proc. styloideus radii (radiales Fragment), dorsomedialem (dorso-ulnares) Fragment und palmaran medialem (palmares ulnares) Fragment. Bei dieser Einteilung werden also das ulnare Kantenfragment (*Die-Punch-Fragment*) und die Rolle des DRUG betont. Sie reflektiert des Weiteren den Unfallmechanismus sowie das Ausmaß der Verletzung des distalen Radius.

- Typ 1: Stabile, unverschobene intraartikuläre Fraktur, wenig eingestaucht
- Typ 2: Instabile Fraktur mit palmarer oder dorsaler Verschiebung, ulnare Schlüsselfragmente im Verbund
 - o Typ 2a: Retinierbare Fraktur
 - o Typ 2b: Nicht-retinierbare Fraktur
- Typ 3: Typ 2 & zusätzliches radiales, palmares Schafffragment, ulnare Schlüsselfragmente im Verbund disloziert
- Typ 4: Instabile Mehrfragmentfraktur, Rotation der Gelenkflächen, weite Dislokation des dorsalen und palmaren ulnaren Schlüsselfragments
- Typ 5: Trümmerfraktur

Vorteilhaft ist die Darstellung komplexer intraartikulärer Fraktursituationen. Diese Klassifikation ist im deutschsprachigen Raum allerdings nicht weit verbreitet. [21] [24] [38] [174]

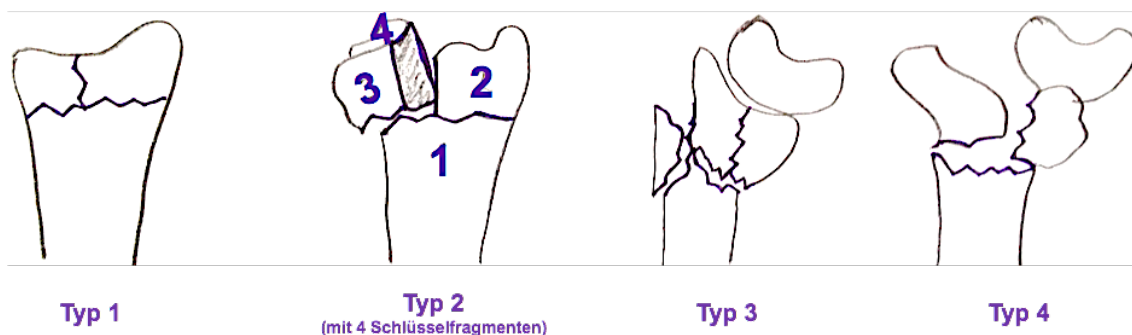


Abbildung 14: Klassifikation nach Melone (Eigendarstellung)

3.5.4. Klassifikation nach Fernandez und Jupiter

Fernandez und Jupiter [60] legen ihrer Klassifikation ein kausales, biomechanisches Denken zugrunde, weshalb diese Art der Klassifikation nur schwer mit den anderen vergleichbar ist. In ihrem Schema existieren fünf Frakturtypen, die sich hinsichtlich der Gewalteinwirkung und Therapieform unterscheiden. Gleichzeitig wird nach einer Beteiligung des distalen Radioulnargelenks eingeteilt. Diese Einteilung beruht also auf dem Zusammenhang von Pathophysiologie und Morphologie der Verletzung.

- Typ 1: Indirekte Biegekräfte (Colles und Smith Fraktur)

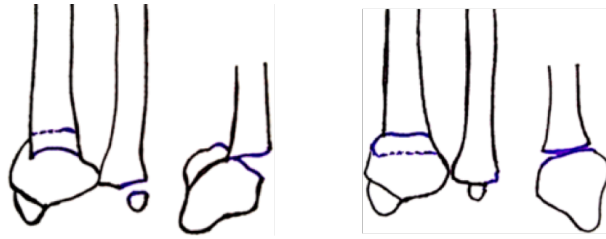


Abbildung 15: Fernandez & Jupiter – Typ 1: Links Colles-Fraktur, rechts Smith-Fraktur (Eigendarstellung)

- Typ 2: Abscherung bei axial einwirkenden Kräften der palmare (reversed Barton) oder dorsalen (Barton) Kante

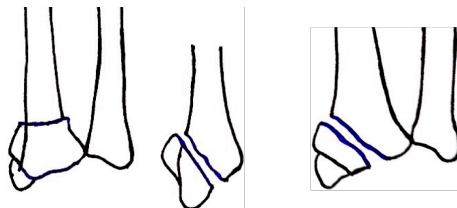


Abbildung 16: Fernandez & Jupiter – Typ 2: Links Barton-Fraktur, rechts Reversed-Barton-Fraktur (Eigendarstellung)

- Typ 3: rein axiale Krafteinwirkung mit intraartikulärer Kompressionsfraktur (Die-Punch-Mechanismus), Radiusepiphyse wird in vier Teile gesprengt (Radiusstyloid, Radiusschaft, dorso-ulnares und palmar-ulnares Fragment)

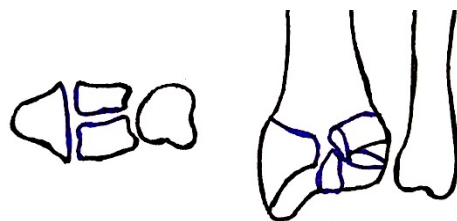


Abbildung 17: Fernandez & Jupiter – Typ 3: Die-Punch-Fraktur (Eigendarstellung)

- Typ 4: Avulsionsfraktur mit ossärem Ausriss der radiokarpalen und ulnarkarpalen Bandstrukturen im Sinne einer Handgelenkluxation

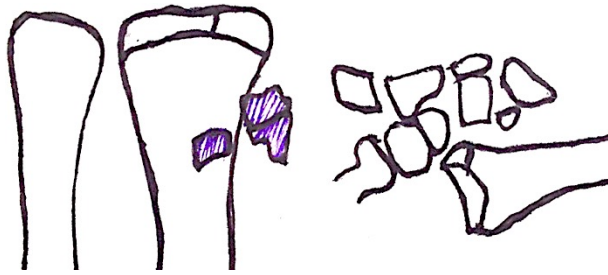


Abbildung 18: Fernandez & Jupiter – Typ 4: Avulsionsfraktur (Eigendarstellung)

- Typ 5: Kombination der Frakturtypen I-IV (Hochenergietrauma)



Abbildung 19: Fernandez & Jupiter – Typ 5: Hochenergietrauma (Eigendarstellung)

[24] [174]

3.5.5. Mayo-Klassifikation

Die Mayo-Klassifikation [45] unterteilt intraartikuläre Frakturen in vier Frakturtypen. Hierbei wird die Gelenkflächenbeteiligung in Bezug zum Os lunatum beschrieben sowie der Begriff der “die-punch-injury“ zur Beschreibung des ulnarseitigen intraartikulären Fragments einführt.

- Typ 1: Extraartikuläre radiocarpale Fraktur, unverschobene intraartikuläre radio-ulnare Fraktur
- Typ 2: Intraartikuläre Fraktur, die nur die scaphoidale Gelenkfläche betrifft (Fossa scaphoidea)
- Typ 3: Intraartikuläre Fraktur, die nur das Radioulnargelenk betrifft (Fossa lunata ± Fossa sigmoidea)

- Typ 4: Intraartikuläre Fraktur mit Beteiligung des radio-scapholunären und radio-ulnaren Gelenks (Fossa scaphoidea, Fossa lunata und Fossa sigmoidea)

[21] [24]

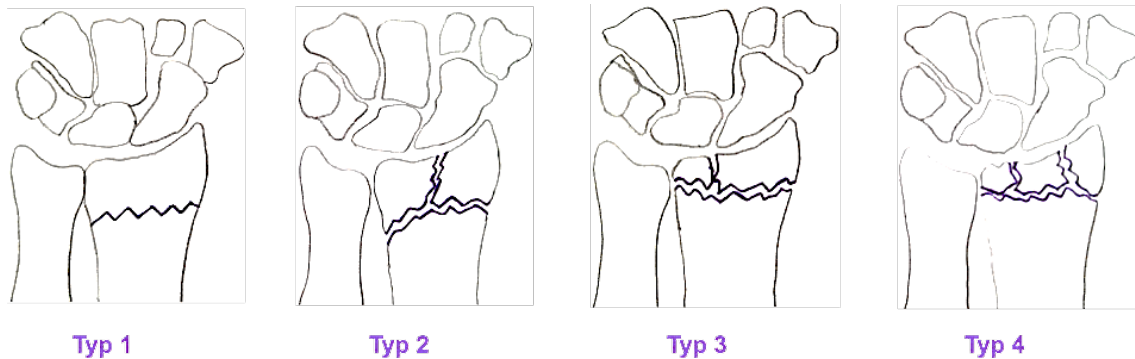


Abbildung 20: Die Mayo-Klassifikation (Eigendarstellung)

3.5.6. AO-Klassifikation

Die AO-Klassifikation [4] beruht auf einem Klassifikationsschema der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen und dient der Beschreibung der Lokalisation und Beschaffenheit von Frakturen. Sie erlaubt das Ausmaß der Fraktur und deren Stabilität zu beschreiben. Bei der AO-Klassifikation werden Frakturen mithilfe eines 4-stelligen alphanumerischen Codes beschrieben.

Die Nummerierung der Körperregionen lautet wie folgt: 1 = Humerus, Scapula, Clavicula, 2 = Radius, Ulna, 3 = Femur, Patella, 4 = Tibia, Fibula, 5 = Columna vertebralis, 6 = Pelvis, 7 = Manus, 8 = Pes und 9 = sonstige (z.B. Schädel).

Positionierungen innerhalb der Körperregionen sind: 1 = proximal, 2 = diaphysär, 3 = distal, 4 = nur in den Körperregionen Scapula, Patella und Malleolus sowie 5 = nur für die Clavicula gültig.

Des Weiteren wird die Fraktur nach Komplexität und Prognose bewertet:

- Bei Schaftfrakturen: A = einfache Fraktur, B = Keilfraktur und C = komplexe Fraktur
- Bei Gelenkfrakturen: A = extraartikulär, B = partielle Gelenkfraktur / partiell intraartikulär und C = vollständige Gelenkfraktur / vollständig intraartikulär

Danach wird die Schwere innerhalb dieser Vorgaben bewertet: 1 = leicht, 2 = mittel und 3 = schwer.

Primär erhält die distale Radiusfraktur nach diesem Schema den Code 23, dann A, B oder C und nachfolgend noch 1, 2 oder 3. Diese Unterkategorien lassen sich in weitere Unterkategorien einteilen. [4] [24] [30]

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Subgruppen der distalen Radiusfraktur wird auf eine explizite Codierung i.S. von 23 für den distalen Radius verzichtet.

A1 wird weiter in A1.1, A1.2 und A1.3 unterteilt. Nachdem dieser AO-Typ mit samt seinen Untergruppen nur Frakturen der Ulna betrifft, soll in der vorliegenden Arbeit auch nicht weiter darauf eingegangen werden. [4]

A2 Frakturen nach AO [5]:

- Bei A2.1 kommt es zu einem radialen Metaphysenbruch ohne Gelenksbeteiligung. Die Fraktur ist nicht disloziert und kann impaktiert sein, allerdings ohne palmarer oder dorsaler Abkipfung.
- Ist der radiale Metaphysenbruch nach dorsal abgekippt, so klassifiziert man ihn als A2.2. Diese Fraktur wird auch Pouteau oder Colles genannt und ist an sich meistens stabil. Die Ulna kann hier auch betroffen sein.
- Ist der radiale Metaphysenbruch nach palmar abgekippt, so wird der Bruch als A2.3 klassifiziert. Diese Art der Fraktur wird auch Goyrand-Smith genannt und ist meistens stabil. Die Ulna kann ebenfalls betroffen sein.

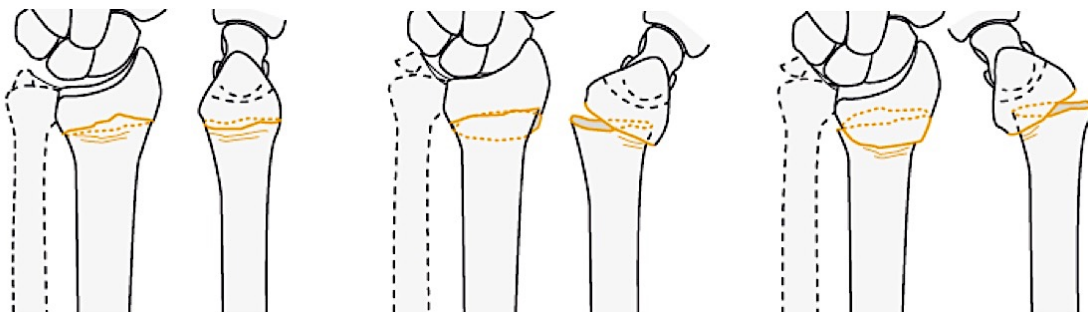


Abbildung 21: A2 Frakturen – links: A2.1, mittig: A2.2, rechts: A2.3 [5] © AO Foundation Switzerland

A3 Frakturen nach AO [6]:

- Bei A3.1 Frakturen kommt es zu einem impaktierten Bruch mit axialer Verkürzung.
- A3.2 Frakturen sind gewinkelt und haben ein Keilfragment.
- A3.3 Frakturen haben ein komplexes Frakturschema.

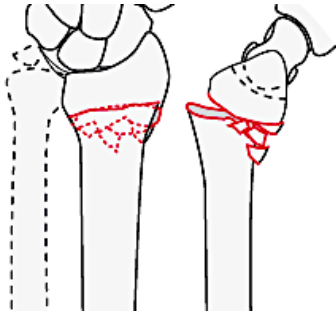


Abbildung 22: A3.2 Fraktur [6] © AO Foundation Switzerland

B1 Frakturen nach AO [7]:

- Bei B1.1 Frakturen ist die radiale, also laterale Seite des distalen Radius betroffen. Sie involvieren bereits teilweise die Gelenkfläche und sind mit einer hohen Rate an SL-Band Verletzungen assoziiert.
- B1.2 Frakturen involvieren ebenfalls die radiale / laterale Seite des distalen Radius, sind aber im Gegensatz zu B1.1 multifragmentär. Hier sollte besonders darauf geachtet werden, dass die Fraktur sich nicht bis an den palmaren Rand des distalen Radius zieht. Frakturen vom B1.2 Typ sind am besten im CT sichtbar, vor allem auch, weil hier SL-Band Rupturen gut erkannt werden können.
- Bei einer B1.3 Fraktur ist die ulnare Seite des distalen Radius betroffen. Auch diese Fraktur ist intraartikulär. Einige Frakturen betreffen das Radiokarpalgelenk (B1, B2) und andere das DRUG (B3).

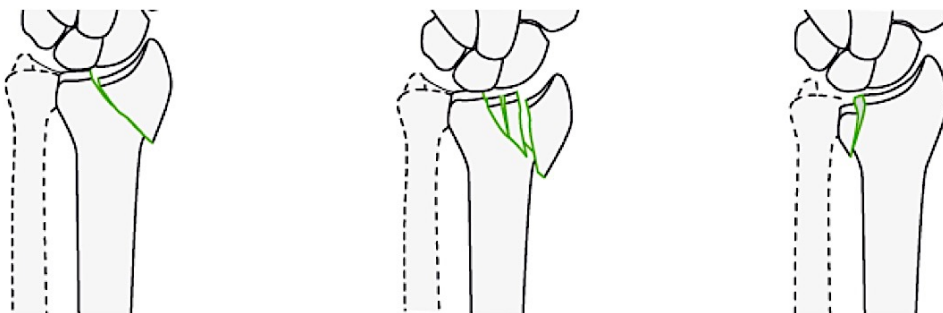


Abbildung 23: B1 Frakturen – links: B1.1, mittig: B1.2, rechts: B1.3 [7] © AO Foundation Switzerland

B2 Frakturen nach AO [8]:

- B2.1 Frakturen sind partiell intraartikulär und betreffen die dorsale Seite des distalen Radius, weshalb es zu einer Subluxation des Karpus kommen kann. Bruchfragmente sind oftmals klein und nahe der Dorsalseite des Radius, weshalb es zur Avulsion von Strecksehnen kommen kann. Diese B2.1 Frakturen können auch mit Verletzungen der Ulna assoziiert sein. Meistens mit einer Fraktur des Proc. styloideus ulnae.
- B2.2 Frakturen sind dadurch charakterisiert, dass sie partiell intraartikulär sind, die Dorsalseite des Radius betreffen und es zu einer Fraktur des Proc. styloideus radii kommt. Teilweise kommt es auch zu Verletzungen der Ulna, vor allem des Proc. styloideus ulnae. Diese Frakturen sind dringend behandlungsbedürftig, um eine radiokarpale Stabilität zu gewährleisten.
- Bei B2.3 Frakturen kommt es zu einer größeren Subluxation des Karpus, oftmals auch zu einer totalen Dislokation nach dorsal. Ansonsten sind sie ähnlich der B2.1 und B2.2 Verletzungen. Häufig sind hier auch die Weichteile verletzt. Neurovaskuläre Strukturen sind hierbei besonders gefährdet, vor allem der N. medianus. Aber auch die Ulna kann hier betroffen sein – hauptsächlich durch eine Fraktur des Proc. styloideus ulnae.

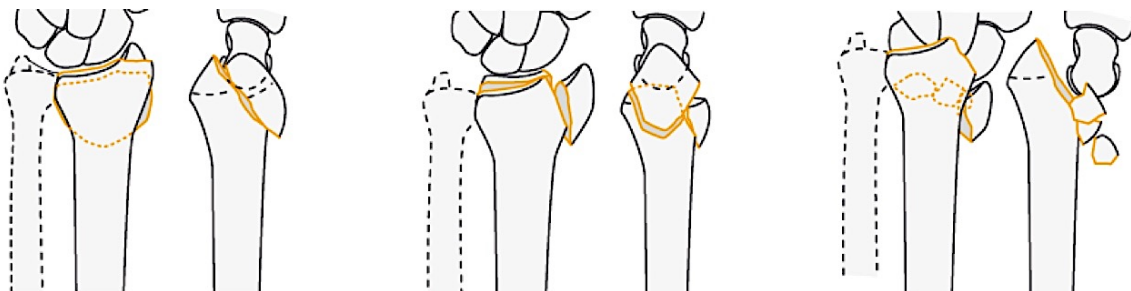


Abbildung 24: B2 Frakturen – links: B2.1 mit 1 Fragment, mittig: B2.2 mit 2 Fragmenten, rechts: B2.3 mit 2 Fragmenten sowie einer Dislokation (= Luxationsfraktur) [8] © AO Foundation Switzerland

B3 Frakturen nach AO [9]:

- B3.1 Frakturen sind partiell intraartikulär und umfassen ein kleines, palmarseitiges Fragment, welches Teil der Gelenkfläche ist. Auch die Ulna kann mitbetroffen sein.
- Frakturen vom Typ B3.2 betreffen die Frontalebene mit einem großen, palmaren Abbruchfragment, welches ebenfalls die Gelenkfläche partiell miteinschließt. Die Ulna ist meistens mit einem Bruch des Proc. styloideus ulnae mitbetroffen.
- Eine B3.3 Fraktur bedeutet eine multifragmentäre Fraktur der palmaren Seite des distalen Radius mit partieller Gelenkbeteiligung. Wie auch bei B3.1 und B3.2 kann die Ulna affektiert sein.

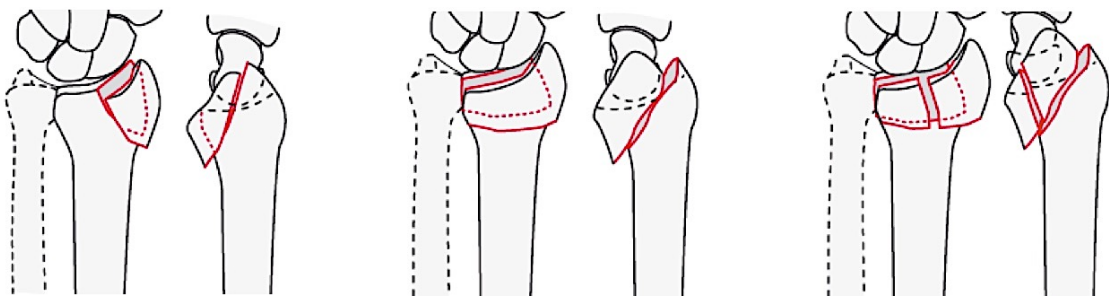


Abbildung 25: B3 Frakturen – links: B3.1, mittig: B3.2, rechts: B3.3 [9] © AO Foundation Switzerland

Nach AO-Klassifikation sind C-Frakturen komplett intraartikulär und metaphysär.

C1 Frakturen nach AO [10]:

- Bei C1.1 Frakturen gibt es ein großes dorsoulnares / posteromediales Fragment. Dieses Fragment ist Teil der Fossa lunata und der sigmoidalen Kerbe.
- Bei C1.2 Frakturen ist die Frakturlinie sagittal.
- Bei C1.3 Frakturen ist die Frakturlinie frontal durch den distalen Radius.

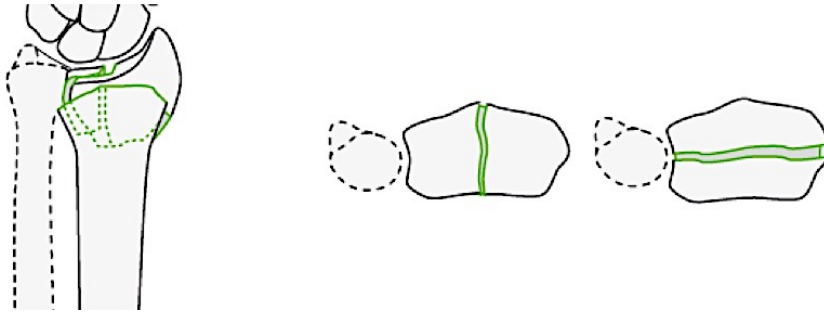


Abbildung 26: C1 Frakturen – links: C1.1, mittig: C1.2, rechts: C1.3 [10] © AO Foundation Switzerland

C2 Frakturen sind komplett intraartikulär mit einer einfachen intraartikulären Fraktur und einer multifragmentären metaphysären Komponente. Wie auch bei den anderen distalen Radiusfrakturtypen, kann auch hier die Ulna mit betroffen sein. Die intraartikuläre Komponente stellt sich meist als einzelne Frakturlinie in das Gelenk dar. Die Einteilung sieht wie folgt aus [11]:

- Bei C2.1 Frakturen gibt es ein großes dorsoulnares Fragment oder einen sagittalen Splitterbruch der Gelenkfläche zwischen dem Os scaphoideum und dem Os lunatum.
- Bei C2.2 Frakturen ist die Gelenkfläche in der Coronarebene gebrochen. Das Fragment kann dabei den dorsalen Rand der Fossa lunata und der sigmoidalen Kerbe bilden.
- C2.3 Frakturen haben eine ähnliche Morphologie wie C2.1 Frakturen, aber zusätzlich eine ausgeprägte, mehrfragmentäre, metaphysäre Fraktur.

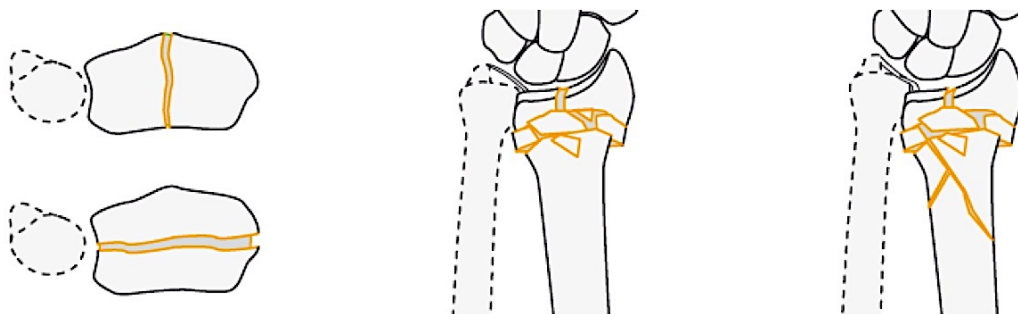


Abbildung 27: C2 Frakturen – links oben: C2.1, links unten: C2.2, mittig und rechts: C2.3 [11] © AO Foundation Switzerland

C3 Frakturen sind intraartikuläre, multifragmentäre Frakturen der Gelenksfläche und der radialen Metaphyse. Die Ulna kann ebenfalls frakturiert sein. [12]

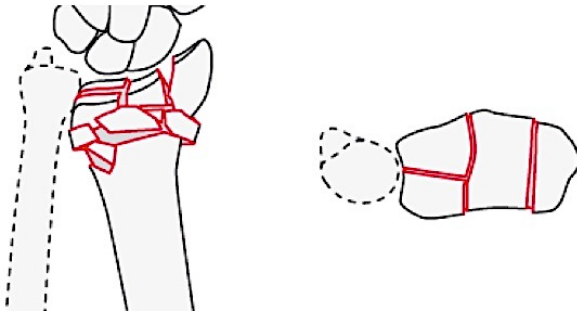


Abbildung 28: C3 Fraktur [12] © AO Foundation Switzerland

Statistisch gesehen sind 43% - 46% der distalen Radiusfrakturen extraartikulär. Bei diesen kommt es in etwa 40% der Fälle zu dorsalen Trümmerzonen (AO Typ A3). Etwa gleich häufig, nämlich zu 41% - 54%, treten intraartikuläre Frakturen auf. Frakturen vom AO Typ C2 und C3 treten häufiger auf als vom AO Typ C1 Frakturen. Auch das Ausmaß von Weichteilschäden nimmt mit der Frakturschwere zu. [47] [69] [143]

3.6. Therapie

In den Leitlinien über die distale Radiusfraktur von 2015 der AWMF wird ersichtlich, dass die Unterscheidung von stabilen bzw. instabilen Frakturen der Indikator für die Wahl des Behandlungsverfahrens ist. Instabilitätskriterien umfassen:

- „Abbruch einer beugeseitigen Gelenkklippe
- Dorsale und / oder palmare dislozierte Kantenfragmente
- Trümmerzonen mit relevanter Verkürzung des Radius
- Basisnaher Abbruch des Proc. styloideus ulnae und / oder dislozierte Trümmerfraktur
- Radio-ulnare Dissoziation
- Tendenz zur Redislokalisierung nach Reposition
- Dorsalkippung des peripheren Fragmentes $>20^\circ$ im lateralen Strahlengang
- Palmarkippung des peripheren Fragmentes $>20^\circ$
- Relative Ulnaverlängerung $>4\text{mm}$

- Radiale Inklination im a.p.-Strahlengang (Radiusgelenkwinkel normal ca. 25°) <10°, dorsaler und palmarer Frontalwinkel haben eine Differenz von 7°
- Radiusverkürzung“ [21]

Die Behandlungsziele einer Therapie umfassen vor allem eine knöchernen Konsolidierung der Fraktur, die anatomisch und biomechanisch korrekte Wiederherstellung alle Strukturen, die am Aufbau des Handgelenks beteiligt sind sowie die Wiederherstellung physiologischer Funktionalität wie Bewegung und Kraft. [21] [162]

3.6.1. Konservative Behandlung

Die konservative Behandlung der distalen Radiusfraktur des Erwachsenen ist seit über 20 Jahren zugunsten der Operation in den Hintergrund getreten. Indikationen nach AWMF umfassen:

- „Stabile extraartikuläre Frakturen
- Nicht oder gering dislozierte, intraartikuläre Frakturen
- lokale oder allgemeine Kontraindikation gegen die Operation, relative Indikationen
- Primär reponierbare und retinierbare Frakturen mit Instabilitätskriterien
- Ablehnung einer vorgeschlagenen Therapie
- Dislozierte distale osteoporotische Radiusfrakturen führen zu Impaktion und Fragmentierung, die die Stabilität nach der Reposition deutlich vermindern“ [21]

Die Frakturversorgung erfolgt nach der von Lorenz Böhler definierten Regel: Einrichten, Ruhigstellen und Beüben. Sie ist auch als *3R-Regel* bekannt: Reposition, Retention und Rehabilitation. [29]

Bei einfachen extraartikulären Frakturen erfolgt die Reposition im kontinuierlichen Aushang unter Bruchspaltanästhesie, Plexusanästhesie oder Narkose. Hierbei werden die Finger 1, 2 und 4 in Extensionshüllen (*Mädchenfänger*) gesteckt und für 2-5 Minuten mit einem Gegengewicht von 2-3 kg auf dem Oberarm

aufgehängt. Der Ellbogen wird dabei in 90° gebeugt und der Arm in der Schulter 90° abduziert. Bei der Extensionsfraktur erfolgt die Reposition mittels Palmarflexion, Ulnarabduktion, Pronation und Druck auf das distale Fragment von dorsoradial bzw. Gegendruck von palmar. Bei der Flexionsfraktur, die eigentlich in aller Regel operativ versorgt wird, erfolgt die Reposition entgegengesetzt. [21] [32] [76] [131] [163] [171]

Die konservative Behandlung erfolgt zunächst durch Ruhigstellung in einem gespaltenen Unterarmgips. Eine Gipsnachschaue sollte nach 24 Stunden erfolgen. Nach Schwellungsrückgang (etwa drei bis fünf Tage nach dem Trauma) kann der Gips zirkuliert werden. Hierzu wird der Gips über dem Radiusfragment und der Mittelhand in leichter Flexion und Ulnarabduktion bei Extensionsfrakturen bzw. in leichter Extension und Ulnarabduktion bei Flexionsfrakturen, anmodelliert. Der Gips sollte sämtliche Finger frei lassen, um einen Faustschluss zu ermöglichen. [21] [32] [161] [171]

Röntgenverlaufskontrollen sollten in regelmäßigen Abständen (nach 4-7 Tagen, 10-14 Tagen und 4-6 Wochen) erfolgen, da es zu Nervenkompressionen kommen kann und die sekundäre Dislokationsrate bzw. die Tendenz zum Repositionsverlust relativ hoch ist. Eine sekundäre Nachreposition sollte unterlassen werden, da die Rate an Complex Regional Pain Syndrom (CRPS) erhöht wird. [21] [32] [70] [187]

3.6.2. Operative Behandlung

Die operative Behandlung erfolgte noch bis in die 1990er Jahre vorwiegend konservativ oder minimalinvasiv mittels Bohrdrahtosteosynthese. Seit der Jahrtausendwende hat sich allerdings die Tendenz zu winkelstabilen Plattenosteosynthesen entwickelt, welche sowohl funktionell als auch radiologisch sehr gute Ergebnisse erzielen. [190]

3.6.2.1. Gedeckte Reposition, perkutane Bohrdrahtosteosynthese

Die Entwicklung von (Bohr-)Drähten zur Behandlung von Frakturen geht auf das Ende des 19. bzw. den Anfang des 20. Jahrhunderts zurück. Beteiligt daran waren vor allem die Chirurgen Steinmann, Codivilla, Becker von Hildesheim, Klapp und letztendlich Kirschner, dessen Forschung und Entwicklung später auch namensgebend wurde. [80] Im Verlauf wurden weitere Techniken entwickelt, die maßgeblich durch Kapandji verfeinert wurden: perkutane Einbringung von zwei bzw. drei Kirschnerdrähten in den Frakturspalt und Verankerung in der Gegenkortikalis. [84] [85]

Diese perkutane Bohrdrahtosteosynthese mittels gekreuzter Kirschnerdrähte in zwei Ebenen kommt bei metaphysären Extensionsfrakturen mit mehr als einem Instabilitätskriterium zum Tragen. Dies trifft nach der AO-Klassifikation bei A2 und A3 zu. Auch exakt reponierbare, intraartikuläre Extensionsfrakturen ohne ausgeprägte, dorsale, metaphysäre Trümmerzone (AO C1) können so versorgt werden. In Kombination mit Gips, kommt diese Methode auch heute noch bei Kindern vor. [36] [59]

Auch wenn intrafokales Pinning mittels Bohrdrähten vorteilhaft bei geringfügig dislozierten Frakturen bei jungen Patienten ist, ist die Methode nicht gleichermaßen effektiv wie andere Methoden was die Wiederherstellung der Radiushöhe oder Ulnavarianz betrifft. Dies trifft vor allem bei älteren Patienten zu. [34]

Nach erfolgreicher Reposition werden über eine Stichinzision über dem Proc. styloideus radii (an der Basis der Tabatière) transstyloidal Bohrdrähte in der Stärke 1,6mm bis 2mm eingebracht und in der Gegenkortikalis verankert. Eine weitere Möglichkeit stellt das Einbringen von Kirschnerdrähten in den Frakturspalt 45° zur Schaftachse dar, bei der sodann die Drähte intramedullär vorgehoben und in der Gegenkortikalis verankert werden. Die Austrittsstellen der Drähte liegen an der ulnaren Kante des Radius. Die Nachbehandlung umfasst das aktive Bewegen der Finger und des Handgelenks ohne Belastung nach Abschluss der Wundheilung. Durch dieses Verfahren ist der Arm bzw. die Hand wieder früh funktionell. [32] [33] [59] [73] [79] [187]

3.6.2.2. Direkte Fragment-Verschraubung

Kanülierte Schraubensysteme kommen eher nur in Ausnahmefällen bei AO B1 Frakturen und Chauffeurfrakturen zum Einsatz – fakultativ auch bei AO C1 und AO C2 Brüchen.

Über einen kurzen radialen Zugang auf Höhe des Proc. styloideus radii wird die kortikale Frakturlinie zwischen dem ersten und zweiten Strecksehnenfach dargestellt, offen reponiert und unter Bildwandlerkontrolle ein Draht eingebracht um die reponierten Fragmente kurzfristig zu fixieren. Bei stufenfreier Reposition, wird die Fraktur mit ein bis zwei Schrauben stabilisiert. Das Schraubengewinde sollte gemäß Zugschraubenprinzip möglichst auf beiden Seiten der Fraktur liegen, um eine effiziente Kompressionswirkung zu gewährleisten. Da eine isolierte Schraubenosteosynthese keine primäre Übungsstabilität aufweist, wird sie oftmals mittels Plattenosteosynthese kombiniert. [32] [115] [161]

3.6.2.3. Geschlossene Reposition, Fixateur externe

Der Fixateur externe wurde erstmals 1929 von Ombredanne bei Kindern beschrieben und fand erst nach der Weiterentwicklung durch Hoffmann in den 1950ern vermehrt Anwendung. Die vor allem noch in den 90-er Jahren breite Anwendung hat trotz guter Ergebnisse deutlich an Verbreitung verloren. Sie wurde bei fast allen instabilen, distalen Radiusfrakturen eingesetzt. Der Fixateur externe ist aktuell zumindest bei älteren Patienten mit instabilen distalen Radiusfrakturen eine gute Alternative zur winkelstabilen Plattenosteosynthese. [78] [134] [136] [166]

Ein Fixateur externe dient heute überwiegend der Primärversorgung von offenen Frakturen, die einen begleitenden Weichteilschaden, Trümmer- oder Luxationsfrakturen aufweisen. Auch eine komplexe Fraktur bei Mehrfachverletzungen oder Polytraumen stellen eine gute Indikation dar. Dies ist nach AO-Klassifikation bei C3 zutreffend. Das Repositionsverfahren im Fixateur externe zur Ligamentotaxis erfolgt über ein Doppelkugelgelenk des Fixateurs und führt zu einer zuverlässigen Frakturretention. Hier wird durch den Doppelkugelfixateur eine Anspannung der palmaren und dorsalen radiocarpalen Bänder erzeugt: Anspannung des Lig. radiolunatum und Lig. radioscapohcapitatum. Durch eine dorsolaterale

Stichinzision werden die Schanz-Schrauben des Fixateur externe proximal in den Radiuschaft und distal in den Metacarpale II gesetzt, gegebenenfalls mit zusätzlicher Kirschner-Draht- oder Schraubenosteosynthese und Spongiosaplastik. [32] [49] [71] [120] [161]

3.6.2.4. Offene Reposition

Ende des 19. Jahrhunderts erfolgten die ersten Versuche, Frakturen mit Platten und Schrauben zu versorgen. Viele Fragmente waren allerdings zu klein für eine suffiziente Schraubenverankerung und Binnenkräfte waren bei instabilen Frakturen mit einfachen Platten-Schrauben-Konstruktionen nicht zu neutralisieren. Es kam gehäuft zu sekundären Dislokationen, wobei man ursprünglich versucht hat, diese durch eine dorsale Unterfütterung mit Spongiosa- bzw. Knochenspan zu vermindern. Erst die Entwicklung von winkelstabilen Platten brachte wesentlich bessere Ergebnisse. [99] [105] [124] [189]

Die plattenosteosynthetische Versorgung der distalen Radiusfraktur orientiert sich dabei nach Winker & Rikli am 3-Säulen-Modell: „[...] die radiale Säule kann sowohl von dorsal als auch von palmar abgestützt werden; die intermediäre Säule ist der Schlüssel zum radiokarpalen Gelenk, [...]; dorsoulnares und palmar-ulnares Fragment sollen individuell angegangen werden; ein hyperextendiertes palmares Fragment sollte von palmar angegangen werden; stellt sich ein disloziertes dorsoulnares Fragment mit Ligamentotaxis nicht ein, wird es von dorsal angegangen.“ [203]

Bei der offenen Reposition gibt es zwei Zugangs-Möglichkeiten: einen palmaren und einen dorsalen Zugang. Bei Ersterem wird zwischen einem *ulnar-palmaren*, einem *klassischen* (Schnitt zwischen dem M. brachioradialis und radialeseitig der A. radialis) und einem *modifizierten* (Schnitt zwischen der Sehne des FCR und ulnarseitig der A. radialis) Zugang nach Henry unterschieden. Beim dorsalen Zugang wird zwischen dem 3. und 4. Strecksehnenfach eingegangen. [3]

3.6.2.4.1. Palmare Plattenosteosynthese

Seit den 1990er Jahren gewann die palmare Plattenosteosynthese, zunächst noch mit konventionellen Platten, an Bedeutung. Hierbei nutzte man das Zuggur-
tungsprinzip, indem Zugkräfte durch das Osteosynthesematerial aufgenommen
wurden und in Druckkräfte überführt wurden. Zu den klassischen Indikationen für
dieses Verfahren zählen Smith-Frakturen, Reversed Barton Frakturen oder AO
B2 und B3 Frakturen, fakultativ auch AO A3 und AO C1. [135] [140] Weitere Kri-
terien umfassen palmare Scherfrakturen, eine radiale Verkürzung um mehr als
3mm, einen Dorsalen-Kippwinkel über 10° oder eine intraartikuläre Stufenbildung
um mehr als 2mm. [34]

3.6.2.4.2. Dorsale Plattenosteosynthese

In den späten 1990er Jahren wurde zunehmend die dorsale Plattenosteosynthese
verwendet, um die Morbidität bei der externen Fixation zu minimieren. Allerdings
liegt hier die Zahl der Implantat-Komplikationen sowie der Verletzungen der EPL-
Sehne bedeutend höher. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der dorsa-
len Platte, konnten die Komplikationsraten gesenkt werden. [39] [155]

Gegenwärtige Indikationen umfassen vor allem kleinfragmentäre und dorsal ver-
lagerte Frakturen, dorsale Scherfrakturen oder Frakturen, die eine direkte Sicht
auf das Gelenk erfordern. Ebenso Frakturen, die mit anderen Karpalverletzungen
verbunden sind, wie z.B. proximale Os scaphoideum Frakturen. Dies trifft bei-
spielsweise auf die Barton-Fraktur oder die klassisch-instabile Colles-Fraktur zu.
Kontraindikationen sind eine schlechte dorsale Weichteilumhüllung oder Fraktu-
ren mit großen palmaren Fragmenten. [109]

3.6.2.4.3. Palmare, winkelstabile Platte

Die Methodik der winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese wird seit ca. 20
bis 25 Jahren verwendet und hat sich gegenüber der Kompressionsplatte durch-
gesetzt. Die palmare, winkelstabile Platte ist bei der häufigen Colles-Fraktur mit
dorsaler Instabilität einsetzbar. In der 1. Generation der Platten gab es noch hohe
Komplikationsraten von etwa 10% - 12% und dies erforderte daher eine

Weiterentwicklung der Operations-Technik und des Implantats. Mit der 2. Generation erhielten die palmaren Platten eine Winkelstabilität durch ein monoaxiales Schraubensystem. Bei der 3. Generation wurde das monoaxiale System durch ein polyaxiales Schraubensystem ersetzt. Mittlerweile existiert bereits die 4. Generation der palmaren Platte, die sich vor allem durch eine FPL-Sehnen-Aussparung im Plattendesign sowie eine noch größere anatomische Passgenauigkeit auszeichnet. [54] [99] [127] [138] [169] [170] [184] [194]

Diese Implantart kommt einem Fixateur externe gleich, indem sie die Fraktur überbrückt, anstatt sie zu schienen. Das Prinzip kann somit als *Fixateur interne* bezeichnet werden (Abbildung 29). Die winkelstabile Platte nimmt dabei die Kräfte aus der subchondralen Schicht der distalen Radiusgelenkfläche auf und leitet sie proximal der Fraktur wieder in den Radius, sodass Defektzonen lastfrei zur Ausheilung gebracht werden. Das Prinzip wird dabei durch das Gewinde im Schraubenkopf bzw. in der Platte selbst gewährleistet. Ein Abkippen oder axiales Abrutschen kann so vermieden werden, da die Schrauben in einem fixen Winkel bleiben. Die meisten palmaren Platten sind bereits anatomisch vorgeformt, lassen sich aber nachträglich noch etwas an den Knochen des Patienten anmodellieren. Durch polyaxiale Schraubensysteme sind im Schnitt Freiheitsgrade von $\pm 15^\circ$ möglich, wodurch die Gefahr einer Schraubenlage im Frakturspalt vermindert werden kann. [115] [161] [166] [203] [204]

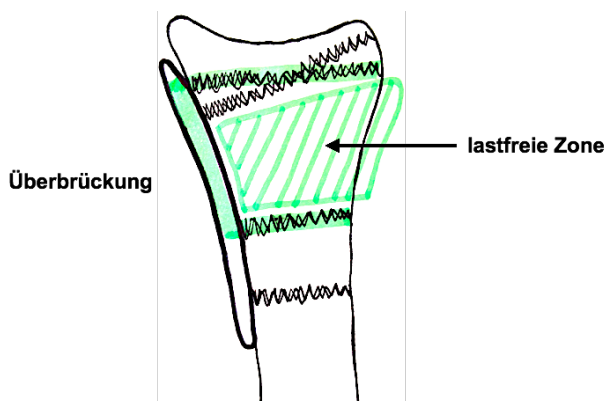


Abbildung 29: Prinzip des "Fixateur interne" (Eigendarstellung)

Vorteile der winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese umfassen beispielsweise den sicheren Schrauben- und Plattenhalt in osteoporotischen Knochen und die geringe Redislokationsrate im Vergleich zu nicht-winkelstabilen

Implantaten. Mit dieser Art der Plattenosteosynthese profitieren auch ältere Menschen, da sie früher mit einer postoperativen, frühfunktionellen Nachbehandlung anfangen können. Durch das Zusammenspiel der palmaren Rahmenplatte mit winkelstabilen, polyaxialen Schrauben erlangen Patienten schneller ihre Funktionalität im Handgelenk- und Armbereich, sie brauchen weniger Physiotherapieeinheiten und auch Schmerzen sind geringer als bei monoaxialen Schrauben- und Plattenkombinationen. [53] [137] [138] [194]

3.6.2.4.4. Dorsale, winkelstabile Platte

Diese Implantatart hat sich nach der Einführung kleinerer Plattensysteme im 2,0 bis 2,7mm Format oder in der Doppelplattentechnik deutlich erweitert. Sie kommt heute klassischerweise bei zentral-intraartikulären Fragmenten oder dorsalen Randfragmenten, die direkt reponiert werden müssen, zum Einsatz. Ebenso, wenn zusätzlich eine SL-Band Läsion vorliegt. Der operative Zugang erfolgt direkt auf das dorsale/ulnare oder radiale Kantenfragment. [174] [203] „Die dorsale Plattenlage bietet den Vorteil, dass die Platte als Abstützung der eigentlichen Dislokationsrichtung der Extensionsfraktur entgegen wirkt.“ [115]

Auch hier gibt es hohe Komplikationsraten, weshalb die Operations-Technik und subkutane EPL-Verlagerung weiter angepasst werden sollten: Das unebene Plattenlager erfordert häufig die Resektion des Tuberculum listeri und die enge Beziehung zwischen dem Implantat und den Strecksehnen bedingt das Risiko einer sekundären Sehnenruptur der EPL-Sehne. [115] [174] [203]

3.7. Komplikationen nach Therapie

Zu den häufigsten Komplikationen nach konservativer Therapie gehört die Verheilung in Fehlstellung (= Malunion) infolge von ungenügender Reposition. Diese sekundären Dislokationen entstehen meist innerhalb der ersten zwei Wochen, weil die Spongiosa-Impaktierung und dorsale Trümmerzone durch die Fraktur oft unterschätzt wird. Außerdem kann es in den ersten Tagen bzw. Wochen zu einer Sinterung kommen. Dies ist besonders bei Patienten mit Osteoporose der Fall. Etwa 64% aller konservativ behandelten Radiusfrakturen verheilen in

Fehlstellung. Bei geriatrischen Patienten kommt es bedingt durch Osteoporose sogar in bis zu 89% der Fälle zu einer Malunion.

Eine ebenso mögliche Komplikation stellt das komplexe regionale Schmerzsyndrom dar, welches durch einen zu engen Gips, häufige Nachrepositionen, schlechte Schmerzbekämpfung, unzureichende Ödemprophylaxe, Immobilisierung der Gelenke, Blutumlaufstörungen oder persönliche Disposition entsteht.

Erwähnenswert sind auch sekundäre Sehnenrupturen. In Dreiviertel dieser Fälle betrifft dies die FPL-Sehne, gefolgt von der EPL-Sehne.

Bei Sehnenscheidenentzündungen ist vor allem die Tendovaginitis stenisans de Quervain führend, welche den M. abductor pollicis longus und den M. extensor pollicis brevis betrifft.

Eine weitere häufige Komplikation stellt das Karpaltunnelsyndrom dar, welches ein Engpasssyndrom des N. medianus im Bereich der Handwurzel darstellt. [23] [32] [33] [123] [198]

4. Versorgungskonzept der palmaren Rahmenplatte bei distalen Radiusfrakturen am Universitätsklinikum Würzburg

4.1. Klinische Erstbeurteilung

Die klinische Erstbeurteilung erfolgt durch Anamnese und Untersuchung inklusive Funktionsprüfung des Handgelenks. Die Diagnose wird sodann durch Röntgenbilder in zwei Ebenen gesichert – gegebenenfalls durch zusätzliche CT-Bilder. Dies ist oft bei intraartikulären Frakturen zur Erfassung der relevanten Fragmente und Gelenkstufen empfehlenswert. Um eine einheitliche Diagnose zu gewährleisten, wird am Universitätsklinikum Würzburg die AO-Klassifikation herangezogen. Anhand der klinischen Erstbeurteilung wird die Indikationsstellung zur Versorgung mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese gestellt.

4.2. Operative Therapie

Die meisten dislozierten, distalen Radiusfrakturen werden operativ mittels offener Reposition und palmarer Plattenosteosynthese versorgt. Hierbei hat sich, abhängig von der Frakturart und Frakturmorphologie, die winkelstabile palmare Rahmenplatte der Firma Medartis zum Standard der Versorgung entwickelt. Dies lässt sich auch durch die steigende Fallzahl mit diesem Modell darstellen: Wurden im Jahr 2007 noch 27 Patienten mit diesem Plattenmodell versorgt, waren es im Jahr 2014 bereits 84 Patienten.

Operations-Indikation: Die palmare, winkelstabile Rahmenplatte wurde immer dann eingesetzt, wenn Kriterien der Instabilität und Dislokation erfüllt waren und Fragmente durch indirekte Techniken reponiert werden konnten.

Die nachfolgende Beschreibung des operativen Vorgehens am Universitätsklinikum Würzburg basiert auf Operations-Berichten der Studienpopulation.

4.2.1. Präoperative Vorbereitung

Standardmäßig erfolgt die Patientenaufklärung über Operationsrisiken sowie die Alternative der konservativen Behandlung.

Die Operationsplanung erfolgt anhand der Röntgenbilder bzw. CT-Bildes des Handgelenks nach den bereits erwähnten Instabilitätskriterien der AWMF Leitlinien. [21]

4.2.2. Operations-Technik der palmaren, winkelstabilen Plattenosteosynthese

Nach erfolgter Plexusanästhesie oder Allgemeinnarkose wird der Patient auf dem Rücken gelagert und der zu operierende Arm auf einen Armtisch ausgelagert, d.h. im Schultergelenk abduziert. Der Unterarm wird sodann in Supinationsstellung gelagert, wobei dem Handgelenk streckseitig eine Tuchrolle untergelagert wird, die später als Repositionshilfe dient. Als Infektionsprophylaxe erfolgt eine präoperative Antibiose.

Es folgt eine mehrfache Hautdesinfektion sowie das sterile Abdecken des Armes. Für die Blutleere wird der Arm mit einer Esmarch'schen Binde ausgewickelt und eine Blutsperre bis zu 300mmHg angelegt.

Die Operation erfolgt unter 4,3-facher Lupenvergrößerung zur exakten Darstellung der feinen Strukturen. Um den palmaren Ramus cutaneus des N. medianus sowie der A. radialis nicht zu verletzen, wird für den palmaren Zugang über der tastbaren Sehne des M. Flexor carpi radialis (FCR) eine gerade Hautinzision von ca. 4cm gesetzt. Eine Schnitt-Erweiterung nach distal (Technik nach Orbay) kann durch eine ausgeprägte Trümmerzone oder sehr distal gelegene Fragmente notwendig werden und wird bevorzugt gewinkelt nach radial gemacht, um eine postoperative Narbenproblematik über der Handgelenkbeugefalte zu vermeiden. [98] [138] [139]

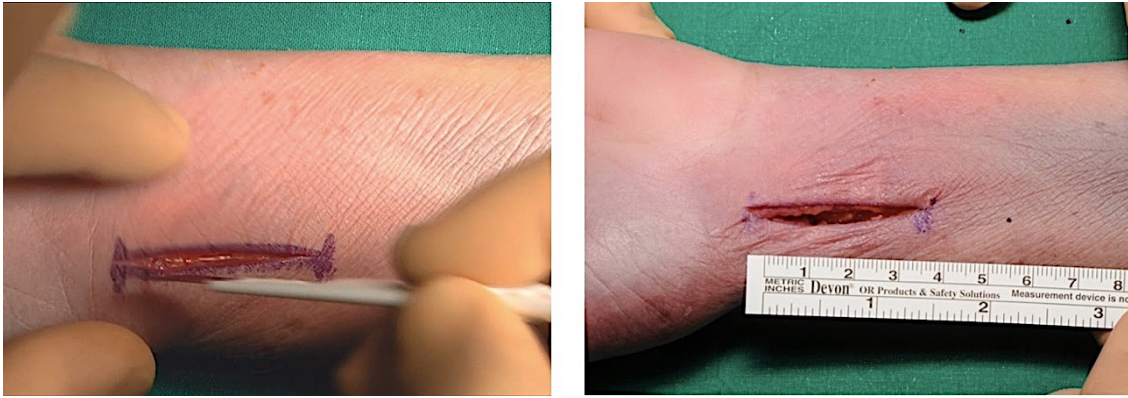


Abbildung 30: Palmarer Zugang der Plattenosteosynthese (Fotos aus vorliegender Studie)

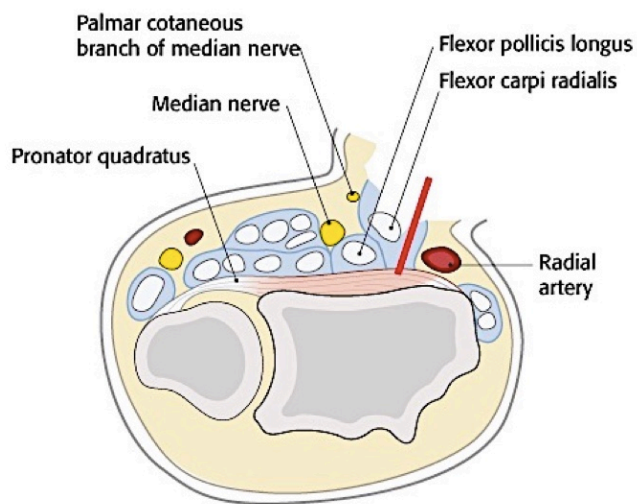


Abbildung 31: Unterarm im Querschnitt mit Pitfall des operativen Zugangsweges nach Henry (roter Strich) [14] © AO Foundation Switzerland

Radial der Sehne wird die Fascia antebrachii gespalten und am radialen Rand der Sehne des M. FCR eingegangen. Der M. Flexor pollicis longus (FPL) wird stumpf nach ulnar mobilisiert um auf den M. pronator quadratus zu kommen.

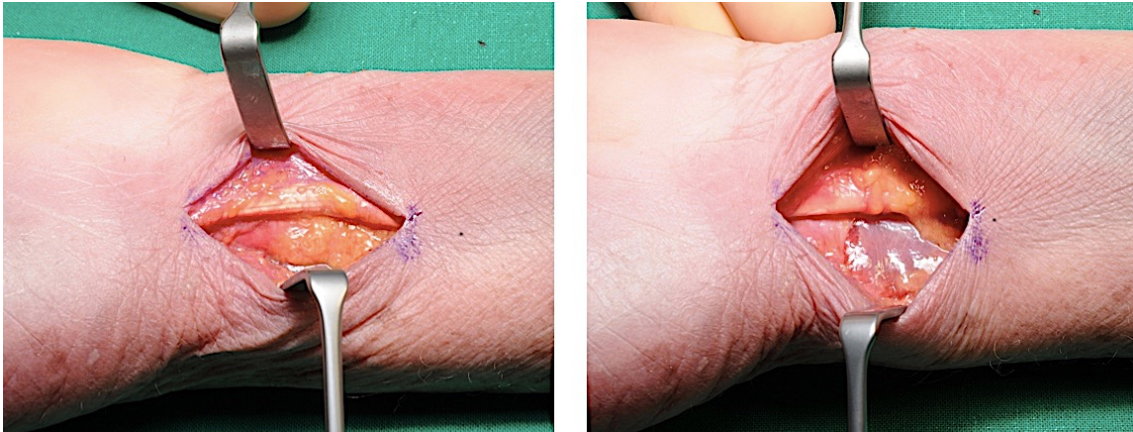


Abbildung 32: Schrittweise Präparation in die Tiefe. Links: Hautinzision und Darstellung des M. FCR. Rechts: Inzision und Mobilisation des M. FCR am radialen Rand. (Fotos aus vorliegender Studie)

Bei der radialeseitigen Schnittführung können durch Langenbeckhaken die Beugesehnen sowie der N. medianus nach ulnar gehalten werden, um den M. pronator quadratus sodann L-förmig oder T-förmig scharf abzusetzen. Die Faszie des M. pronator quadratus wird weit radialeseitig, am besten mit einem dünnen Streifen des Ansatzes der M. brachioradialis-Sehne mobilisiert, um später einen nahtfähigen Rand für die Naht zu erhalten. Oft ist der M. pronator quadratus quer zur Fraktur zerrissen. Er dient dann als Zugang, so dass nur noch T-förmig, radialeseitig abgesetzt werden muss.

Der M. pronator quadratus wird mit einem Raspatorium nach ulnar abgeschoben. Etwaige gelenknahe Fasern der palmaren Aponeurose werden längs gespalten.

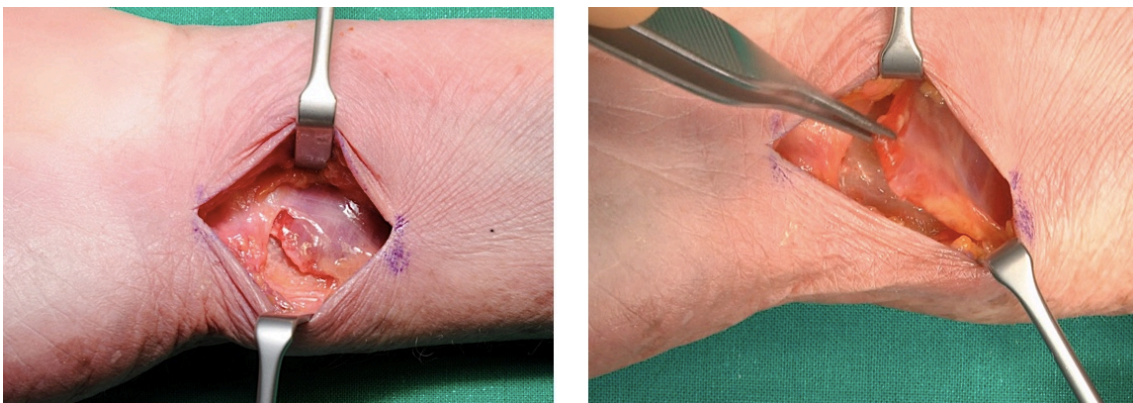


Abbildung 33: Darstellung des M. pronator quadratus. Links: scharfe, subperiostale Mobilisation des M. Pronator quadratus. Rechts: Tüflügelartige Mobilisation und Schaffung des Plattenlagers auf dem Radius. (Fotos aus vorliegender Studie)

Es folgt die Spülung des Operations-Situs, um Frakturränder und Fragmente sauber darstellen zu können und um Frakturhämatome ausspülen zu können.

Die manuelle Reposition erfolgt mittels Längszug in Kombination mit Fingerdruck von dorsal und palmarer Flexion (Ligamentotaxis) bzw. Hyperextension bei nach palmar dislozierten Frakturen. Oft reicht dieses einfache Manöver zur Reposition. Ein radialer Versatz des distalen Fragments muss exakt reponiert werden, um das DRUG anatomisch wiederherzustellen. Gelingt die Reposition von palmar nicht vollständig, so kann ein ergänzender, limitierter Zugang von dorsal nötig werden. Dies kann beispielsweise bei zentralen Impressionsfrakturen der Fall sein.

Nach erfolgreicher anatomischer Reposition wird die palmare, winkelstabile Rahmenplatte fixiert. Die Platte wird zentrisch über der Längsachse in Richtung der distalen Radiuskante (Watershedline) platziert. Wichtig ist, dass die Platte die Watershedline nicht überragt, um eine etwaige Schädigung oder Ruptur der FPL-Sehne zu vermeiden. Dies gelingt in der Regel bei guter Reposition des distalen Fragments.

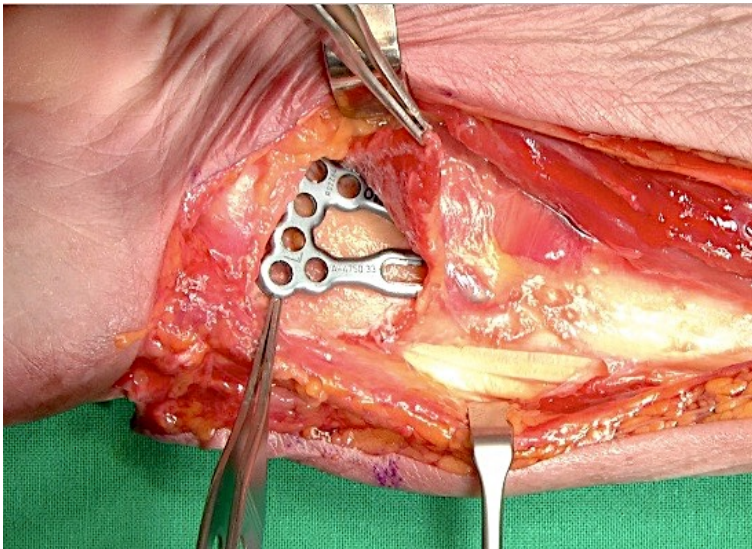


Abbildung 34: Implantation der winkelstabilen, palmaren Rahmenplatte unter Erhaltung des proximalen Teils des M. pronator quadratus (Foto aus vorliegender Studie)

Das ovalere Gleitloch im Schaftbereich wird als erstes besetzt, um kleine Korrekturen der Plattenlage vornehmen zu können. Die Bohrerführung erlaubt eine multidirektionale Anwendung in einem Winkelbereich von $\pm 15^\circ$, sodass eine winkelstabile Fixierung in den Rundlöchern der Platte erreicht wird. Mittels Tiefenmessgerät wird die korrekte Schraubenlänge bestimmt. Die Schrauben der distalen Reihe sollten stets 1mm bis 2mm kürzer gewählt werden, um dorsal nicht überzustehen. Die Platte muss besonders am distalen Fragment anatomisch, ohne Abstand anliegen. Die anschließende intraoperative Röntgenkontrolle dient zum Nachweis einer anatomischen Reposition und korrekten Plattenlage. Bei instabilen Fragmenten kann eine temporäre Stabilisierung mithilfe von Kirschnerdrähten vom Proc. styloideus radii oder der palmaren Lippe der Radiusfragmente perkutan notwendig sein.

Mittels TriLock-Schrauben kann die Platte nun sukzessiv, distal, subchondral fixiert werden. Hiermit wird eine hohe Stabilität der Frakturversorgung erreicht - selbst in osteoporotischen Knochen ist eine sichere Fixierung möglich.

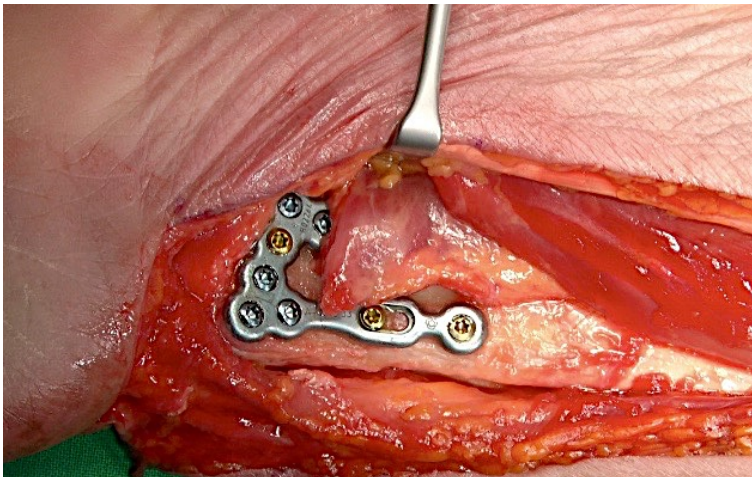


Abbildung 35: Verschraubung der winkelstabilen, palmaren Rahmenplatte: 1. Schraube im ovalen Gleitloch im Schaftbereich, 2. Schraube als Zugschraube (gold) zum engen Anziehen der Platte an das distale Fragment. Diese wird später gegen eine winkelstabile Verblockungsschraube (blau) getauscht. (Foto aus vorliegender Studie)

Es folgt eine erneute Röntgenkontrolle zur Bestätigung der extraartikulären Platten- und Schraubenlage, der korrekten Schraubenlänge sowie der Länge und Achse des distalen Radius, welche durch Pronation und Supination überprüft wird. An dieser Stelle wird eine Printdokumentation in a.p. und seitlich angelegt.



Abbildung 36: Röntgenbilder aus der vorliegenden Studie in 2 Ebenen mit korrekter Platten- und Schraubenlage (Bilder aus vorliegender Studie)

Es folgt eine erneute Spülung des Situs sowie die Abdeckung der Platte durch Rückvernähen des M. pronator quadratus.

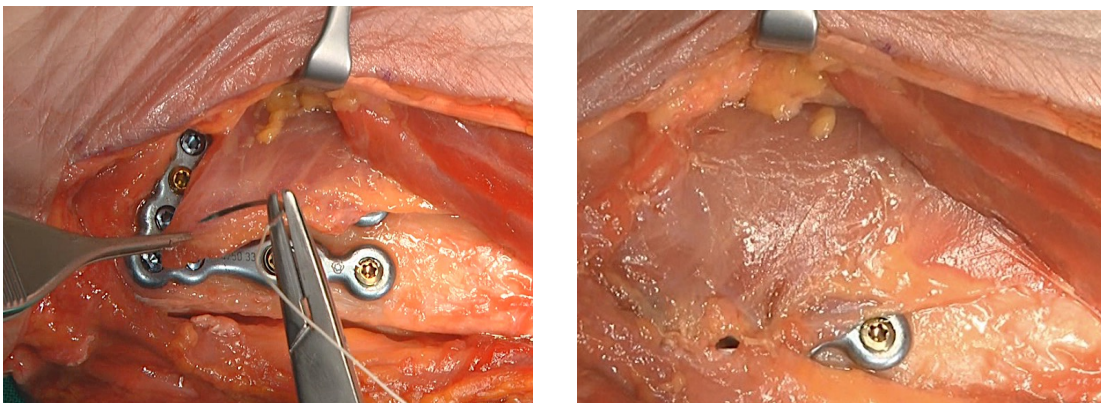


Abbildung 37: Links: Rückvernähen des M. pronator quadratus. Rechts: Vollständiger Verschluss durch den M. pronator quadratus. (Foto aus vorliegender Studie)

Einlegen einer Redondrainage. Über diese erfolgt der schichtweise Wundverschluss der Faszie, Unterhaut und Haut. Es folgt die Anlage eines sterilen Wundverbandes, eine elastische Wickelung sowie die Anlage einer Unterarm-Gipschiene in Funktionsstellung des Handgelenks. Die Blutsperre und die Redondrainage können nun geöffnet werden. Die Überprüfung der Rekapillarisation aller Finger ist obligat.

4.2.3. Nachbehandlung

Nach der Operation erfolgt eine Ruhigstellung mittels Gipsschiene zur Weichteilprotektion für vier bis fünf Tage. Der Gips dient dabei auch einer Schmerz- und Ödemprophylaxe. Danach erhält der Patient eine elastische Bandage für bis zu sechs Wochen. Dem Patienten wird empfohlen, den Arm in den ersten, postoperativen Tagen hochzulagern und zu kühlen.

Da die Fraktur durch die palmare Plattenosteosynthese übungs- und bewegungsstabil versorgt ist, besteht die Möglichkeit der aktiven und passiven Bewegung. Bei Bedarf wird Krankengymnastik rezeptiert.

Nach Herausziehen der Redondrainage (etwa 24 Stunden postoperativ) erfolgt eine Röntgenkontrolle in zwei Ebenen sowie regelmäßige Wundkontrolle und Verbandswechsel. Eine Entfernung des Hautnahtmaterials erfolgt um den 10. bis 14. postoperativen Tag.

Das Implantat kann in der Regel belassen werden, wenn radiologische Kriterien (wie z.B. die Soong-Klassifikation) erfüllt sind. Besteht ein distaler Plattenüberstand (Soong Klasse 2) empfehlen wir die Implantatentfernung nach vier bis sechs Monaten. Andere Gründe wären beispielsweise Infektionen im Plattenlager, Materialdislokationen, ein deutlicher Korrekturverlust, Schmerzen oder wenn Patienten dies wünschen. Ein Jahr postoperativ erfolgt immer eine Kontrolle.

5. Studiendesign

Die Gesamtstudie wurde nach Erteilung eines positiven Votums durch die Ethikkommission des Universitätsklinikums Würzburg durchgeführt. (Ethikantrags-Nr. 8/15 mit Antrag vom 05.01.2015, positives Ethikvotum 20.01.2015)

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine klinisch-konsequente und radiologisch-retrospektive Nachuntersuchung von Patienten mit distaler Radiusfraktur, die mittels palmarer, winkelstabiler Plattenosteosynthese (Aptus 2,5mm Rahmenplatte der Firma Medartis) versorgt wurden.

Ziel der Nachuntersuchung ist die Evaluation der Behandlungsergebnisse in Bezug auf objektive, klinische Kriterien (funktionelle und radiologische Evaluation anhand eines Nachuntersuchungsprotokolls), aber auch in Bezug auf subjektive Kriterien anhand eines standardisierten Fragebogens (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand = DASH Score). [67]

Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

- Die Versorgung mittels palmarer, winkelstabiler Aptus 2,5mm Rahmenplatte liefert gute funktionelle und radiologische Behandlungsergebnisse und eine geringe Komplikationsrate im Vergleich zu publizierten Daten anderer Behandlungsformen.
- Nach der Operation unterscheidet sich die Beweglichkeit zwischen der gesunden und operierten Seite nicht voneinander.
- Nach der Operation unterscheidet sich die Kraft zwischen der gesunden und operierten Seite nicht voneinander.
- Die prä- und postoperativen radiologischen Winkel unterscheiden sich nicht voneinander.

5.1. Material

Das Implantat (Aptus 2,5mm winkelstabile, palmare Rahmenplatte) wird von der Firma Medartis AG mit Firmensitz in Basel (Schweiz) hergestellt und vertrieben. Für die Untersuchung wurden keine finanziellen Mittel irgendeiner Art für diese Studie bezogen. Alle Untersuchungen wurden demnach völlig unabhängig vom Implantathersteller durchgeführt.

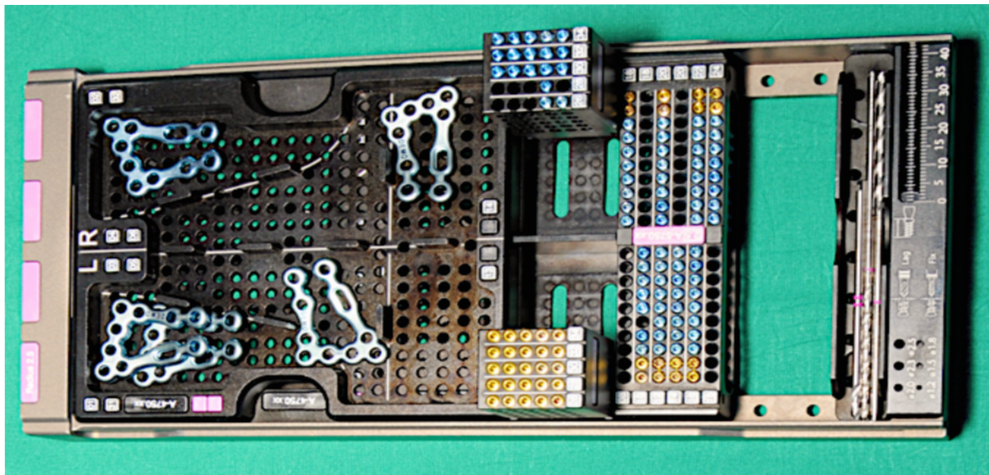


Abbildung 38: Standardmaterial für die palmare Plattenosteosynthese der Firma Medartis. Operations-Sieb mit Platten und Schrauben (blau = winkelstabil, gold = Zugschraube). (Foto aus vorliegender Studie)

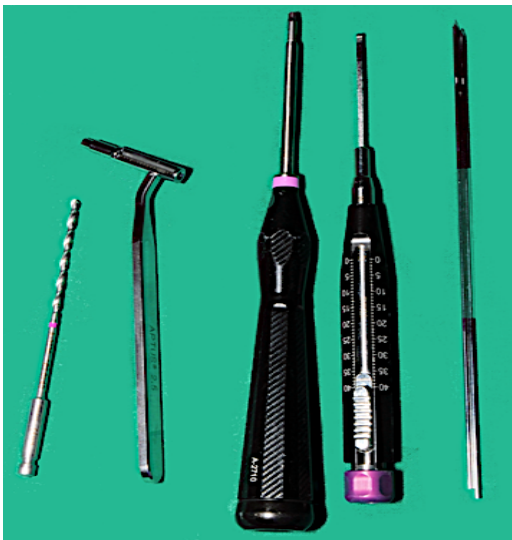


Abbildung 39: Standardmaterial für die palmare Plattenosteosynthese der Firma Medartis. Von links nach rechts: Bohrspitze 2,0mm für 2,5mm Loch, Bohrerführung zur Weichteilschonung 15° variabel, Schraubendreher, Tiefenmessgerät, Kirschnerdraht. (Fotos aus vorliegender Studie)

Die palmare Rahmenplatte von Medartis ist in zwei Breiten und zwei Längen verfügbar, je nach Größe des Knochens und Lokalisation der Fraktur passend für eine gering invasive Implantation. Das Rahmendesign - ursprünglich aus zwei L-Platten entstanden - erlaubt eine gute kortikale, proximale Verankerung und zeigt eine hohe Rotationsstabilität. Es wird zwischen einer rechten und einer linken Platte unterschieden, die sich den anatomischen Gegebenheiten am distalen Radius anpasst. Je nach Plattengröße gibt es zwischen 10 und 12 Löcher. Sowohl Kortikalis- als auch TriLock-Schrauben sind in einer Länge zwischen 8mm und 34mm erhältlich und haben einen Durchmesser von 2,0mm bzw. 2,5mm. [116] [117] [118]



Abbildung 40: Kurze Aptus 2,5mm palmare Rahmenplatte der Firma Medartis. Links: schmal mit einer Breite von 22mm, rechts: breit mit einer Breite von 26mm. (Foto aus vorliegender Studie)

Im Vergleich zu allen gängigen palmaren Platten anderer Hersteller und anderer Designs sehen wir folgende Vorteile bei diesem Implantat:

- niedriges Plattenprofil von 1,6mm mit TriLock polyaxialen Schrauben
- runde Schraubenspitzen sowie abgerundete Kanten und glatte Oberflächen für eine maximale Weichteilschonung und Vermeidung von Strecksehnenläsionen
- im Gegensatz zu anderen Schraubenkopfdesigns kann keine "Kaltverschweißung" entstehen und ebenso kein Überstand der Schrauben über den Plattenrand
- polyaxial in die Platte versenkbare Schraubenköpfe
- 2-reihige Besetzung mit sechs Schrauben im distalen Fragment für eine subchondrale Abstützung
- proximale Verschraubung in der Kortikalis mit zweireihiger Schraubenanordnung erlaubt hohe Stabilität trotz kurzem Plattendesign

- hohe Rotationsstabilität durch 2-schenkliges Schaftdesign
- freie Sicht auf die Fraktur während der Implantation
- Erhalt des M. pronator quadratus durch kurzes Plattendesign
- kompaktes Plattendesign für kurze Haut-/Unterhautinzisionen zur Implantation
- einfaches, individuelles Anmodellieren über Zangen möglich, falls erforderlich (sehr selten)
- mit einer Implantatlänge von 34mm ist die Platte um 11-25mm kürzer als alle vergleichbaren Platten anderer Hersteller [1] [180] [50] [94]

Die Platten und Schrauben von Medartis sind aus Titan (ASTM F67, ISO 5832-2) oder werden aus einer Titanlegierung (ASTM F136, ISO 5832-3) hergestellt. Das Material ist sehr gewebeverträglich, federt kaum zurück und ist dadurch ein sicheres und biokompatibles Material. Da es korrosionsbeständig ist und keine allergischen Reaktionen auslöst, kann es unbegrenzt lange im Körper verbleiben. Außerdem ist Titan im CT oder MRT sehr artefaktarm. [116]

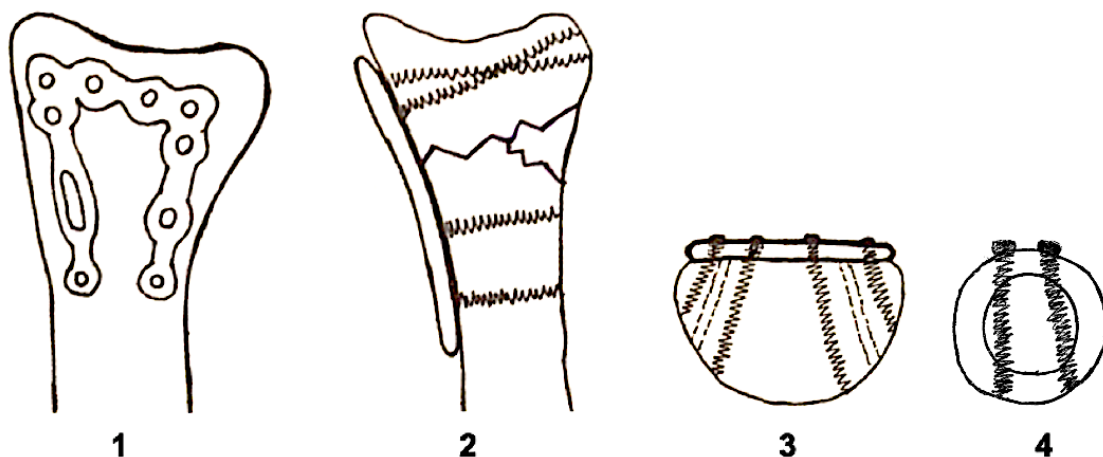


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Aptus 2,5mm palmaren Rahmenplatte. 1: a.p. Ansicht, 2: seitliche Ansicht, 3: distal, transversale Ansicht (metaphysär gelenknahe bis subchondral), 4: proximal, transversale Ansicht (diaphysärer Übergang). (Eigendarstellung)

Die verblockenden TriLock-Schrauben sind multidirektionale / polyaxiale, winkelstabile Schrauben, welche auch bei geringer Subchondraldicke eine hohe Stabilität aufweisen. Diese ergibt sich durch reibschlüssiges Verspannen des Schraubenkopfs im Plattenloch (sphärische Dreipunkt-Keilverblockung). Ein

Schwenkbereich von $\pm 15^\circ$ erlaubt einen stufenlosen Schwenkbereich und eine optimale Positionierung. Die TriLock-Platten-Schrauben-Verbindung ermöglicht eine Überbrückung instabiler Knochenzonen, da sie wie ein Fixateur interne wirkt. Da die Platte nicht zwingend dem Knochen vollständig aufliegen muss, wird eine bessere Durchblutung des Periosts gewährleistet. [116]

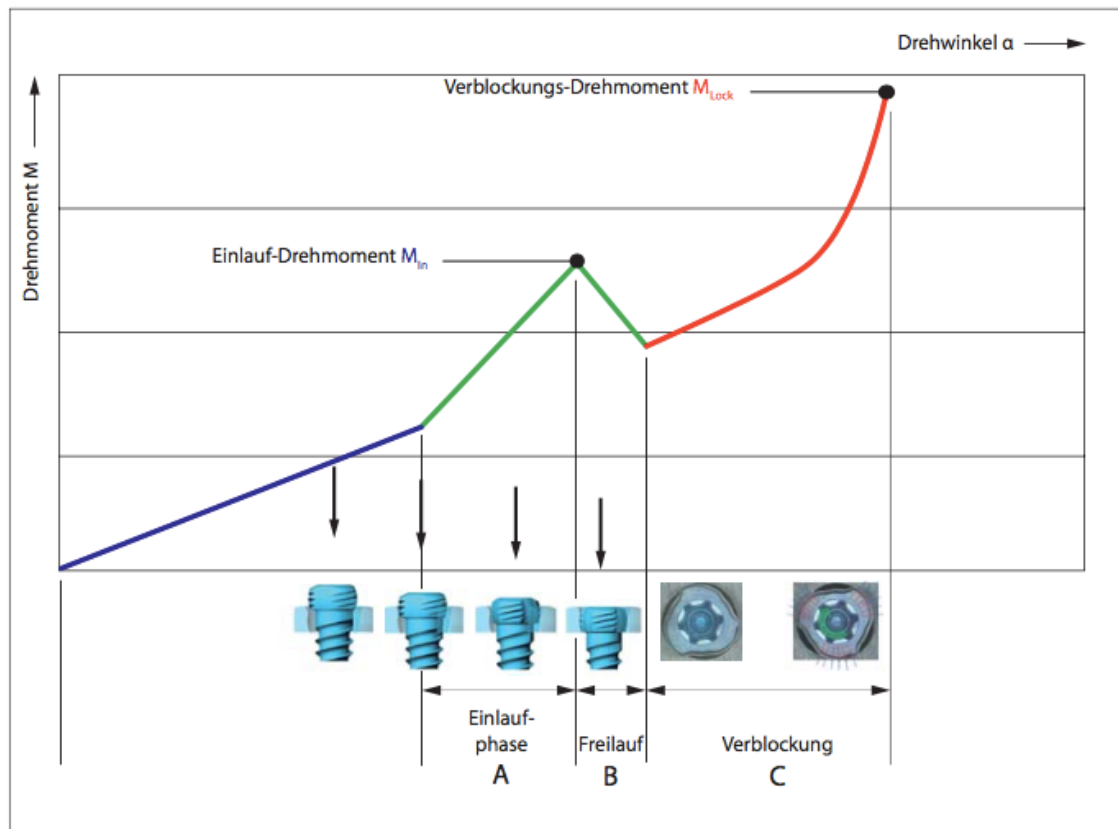


Abbildung 42: TriLock Verblockungstechnologie: Die Schraube wird durch das Plattenloch in den Knochen geschraubt, wobei eine Drehmomentzunahme spürbar wird, sobald der Schraubenkopf mit der Plattenoberfläche in Kontakt kommt (Einlaufphase, Bereich A). Anschließend folgt ein kurzer Drehmomentabfall (Freilauf, Bereich B). Erst nach diesen beiden Phasen erfolgt die reibschlüssige Verbindung zwischen Schraube und Platte (Verblockung, Bereich C). [118] © Medartis AG

Der Vorteil des gewählten Plattentyps liegt darin, dass er auch auf osteoporotischem Knochen sicher fixiert werden kann und eine gute anatomische Reposition in den meisten Fällen gelingt. Viele klinische und biomechanische Studien konnten aufzeigen, dass die anatomische Reposition von Vorteil für den Heilungsverlauf und die Funktionalität ist. Aufgrund der dezentralen Lage der proximalen Schrauben kann eine stabile Verankerung in der Kortikalis erfolgen. Somit ist der

lange Hebelarm entbehrlich. Das kurze Plattendesign erlaubt eine Schonung des M. pronator quadratus. [86] [91] [102] [111] [147] [173] [188]

Biomechanische Studien haben zudem gezeigt wie wichtig die korrekte Platzierung und Wahl der Schrauben ist: Nur so kann eine maximale Stabilität durch den subchondralen Knochen sowie die Gelenkfläche gewährleistet werden. Dabei haben polyaxiale Schrauben gegenüber herkömmlichen, monoaxialen den entscheidenden Vorteil eines flexiblen Winkels und somit besserer Fassbarkeit von Bruchfragmenten und Verankerung im Knochen. [53] [193]

5.2. Patientenkollektiv

Einschlusskriterien umfassten einen vordefinierten Zeitraum, den Frakturtyp und seine Primärversorgung sowie erwachsene Patienten aufgrund der geschlossenen Wachstumsfugen. Die Patienten-Identifizierung erfolgte mittels des Computerprogramms *SAP* anhand der Kriterien:

- Diagnose: Distale Radiusfraktur
- Versorgungszeitraum: 01.01.2012-31.12.2013

Eine weitere Selektion erfolgte anschließend manuell hinsichtlich der Versorgung bzw. Therapie mit den Parametern:

- Palmare Plattenosteosynthese
- winkelstabilen Aptus 2,5mm Rahmenplatte der Firma Medartis

Als Ausschlusskriterien wurden andere Plattentypen, Komplexverletzungen mit zusätzlicher Operation ipsilateral, Arthrodesen und Prothesen im Handgelenkbereich genommen, da diese vor allem die Beweglichkeit einschränken und die Ergebnisse deutlich verzerren würden.

Im Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2013 wurden am Universitätsklinikum Würzburg in der Poliklinik für Unfall-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie 153 distale Radiusfrakturen mit einer Medartis Aptus 2,5mm palmaren Rahmenplatte versorgt.

In der vorliegenden Studie wurden letztendlich 138 distale Radiusfrakturen im Zeitraum des 16.Juni 2015 bis zum 05.April 2016 nachuntersucht. Von diesen 138 Radiusfrakturen wurden 18 Patientinnen und Patienten nur telefonisch evaluiert, da sie sowohl einen Klinikbesuch als auch einen Hausbesuch ablehnten. Als Grund wurde angegeben, dass sie mit dem Operationsergebnis vollends zufrieden sind und keinerlei Beeinträchtigungen oder Beschwerden im Alltag haben. Sie sahen daher keine Veranlassung sich nochmals untersuchen zu lassen. Acht Patienten aus der ursprünglichen Population von 153 Radiusfrakturen verstarben unfallunabhängig vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt. Sieben Patienten wurden weder telefonisch noch auf dem Postweg erreicht.

5.3. Untersuchungsmethodik

Die Nachuntersuchung hatte folgende Schwerpunkte:

- Anamnese und Inspektion
- Messung von Bewegungsausmaß und Kraft
- Erhebung des subjektiven Wohlempfindens mittels DASH-Score [67]
- Röntgenbewertung prä- und postoperativ

Die Nachuntersuchungen wurden stets im Seitenvergleich durchgeführt, um Abweichungen zur Gegenseite festzustellen. Soweit nötig, wurden auch Informationen aus den Krankenblättern der Patienten ausgewertet.

5.3.1. Anamnese, Inspektion und Palpation

Die Anamnese, Inspektion und Palpation folgte einem festen Nachuntersuchungsprotokoll (siehe Anhang), um die erhobenen Daten miteinander vergleichbar machen zu können.

Bei der Palpation lag der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Druckschmerzhaftigkeit und möglichen Reizungen des N. medianus und der FPL-Sehne. Zur klinischen Überprüfung der FPL-Sehne wurde ein Anpresstest durchgeführt. Die FPL-Sehne wurde dabei an das Handgelenk gepresst und der Patient wurde gebeten seinen Daumen zu bewegen. Traten hierbei Schmerzen auf, so konnte

vermutet werden, dass die FPL-Sehne gereizt war. Der N. medianus wurde mittels des Hoffmann-Tinel-Tests überprüft. Durch Dorsalextension des Handgelenks des Patienten durch den Untersucher und Beklopfen des palmarseitigen Handgelenks etwa auf Höhe der Handgelenksbeugefalte wurde überprüft, ob der Patient ein elektrisierendes Gefühl im Versorgungsgebiet N. medianus verspürt. War dies der Fall, konnte es als Hinweis auf eine Reizbarkeit oder Überempfindlichkeit des N. medianus gewertet werden. [126]

5.3.2. Funktionalität und Stabilität nach Frakturheilung

5.3.2.1. Bewegungsumfang

Der Bewegungsumfang wurde nach der Neutral-Null-Methode mittels Winkelmesser gemessen, wobei folgende Bewegungen erfasst wurden:

- Pronation und Supination
- Dorsalextension und Palmarflexion jeweils als passive (d.h. bis zum Erreichen des Widerstandes mit dem anderen Handgelenk) und aktive (d.h. aus eigener Muskelkraft) Bewegung
- Radialabduktion und Ulnarabduktion

Die Untersuchungen wurden stets im Seitenvergleich durchgeführt.

5.3.2.2. Kraft

Die Grobkraft wurde mithilfe von drei Geräten gemessen, wobei jede Seite der oberen Extremität drei Mal gemessen und ein Mittelwert gebildet wurde.

Beim Pinch-O-Meter / Pinch-Gauge (*B&L Engineering, 1901 Carnegie Ave, Suite Q, Santa Ana, CA 92705*) wird der Fingerkuppen-Spitzgriff gemessen und in Kilogramm (kg) angegeben. Hierbei drückt der Patient das Gerät so fest wie er kann zwischen Daumen und Indexfinger zusammen. Das Gerät weist laut Herstellerangaben eine Genauigkeit von $\pm 1\%$ auf.

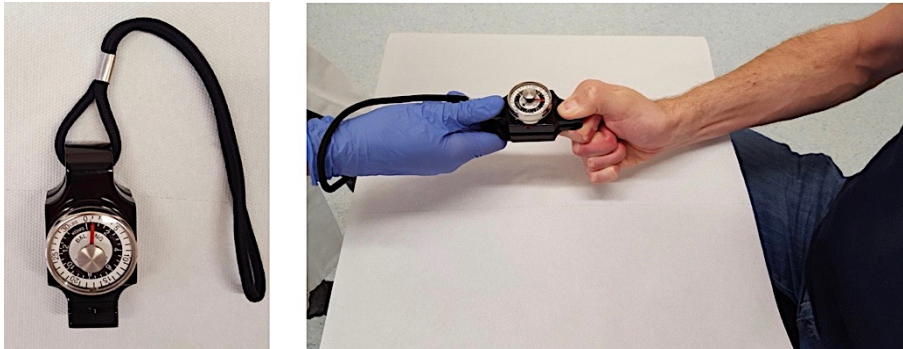


Abbildung 43: B&L Engineering Pinch-Gauge zur Überprüfung der FPL-Funktion (Fotos aus vorliegender Studie)

Beim Vigorimeter (*Gebrüder Martin GmbH & Co. KG, KLS Martin Group, KLS Martin Platz 1, 78532 Tuttlingen*) wird der Druck des Faustschlusses anhand von drei verschiedenen Ballgrößen gemessen. Hierbei muss der Patient den jeweiligen Ball mit der Faust zusammenpressen, wobei der Druck in Kilopascal (kPa) angegeben wird.

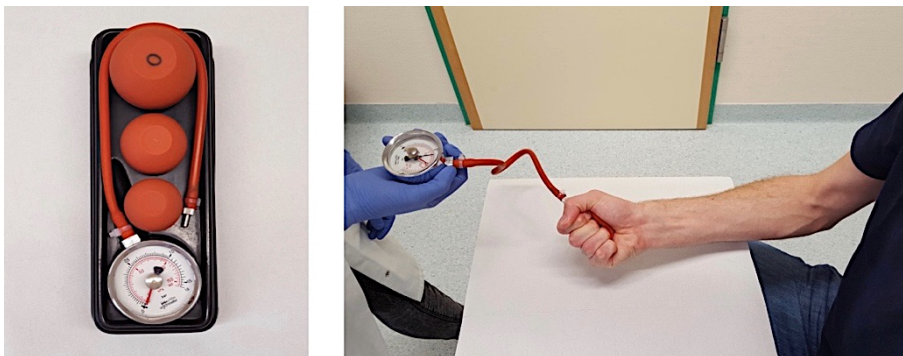


Abbildung 44: KLS Martin Vigorimeter zur Überprüfung der Fingerbeuger (Fotos aus vorliegender Studie)

Beim Dynamometer (B&L Engineering, 1901 Carnegie Ave, Suite Q, Santa Ana, CA 92705) wird die Kraft im Handgelenk gemessen und in Kilogramm (kg) angegeben. Bei dieser Kraftprüfung drückt der Patient so fest er kann gegen den Widerstand des Dynamometers und hält diesen Handgriff für etwa fünf Sekunden. Dabei dürfen keine weiteren Bewegungen unternommen werden, um die Kraft zu steigern.



Abbildung 45: B&L Engineering Dynamometer zur Überprüfung der Griffstärke (Fotos aus vorliegender Studie)

5.3.3. Traumascore nach Gartland & Werley

Der Traumascore nach Gartland & Werley [52] (siehe Anhang) fasst im Wesentlichen folgende Punkte zusammen:

- Deformitäten und Abkippen im Handgelenk
- subjektive Evaluation hinsichtlich Bewegungsumfang, Schmerz und Einschränkungen im Alltag
- objektive Evaluation im Sinne der Bewegungsumfänge
- Komplikationen im Sinne einer Arthrose

Es sind Werte zwischen 0 und 37 Punkten möglich, wobei 0-2 Punkte einem exzellenten Ergebnis, 3-8 Punkte einem guten Ergebnis, 9-20 Punkte einem befriedigenden Ergebnis und über 20 Punkte einem ungenügenden Ergebnis entsprechen. Dieser Traumascore wurde im Anschluss an die klinische Nachuntersuchung mit dem Patienten zusammen ausgefüllt.

5.3.4. DASH-Score

Zur Beurteilung der subjektiven Ergebnisse und Lebensqualität wurde der DASH-Score [67] (siehe Anhang) in der deutschen Fassung herangezogen. Hierbei gibt der Patient seine subjektive, aktuelle Einschätzung hinsichtlich seiner Fähigkeiten bei bestimmten Bewegungen im Alltag an. Der DASH-Score [67] umfasst dabei 38 Fragen in den Kategorien Funktion und Symptome, Musik und Sport sowie Beruf. Die Auswertung erfolgte gemäß den zugehörigen Richtlinien und ergibt Werte zwischen 0 und 100. Je niedriger der Gesamtpunktwert, desto besser

das Ergebnis. Anhand der Antwortmöglichkeiten im Fragebogen, wurden die Ergebnisse in gleicher Weise in fünf Gruppen eingeteilt, um eine bessere Vergleichbarkeit der Patienten zu ermöglichen:

- 0-20 Punkte: Keine Einschränkung in der Alltagsbewältigung
- >20-40 Punkte: Geringe Einschränkung in der Alltagsbewältigung
- >40-60 Punkte: Mäßige Einschränkung in der Alltagsbewältigung
- >60-80 Punkte: Erhebliche Einschränkung in der Alltagsbewältigung
- >80-100 Punkte: Maximale Einschränkung in der Alltagsbewältigung

5.3.5. Radiologische Dokumentation

Für die radiologische Bewertung wurden präoperative (Erströntgenbilder vor Reposition) und postoperative Röntgenaufnahmen (aktuellste Bilder nach palmarer Plattenosteosynthese) in 2 Ebenen herangezogen. Folgende Details wurden vergleichend berücksichtigt:

- Physiologische Winkel (*Böhler Winkel*): Radiusbasiswinkel und Dorso-Palmarer-Kippwinkel
- Radiale und dorsale Verschiebung der Frakturen: Radiushöhe und Ulnarvarianz

Anhand der präoperativen Aufnahmen wurde die Fraktur zusätzlich nach AO klassifiziert. Aus Strahlenschutzgründen wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf weitere Röntgenbilder verzichtet.

5.4. Statistische Auswertung / Datenanalyse

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine deskriptive klinische Forschungsarbeit. Für die statistische Analyse und Auswertung wurden die Programme *Microsoft Excel 2013* und *SPSS* in der Version 23.0.0.2 verwendet. Die Daten wurden in anonymisierter Form gespeichert. Des Weiteren fanden statistische Beratungsgespräche durch Mitarbeiter des Lehrstuhls für klinische Epidemiologie und Biometrie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg am 29.06.2016 und 29.11.2016 statt.

Als Lagemaß wurde das arithmetische Mittel, als Streuungsmaß die Standardabweichung verwendet. Die Standardabweichung gilt dabei als Maß für die individuelle Abweichung vom Mittelwert.

Normalverteilungen wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft.

Lag eine Normalverteilung vor, so wurden Signifikanzen mit dem T-Test für verbundene Stichproben ermittelt, um beispielsweise Vergleiche zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk einer Person zu untersuchen.

Lag keine Normalverteilung vor, so wurde der Wilcoxon-Rangsummentest zur Ermittlung von Unterschieden und Signifikanzen herangezogen.

Wurden gemessene Werte mit Normwerten verglichen, so wurde der Mann-Whitney U-Test für unabhängige Stichproben herangezogen (z.B. bei den Kraftmessungen).

Korrelationen wurden entweder mit dem Pearson-Korrelationskoeffizient ausgedrückt, wenn die Daten normalverteilt waren, oder mit dem Spearman-Korrelationskoeffizient, wenn die Daten nicht normalverteilt waren.

Signifikant galten p-Werte von $<0,05$. War der p-Wert kleiner als $0,05$, so wurde die Nullhypothese verworfen und ein Zusammenhang zwischen präoperativen Beobachtungen und dem postoperativen Ergebnis bzw. zwischen der gesunden und der operierten Seite konnte festgestellt werden. Andernfalls wurde festgestellt, dass die beobachteten Abweichungen auch durch zufällige Variabilitäten erklärt werden können und somit keine statistische Evidenz für den Zusammenhang zwischen den prä- und postoperativen Ergebnissen oder zwischen der gesunden und der operierten Seite besteht.

Bei einigen Werten wurde geprüft, ob sie untereinander korrelieren und ob die Korrelation signifikant war. Hier galt ebenfalls ein p-Wert $<0,05$ als statistisch signifikant.

6. Ergebnisse

6.1. Studienpopulation

Die Studienpopulation (n = 138) setzte sich aus 98 Frauen (72%) und 39 Männern (28%) zusammen. Ein Mann erlitt beidseits eine distale Radiusfraktur. Er wird als zwei Frakturen gezählt, womit sich die Studienpopulation von 138 Frakturen an 137 Patienten ergibt. Das mittlere Alter zum Unfallzeitpunkt lag bei $57 \pm 20,3$ Jahren. Getrennt nach Geschlechtern, ist ersichtlich, dass Frauen (64 Jahre) im Schnitt um 22 Jahre älter waren, als Männer (42 Jahre).

Zur besseren Darstellung wurde die Studienpopulation graphisch nach Geschlecht und Altersgruppe eingeteilt. Bei den bis 60-Jährigen waren 40 Frauen und 31 Männer betroffen. Bei den über 60-Jährigen waren es 58 Frauen und 7 Männer. Prozentuell ist die Altersverteilung getrennt nach Geschlecht in der nachfolgenden Abbildung 46 dargestellt.

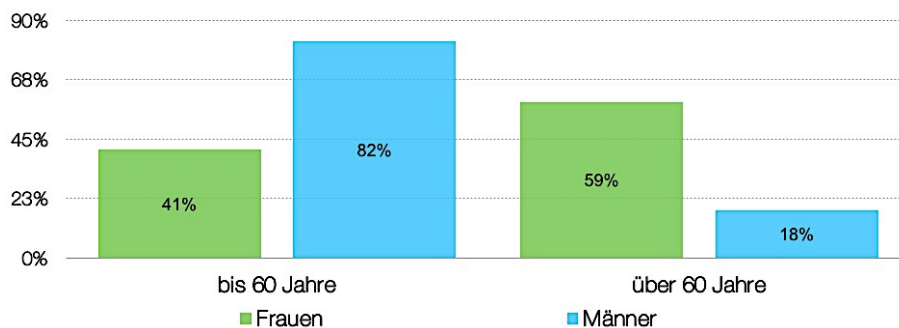


Abbildung 46: Geschlechtsverteilung der Studienpatienten nach Alter

Die Patienten wurden im Mittel nach 31 Monaten nachuntersucht. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum lag bei 17 Monaten, der längste bei 46 Monaten.

6.2. Fraktur- und Operations-Rohdaten

Die Häufigkeit der Frakturseite lag für den rechten distalen Radius bei 43% und für den linken distalen Radius bei 57%. Die Hauptgebrauchshand bzw. Händigkeit war bei 86% der Patienten die rechte Hand, bei 5% die linke Hand. Bei den restlichen 9% der Studienpopulation wurde keine Angabe gemacht.

Von den befragten bzw. nachuntersuchten Rechtshändern, haben sich 42% auf der rechten Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen und 58% auf der linken Seite. Von den befragten bzw. nachuntersuchten Linkshändern haben sich 43% auf der linken Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen und 57% auf der rechten Seite. Die nicht-dominante Hand war also im Schnitt etwas häufiger verletzt, als die Führungshand.

Mit dem exakten Test nach Fisher wurde die Unabhängigkeit zwischen den Variablen Händigkeit und Frakturseite geprüft. Die Unabhängigkeit zwischen den beiden Merkmalen Händigkeit und Frakturseite war in der vorliegenden Studie mit einem p-Wert von 0,464 gegeben, d.h. die verschiedenen Kombinationen von Händigkeit und Frakturseite treten nicht überproportional häufig gemeinsam auf. Es ist also nicht entscheidend, welche Händigkeit ein Patient aufweist und auf welcher Seite er sich sodann eine distale Radiusfraktur zuzieht.

Als Unfallursache (Abbildung 47) wurde bei fast 43% der Patienten ein Freizeitunfall angegeben. Hier waren Stürze generell (z.B. durch Glatteis oder Stolpern) führend. 32% der Patienten zogen sich die Fraktur im Haushalt zu (z.B. Sturz über die Treppe, Sturz über den Teppich, etc.). 12% der Studienpopulation erlitten die distale Radiusfraktur im Rahmen ihres Berufes bzw. bei der Arbeit (z.B. Sturz aus der Höhe, auf dem Arbeitsweg etc.). 8% der Patienten verletzten sich beim Sport (d.h. mit tatsächlicher Sportausrüstung) und immerhin 5% im Rahmen eines motorisierten Verkehrsgeschehens (z.B. Auto- bzw. Motorradunfälle oder Polytraumen).

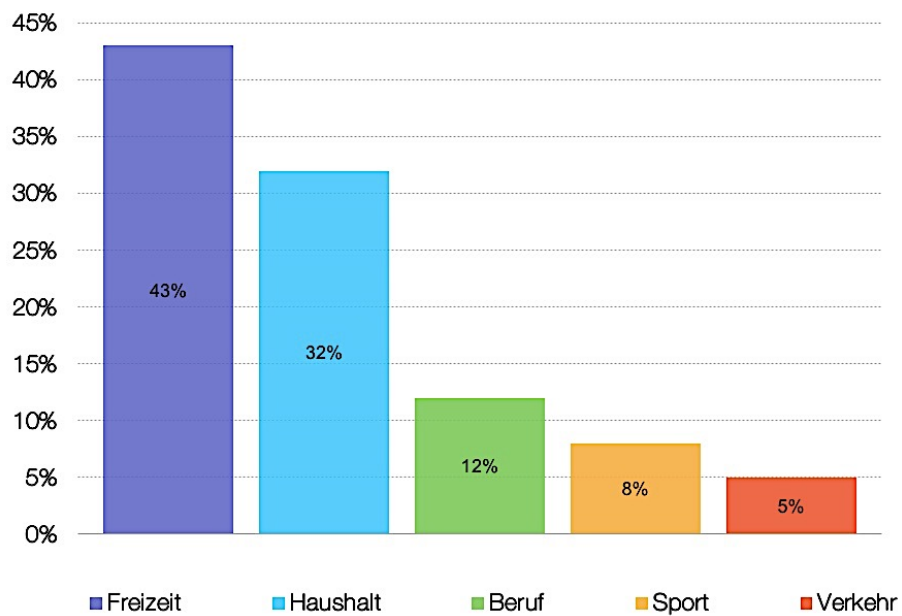


Abbildung 47: Unfallhergangshäufigkeiten der Studienpatienten

Betrachtet man nun die Unfallart und das Alter, so fällt auf, dass Patienten bis 29 Jahre vor allem Freizeitunfälle (in 47% der Fälle) erlitten. Bei den 30- bis 65-jährigen waren ebenfalls Freizeitunfälle mit 42% der Fälle führend. Über 65-jährige Patienten verletzten sich am häufigsten im Haushalt (49% der Fälle), wobei Freizeitunfälle (44% der Fälle) dicht danach kamen.

Die Frakturformen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt und zur besseren Übersicht gruppiert. Die Häufigkeitsverteilung stellt sich wie folgt dar:

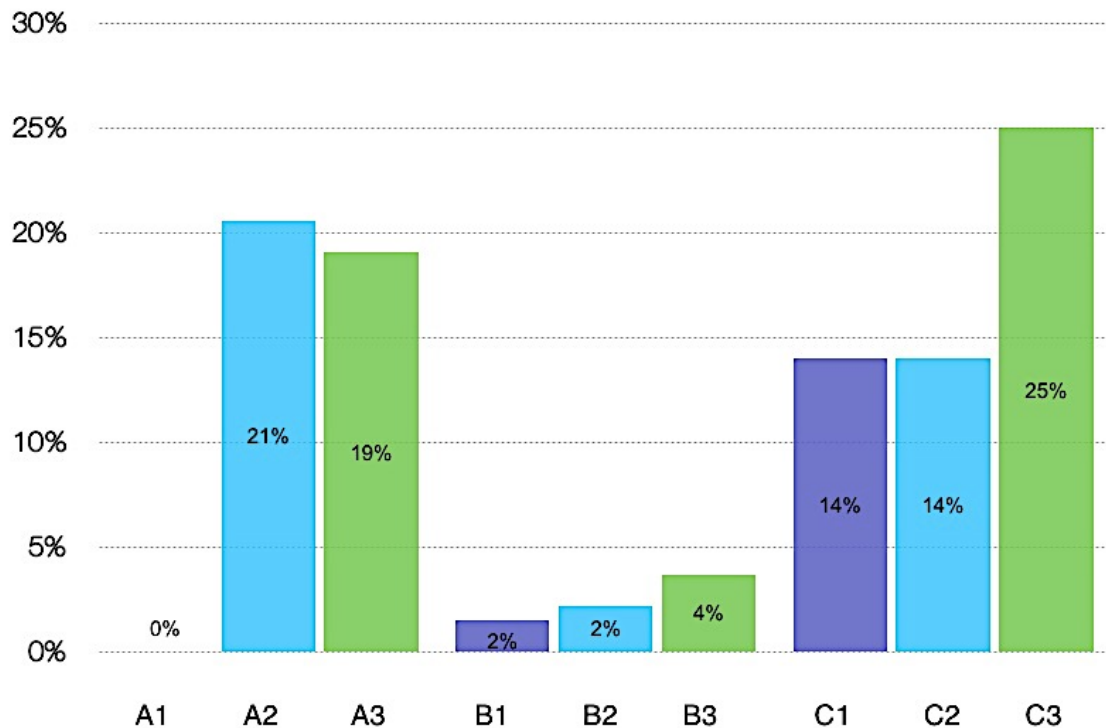


Abbildung 48: Frakturverteilung nach AO-Klassifikation der Studienpopulation

Die drei häufigsten Frakturformen waren in absteigender Reihenfolge C3, A2 und A3. Am seltensten kamen generell B-Frakturen vor.

Bei der Frakturart gab es 114 Patienten mit einer Colles-Fraktur (85%), 15 Patienten mit einer Smith-Fraktur (11%), drei Patienten mit einer reversed-Barton-Fraktur (2%) und zwei Patienten mit einer Chauffeur-Fraktur (<2%). Bei den übrigen vier Patienten der Studienpopulation gab es keine präoperativen Röntgenbilder, die eine Klassifikation der Frakturart zugelassen hätten, da die Frakturen nicht im Universitätsklinikum Würzburg reponiert wurden, auch wenn sie hier operativ versorgt wurden.

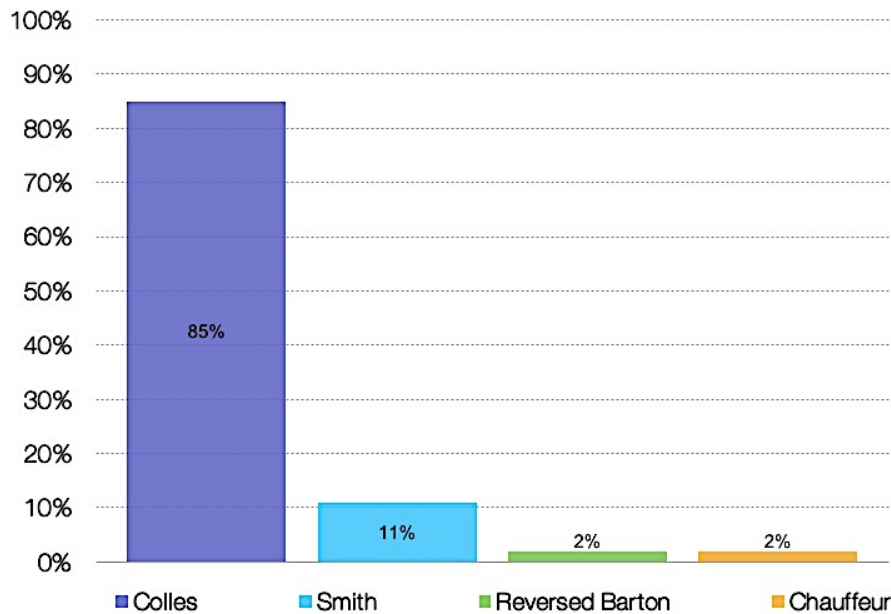


Abbildung 49: Frakturarten-Verteilung in der Studienpopulation

Von den versorgten distalen Radiusfrakturen wurde bei 73 Patienten (53%) der M. pronator quadratus vollständig rückvernäht. Bei weiteren 21 Patienten (15%) gelang eine teilweise Rückvernähung und bei 30 Patienten (22%) wurde der Muskel nicht über der Platte verschlossen. Bei 14 Patienten (10%) wurden im Operations-Bericht keine Angaben darüber gemacht.

Bei zwei Patienten wurde eine Revision durchgeführt. Bei dem einen Fall wurde der M. pronator quadratus nicht rückvernäht - bei dem anderen Fall ist dies aus dem Operations-Bericht nicht ersichtlich. Bekannt ist allerdings, dass in beiden Fällen eine Implantatfehlage (intraartikuläre Schraubenlage bzw. Lysesaum) ausschlaggebend für die Revision waren.

6.3. Postoperative Begleiterscheinungen

Zu den postoperativen Begleiterscheinungen wurden die Patienten untersucht und/oder befragt. Von den 138 nachuntersuchten Patienten konnten bei manchen Patienten nicht immer alle Angaben gemacht werden, da sie nur telefonisch interviewt wurden.

Beim FPL-Sehnen-Anpresstest gaben 117 Patienten (98%) keine Schmerzen an. Drei Patienten gaben leichte Schmerzen an, sprachen aber von keinerlei Beeinträchtigung im alltäglichen Leben. Auch radiologisch wiesen keine der drei Patienten eine Implantatfehlage auf, die zu einer irritierten FPL-Sehne hätte führen können. Bei 18 Patienten fehlt dieser Wert, weil sie nur über den Nachuntersuchungsbogen nachuntersucht worden sind.

Bei 116 Patienten (97%) konnte durch den Hoffmann-Tinel-Test keine Reizung des N. medianus festgestellt werden. Vier Patienten gaben ein leichtes Kribbelgefühl über dem Narbenbereich an. 18 Patienten wurden nur über den Nachuntersuchungsbogen nachuntersucht.

Die Narbenverhältnisse waren bei 135 Patienten (98%) reizlos, die Narbe war gut verschieblich und es lagen weder Rötungen noch Schwellungen vor. Bei einem Patienten konnte eine leichte Reizung bei der Verschieblichkeitsprüfung festgestellt werden. Bei zwei Patienten war die Narbe dezent gerötet im Vergleich zum umliegenden Hautkolorit. Die Narbenlänge betrug im Mittel 47 ± 9 mm (Minimum 25mm, Maximum 92mm) und liegt damit im Durchschnitt 10mm über der gesamten Implantatlänge.

Anamnestisch wurden Vorschädigungen der frakturierten Seite erfragt. 108 Patienten (80%) gaben an, keinerlei Vorschädigungen gehabt zu haben. 20% gaben Vorschäden an: Handgelenksbrüche (7%, zehn Patienten), sonstige Brüche im Finger-/Hand-/Armbereich (7%, neun Patienten), Arthrose (6%, acht Patienten) und Sehnenverletzungen (<1%, ein Patient). Diese Angaben waren rein subjektiv und konnten nicht mittels Operationsberichten o.ä. verifiziert werden.

67 Patienten erlitten eine isolierte, distale Radiusfraktur. Das entspricht 49%. Bei 71 Patienten kam es zu Begleitverletzungen, welche im häufigsten Fall (44%, 61 Patienten) eine Fraktur des PSU darstellte. Acht Patienten erlitten eine Fraktur der distalen Ulna (6%) und drei Patienten luxierten sich die Ulna (2%). Bei zwei Patienten kam es zu einer behandlungsbedürftigen Verletzung des TFCC (1%). Bei fünf Patienten lag eine zusätzliche Os Scaphoideum-Fraktur (4%) vor. Das SL-Ligament rupturierte bei drei Patienten (2%), das LT-Ligament rupturierte bei

einem Patienten (<1%). Kein Patient erlitt bis zum Ende des Nachuntersuchungszeitraumes eine FPL- oder EPL-Sehnenruptur.

Ferner wurden Patienten befragt, ob es in den ersten Wochen postoperativ zu Auffälligkeiten im Heilungsverlauf kam. Bei einem Patienten (<1%) kam es zu einer gesicherten Infektion. Ein Patient (<1%) gab an, postoperativ ein CRPS entwickelt zu haben, das auch so in der Patientenakte vermerkt wurde. Gesamt gesehen berichteten 129 Patienten (98%) keinerlei Auffälligkeiten im Heilungsverlauf bemerkt zu haben.

Des Weiteren wurden die Patienten nach ihrem momentanen Befinden befragt. 78% gaben zum Untersuchungszeitpunkt an, keinerlei Probleme zu haben. 15% berichteten von kurzzeitigen Problemen bzw. Schmerzen im Handgelenksbereich nach starker Belastung oder sportlicher Betätigung, welche aber nach Beendigung der Belastung innerhalb von Minuten wieder verschwinden. 5% verspüren eine subjektive Kraftminderung, was sich bei der funktionellen Kraftüberprüfung aber nicht objektivieren ließ. 2% berichteten von einem zeitweisen Gefühl der Steifigkeit im Handgelenksbereich. 1% berichteten von gelegentlichen Parästhesien i.S. eines Kribbelgefühls. Ebenso wurde über ein Fremdkörpergefühl im Handgelenksbereich berichtet. Ein Patient (<1%) gab Wetterfühligkeit an. Kein Patient hatte das Gefühl von fehlender Feinmotorik.

Alle bisher aufgeführten, subjektiven, postoperativen Begleiterscheinungen wurden zwar teilweise als störend aufgefasst, schränkten die Patienten jedoch nicht in ihrem alltäglichen Leben ein. Dies konnte durch die Bewegungsprüfungen und Kraftprüfungen nochmals objektiv bestätigt werden. Sie können auch nicht direkt dem beschriebenen Operationsverfahren der distalen Radiusfraktur zugeschrieben werden, da sie generell bei Handgelenks- oder Handgelenksnahen Verletzungen auftreten und nicht nur typisch für die Versorgung einer distalen Radiusfraktur sind.

Bei zwei Patienten wurde eine Implantatfehlage i.S. einer intraartikulären Schraubenlage festgestellt. Bei ihnen musste eine Revision durchgeführt werden, die sich komplikationslos durchführen ließ. Bei beiden Patienten wurde das

Implantat später letztendlich sogar entfernt: einmal auf Patientenwunsch und einmal aufgrund von Schmerzen im Handgelenksbereich. Die Schmerzen der einen Patientin treten nach wie vor unter starker Belastung des Handgelenks auf. Das Handgelenk des anderen Patienten ist mittlerweile völlig beschwerdefrei.

Außerdem kam es zu einigen Implantatentfernungen (Abbildung 50): acht Patienten gaben als Hauptgrund dafür ein Fremdkörpergefühl an, sechs Patienten eine subjektive Bewegungseinschränkung und drei Patienten Schmerzen. Bei weiteren drei Patienten war der Hauptgrund der Entfernung die prominente Implantatlage, bei zwei Patienten kam es zu einem Lysesaum beim Implantat. Neun Patienten konnten keinen spezifischen Grund für die Implantatentfernung angeben. 22% der Patienten entschieden sich gesamt gesehen für eine Entfernung des Osteosynthesematerials.

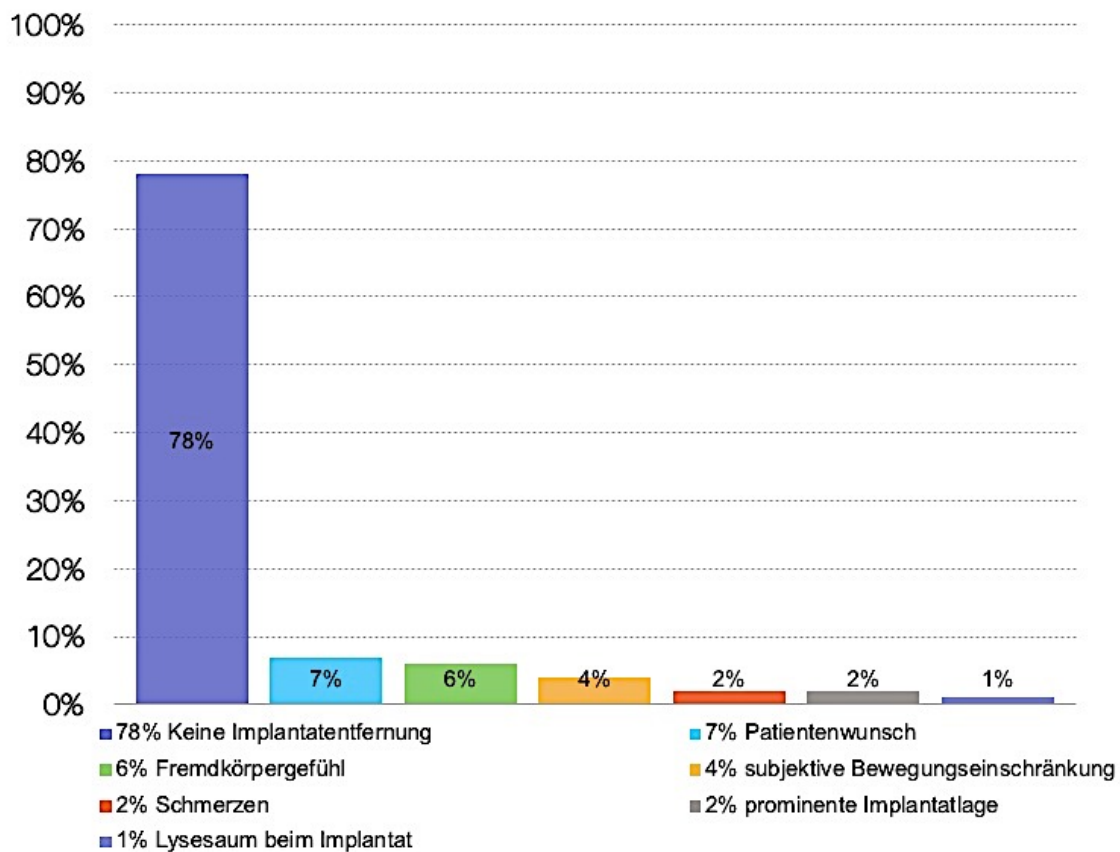


Abbildung 50: Gründe für eine Implantatentfernung aus der vorliegenden Studie

6.4. Funktionelle Ergebnisse

6.4.1. Bewegungsumfänge

Es wurden 118 distale Radiusfrakturen nachuntersucht und von zwei Patienten lagen externe Untersuchungsergebnisse vor. Bei 18 Patienten wurden keine exakten Werte erhoben, da sie nur über das Telefon befragt wurden. Bei ihnen lagen auch keine externen Untersuchungsergebnisse vor, die Aufschluss über exakte postoperative Bewegungsumfänge geben hätten können. Die telefonisch befragten Patienten gaben allerdings an, mit dem operierten Handgelenk keine Unterschiede zum gesunden erkennen zu können.

Bei den Bewegungsumfängen wurden die erzielten Werte (operiertes Handgelenk und nicht-operiertes Handgelenk) mit Normwerten und den als *physiologisch* definierten Werten nach Gartland & Werley [52] verglichen. Schafften Patienten mit dem operierten Handgelenk mindestens 90% des Bewegungsumfanges zur gesunden Seite, wurde die Bewegung nachfolgend als *seitengleich* angegeben.

6.4.1.1. Supination und Pronation

Als Norm für die Supinations- und Pronationsbewegung gilt in der Fachliteratur ein Wert von 90°. [20] Im Gartland & Werley Score [52], der in der vorliegenden Studie angewendet wurde, gelten Supinationsbewegungen und Pronationsbewegungen als physiologisch, wenn sie über 50° betragen.

	operiertes Handgelenk		gesundes Handgelenk	
	Supination	Pronation	Supination	Pronation
Mittelwert	89,0	89,4	89,0	89,2
Maximum	90,0	90,0	90,0	90,0
Minimum	60,0	75,0	60,0	65,0
SD	4,3	2,5	4,6	3,5

Tabelle 1: Supination und Pronation der Studienpopulation (n=120)

Von den nachuntersuchten Handgelenken, konnten alle Patienten physiologische Werte erlangen. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: p-Wert Supination = 0,661, p-Wert Pronation = 0,580. Mehr als 99% der nachuntersuchten Patienten erreichten eine seitengleiche Supination. Bei der Pronation schafften 98% der Patienten eine seitengleiche Bewegung.

6.4.1.2. Dorsalextension passiv und Dorsalextension aktiv

Als Norm für die Dorsalextension (DE) findet sich in der Fachliteratur ein Richtwert von 60°. [20] Im Gartland & Werley Score [52] gilt die Dorsalextension als physiologisch, wenn eine Bewegung von über 45° möglich ist.

	operiertes Handgelenk		gesundes Handgelenk	
	DE passiv	DE aktiv	DE passiv	DE aktiv
Mittelwert	80,3	63,1	79,6	63,4
Maximum	104,0	92,0	100,0	100,0
Minimum	44,0	30,0	44,0	5,0
SD	12,0	12,5	12,0	14,9

Tabelle 2: Dorsalextension passiv und aktiv der Studienpopulation (n=120)

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: p-Wert passive DE = 0,348, p-Wert aktive DE = 0,771.

Von den nachuntersuchten Patienten, wiesen 99% auf der operierten Seite eine physiologische passive Dorsalextension auf und 92% der Patienten eine physiologische aktive Dorsalextension. Auf der gesunden Seite konnten im Vergleich dazu 99% der Nachuntersuchten eine physiologische passive Dorsalextension ausführen und 88% der Nachuntersuchten eine physiologische aktive Dorsalextension.

Bei der passiven Dorsalextension schafften 90% der nachuntersuchten Patienten eine seitengleiche Bewegung. Auch bei der aktiven Dorsalextension schafften immerhin noch 78% der Patienten eine seitengleiche Bewegung.

6.4.1.3. Palmarflexion passiv und Palmarflexion aktiv

Die Norm für die Palmarflexion (PF) liegt der Fachliteratur bei 60° - 80°. [20] Gartland & Werley [52] definieren einen physiologischen Wert für die Palmarflexion bei über 30°.

	operiertes Handgelenk		gesundes Handgelenk	
	PF passiv	PF aktiv	PF passiv	PF aktiv
Mittelwert	68,6	63,3	72,1	66,3
Maximum	100,0	89,0	110,0	98,0
Minimum	3,0	24,0	3,0	24,0
SD	16,5	11,9	19,2	13,2

Tabelle 3: Palmarflexion passiv und aktiv der Studienpopulation (n=120)

Es ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: p-Wert passive PF = 0,004, p-Wert aktive PF = 0,001.

Von den nachuntersuchten Patienten wiesen jeweils 99% auf der operierten Seite eine physiologische passive und aktive Palmarflexion auf. Auf der gesunden Seite konnten im Vergleich dazu 97% der Nachuntersuchten eine physiologische passive Palmarflexion ausführen und 98% eine physiologische aktive Palmarflexion.

71% der nachuntersuchten Patienten erreichten eine seitengleich passive Palmarflexion und 70% eine seitengleiche aktive Palmarflexion.

6.4.1.4. Radialabduktion und Ulnarabduktion

Für die Radialabduktion lassen sich in der Literatur Normwerte zwischen 25° und 30° finden - für die Ulnarabduktion Normwerte zwischen 30° und 40°. [20] Nach

Gartland & Werley [52] liegt eine physiologische Radial- bzw. Ulnarabduktion vor, wenn die Bewegung über 15° beträgt.

	operiertes Handgelenk		gesundes Handgelenk	
	Radialabduktion	Ulnarabduktion	Radialabduktion	Ulnarabduktion
Mittelwert	25,0	38,0	26,6	39,6
Maximum	50,0	63,0	50,0	63,0
Minimum	2,0	10,0	4,0	12,0
SD	9,0	11,2	9,7	9,8

Tabelle 4: Radialabduktion und Ulnarabduktion der Studienpopulation (n=120)

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: p-Wert Radialabduktion = 0,051, p-Wert Ulnarabduktion = 0,099.

Nach Gartland und Werley [52], konnten von den untersuchten Patienten auf der operierten Seite 89% eine physiologische Radialabduktion ausführen. Auf der gesunden Seite konnten 91% der Patienten eine physiologische Radialabduktion ausführen.

Bei der Ulnarabduktion konnten 95% der Nachuntersuchten eine physiologische Bewegung mit ihrer operierten Seite ausführen. 99% der Patienten konnten dies mit ihrer gesunden Seite.

58% der Nachuntersuchten erreichten eine seitengleiche Radialabduktion und 66% der Patienten schafften eine seitengleiche Ulnarabduktion.

6.4.1.5. Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand und Fingernagel-Tisch-Abstand

Der Faustschluss und die Fingerstreckung wurden mit dem Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand (FKHA) und dem Fingernagel-Tisch-Abstand (FNNTA) untersucht.

Ein vollständiger Faustschluss konnte von 91% (113 Patienten) auf der operierten Seite erreicht werden. Im Vergleich dazu, war es 93% der Patienten auf der gesunden Seite möglich, einen vollständigen Faustschluss zu erbringen. Bei 9% (11 Patienten) kam es auf der operierten Seite zu einem unvollständigen

Faustschluss bzw. bei 7% auf der gesunden Seite. Bei 14 Patienten können keine Angaben gemacht werden.

Die vollständige Finger-/Handstreckung war für 89% (110 Patienten) auf der operierten Seite möglich und für 85% auf der gesunden Seite. Im Vergleich dazu, konnten nur 11% der Nachuntersuchten ihre Finger auf der operierten Seite nicht vollständig durchstrecken und 15% auf der nicht-operierten Seite. Bei 14 Patienten können dazu keine Angaben gemacht werden.

Gesamt gesehen konnten durch das gewählte Operationsverfahren und die palmare Rahmenplatte im Mittel Normwerte in Bezug auf den Bewegungsumfang erreicht werden. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewegungsumfängen der operierten und der gesunden Seite.

6.4.2. Kraftmessungen

Bei den Kraftmessungen wurden die Mittelwerte samt Standardabweichungen sowie die Minima und Maxima getrennt nach Geschlecht untersucht, um keine Verzerrungen zu erhalten, da Männer tendenziell kräftiger sind als Frauen.

Des Weiteren wurde untersucht, ob die operierte Seite wenigstens 90% der Kraft im Vergleich zur nicht-operierten Seite erbringen kann. War dies der Fall, so wird im Nachfolgenden die Kraft der operierten Seiten als "seitengleich" zur nicht-operierten Seite bezeichnet.

Um eine aussagekräftigere Darstellung zu erbringen wurden Kontingenztabellen erstellt, die die Händigkeit und Frakturseite gegenüberstellen. Beispiel: ein Rechtshänder erleidet eine distale Radiusfraktur auf der linken Seite. Die Kraft seiner linken Seite war vermutlich bereits vor der distalen Radiusfraktur nicht gleich seiner rechten Seite, da er ja Rechtshänder ist und diese als seine Händigkeitsseite wahrscheinlich die stärkere Seite ist. Er hat also geringere Chancen mit seiner linken Hand mehr als 90% der Kraft zur Gegenseite zu erreichen.

Beim Pinch-Gauge erreichten die Männer sowohl auf der operierten als auch auf der nicht-operierten Seite einen Mittelwert von $9 \pm 3\text{kg}$. Bei den Frauen lag der Mittelwert der operierten Seite bei $7 \pm 6\text{kg}$. Auf der nicht-operierten Seite wurden Mittelwerte von $7 \pm 2\text{kg}$ erzielt.

Insgesamt konnte beim Pinch-Gauge ein Mittelwert auf der operierten Seite von $7 \pm 5\text{kg}$ erreicht werden. Bei der nicht-operierten Seite lag der Mittelwert ebenfalls bei $7 \pm 3\text{kg}$. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: $p\text{-Wert} = 0,944$

Schlüsselt man nun die Frakturseiten mit der Händigkeit auf, so ergibt sich folgendes Bild für die Pinch-Gauge-Messung:

- Von 47 Rechtshändern, die sich auf der rechten Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen haben, erreichten 68% eine seitengleiche Kraft
- Bei drei Linkshändern, die sich auf der linken Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen haben, erreichte nur ein Patient eine seitengleiche Kraft
- Bei vier Linkshändern, die sich auf der rechten Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen haben, konnten Dreiviertel der Patienten eine seitengleiche Kraft erzeugen
- Von 59 Rechtshändern, die sich auf der linken Seite eine distale Radiusfraktur zugezogen hatten, erreichten 57% eine seitengleiche Kraft

Bei der Kraftmessung mit dem Vigorimeter ergaben sich folgende Werte:

		operierte Seite kleiner Ball	gesunde Seite kleiner Ball	operierte Seite mittlerer Ball	gesunde Seite mittlerer Ball	operierte Seite großer Ball	gesunde Seite großer Ball
Männlich	Mittelwert	63,7 kPa	65,0 kPa	69,9 kPa	74,6 kPa	64,8 kPa	68,6 kPa
	SD	16,1 kPa	14,2 kPa	22,0 kPa	22,3 kPa	19,0 kPa	17,8 kPa
Weiblich	Mittelwert	49,4 kPa	50,3 kPa	53,9 kPa	57,0 kPa	43,3 kPa	46,6 kPa
	SD	18,7 kPa	18,1 kPa	20,8 kPa	20,7 kPa	16,4 kPa	16,8 kPa
Gesamt	Mittelwert	53,7 kPa	54,7 kPa	58,7 kPa	62,3 kPa	49,7 kPa	53,2 kPa
	SD	19,1 kPa	18,2 kPa	22,3 kPa	22,6 kPa	19,8 kPa	19,8 kPa

Tabelle 5: Vigorimeter – Studiendaten

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk beim kleinen Ball des Vigorimeters: $p\text{-Wert} = 0,265$. Beim mittleren und großen Ball des Vigorimeters ergaben sich signifikante

Unterschiede zwischen dem operierten und gesunden Handgelenk: p-Wert mittlerer Ball = 0,002 und p-Wert großer Ball = 0,000.

Gesamt gesehen, erreichten rund 67% der Patienten mit ihrer operierten Hand mit dem kleinen und dem mittleren Ball des Vigorimeters eine seitengleiche Kraft. 68% erreichten dies mit dem großen Ball.

Aufgeschlüsselt nach Frakturseite und Händigkeit, ergibt sich folgendes Bild:

Rechtshänder mit Fraktur auf der rechten Seite (n=47)			
	kleiner Ball	mittlerer Ball	großer Ball
>90% (= seitengleiche Kraft)	80 %	71,7 %	80,4 %
<90%	20 %	28,3 %	19,6 %

Tabelle 6: Vigorimeter – Rechtshänder mit Fraktur auf der rechten Seite. Studiendaten

Linkshänder mit Fraktur auf der linken Seite (n=3)			
	kleiner Ball	mittlerer Ball	großer Ball
>90% (= seitengleiche Kraft)	66,7 %	66,7 %	66,7 %
<90%	33,3 %	33,3 %	33,3 %

Tabelle 7: Vigorimeter – Linkshänder mit Fraktur auf der linken Seite. Studiendaten

Linkshänder mit Fraktur auf der rechten Seite (n=4)			
	kleiner Ball	mittlerer Ball	großer Ball
>90% (= seitengleiche Kraft)	75 %	75 %	75 %
<90%	25 %	25 %	25 %

Tabelle 8: Vigorimeter – Linkshänder mit Fraktur auf der rechten Seite. Studiendaten

Rechtshänder mit Fraktur auf der linken Seite (n=59)			
	kleiner Ball	mittlerer Ball	großer Ball
>90% (= seitengleiche Kraft)	62,7 %	63,3 %	43,3 %
<90%	37,3 %	36,7 %	56,7 %

Tabelle 9: Vigorimeter – Rechtshänder mit Fraktur auf der linken Seite. Studiendaten

Beim Dynamometer konnten die männlichen Patienten mit ihrer operierten Seite einen Mittelwert von $44 \pm 21\text{kg}$ erreichen. Auf der gesunden Seite wurde ein Mittelwert von $46 \pm 22\text{kg}$ erreicht. Die weiblichen Patienten erreichten mit ihrer operierten Seite einen Mittelwert von $24 \pm 8\text{kg}$ und mit ihrer gesunden Seite einen Mittelwert von $26 \pm 10\text{kg}$.

Insgesamt stellte sich der Mittelwert auf der operierten Seite bei $30 \pm 16\text{kg}$ ein. Auf der gesunden Seite lag er bei $32 \pm 17\text{kg}$. Es ergaben sich signifikante Unterschiede beim Dynamometer zwischen dem operierten und dem gesunden Handgelenk: p-Wert = 0,006.

Beim Dynamometer erreichten Patienten im Schnitt mit ihrem operierten Handgelenk 60% der Kraft zur gesunden Gegenseite. Aufgeschlüsselt nach Frakturseite und Händigkeit ergeben sich folgende, weitere Werte:

- 80% der Rechtshänder mit Fraktur auf der rechten Seite, erreichten eine seitengleiche Kraft
- Bei den Linkshändern mit der distalen Radiusfraktur auf der linken Seite, erreichten 100% eine seitengleiche Kraft
- Zwei der vier Linkshänder, die auf der rechten Seite den Handgelenksbruch erlitten, erreichten eine seitengleiche Kraft
- Von den Rechtshändern, die links eine Fraktur hatten, erreichten 35% eine seitengleiche Kraft

Schlussfolgernd für alle Kraftmessungen (Pinch-Gauge, Vigorimeter und Dynamometer) kann also gesagt werden, dass Patienten, die eine Fraktur auf der dominanten Seite erlitten zu $>80\%$ die normale Kraft wieder erlangten, wohingegen Patienten, die ihre nicht-dominante Seite brachen, tendenziell nur in ca. 40% die normale Kraft wieder erlangten.

6.4.3. Gartland & Werley Score

Gesamt gesehen stellt sich das Gartland & Werley Ergebnis wie folgt dar:

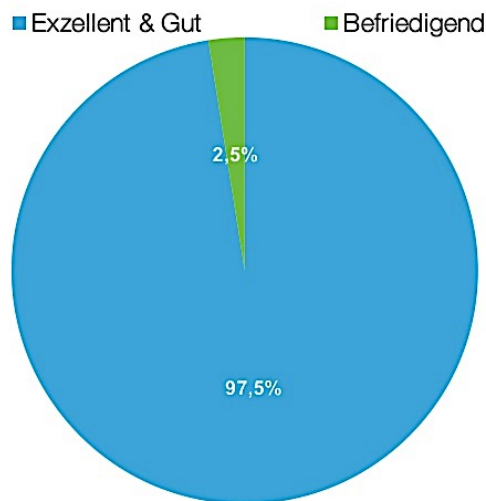


Abbildung 51: Gartland & Werley Gesamtergebnis der Studienpopulation (n = 120)

98% (117 Patienten) erzielten ein gutes oder exzellentes Ergebnis. Nur drei Patienten erzielten ein befriedigendes Ergebnis, weil sie sich subjektiv in einigen Bewegungen bzw. Tätigkeiten eingeschränkt fühlten. Generell ergab sich ein mittlerer Gesamtpunktwert von $1,9 \pm 2,6$.

Bei 18 Patienten konnte kein Gartland & Werley Score erhoben werden, da sie nur telefonisch befragt werden konnten. Zwei dieser 18 Patienten gaben an, bei starker Belastung unter leichten Schmerzen zu leiden, wobei einer davon auch von subjektiver Bewegungseinschränkung gesprochen hat. 16 Patienten gaben bei der telefonischen Befragung an, auf beiden Seiten im Vergleich eine gleiche Funktionalität i.S. von Bewegung und Kraft zu haben. Des Weiteren seien ihnen keine Deformitäten aufgefallen und Arthrosen waren bis dato auch nicht bekannt. Sie sind vollends zufrieden mit dem Operationsergebnis und sahen deshalb keine Veranlassung sich im Rahmen dieser Studie nachuntersuchen zu lassen.

Auch wenn Patienten nicht in allen Kategorien des Scores sehr gut bewertet wurden, lässt sich das Ergebnis sehen: **knapp 98% erzielten ein gutes oder exzellentes Gesamtergebnis!**

6.4.4. DASH-Score

Der DASH-Fragebogen [67] wurde von 122 Patienten ausgefüllt, wobei sich darunter 5 statistische Ausreißer befanden. Deren Punktwerte entsprachen nicht den Erwartungen an die erhobenen Messwerte (schlechte DASH-Scores bei objektiv gemessenen, guten Bewegungsumfängen und Kraftmessungen sowie physiologischen postoperativen, radiologischen Werten) und so wurde das Ergebnis um diese Messwerte bereinigt.

Das Gesamtergebnis zeigte, dass 92% keinerlei oder nur geringe Einschränkungen aufweisen. Dieses sehr gute Ergebnis veranschaulicht die nachstehende Graphik nochmals sehr deutlich. Lediglich 8% weisen eine mäßige Einschränkung auf.

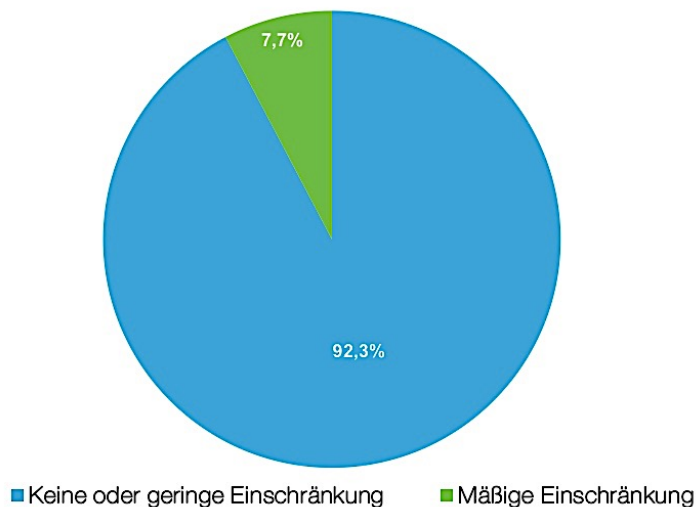


Abbildung 52: DASH-Gesamtergebnis der Studienpopulation (n = 122)

Punktemäßig lag der Mittelwert bei 12 ± 16 Punkten. Das Minimum lag bei 0 Punkten, was den besten zu erreichenden Wert darstellte. Das Maximum lag bei 54 von 100 möglichen Punkten und betraf einen statistischen Ausreißer. Seine subjektive schlechte Einschätzung im DASH Score entsprach nicht den gemessenen guten Werten bei objektiven Messungen.

Auch die DASH-Sport- und die DASH-Arbeitsauswertung lieferten sehr gute Ergebnisse und deuten auf ein optimales Operationsergebnis hin.

Beim DASH-Sportteil gab es vier statistische Ausreißer, die nicht in das Gesamtergebnis einbezogen wurden, da sie nicht in die erhobene Messreihe passten. Ihre schlechten DASH-Scores passten nicht mit objektiv gemessenen, sehr guten postoperativen Funktionalitäten zusammen. Beim DASH-Sportteil des Fragebogens berichteten 95% der Patienten von keinerlei bis geringen Einschränkungen und 5% von mäßiger Einschränkung. Beim DASH-Sportteil lag der Mittelwert bei 9 ± 14 Punkten. Das Minimum lag bei 0 Punkten und das Maximum lag bei 50 Punkten.

Beim DASH-Arbeitsteil gab es ebenfalls zwei statistische Ausreißer die nicht in das Gesamtergebnis einbezogen wurden (aus selbigen Gründen wie bereits erwähnt). 96% der Patienten berichteten von keinerlei bis geringen Einschränkungen und 4% von mäßiger Einschränkung. Beim DASH-Arbeitsteil lag der Mittelwert bei 8 ± 14 Punkten. Das Minimum lag bei 0 Punkten und das Maximum bei 56 Punkten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der DASH-Gesamt-Score in allen Komponenten einem Durchschnittswert von 12 Punkten ergab und damit ein sehr gutes Ergebnis zeigt.

Zwischen dem Gartland & Werley Score und dem DASH-Gesamt-Score liegt eine Korrelation von $r = 0,491$ vor. Dies entspricht einem mäßigen bis deutlichen Zusammenhang. Da der p-Wert mit 0,000 kleiner als 0,05 ist, ist die Korrelation signifikant. Ein niedriger Gartland & Werley Score korreliert also mit einem niedrigen DASH-Gesamt-Score.

6.5. Radiologische Ergebnisse

Bei den radiologischen Maßen wurde der Radiusbasiswinkel, der palmare Kippwinkel, die Ulnavarianz und die Radiushöhe präoperativ und postoperativ gemessen.

Die Norm des Radiusbasiswinkels beträgt nach der AO Foundation etwa $23 \pm 3^\circ$. [62] In der vorliegenden Studie betrug der Radiusbasiswinkel präoperativ im Mittel $17 \pm 7^\circ$, wobei ein Minimum von $0,8^\circ$ erreicht wurde und ein Maximum von $34,8^\circ$. Postoperativ betrug er im Mittel $22 \pm 6^\circ$, wobei ein Minimum von $0,0^\circ$ erreicht wurde und ein Maximum von $36,1^\circ$.

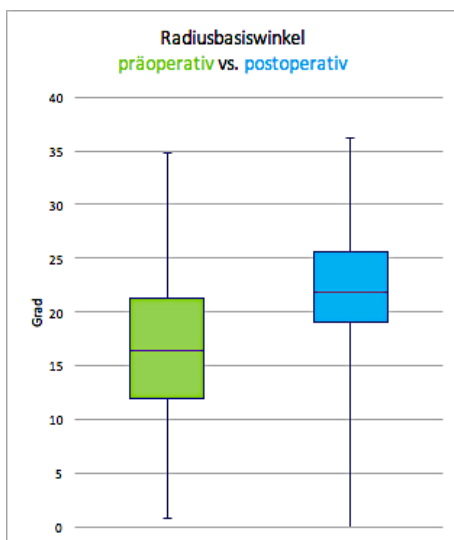


Abbildung 53: Radiusbasiswinkel – Studiendaten (n = 138)

Die Norm des Dorso-Palmaren Kippwinkels beträgt nach der AO Foundation etwa $11 \pm 3^\circ$. [62] Präoperativ lag er bei $-15 \pm 19^\circ$, mit einem Minimum von $-62,4^\circ$ und einem Maximum von $33,6^\circ$. Postoperativ lag der Mittelwert bei $3 \pm 7^\circ$. Das Minimum lag bei $-20,9^\circ$, das Maximum bei $23,2^\circ$.

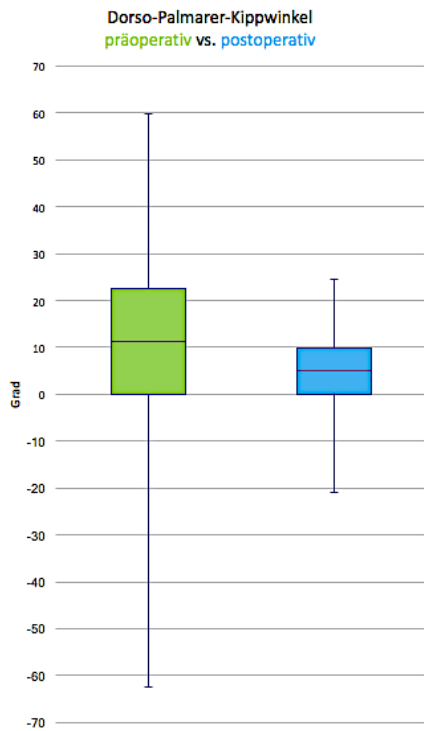


Abbildung 54: Dorso-Palmarer-Kippwinkel – Studiendaten (n = 138)

Ein Normwert für die Ulnarvarianz wurde von der AO Foundation nicht festgelegt, kann aber mit einem Näherungswert von etwa 0mm angenommen werden. [62] Der Mittelwert lag präoperativ in dieser Studie bei 2 ± 4 mm mit einem Minimum von -6,1mm und einem Maximum von 17,3mm. Postoperativ lag der Mittelwert bei $-0,4 \pm 2$ mm, wobei das Minimum bei -5,4mm und das Maximum bei 4,4mm lag.

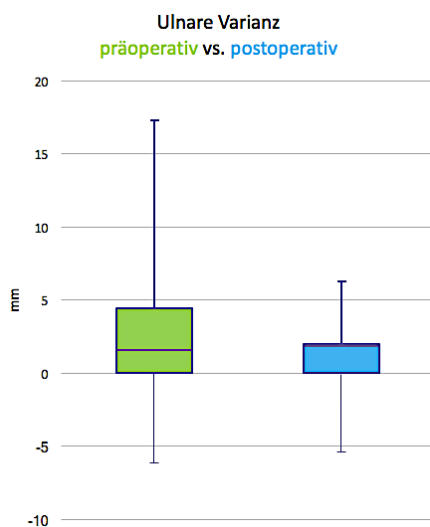


Abbildung 55: Ulnarvarianz – Studiendaten (n = 138)

Die Norm für die Radiushöhe liegt laut der AO Foundation bei etwa 12mm (8-18mm). [62] In der vorliegenden Studie lag die Radiushöhe präoperativ im Mittel bei 7 ± 6 mm. Das Minimum lag dabei bei -10,2mm, das Maximum bei 18,7mm. Postoperativ konnten im Mittel Radiushöhen von 11 ± 3 mm erreicht werden. Das Minimum lag hierbei bei 2mm, das Maximum bei 19,6mm.

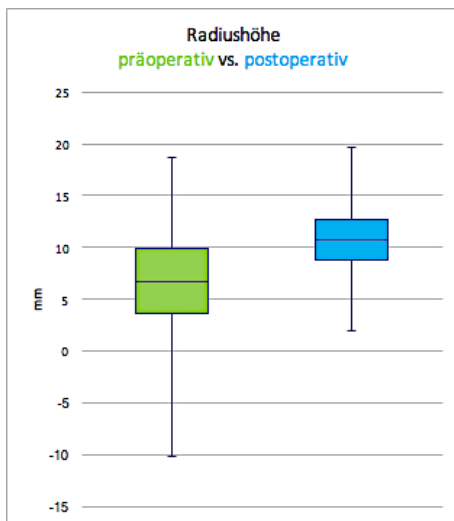


Abbildung 56: Radiushöhe – Studiendaten (n = 138)

Unter den jeweiligen prä- und postoperativen Winkeln besteht eine mäßige bis deutliche Korrelation ($r = 0,378-0,422$) und Signifikanz (p -Wert = 0,000), ausgenommen beim Dorso-Palmaren Kippwinkel. Bei diesem besteht nur eine schwache Korrelation ($r = 0,123$) zwischen den prä- und postoperativen Winkeln.

Die Operation hat somit einen signifikanten Einfluss auf die Wiederherstellung physiologischer, radiologischer Winkel.

Es konnte keine Korrelation zwischen der Schwere der Fraktur nach der AO-Klassifikation und den postoperativen radiologischen Werten gefunden werden.

Des Weiteren wurden die Brüche intraoperativ und postoperativ mit der Soong-Klassifikation bewertet. Bei elf Patienten lag keine adäquate, postoperative Röntgen-Seitaufnahme vor, die eine exakte Soong-Klassifikation ermöglicht hätte. Ein limitierender Faktor ist, dass die palmare Rahmenplatte nicht dasselbe Plattenmodell war wie jenes aus der Studie von Soong et al. [177] aus dem Jahr 2011. 85 Patienten der vorliegenden Studie fallen in Klasse 0 nach Soong. Das

entspricht 67% und einer optimalen Implantatlage. Weitere 37 Patienten (29%) entsprechen Klasse 1, wobei hier die Platte etwa auf Höhe der Watershedline liegt. Bei fünf Patienten (4%) wurde die Klasse 2 nach Soong gewählt. Im seitlichen Röntgenbild zeigte sich der distale Plattenrand distal und prominent zur Watershedline. Diesen Patienten wurde die Implantatentfernung empfohlen, wobei sich letztlich zwei Patienten dafür entschieden. Die anderen drei Patienten waren asymptomatisch und entschieden sich deshalb gegen eine Operation.

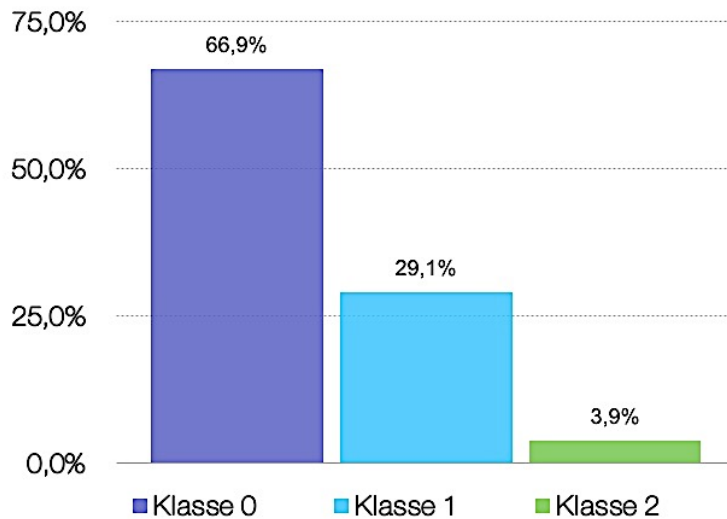


Abbildung 57: Soong-Klassifikation – Studiendaten (n = 127)

7. Diskussion

Die primäre Frage dieser Studie war, ob die Versorgung mittels palmarer, winkelstabiler Aptus 2,5mm Rahmenplatte gute funktionelle und radiologische Behandlungsergebnisse bei gleichzeitig geringer Komplikationsrate im Vergleich mit publizierten Daten anderer Behandlungsformen liefert. Um diese Frage zu beantworten wurden in diesem Teil der Arbeit die erhobenen Werte und Ergebnisse aus Kapitel 6 mit Daten aus der Literatur verglichen.

Besonders hervorgehoben werden soll der Vergleich mit der Nachuntersuchung von Frau Sönmez [176], die den Nachuntersuchungszeitraum 2009 – 2011 mit exakt gleichem Versuchsaufbau bearbeitete. Sie hat parallel zur vorliegenden Studie am Universitätsklinikum Würzburg mit mir zusammengearbeitet. In dieser Studie wurde dasselbe Implantat mit derselben Operationstechnik nach genau demselben Studienprotokoll wie in der vorliegenden Studie untersucht.

Für einen umfassenden Vergleich zur Beantwortung der primären Fragestellung wurden vor allem Studien ausgewählt, welche die 3. Generation der palmaren Platte untersuchten. Der Grund für die Präferenz war, dass diese Platten am besten mit dem in dieser Studie verwendeten Implantat vergleichbar waren: anatomisch vorgeformt, polyaxial, winkelstabil und mit niedrigem Profil.

Des Weiteren wurde auch ein Vergleich der wichtigsten Parameter aus der Sammelstatistik der 3. Generation mit Studiendaten von Platten älterer Generationen (nicht-winkelstabil und winkelstabil monoaxial), der neuesten Plattengeneration (4. Generation) sowie anderen Behandlungsmethoden (Fixateur externe, Kirschnerdrähte, Gips) angestellt.

7.1. Methodikdaten

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Methodikdaten anderer Studien mit Platten aus der 3. Generation im Vergleich zur vorliegenden Studie.

	n	Implantat	postoperativer Nachuntersuchungszeitraum
vorliegende Studie	138	Medartis: Aptus 2,5mm	17-46 Monate (Ø 31,5)
Arora et al.	114	Synthes: 2.4 mm LCP Distal Radius Plate	12-27 Monate (Ø 19,5)
Chung et al.	55	DePuy: Hand Innovations DVR	3, 6, 12 Monate (Ø 7)
Esenwein et al.	665	Medartis: Aptus 2,5mm	12-24 Monate (Ø 18)
Foo et al.	9	Synthes: 2.4 mm LCP, DePuy: Hand Innovations DVR, SBI: Precise SD	36-48 Monate (Ø 42)
Johnson et al.	206		24-48 Monate (Ø 36)
Kim & Park	60		3, 12 Monate (Ø 7,5)
Lebailly et al.	144	Newclip Technics: Step One	0-10 Monate (Ø 5)
Maire et al.	28	SBI: volar locking fixed angle plate SVP	10 Monate
Phadnis et al.	180	Stryker Leidinger GmbH & Co: Matrix Volar Locking Plate	48-84 Monate (Ø 66)
Rein et al.	15	Synthes: T-plate, Pi-plate, LCP	24-132 Monate (Ø 78)
Sönmez	89	Medartis: Aptus 2,5mm	42-79 Monate (Ø 60,5)
Soong et al.	594	DePuy: Hand Innovations DVR	
Tarallo et al.	303	Acumed: Acumed Acu-Loc, Synthes: LCP, DePuy: Hand Innovations DVR, Medartis: Aptus 2,5mm	12-120 Monate (Ø 66)
Wichlas et al.	225	Synthes: 2.4mm and 3.5mm LCP	84-108 Monate (Ø 96)
Ø SAMMELSTATISTIK 192			42 MONATE

Tabelle 10: Methodikdaten anderer Studien über die 3.Generation der palmaren Platte aus dem Literaturvergleich [18] [42] [58] [61] [82] [89] [103] [113] [145] [149] [176] [178] [182] [199]

In der vorliegenden Studie wurden die Patienten im Schnitt um ca. acht Monate früher nachuntersucht. Je früher die Nachuntersuchung erfolgt, desto höher ist die Komplikationsrate. [42] [61] [113]

Ein Vergleich der Operationstechnik bzw. des gewählten Zugangsweges zeigte, dass der Goldstandard der Zugang nach Henry ist. [42] [61] [113] Lediglich Lebailly et al. operierten nach einem minimal invasiven Zugang mit einer mittleren Narbenlänge von 15mm. [103] Verglichen mit der vorliegenden Studie (47,2mm), war die Narbe dabei um ca. 30mm kürzer. Der minimal invasive Zugang lieferte keine besseren Werte bei der postoperativen Funktionalität des Handgelenks.

7.2. Epidemiologische Daten

Epidemiologisch gesehen, waren alle Studien miteinander vergleichbar:

	n	Anteil ♀ / ♂	mittleres Alter
vorliegende Studie	138	71% / 29%	58 Jahre
Arora et al.	114	82% / 18%	57 Jahre
Chung et al.	55	60% / 40%	50 Jahre
Esenwein et al.	665	61% / 39%	58 Jahre
Foo et al.	9		
Johnson et al.	206	62% / 38%	55 Jahre
Kim & Park	60	60% / 40%	53 Jahre
Lebailly et al.	144		63 Jahre
Maire et al.	28		61 Jahre
Phadnis et al.	180	73% / 27%	62 Jahre
Rein et al.	15	53% / 47%	54 Jahre
Sönmez	89	75% / 25%	58 Jahre
Soong et al.	594	59% / 41%	52 Jahre
Tarallo et al.	303	61% / 39%	56 Jahre
Wichlas et al.	225	59% / 41%	55 Jahre
Ø SAMMELSTATISTIK	192	64% / 36%	56 JAHRE

Tabelle 11: Durchschnittsalter und Anzahl von Frauen und Männern im Literaturvergleich der 3. Generation der palmaren Platte [18] [42] [58] [61] [82] [89] [103] [113] [145] [149] [176] [178] [182] [199]

Sieht man sich in der Literatur die Altersverteilung nach Geschlecht getrennt an, so fällt auf, dass bis ins junge Erwachsenenalter eher männliche Patienten betroffen sind. [25] [48] [74] [101] [164] Dies deckt sich ebenfalls mit der vorliegenden Studie. Bei Erwachsenen zwischen 30 Jahren und 65 Jahren ist die Geschlechterverteilung ähnlich verteilt, ebenso in der vorliegenden Studie. [35] [42]

7.3. Frakturdaten

7.3.1. Frakturseite und Händigkeit

Die Seitenverteilung der distalen Radiusfraktur ist mit der Literatur vergleichbar. In der vorliegenden Studie brachen sich 42% den rechten distalen Radius und

58% den linken distalen Radius. [82] [149] Im Schnitt wurde in der vorliegenden Studie zu 43% die dominante Hand gebrochen. Dies ist vergleichbar mit dem Durchschnitt aus der Sammelstatistik: 48%. [176] [149] [89] [103] [137] [138] Somit können sowohl keine Auffälligkeiten bezüglich der Seitenverteilung was die Hand per se, als auch was die Händigkeit betrifft, festgestellt werden. Die Ergebnisse deuten auf eine zufällige Verteilung hin. Dabei ist die Angabe darüber, ob die frakturierte Seite der dominanten bzw. nicht-dominanten Hand entspricht bei der Interpretation von funktionellen Ergebnissen relevant. Ashe et al. haben in ihrer Studie aufgezeigt, dass besonders die nicht-dominanten Frakturen die größten Seitenunterschiede in Bezug zu Kraft- und Beweglichkeitsmessungen aufwiesen. [19] Dies steht im Einklang mit dem vorliegenden Studienergebnis, dass beim Bruch der nicht-dominanten Hand im Seitenvergleich weniger Kraft messbar ist.

7.3.2. Unfallhergang

In der Literatur ist die Trennschärfe bei den Unfallursachen häufig nicht sehr groß. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick:

	Freizeit- und Haushaltsunfälle	Arbeit / Beruf	Sport	Verkehrsunfälle und Polytraumen
vorliegende Studie	75,0 %	12,0 %	10,0 %	6,0 %
Ø SAMMELSTATISTIK	74,0 %	9,0 %	12,0 %	6,0 %

Tabelle 12: Unfallhergang im Literaturvergleich [89] [149] [176] [178] [199]

Es wurde ersichtlich, dass sich Patienten (vorwiegend Frauen) im höheren Alter eher durch Stürze im Haushalt oder der Freizeit eine distale Radiusfraktur zuziehen und junge Patienten (vorwiegend Männer) eher durch Sport, Freizeitunfälle oder im Beruf. [89] [149] [164] [178] [199]

7.3.3. AO-Frakturklassifikation

Studien anderer Autoren über Platten der 3.Generation zeigten folgende Frakturverteilung nach dem AO-Klassifikationsschema:

	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
vorliegende Studie	20,6 %	19,1 %	1,5 %	2,2 %	3,7 %	14,0 %	14,0 %	25,0 %
Arora et al.	34,2 %	14,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	21,1 %	26,3 %	4,4 %
Chung et al. *								
Esenwein et al.						34,5 %	22,5 %	14,0 %
Foo et al.	0,0 %	44,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	11,1 %	11,1 %	33,3 %
Kim & Park	0,0 %	15,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,0 %	55,0 %	25,0 %
Lebailly et al. **								
Phadnis et al.	18,6 %	32,8 %	3,8 %	0,5 %	5,5 %	6,6 %	19,1 %	13,1 %
Rein et al.	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Sönmez	11,4 %	23,9 %	1,1 %	2,3 %	1,1 %	8,0 %	20,5 %	31,8 %
Soong et al. ***								
Tarallo et al.	0,0 %	10,2 %	0,0 %	0,0 %	30,7 %	25,1 %	19,1 %	14,9 %
Wichlas et al.	4,9 %	31,5 %	0,0 %	3,5 %	3,5 %	16,4 %	21,8 %	16,4 %
Ø SAMMELSTATISTIK	8,6 %	21,5 %	0,6 %	0,8 %	5,1 %	14,2 %	21,7 %	28,1 %

Tabelle 13: Frakturhäufigkeiten nach AO-Klassifikation im Literaturvergleich [18] [42] [58] [61] [89] [103] [145] [149] [176] [178] [182] [199]

*Typ A 44%, Typ B 15%

**Typ A 58%, Typ B >1%

***Typ A 26%, Typ B 21%

Es zeigen sich vergleichbare Ergebnisse: Typ A-Frakturen kommen im Schnitt zu rund 30% vor (vorliegende Studie rund 40%), Typ B-Frakturen kommen im Mittel zu rund 7% vor (vorliegende Studie rund 8%) und Typ C-Frakturen treten mit einer Häufigkeit von 64% auf (vorliegende Studie rund 53%). [42] [61] [89] [103] [145] [149] [199]

Es fällt auf, dass vor allem A3- und C-Frakturen mit der 3. Generation der winkelstabilen, palmaren Rahmenplatte versorgt wurden. Das bedeutet, dass extraartikuläre Frakturen mit intakter Gelenkfläche und metaphysärer Trümmerzone sowie intraartikuläre Frakturen mit Ablösung der Metaphyse bevorzugt mit dieser Art der Osteosynthese versorgt werden. In der vorliegenden Studie gab es immerhin knapp 60% Frakturen mit Trümmerzone.

7.3.4. Postoperative-Begleiterscheinungen und Komplikationen

In der nachfolgenden Tabelle wurde versucht, eine gute Vergleichbarkeit von postoperativen Komplikationen aus verschiedenen Studien darzustellen:

	Infektionen	Sehnen-irritationen *	Sehnen-rupturen	Nerven-schädigungen **	CRPS Typ 1	Implantat-fehllage ***	Repositions-verlust	Revisionen	Gesamt-Komplikationsrate
vorliegende Studie	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	2,2 %	0,0 %	1,4 %	3,6 %
Arora et al.		11,4 %	3,5 %	2,6 %	2,4 %	14,9 %		17,5 %	34,8 %
Chung et al.	1,8 %	1,8 %	0,0 %	0,0 %	8,9 %	0,0 %			12,5 %
Esenwein et al.	0,5 %		1,0 %	3,0 %	1,4 %	1,0 %	1,4 %	1,8 %	8,3 %
Foo et al.		22,2 %				2,4 %		11,1 %	24,6 %
Johnson et al.	0,5 %	1,5 %	1,9 %		1,9 %	1,5 %	1,5 %	1,9 %	8,8 %
Kim & Park	5,0 %	3,3 %	0,0 %						8,3 %
Lebailly et al.	0,0 %	6,3 %	0,0 %		1,4 %	2,1 %	1,4 %	2,1 %	11,2 %
Maire et al.		21,4 %	0,0 %						21,4 %
Phadnis et al.	1,7 %	0,0 %	1,7 %	1,1 %	8,3 %	2,8 %			15,6 %
Rein et al.	0,0 %	0,0 %	0,0 %		0,0 %				0,0 %
Sönmez	1,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,4 %	0,0 %	0,0 %	4,5 %
Soong et al.	0,3 %	0,2 %	2,4 %			2,0 %		1,7 %	4,9 %
Tarallo et al.	0,3 %	2,3 %	1,7 %	0,3 %	1,9 %	2,6 %			9,1 %
Wichlas et al.		0,0 %	0,0 %	0,4 %		0,0 %			0,4 %
Ø SAMMELSTATISTIK	1,1 %	5,4 %	0,9 %	1,1 %	2,9 %	3,0 %	1,1 %	5,2 %	15,5 %

Tabelle 14: postoperative Komplikationen im Literaturvergleich [18] [42] [58] [61] [82] [89] [103] [113] [145] [149] [176] [178] [182] [199]

* Tendovaginitis, Tendosynovitis, u.ä.

** fortwährende Hyp-/Dysästhesien, Karpaltunnelsyndrom, u.ä.

*** intraartikuläre Schraubenlage, Schrauben- oder Plattenüberstand, Implantatbruch, u.ä.

**Es wird ersichtlich, dass es in der vorliegenden Studie sowohl gesamtge-
sehen als auch in einzelnen Kategorien zu weniger bzw. gar keinen postoperativen Komplikationen bzw. Revisionen kam.**

Vor allem positiv hervorgehoben werden muss die Tatsache, dass es zu keiner einzigen Sehnenruptur kam. In anderen Studien lag diese gefürchtete Komplikation immerhin zwischen 1% und fast 4%. [18] [58] [82] [145] [178] [182] Alle Autoren empfahlen jedenfalls die Implantatentfernung bei Sehnenirritationen. Da es in der vorliegenden Studie zu keiner derartigen Komplikation kam, spricht für das gewählte Implantat und die Operationstechnik. Diese Überlegenheit demonstriert sich auch insofern, als dass es in der vorliegenden Studie kaum Exklusionskriterien für die Studienpopulation gab und somit sehr viele Patienten Begleitverletzungen aufwiesen, die in anderen Studien gar keinen Eingang gefunden haben.

Es zeigte sich, dass die höchsten Komplikationsraten kurz nach der Operation zu finden sind, wobei sich jüngere Patienten schneller erholten. In späteren Nachuntersuchungszeitpunkten war die Rate wesentlich geringer. Des Weiteren sind Komplikationen zum größten Teil nur vorübergehend. [42] [61] [113]

Auch bei den Revisionen liegt die vorliegende Studie deutlich unter dem Durchschnitt aus der Sammelstatistik: 1,4% vs. 5,2%. Bei Patienten, die einer Revision unterzogen wurden, hatten 50% keine Rückvernahtung des M. pronator quadratus.

Gesamt gesehen wurden in der vorliegenden Studie bei 53% der Patienten der M. pronator quadratus rückvernaht und bei 15% zumindest teilweise. Es zeigten sich keine Unterschiede in der Funktionalität und vor allem auch nicht in der Komplikationsrate zwischen Patienten mit und ohne Rückvernahtung. Des Weiteren zeigten sich keine Unterschiede zwischen vollständig und teilweise rückvernahten M. pronator quadratus-Patienten. Zu diesem Ergebnis kommen auch andere Studien. [72] [77] [81] Dennoch liegen einige Vorteile einer Rückvernahtung auf der Hand. Der Muskel kann als Gleitschicht für Beugesehnen dienen und so eine etwaige Ruptur verhindern. Des Weiteren stabilisiert er das DRUG und erhält mit dem M. brachioradialis und dem M. pronator teres die Pronationskraft. Aus diesem Grund empfehlen wir den anatomischen Verschluss wenn immer möglich.

- *Komplikationsraten-Vergleich mit älteren palmaren Plattenmodellen*

Ein Literaturvergleich zeigt, dass es bei älteren Generationen zu höheren Infektionsraten, Sehnenirritationen, Sehnenrupturen, Nervenschädigungen, CRPS Typ I und Repositionsverlusten kommt. Lediglich die Implantatfehlage ist geringfügig geringer als bei der 3. Generation. [17] [54] [55] [83] [92] [99] [104] [138] [159] [169] [170] [184] [191] [194] [197]

- *Komplikationsraten-Vergleich mit den neuesten palmaren Plattenmodellen*

In Studien zu den neuesten Plattengenerationen der palmaren Platte zeigen sich niedrigere oder ähnliche Gesamtkomplikationsraten wie bei der 3. Generation. [181] [87]

- *Komplikationsraten-Vergleich Fixateur externe vs. palmare Platte*

In Studien zu Komplikationsraten von palmaren Platten und Fixateur externe zeigte sich, dass Gesamtraten relativ ähnlich sind und sich meist nur die einzelnen Komplikationsarten in ihrer Auftrittshäufigkeit unterscheiden.

In einer Studie von Ma et al. zeigten sich höhere Infektionsraten, eine vermehrte Anzahl von Sehnenentzündungen oder eine höhere Revisionsrate bei der Plattenosteosynthese. Die Pin-Track Infektionen waren dafür beim Fixateur externe deutlich höher. [112]

In einer Studie von Navarro et al. zeigte sich wiederum, dass bei Patienten mit Fixateur externe deutlich höhere Komplikationsraten auftraten: mehr nervale Probleme (Dysfunktionen des N. medianus oder Ästen des N. radialis, Karpaltunnelsyndrome), höhere Wundinfektionen und ähnlich vielen CRPS Typ 1 Fälle. Lediglich die Revisionsrate fiel geringer aus und es kam zu keiner Sehnenruptur. [128]

Klein et al. fanden heraus, dass Infektionen durch Pins mit anschließenden chirurgischen Interventionen generell allerdings selten sind - ebenso tiefe Infektionen. [90] In einer Studie von Meffert et al. wird zudem gezeigt, dass Patienten, die über 65 Jahre alt sind, keine erhöhte Komplikationsrate im Vergleich zu jüngeren Patienten aufweisen. [119]

- *Komplikationsraten-Vergleich Kirschnerdrähte vs. palmare Platte*

Beim Vergleich dieser beiden Behandlungsmethoden zeigt sich, dass keine pauschale Aussage über höhere Komplikationsraten getroffen werden kann. Lediglich die Komplikationsarten unterscheiden sich. Dies kommt vor allem durch das operative Vorgehen zustande: während Kirschnerdrähte percutan eingebracht werden, erfolgt die Plattenosteosynthese als ORIF. Dadurch ist bei der palmaren Platte die intraoperative Eintrittspforte für potentielle Erreger größer. Ferner nimmt die Platte mehr Platz im Handgelenk ein und verweilt im Normalfall auch

länger als dies bei Kirschnerdrähten der Fall ist. Dies kann leichter zu Sehnenirritationen und -verletzungen führen. Umgekehrt bergen Kirschnerdrähte die Gefahr einer sekundären Dislokation, eines Pin-Bruches oder einer Pin-Infektion. Bei der Versorgung mittels Kirschner-Drähten kommt es zu mehr Wundinfektionen. Andere Komplikationen wie Dys-/Parästhesien, Karpaltunnel-Syndrome, Sehnenrupturen oder Revisionen zeigten keine signifikanten Unterschiede. [40] [97] [156] [157]

Lediglich in einer Studie von Williksen et al. kam es zu weniger Komplikationen. [200]

- *Komplikationsraten-Vergleich Gips vs. palmare Platte*

Es finden sich sowohl Studien mit höheren als auch mit niedrigeren Komplikationsraten bei der ein oder anderen Methode.

Höhere Komplikationsraten bei Patienten, die mit einem Gips versorgt wurden, zeigten sich z.B. in Studien von Bartl et al. [27] oder Aktekin et al. [2]. Häufige Komplikationsarten umfassten Repositionsverluste, Nervenläsionen oder ein CRPS Typ I.

Weniger Komplikationen gab es bei Patienten mit konservativer Versorgung in Studien von Arora et al. [15] [16] oder Egol et al. [57].

7.3.5. Implantatentfernungen

Aus dem Durchschnitt der Sammelstatistik geht hervor, dass es bei etwa 14% der Fälle zu Implantatentfernungen kam. [18] [42] [58] [61] [82] [89] [103] [145] [149] [176] [178] [182] [199] In der vorliegenden Studie kam es bei rund 23% zu Entfernungen. Anzumerken ist allerdings, dass der Großteil der Patienten der vorliegenden Studie sich aus nicht-medizinischen Gründen für eine Implantatentfernung entschieden hat (Fremdkörpergefühl, subjektive Bewegungseinschränkung, keine Angabe eines spezifischen Grundes). Bei lediglich drei Patienten war der Grund eine Implantatfehlage (intraartikulärer Schraubenlage) und bei zwei Patienten kam es zu einem Lysesaum. Alle Autoren sind sich einig, dass eine Implantatentfernung bei Implantatfehlage jeglicher Art empfohlen werden sollte.

7.4. Vergleich funktioneller Ergebnisse und radiologischer Kriterien

7.4.1. Bewegungsumfänge

In der nachfolgenden Tabelle ist eine Gegenüberstellung von Bewegungsumfängen aus verschiedenen Studien dargestellt:

	Supination	Pronation	Dorsalextension	Palmarflexion	Radialabduktion	Ulnaabduktion
vorliegende Studie	89,0°	89,4°	80,3° passiv 63,1° aktiv	68,6° passiv 63,3° aktiv	25,0°	38,0°
Arora et al.	82,0°	81,0°	54,0°	46,0°		
Chung et al.	98,0°	97,5°	93,5°	93,5°		
Kim & Park	83,5°	86,0°	62,5°	60,5°		
Lebailly et al.				45,0°		
Sönmez	89,8°	89,2°	63,8°	65,8°	26,8°	41,1°
Ø SAMMELSTATISTIK	88,3°	88,4°	68,5°	62,2°	26,8°	41,1°

Tabelle 15: postoperative Bewegungsmaße des operierten Handgelenks im Literaturvergleich [18] [42] [89] [103] [176]

Bei den Bewegungsumfängen erzielten Patienten der vorliegenden Studie vergleichbar gute Werte wie Patienten aus anderen Studien.

- *Bewegungs-Vergleich älterer Plattenmodelle vs. 3.Generation der palmarren Platte*

Hinsichtlich älterer Plattengenerationen konnten Patienten in der vorliegenden Studie ihr Handgelenk deutlich besser bewegen. Dies zeigt sich in allen Bewegungsrichtungen, vor allem aber bei der Dorsalextension und Palmarflexion. Dies ist ein Indiz für die anatomische Passgenauigkeit der Platte, der guten Reposition und dem guten Heilungsverlauf insgesamt. [17] [83] [92] [138] [169] [170] [184]

- *Bewegungs-Vergleich der neuesten Plattenmodelle vs. 3.Generation der palmaren Platte*

Bei Platten der 4. Generation ergaben sich etwas bessere Bewegungsausmaße bei der Extension und Flexion sowie vergleichbare Ergebnisse bei der Supination und Pronation. [87] [181]

- *Bewegungs-Vergleich Fixateur externe vs. palmare Platte*

Es zeigte sich, dass die palmare Platte dem Fixateur externe überlegen ist. Patienten mit Plattenosteosynthese erzielten mit ihrem operierten Handgelenk bessere Werte, als Patienten mit Fixateur externe. [112] [205]

- *Bewegungs-Vergleich Kirschner-Drähte vs. palmare Platte*

Bei diesem Vergleich zeigte sich, dass Patienten mit Kirschner-Drähten entweder schlechtere oder annähernd gleiche Bewegungsumfänge erzielen.

Patienten, die mit Kirschner-Drähten versorgt wurden, weisen bei einem frühen postoperativen Follow-Up schlechtere Bewegungsumfänge auf, als Patienten, die mit einer palmaren Platte versorgt wurden. Zu späteren Untersuchungszeitpunkten gleicht sich dies wieder aus. [40] Dies ist ein Indiz für die frühe Übungs- und Bewegungsstabilität bei der palmaren Plattenosteosynthese.

Des Weiteren zeigt sich, dass bei A2, A3 und C1 Frakturen keine signifikanten Unterschiede im Bewegungsumfang zur palmaren Plattenosteosynthese bestehen. Bei C2 und C3 Frakturen konnten Patienten mit palmarer Plattenosteosynthese bessere Werte erzielen, als Patienten, die mit Kirschner-Drähten versorgt wurden. [97] [156] [200]

- *Bewegungs-Vergleich Gips vs. palmare Platte*

In diesem Vergleich kann keine generelle Aussage getroffen werden. Bei einigen Autoren ergaben sich keine signifikanten Unterschiede [15] [16], andere fanden heraus, dass Patienten mit Gips signifikant schlechter abschnitten, als Patienten mit palmarer Platte [2].

7.4.2. Kraft

Im Literaturvergleich konnte die postoperative Kraft nur hinsichtlich des Dynamometers (Grip Strength) mit Werten aus anderen Studien verglichen werden. Dies ist als Limitation der anderen Studien zu werten, da keine differenzierte Kraftüberprüfung getestet wurde. Ein Überblick soll die nachfolgende Tabelle liefern:

	Dynamometer / Grip Strength (in % zur gesunden Seite)	Dynamometer / Grip Strength
vorliegende Studie	85,0 %	26,7 kg
Arora et al.	70,0 %	
Chung et al.	78,5 %	
Kim & Park	87,5 %	25,5 kg
Lebailly et al.	67,0 %	
Sönmez	94,6 %	29,5 kg
SAMMELSTATISTIK	79,5 %	27,5 KG

Tabelle 16: Griffstärke des operierten Handgelenks in % zur gesunden Gegenseite bzw. in kg im Literaturvergleich [18] [42] [89] [103] [176]

- *Kraft-Vergleich ältere palmare Platten vs. 3.Generation der palmaren Platte*

Im Vergleich zu älteren Generationen von palmaren Platten, erreichten Patienten aus der vorliegenden Studie deutlich bessere Werte bei der Griffstärke. Im Schnitt erzielten Patienten 85,0% der Kraft zur gesunden Gegenseite im Vergleich zu 73,8% aus der Sammelstatistik älterer Plattenmodelle. Ein ähnliches Ergebnis zeigt der Vergleich der Sammelstatistiken von 3. Generationen und älteren Generationen: 79,5% vs. 73,8%. [17] [83] [92] [99] [138] [159] [169] [170]

- *Kraft-Vergleich neueste palmare Plattenmodelle vs. 3.Generation der palmaren Platte*

Bei der 4. Generation der palmaren Platte ergeben sich bei der Griffstärke etwas bessere Werte als bei der 3. Generation. [87] [139]

- *Kraft-Vergleich Fixateur externe vs. palmare Platte*

Im Vergleich mit dem Fixateur externe kann keine generelle Aussage getroffen werden: es existieren Studien mit signifikant besseren Werten für die eine oder andere Methode. [128] [205]

- *Kraft-Vergleich Kirschner-Drähte vs. palmare Platte*

Einige Studien zeigten auf, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen Kirschner-Drähten und palmarer Platte im Kräftevergleich gibt. [97] [156] [200]

- *Kraft-Vergleich Gips vs. palmare Platte*

In diesem Vergleich finden sich Studien, in denen Patienten mit palmarer Platte signifikant bessere Werte erzielen, als Patienten mit Gips. [16] [57] Es ließen sich allerdings auch Studien finden, in denen keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden. [2]

Generell ist kritisch zu betrachten, dass in den meisten Studien nur die frakturierte Seite gemessen wurde. Präzisere Ergebnisse würden durch erstens eine beidseitige Messung entstehen, zweitens die Unterscheidung zwischen dominanter und nicht-dominanter Hand und drittens Messungen getrennt nach Geschlecht. Die Vergleichbarkeit mit anderen Studien muss also mit Vorsicht betrachtet werden.

7.4.3. Radiologische Werte

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die radiologischen Ergebnisse der verschiedenen Studien:

	Radius-basiswinkel	Dorso-Palmarer-Kippwinkel	Ulnavarianz	Radiushöhe
vorliegende Studie	22,0°	2,8°	-0,4 mm	10,7 mm
Arora et al.			1,2 mm	
Chung et al.	24,5°	9,5°	-0,25 mm	12,5 mm
Foo et al.	16,7°	-10,1°	1,6 mm	
Johnson et al.	20,5°	3,5°	0,75 mm	10,0 mm
Kim & Park	22,0°	4,6°	0,9 mm	
Lebailly et al.	22,0°	8,3°	-0,4 mm	
Rein et al.	22,0°	3,0°	2,0 mm	14,0 mm
Sönmez	23,1°	2,9°	1,0 mm	10,6 mm
Wichlas et al.	22,3°	8,1°	-0,2 mm	
SAMMELSTATISTIK	21,6°	3,7°	0,7 MM	11,8 MM

Tabelle 17: postoperative, radiologische Winkel im Literaturvergleich [18] [42] [58] [61] [82] [89] [103] [149] [176] [199]

In fast allen Studien sind die postoperativen, radiologischen Winkel normwertig, so man Normwerte der AO Foundation oder Gartland & Werley heranzieht. Auch die Sammelstatistik aus der Literatur ergab vergleichbare, postoperative, radiologische Werte mit der vorliegenden Studie. [42] [61] [89] [103] [149]

- *Vergleich radiologischer Werte älterer Plattengenerationen vs. 3. Generation der palmaren Platte*

Ein Vergleich mit älteren Plattengenerationen zeigt gleichwertige Ergebnisse.

[17] [83] [92] [99] [138] [159] [170] [184] [191] [194] [197]

- *Vergleich radiologischer Werte neuester palmarer Plattenmodelle vs. 3. Generation der palmaren Platte*

Auch im Vergleich mit der neuesten Generation von palmaren Platten zeigten sich ähnliche Werte. [87] [183]

Nach radiologischen Kriterien sind die unterschiedlichen Plattengenerationen also durchaus miteinander vergleichbar, bzw. ergeben sich keine Unterschiede. Bei allen Plattentypen können radiologisch normwertige Ergebnisse erzielt werden.

- *Vergleich radiologischer Werte Fixateur externe vs. palmare Platte*

Zwischen dem Fixateur externe und der palmaren Platte bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich radiologischer Winkel. [128] [205]

- *Vergleich radiologischer Werte Kirschner-Drähte vs. palmare Platte*

Studien mit Patienten, die mit Kirschner-Drähten versorgt wurden, zeigten radiologisch kaum Unterschiede. [40] [97] [200]

Signifikante Unterschiede scheint es nur bei der Ulnavarianz zu geben: bei der palmaren Plattenosteosynthese weisen weniger Patienten eine Ulnavarianz über 2mm auf, als Patienten, die mit Kirschner-Drähten versorgt wurden. [157]

Nur in der Studie von Rizzo et al. zeigten sich generell signifikant bessere Werte bei Patienten mit palmarer Platte im Vergleich zu Patienten mit Kirschnerdrähten. [156]

- *Vergleich radiologischer Werte Gips vs. palmare Platte*

Die Ergebnistendenz aus der Literaturrecherche lässt darauf schließen, dass Patienten mit palmarer Platte signifikant bessere postoperative radiologische Werte aufweisen, als Patienten, die mit einem Gips versorgt wurden. [2] [15] [16] [57]

Inwieweit man mithilfe radiologischer Ergebnisse auf funktionelle Ergebnisse rückschließen kann, ist Gegenstand vieler Studien. Die erste Schwierigkeit ergibt sich bereits bei der Festlegung radiologischer Normwerte. Korrekterweise müsste man auch in allen Studien beide Handgelenke im a.p. und seitlichen Strahlengang röntgen, um gewissermaßen "individuelle Normwerte" zu erlangen.

Dies kann allerdings aufgrund der Strahlenbelastung und der erhöhten Kosten nicht in die Praxis umgesetzt werden.

7.4.4. Scoring Systeme

Es liegen wenige, vergleichbare Studien nach 2007 vor, die einen Gartland & Werley Score verwendet haben. Lediglich die Studien von Sönmez [176] und Rein et al. sind vergleichbar. Hier wurden mittlere Gartland & Werley Scores von 1 ± 2 Punkten bzw. 9 ± 5 Punkten [149] erreicht. In der vorliegenden Studie wurde ein mittlerer Gesamtpunktwert von 2 ± 3 erreicht.

- *Vergleich Gartland & Werley Score ältere palmare Plattenmodelle vs. 3. Generation der palmaren Platte*

Im Vergleich zu älteren palmaren Plattensystemen ergeben sich deutlich bessere Ergebnisse. [54] [55] [83] [170] [184] [191] [197]

Beim Gesamt-DASH-Score liefert die palmare Plattenosteosynthese der 3. Generation sehr gute Ergebnisse:

	Gesamt-Score
vorliegende Studie	12,4
Arora et al.	13,0
Kim & Park	10,5
Lebailly et al.	25,0
Maire et al.	10,7
Phadnis et al.	5,1
Rein et al.	14,0
Sönmez	10,0
Ø SAMMELSTATISTIK	12,6

Tabelle 18: DASH mittlere Gesamtpunktzahl im Literaturvergleich [18] [89] [103] [113] [145] [149] [176]

- *Vergleich DASH Score ältere palmare Plattenmodelle vs. 3. Generation der palmaren Platte*

Verglichen mit älteren Plattengenerationen sind Patienten zufriedener: 12,6 Punkte bei der 3. Generation der palmaren Platte vs. 19,8 Punkte bei älteren Typen. [17] [99] [138] [159] [191] [197]

- *Vergleich DASH Score neueste palmare Plattenmodelle vs. 3. Generation der palmaren Platte*

Bei neueren Plattengenerationen ergeben sich ähnliche gute DASH-Werte. [139] [181]

- *Vergleich DASH Score Fixateur externe vs. palmare Platte*

Im Vergleich zum Fixateur externe zeigen sich teils deutlich bessere DASH-Ergebnisse. [112] Andere Studien konnten keine signifikanten Unterschiede nachweisen. [205]

- *Vergleich DASH Score Kirschner-Drähte vs. palmare Platte*

Im Vergleich zu Kirschner-Drähten, zeigten einige Studien, dass Patienten mit palmarer Platte signifikant bessere Werte beim DASH-Score erzielen. [40] [156] Andere Studien konnten keine signifikanten Unterschiede nachweisen. [200]

- *Vergleich DASH Score Gips vs. palmare Platte*

In Studien, in denen Patienten mit einem Gips versorgt wurden, ergaben sich im Schnitt höhere DASH-Werte, als bei Patienten, die mittels palmarer Platte versorgt wurden. [2] [15] [16] [27] [57]

Einige Studien schlossen Patienten aufgrund von Begleitverletzungen oder Vorschädigungen aus. Je strenger die Ausschlusskriterien sind, desto wahrscheinlicher wurden Risikopatienten nicht in der Studie inkludiert und spiegeln somit in

den verschiedenen Scores nicht ganz die Realität wider. Auch eine mehrfache Bestimmung im postoperativen Verlauf wäre vorteilhaft, weil sie Aufschluss über die Veränderung der Funktionalität geben würde.

7.5. Fazit aus dem Literaturvergleich

Im Literaturvergleich hat sich gezeigt, dass die vorliegende Studie hinsichtlich der Methodikdaten zwar schwierig, aber dennoch gut vergleichbar ist. Dies trifft auch für die epidemiologischen Daten zu.

Im direkten Vergleich der Frakturdaten zeigte sich, dass die vorliegende Studie ähnliche Werte bzgl. der Frakturseite, Händigkeit, Unfallhergang und der AO-Klassifikation hat. Begleitverletzungen wurden oftmals als Ausschlusskriterium genommen, was in der vorliegenden Studie nicht der Fall war.

Ein Vergleich der Komplikationsraten machte deutlich, dass sich die 3. Generation der palmaren Platten hinsichtlich der Komplikationshäufigkeiten nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die vorliegende Studie konnte allerdings bei allen Komplikationsarten geringere Raten aufweisen. Im Vergleich zu älteren Modellen der palmaren Platte ergeben sich bei einzelnen Komplikationsarten höhere Raten als bei der 3. Generation der palmaren Platte. Die neuesten, palmaren Plattenmodelle wiesen geringere oder ähnliche Komplikationsraten auf. Im Vergleich zum Fixateur externe, Kirschner-Drähten oder einer Versorgung mit Gips kann keine pauschale Aussage getroffen werden, da verschiedene Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen.

Hinsichtlich des Bewegungsumfanges wurden keine Unterschiede bei der 3. Generation der palmaren Platte festgestellt. Auch die vorliegende Studie befand sich im statistischen Mittelfeld des Literaturvergleiches.

Im Vergleich zu älteren Modellen ergaben sich bessere Werte in der vorliegenden Studie, aber auch generell bei der 3. Generation. Es konnten allerdings keine Unterschiede zu den neuesten Plattenmodellen festgestellt werden.

Palmare Platten scheinen bezüglich des postoperativen Bewegungsumfanges dem Fixateur externe überlegen zu sein. Untersuchungen mit Kirschner-Drähten

zeigten ebenso entweder schlechtere oder ähnliche Werte wie die palmare Platte. Bei der Versorgung mit einem Gips konnte kein Trend hinsichtlich besserer oder schlechterer Bewegungsumfänge festgestellt werden.

Ein Literaturvergleich hinsichtlich der postoperativen Kraft machte deutlich, dass Patienten in der vorliegenden Studie gute Werte erzielen konnten. Werte innerhalb der 3.Generation unterschieden sich kaum. Bei älteren palmaren Platten ergaben sich schlechtere Durchschnittswerte, bei den neuesten Plattenmodellen bessere.

Im Vergleich zum Fixateur externe oder Kirschner-Drähten kann keine generalisierte Aussage getroffen werden. Hier gab es teils signifikant bessere und teils signifikant schlechtere Werte. Bei der Gipsversorgung ließ sich ein leichter Trend zu besseren Werten mit palmarer Platte feststellen.

Radiologische Werte waren bei der 3.Generation der palmaren Platte durchwegs normwertig, ebenso bei älteren und neueren Plattenmodellen. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Diese Unterschiede waren auch nicht bei der Versorgung mit einem Fixateur externe feststellbar.

Bei der Versorgung mit Kirschner-Drähten zeigten sich im Schnitt ähnliche oder etwas schlechtere Werte als bei der palmaren Platte.

Eine Überlegenheit der palmaren Platte hinsichtlich radiologischer Kriterien ergibt sich im Vergleich zu einer konservativen Versorgung mit Gips.

Bei den Scoring Systemen Gartland & Werley und DASH [67] zeigten sich häufig gute und exzellente Ergebnisse bei allen palmaren Plattengenerationen. Ein Trend zu mehr Patientenzufriedenheit bei neueren Modellen ist allerdings feststellbar.

Etwas bessere Werte ergaben sich im Literaturvergleich zum Fixateur externe und dem Gips. Im Vergleich zu Kirschner-Drähten kann keine pauschale Aussage getroffen werden.

Als Limitation der Studie kann das retrospektive Studiendesign gesehen werden, welches beispielsweise nicht ermöglichte, Bewegungsumfänge oder die Kraft vor der Operation zu messen. Des Weiteren konnten radiologische Werte nicht im rechts-links Vergleich erfolgen, sondern nur prä- und postoperativ.

8. Zusammenfassung

Die operative Therapie der distalen Radiusfraktur mittels winkelstabiler, palmarer Rahmenplatte ist seit ca. 15 Jahren etablierter Standard. Konservative Verfahren und andere Operations-Techniken, wie z.B. der Fixateur externe wurden fast vollständig verdrängt. Wie gut die klinisch-funktionellen und radiologischen Ergebnisse mit der palmaren Rahmenplatte tatsächlich sind, wurde in der vorliegenden Arbeit anhand von 138 Patienten aus dem Zeitraum 2012-2013 dargestellt. Es folgte die Beschreibung des Behandlungskonzeptes am Universitätsklinikum Würzburg und die Vorstellung der Aptus 2,5mm polyaxialen, winkelstabilen, palmarer Rahmenplatte der Firma Medartis.

Die Studienpopulation setzte sich aus 72% Frauen und 28% Männern mit einem mittleren Alter zum Unfallzeitpunkt von $57 \pm 20,3$ Jahren zusammen. Die Nachuntersuchungen fanden $31 \pm 7,1$ Monate nach der Operation statt.

Die Frakturen wurden nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) klassifiziert, wobei knapp 60% eine Fraktur mit Trümmerzone zeigten (mit 53% traten C-Frakturen nach AO am häufigsten auf).

Zu den häufigsten Beschwerden zählten Schmerzen im Alltag bzw. bei Belastung und vorübergehende Empfindungsstörungen über dem Operations-Gebiet. Es wurden keine Nerven- oder Sehnenläsionen gefunden.

Die radiologischen und funktionellen Ergebnisse wurden mit dem Gartland & Werley Score (98% erreichten ein exzellentes Ergebnis oder gutes Ergebnis, 2% erreichten ein befriedigendes Ergebnis) sowie dem DASH-Score (92% erreichten ein exzellentes oder gutes Ergebnis, 8% erreichten ein befriedigendes Ergebnis) evaluiert.

Die postoperativen Röntgenbilder waren in allen Werten signifikant besser ($p < 0,05$) als die präoperativen Bilder.

Im Literaturvergleich zeigten sich bei den hier untersuchten Patienten bei insgesamt niedrigen Komplikationsraten teils gute und teils bessere funktionelle und radiologische Werte.

Fazit: die winkelstabile, palmare Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur ist ein effektives Implantat mit geringer Komplikationsrate in der Behandlung distaler Radiusfrakturen.

DER

DASH-Fragebogen

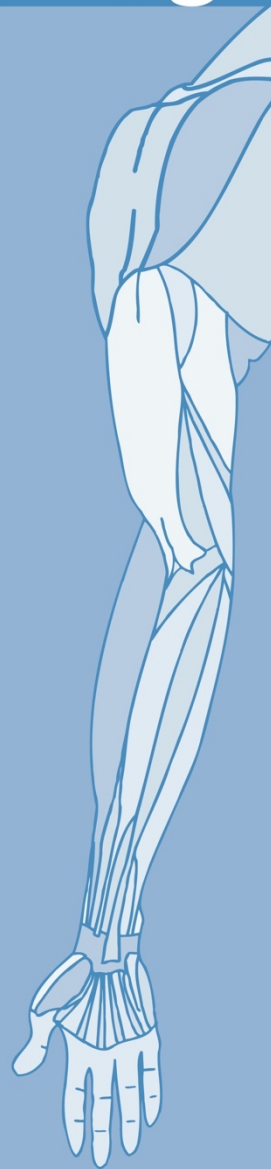
ANLEITUNG

Dieser Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Beschwerden als auch mit Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten Sie *alle Fragen* gemäß Ihrem Zustand in der vergangenen Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl ankreuzen.

Wenn Sie in der vergangenen Woche keine Gelegenheit gehabt haben, eine der unten aufgeführten Tätigkeiten durchzuführen, so wählen Sie die Antwort aus, die Ihrer Meinung nach *am ehesten* zutreffen würde.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie diese Tätigkeiten ausüben. Antworten Sie Ihrer Fähigkeit entsprechend, ungeachtet, wie Sie die Aufgaben durchführen konnten.



© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Deutsche Version:
Günter Germann, Angela Harth, Gerhard Wind, Erhan Demir.
University of Heidelberg.

Abbildung 59: DASH-Fragebogen Teil I [67]

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 fönen	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		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

Abbildung 60: DASH-Fragebogen Teil II [67]

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 Symptome 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

DASH Wert für Behinderung/Symptome = $\frac{[(\text{Summe der } n \text{ Antwortpunkte}) - 1] \times 25}{n}$

wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Wurden mehr als 3 Fragen nicht beantwortet, so darf ein DASH Wert nicht berechnet werden.

Abbildung 61: DASH-Fragebogen Teil III [67]

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Schulter-, Arm- oder Handprobleme auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist.

Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an:

Ich treibe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Schulter-, Arm- oder Handprobleme auf Ihre Arbeit (einschließlich Haushaltsführung, falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist).

Bitte geben Sie Ihre/n Arbeit/Beruf hier an:

Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?	1	2	3	4	5
3. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?	1	2	3	4	5

Auswertung der optionalen Module: Die Antwortpunkte der Fragen werden summiert; durch 4 (Anzahl der Fragen) dividiert; 1 wird subtrahiert und danach mit 25 multipliziert. Für die Auswertung eines optionalen Moduls dürfen **keine** Antworten fehlen.



**Institute
for Work &
Health**

Research Excellence
Advancing Employee
Health

INSTITUTE FOR WORK & HEALTH 2006. ALL RIGHTS RESERVED.

Abbildung 62: DASH-Fragebogen Teil IV [67]



Klinische Nachuntersuchung nach distalen Radiusfrakturen

Fallnummer: _____

Untersuchungsdatum:

Name:

Geburtsdatum:

Geschlecht: weiblich

männlich

Gewicht in kg:

Größe in cm:

Händigkeit: Rechtshänder

Linkshänder

Fraktur: re li

offen

geschlossen

Gegenseite gesund: ja

nein – Grund:

Unfalldatum:

Alter zum Unfallzeitpunkt:

Operationsdatum:

Implantatwechsel: nein ja – Datum:

Implantatentfernung: nein ja – Datum:

Lokale Vorschädigungen: Fraktur Arthrose Sonstige:

(Post-)OP-Komplikationen: Nervenschädigungen Sehnenschädigungen

Wundheilungsstörung Infektion

Unfallart: Sturz Trauma Sonstige

Unfallhergang: Beruf Freizeit Haushalt Sport Verkehr

Abbildung 63: Nachuntersuchungsbogen Teil I

Inspektion

Frakturseite	<input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts
Deformation		
Schwellung		
Durchblutung		
Druckschmerz Handgelenk		
Narbe(n) reizlos		
Fingerkuppenhohlhandabstand (FKHA)		
Fingernageltischabstand (FNTA)		

Beweglichkeit Handgelenk

Frakturseite	<input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts
Dorsalextension		
Palmarflexion		
Pronation		
Supination		
Radialabduktion		
Ulnaabduktion		

Kraft

Frakturseite	<input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts
Pinch-O-Meter		
Vigorimeter		
Dynamometer		

Abbildung 64: Nachuntersuchungsbogen Teil II



Röntgen

Frakturseite	<input type="checkbox"/> links	<input type="checkbox"/> rechts
--------------	--------------------------------	---------------------------------

präoperativ

Radial tilt		
Radial hight		
Palmar tilt		

postoperativ

Radial tilt		
Radial hight		
Palmar tilt		

ggf. nach Nachuntersuchung

Radial tilt		
Radial hight		
Palmar tilt		

Abbildung 65: Nachuntersuchungsbogen Teil III

Gartland and Werley

Restdeformitäten	Prominenter Processus styloideus	1
	Residuelle Dorsalneigung (dorsal tilt)	2
	Radiale Deviation ($17^\circ-13^\circ = 2$ / $\leq 12^\circ = 3$)	2-3
Subjektive Auswertung	Exzellente: Keine Schmerzen, keine Bewegungseinschränkung, keine Behinderung	0
	Gut: Gelegentlicher Schmerz, leichte Bewegungseinschränkung, keine Behinderung	2
	Mäßig: Gelegentliche Schmerzen, leichte Bewegungseinschränkung, leichte Einschränkung der Aktivität, Gefühl von Schwäche im Handgelenk, keine Behinderung bei vorsichtigem Umgang	4
	Schlecht: Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Behinderung, mehr oder weniger deutlich eingeschränkte Aktivität	6
Objektive Auswertung	Verlust der Dorsalextension $<45^\circ$	5
	Verlust der Ulnaarabduktion $<15^\circ$	3
	Verlust der Supination $<50^\circ$	2
	Verlust der Palmarflexion $<30^\circ$	1
	Verlust der Radialabduktion $<15^\circ$	1
	Verlust der Circumduktion / Rotation	1
	Schmerz im DRUG	1
Komplikationen	Minimale Arthrose	1
	Minimal Arthrose mit Schmerzen	3
	Moderate Arthrose	2
	Moderate Arthrose mit Schmerzen	4
	Schwere Arthrose	3
	Schwere Arthrose mit Schmerzen	5
	Komplikationen mit dem Nervus medianus	1-3
	Schlechte Fingerfunktion durch Gips	1-3
Ergebnis		

0-2 = exzellente, 3-8 = gut, 9-20 = befriedigend, >20 = ungenügend

Abbildung 66: Nachuntersuchungsbogen Teil IV [52]

BIBLIOGRAPHIE

1. Acumed. *Handgelenk Plattensystem - Operationstechnik*. 2014 [cited 2017 01.11.2017]; Available from: http://www.orthoaktiv.de/uploads/PDF/DEHNW00-06-A_Acu-Loc2_SurgicalTechnique%20web.pdf.
2. Aktekin, C.N., et al., *Comparison between external fixation and cast treatment in the management of distal radius fractures in patients aged 65 years and older*. *J Hand Surg Am*, 2010. 35(5): p. 736-42.
3. AO-Foundation. *Distal forearm - Approach*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 25.06.2017]; Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS95AxVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDAAHM1ng!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=&bone=Radius&classification=&implantstype=&method=&redfix_url=&segment=Distal&showPage=approach&treatment=.](https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS95AxVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDAAHM1ng!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=&bone=Radius&classification=&implantstype=&method=&redfix_url=&segment=Distal&showPage=approach&treatment=)
4. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 29.01.2017]; Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/jU_JDolwFPyaXukD4xJvPShxSYjBBXsxJZZCgm3zWiT69SjNjXOY2k5nJDOU0o1yLe6WEr4wW9ZvzySVKAOJVCpsk2YfA0kUYH5cAsBt3hvMXA5v-l4cPYPArv6Zc1Sbvp56ZzkcZRTnKQqLEoMFOLr23bk6AQNu2USBMYPp97Q8GBIUnW0fAGvSiJuAaVBlfQ22lcZ5mgYXU3g7ZcytPLx5X3uM!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?bone=Radius&segment=Distal&showPage=diagnosis.](https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/jU_JDolwFPyaXukD4xJvPShxSYjBBXsxJZZCgm3zWiT69SjNjXOY2k5nJDOU0o1yLe6WEr4wW9ZvzySVKAOJVCpsk2YfA0kUYH5cAsBt3hvMXA5v-l4cPYPArv6Zc1Sbvp56ZzkcZRTnKQqLEoMFOLr23bk6AQNu2USBMYPp97Q8GBIUnW0fAGvSiJuAaVBlfQ22lcZ5mgYXU3g7ZcytPLx5X3uM!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?bone=Radius&segment=Distal&showPage=diagnosis)
5. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - A2*. 2016 17.10.2016 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&teaserTitle=23-A2%20Extraarticular%20fracture%20radius%2C%20simple%20and%20impacted&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23a2.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
6. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - A3*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=fbox&teaserTitle=23-A3%20Extraarticular%20fractures%20of%20the%20radius%2C%20multifragme

- ntary&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23a3.jsp.
Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
7. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - B1*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&teaserTitle=23-B1%20Radius%20FUlna%2C%20Distal%2C%20partial%20articular%20fracture%20radius%2C%20sagittal&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23b1.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
 8. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - B2*. 2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&teaserTitle=23-B2%20Radius%20FUlna%2C%20Distal%2C%20partial%20articular%20fracture%2C%20radius%2C%20frontal%2C%20dorsal%20rim&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23b2.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
 9. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - B3*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=fbox&teaserTitle=23-B3%20Volar%20rim%20fracture&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23b3.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
 10. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - C1*. 2016 17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqIRUDhjJKSgmlrVQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5piYDANASYdE!dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&teaserTitle=23-C1%20Distal%20radius%20fracture&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23c1.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017

- ate=fbox&teaserTitle=23-
C1%20Radius%20Ulna%20%20Distal%20%20complete%20articular%20fract
ure%20%20radius%20%20articular%20simple%20%20metaphyseal%20simpl
&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23c1.jsp. Genehmigung
für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
11. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - C2*. 2016
17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEI_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqlRUDhjJKSgmIrvQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5pIYDANASYdE!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=fbox&teaserTitle=23-C2%20Complete%20articular%20fracture%20%20radius%20%20articular%20simple%20%20metaphyseal%20multifragmentary&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23c2.jsp. Genehmigung für Bildnutzungsrechte
durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
 12. AO-Foundation. *Distal forearm - Diagnosis - AO Surgery Reference - C3*. 2016
17.10.2016 [cited 2017 31.01.2017]; Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEI_l35Uek5-EtipkY55ScYW6fpRRalpqUWpRXqlRUDhjJKSgmIrvQNVg_Lycr30_Pz0nFS9IFRVA2w6MvKLS_QjUBTqF-SGRIT5pIYDANASYdE!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=fbox&teaserTitle=23-C3%20Complete%20articular%20fracture%20%20radius%20%20articular%20multifragmentary%20%20metaphyseal%20multifragmentary&contentUrl=srg/23/01-Diagnosis/2015/ao_srg_diag_23c3.jsp. Genehmigung für
Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
 13. AO-Foundation. *Distal forearm - Radiographic anatomy*. 2016 17.10.2016 [cited
2017 31.01.2017]; Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/jU_JDoIwFPyaXukD4xJvPShxSYjBBXsxJZZCgm3zWiT69SjNjXOY2k5nJDOU0o1yLe6WEr4wW9ZvzySVKAOJVCpsk2Yfa0kUYH5cAsBt3hvMXA5v-l4cPYPArv6Zc1Sbvp56ZkczRTnKQqLEoMFOLr23bk6AQNu2USBMYPp97Q8GBIUnW0fAGvSiJuAaVBIfQ22lcZ5mgYXU3g7ZcytPLx5X3uM!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/decision_support/Authors/23/23_Radiographic-anatomy.jsp.
 14. AO-Foundation. *Palmar approach – modified Henry approach*. Distal Forearm
2016 17.10.2016 [cited 2016 14.12.2016]; Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/lut/p/a1/jU_JDoIwFPyaXukD4xJvPShxSYjBBXsxJZZCgm3zWiT69SjNjXOY2k5nJDOU0o1yLe6WEr4wW9ZvzySVKAOJVCpsk2Yfa0kUYH5cAsBt3hvMXA5v-l4cPYPArv6Zc1Sbvp56ZkczRTnKQqLEoMFOLr23bk6AQNu2USBMYPp97Q8GBIUnW0fAGvSiJuAaVBIfQ22lcZ5mgYXU3g7ZcytPLx5X3uM!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSV MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=Palmar%20approach%20%26%23x2013%3B%20modified%20Henry%20approach&bone=Radius&classification=&contentUrl=%2F%2F23%2F0

- 4-
 Approaches%2F2015%2FA150_PalmarHenry.jsp&implantstype=&method=&refix_url=&segment=Distal&showPage=approach&treatment=. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die AO-Foundation erhalten am 24.06.2017
15. Arora, R., et al., *A Comparative Study of Clinical and Radiologic Outcomes of Unstable Colles Type Distal Radius Fractures in Patients Older Than 70 Years: Nonoperative Treatment Versus Volar Locking Plating*. Journal of Orthopaedic Trauma, 2009. 23(4): p. 237-242.
 16. Arora, R., et al., *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, 2011. 93(23): p. 2146-53.
 17. Arora, R., et al., *Palmar locking plate for treatment of unstable dorsal dislocated distal radius fractures*. Arch Orthop Trauma Surg, 2005. 125(6): p. 399-404.
 18. Arora, R., et al., *Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate*. J Orthop Trauma, 2007. 21(5): p. 316-22.
 19. Ashe, M.C., et al., *Hand dominance and bone response after a distal radius fracture: a peripheral QCT study*. J Clin Densitom, 2007. 10: p. 93-101.
 20. Aumüller, et al., *Duale Reihe. Anatomie*. 1 ed, ed. B.K. Bob A. 2007, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1344.
 21. AWMF. *Unfallchirurgische Leitlinien für Diagnostik und Therapie - Distale Radiusfraktur*. [Guideline] 2015 10.02.2015 [cited 2017 13.02.2017]; Available from: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-015l_S2e_Distale_Radiusfraktur_2015-02.pdf.
 22. AWMF. *Leitlinie Skaphoidfraktur*. [Guideline] 2016 [cited 2017 27.04.2017]; Available from: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-016l_S3_Skaphoidfraktur_2015-10.pdf.
 23. Azzi, A.J., et al., *Tendon Rupture and Tenosynovitis following Internal Fixation of Distal Radius Fractures: A Systematic Review*. Plast Reconstr Surg, 2017. 139(3): p. 717e-724e.
 24. Baierlein, S.A., *Frakturklassifikationen*. 1 ed.: Georg Thieme Verlag.
 25. Bailey, D.A., et al., *Epidemiology of Fractures of the Distal End of the Radius in Children as Associated with Growth*. Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume, 1989. 71a(8): p. 1225-1231.
 26. Baron, J.A., et al., *Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age*. Epidemiology, 1996. 7(6): p. 612-618.
 27. Bartl, C., et al., *The treatment of displaced intra-articular distal radius fractures in elderly patients*. Dtsch Arztebl Int, 2014. 111(46): p. 779-87.
 28. Becker and Haensel, *Die distale Radiusfraktur – ein Update der Behandlungsmethoden*, in OUP. 2014. p. 235-243.
 29. Böhler, L., *Technik der Knochenbruchbehandlung*. Vol. 12, 13. 1953, Wien: Maudrich.
 30. Bohndorf, K., H. Imhof, and K. Wörtler, *Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke*. 3 ed. 2014, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
 31. Bottcher, R., et al., *[Diagnosis of lunotriquetral instability]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2005. 37(2): p. 131-6.
 32. Breusch, S., et al., *Klinikleitfaden Orthopädie und Unfallchirurgie*. 7 ed. 2013, München: Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH. 938.
 33. Breusch, S., H. Mau, and D. Sabo, *Klinikleitfaden Orthopädie. Konservative und operative Orthopädie. Unfallchirurgie*. 5 ed. 2006, München: Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH. 912.

34. Brogan, D.M., et al., *Management of Severely Comminuted Distal Radius Fractures*. J Hand Surg Am, 2015. 40(9): p. 1905-14.
35. Brogren, E., M. Petranek, and I. Atroshi, *Incidence and characteristics of distal radius fractures in a southern Swedish region*. BMC Musculoskelet Disord, 2007. 8(48): p. 48.
36. Brug, E., U. Joosten, and M. Püllen, *Brüche am distalen Unterarm*. Der Orthopäde, 2000. 29(4): p. 318-326.
37. Buxton, S.J., *Colles and Carr: Some history of the wrist fracture*. Ann R Coll Surg Engl., 1966. 38: p. 253-257.
38. C.P., M., *Articular fractures of distal radius*. The Orthopedic Clinics of North America, 1984. 15(2): p. 217-236.
39. Carter, P.R., H.A. Frederick, and G.F. Laseter, *Open reduction and internal fixation of unstable distal radius fractures with a low-profile plate: a multicenter study of 73 fractures*. J Hand Surg Am, 1998. 23(2): p. 300-7.
40. Chaudhry, H., et al., *Are Volar Locking Plates Superior to Percutaneous K-wires for Distal Radius Fractures? A Meta-analysis*. Clin Orthop Relat Res, 2015. 473(9): p. 3017-27.
41. Chloros, G.D., E.R. Wiesler, and G.G. Poehling, *Current concepts in wrist arthroscopy*. Arthroscopy, 2008. 24(3): p. 343-54.
42. Chung, Squitieri, and Kim, *A Comparative Outcomes Study Using the Volar Locking Plating System for Distal Radius Fractures in both Young Adults and Adults Older than 60 Years*. J Hand Surg 2008. 33.
43. Cohen, M.S. and J.B. Jupiter, *Fractures of the Distal Radius*, in *Skeletal Trauma*, J. Browner, Levine, Trafton, Krettek, Editor. 2009, Elsevier: Philadelphia. p. 1405-1458.
44. Cole, R.J., et al., *Raiographic evaluation of osseous displacement following intra-articular fractures of the distal radius: reliability of plain radiography versus computed tomography*. J Hand Surg Am, 1997. 22: p. 792-800.
45. Cooney W.P., B.R., Dobyns J.H., *Difficult wrist fractures*. Clin Orthop, 1987. 214.
46. Crisco, J.J., et al., *In vivo radiocarpal kinematics and the dart thrower's motion*. J Bone Joint Surg Am, 2005. 87(12): p. 2729-40.
47. Cuenca, J., et al., *The incidence of distal forearm fractures in Zaragoza (Spain)*. Chir Main, 2003. 22(4): p. 211-5.
48. de Putter, C.E., et al., *Trends in wrist fractures in children and adolescents, 1997-2009*. J Hand Surg Am, 2011. 36(11): p. 1810-1815 e2.
49. Dee, W., W. Klein, and H. Rieger, *Reduction techniques in distal radius fractures*. Injury, 2000. 31 Suppl 1: p. 48-55.
50. DePuy. *DVR Anatomic Volar Plating System - Surgical Technique*. 2008 [cited 2017 07.11.2017]; Available from: http://methodebok-ortopedi.ihelse.net/Metodebok_leger/Pdf/DO_DVR_Surgical_Technique_US_1_4_0.pdf.
51. Diamantopoulos, A.P., et al., *The epidemiology of low- and high-energy distal radius fracture in middle-aged and elderly men and women in Southern Norway*. PLoS One, 2012. 7(8): p. e43367.
52. Dragowsky, K. and M. Müller. *Traumascor.de*. 2014 2014 [cited 2014 22.11.2014]; Traumascor - Score nach Gartland and Werley]. Available from: <http://traumascor.com/index.php/scores2/27-handgelenk-und-hand/61-60>.
53. Drobetz, H., et al., *Volar xed-angle plating of distal radius extension fractures: influence of plate position on secondary loss of reduction - a biomechanic study in a cadaveric model*. J Hand Surg Am. 31: p. 615-622.
54. Drobetz, H. and E. Kutscha-Lissberg, *Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system*. Int Orthop, 2003. 27(1): p. 1-6.

55. Dumont, C., et al., *[Results of palmar T-plate osteosynthesis in unstable fractures of the distal radius]*. Chirurg, 2003. 74(9): p. 827-33.
56. Dumontier, C., S. Carmes, and O. Kadji, *[Combined scaphoid and distal radius fractures in adults]*. Hand Surg Rehabil, 2016. 35S: p. S55-S59.
57. Egol, K.A., et al., *Distal radial fractures in the elderly: operative compared with nonoperative treatment*. J Bone Joint Surg Am, 2010. 92(9): p. 1851-7.
58. Esenwein, P., et al., *Complications following palmar plate fixation of distal radius fractures: a review of 665 cases*. Arch Orthop Trauma Surg, 2013. 133(8): p. 1155-62.
59. Ewerbeck, V., et al., *Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie*. Vol. 4. 2014: Georg Thieme Verlag. 904.
60. Fernandez D.L., J.J.B., *Fractures of the distal radius. A practical approach to management*. Springer Verlag, 1995.
61. Foo, T.L., et al., *Mechanical failure of the distal radius volar locking plate*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2013. 21(3): p. 332-6.
62. Foundation, A. *AO Surger Reference - Decision Support - Distal forearm - Distal radius fracture*. Distal forearm 2016; Available from: <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Radius&segment=Distal>.
63. Frykman, G., *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 orthopædica Scandinavia, 1967. Suppl 108: p. 3+.
64. G., G., *Distal radius fractures*. Z Orthop Unfall, 2009. 147: p. 621-635.
65. Gaulke, R., et al., *Ausrissfrakturen des Processus styloideus ulnae bei der distalen Radiusfraktur*. Obere Extremität, 2015. 10: p. 168-172.
66. Geissler, W.B., A.E. Freeland, and F.H. Savole, *Incarpal soft tissue lesions associated with an intraarticular fracture of the distal radius*. J Bone Joint Surg Am., 1996. 78: p. 357-365.
67. Germann, G., et al. *Der DASH-Fragebogen*. [pdf] 2006 05.11.2012 [cited 2014 22.11.2014]; Available from: http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/DASH_German_2012.pdf.
68. Gologan, R., et al., *Karpale Begleittläsionen bei dislozierter distaler Radiusfraktur*. Unfallchirurg, 2014. 117: p. 48-53.
69. Gradl, G., *Distal radius fractures*. Z Orthop Unfall, 2009. 147: p. 621-635.
70. Grifka, et al., *Orthopädie und Unfallchirurgie*. 9 ed. 2013, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. 423.
71. Gupta, A., *The treatment of Colles' fracture. Immobilisation with the wrist dorsiflexed*. J Bone Joint Surg Br, 1991. 73(2): p. 312-5.
72. Haberle, S., et al., *Pronator quadratus repair after volar plating of distal radius fractures or not? Results of a prospective randomized trial*. Eur J Med Res, 2015. 20(93): p. 93.
73. Haberneek, H., R. Weinstabl, and L. Schmid, *Anatomische Studien zur perkutanen Bohrdrahtosteosynthese an der distalen Speiche*. Unfallchirurgie, 1993. 19: p. 49-53.
74. Hagino, H., et al., *Increasing incidence of distal radius fractures in Japanese children and adolescents*. J Orthop Sci, 2000. 5(4): p. 356-60.
75. Handoll, H. and R. Madhok, *Surgica I interventions for treating distal radial fractures in adults (Review)*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2003.
76. Handoll, H., R. Madhok, and C. Dodds, *Anaesthesia for treating distal radius fracture in adults*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2002.

77. Hershman, S.H., et al., *The effects of pronator quadratus repair on outcomes after volar plating of distal radius fractures*. J Orthop Trauma, 2013. 27(3): p. 130-3.
78. Hoffmann, R., *Osteotaxis, osteosynthesis externe par finches et rotules*. Acta Chir Scand, 1954. 107(72).
79. Hotz, T.K., *Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese*. OP-Journal, 2003. 19: p. 21-27.
80. Huber, W., *Historical remarks on Martin Kirschner and the development of the Kirschner (K)-wire*. Indian J Plast Surg, 2008. 41(1): p. 89-92.
81. Itoh, S., et al., *Significance of a Pronator Quadratus-Sparing Approach for Volar Locking Plate Fixation of Comminuted Intra-articular Fractures of the Distal Radius*. Hand (N Y), 2016. 11(1): p. 83-7.
82. Johnson, N.A., et al., *Complications after volar locking plate fixation of distal radius fractures*. Injury, 2014. 45(3): p. 528-33.
83. Kamano, M., et al., *Palmar plating system for Colles' fractures--a preliminary report*. J Hand Surg Am, 2005. 30(4): p. 750-5.
84. Kapandji, A., *L'ostéosynthèse par double embrochage intra-focal. Traitement fonctionnel des fractures non-articulaires de l'extrémité inférieure du radius*. Ann. Chir., 1976. 30: p. 903-908.
85. Kapandji, A., *L'embrochage intra-focal des fractures de l'extrémité inférieure du radius dix an après*. Ann. Chir. Main, 1987. 6: p. 57-63.
86. Kazuki, K., et al., *Cineradiographic study of wrist motion after fracture of the distal radius*. J Hand Surg Am, 1993. 18(1): p. 41-6.
87. Khatri, K., et al., *Surgical Treatment of Unstable Distal Radius Fractures With a Volar Variable-Angle Locking Plate: Clinical and Radiological Outcomes*. Arch Trauma Res, 2016. 5(2): p. e25174.
88. Kim, J.K., Y.S. Koh, and N.H. Do, *Should an ulnar styloid fracture be fixed following volar plate fixation of a distal radial fracture?* J Bone Joint Surg Am., 2010. 92: p. 1-6.
89. Kim, J.K. and S.D. Park, *Outcomes after volar plate fixation of low-grade open and closed distal radius fractures are similar*. Clin Orthop Relat Res, 2013. 471(6): p. 2030-5.
90. Klein W., D.W., Rieger H., Neumann H.S., Joosten U., *Results of transarticular @xator application in distal radius fractures*. Int. J. Care Injured, 2000. 31: p. 71-77.
91. Knirk, J.L. and J.B. Jupiter, *Intraarticular fractures of the distal end of the radius in young adults*. J Bone Joint Surg Am., 1986. 68(647-659).
92. Kock, H., W.D. Bandl, and T. Chan, *[Experiences and results with the locked compression plate for 603 fractures of the distal radius]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2005. 37(5): p. 303-8.
93. Koebke, J., *Anatomy of the wrist joint and carpus*. Unfallchirurgie, 1988. 14: p. 74-79.
94. Königsee. *Produktübersicht - Implantate*. 2017 [cited 2017 07.11.2017]; Available from: http://www.koenigsee-implantate.de/downloads/produkt_uebersicht.pdf
95. Koo, O.T., D.M. Tan, and A.K. Chong, *Distal radius fractures: an epidemiological review*. Orthop Surg, 2013. 5(3): p. 209-13.
96. Kramer, S., et al., *The incidence of ulnocarpal complaints after distal radial fracture in relation to the fracture of the ulnar styloid*. J Hand Surg Eur Vol, 2013. 38(7): p. 710-7.
97. Kreder, H.J., et al., *Indirect reduction and percutaneous fixation versus open reduction and internal fixation for displaced intra-articular fractures of the distal*

- radius: a randomised, controlled trial.* J Bone Joint Surg Br, 2005. 87(6): p. 829-36.
98. Krimmer, H., *Neues und Zukünftiges in der Versorgung von Radiusfrakturen.* Trauma und Berufskrankheit, 2008. 10(S2): p. 259-262.
 99. Krimmer, H., et al., *Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur.* Unfallchirurg, 2004. 107: p. 460-467.
 100. Lamas, C., et al., *Intraosseous vascularity of the distal radius: anatomy and clinical implications in distal radius fractures.* Hand (N Y), 2009. 4(4): p. 418-23.
 101. Landin, L.A., *Fracture patterns in children. Analysis of 8,682 fractures with special reference to incidence, etiology and secular changes in a Swedish urban population 1950-1979.* Acta Orthop Scand Suppl, 1983. 202: p. 1-109.
 102. Larson, A.N. and M. Rizzo, *Locking plate technology and its applications in upper extremity fracture care.* Hand Clin, 2007. 23(2): p. 269-78, vii.
 103. Lebailly, et al., *Distal radius fixation through a mini-invasive approach of 15 mm. PART 1: a series of 144 cases.* Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014. 24(6): p. 877-890.
 104. Letsch, R., et al., *Surgical treatment of fractures of the distal radius with plates: a comparison of palmar and dorsal plate position.* Arch Orthop Trauma Surg, 2003. 123(7): p. 333-9.
 105. Leung, K.S., et al., *Ligamentotaxis and bone grafting for comminuted fractures of the distal radius.* J Bone Joint Surg Br, 1989. 71(5): p. 838-42.
 106. Lindau, T., et al., *Fractures of the distal forearm in young adults. An epidemiologic description of 341 patients.* Acta Orthop Scand, 1999. 70: p. 124-128.
 107. Lippert, *Lehrbuch Anatomie.* 6 ed. 2003, München, Jena: Urban & Fischer. 884.
 108. Loos, B., et al., *Die distale Radiusfraktur und ihre Begleitverletzungen am Handgelenk.* CHAZ, 2005: p. 13-19.
 109. Lutsky, K., M. Boyer, and C. Goldfarb, *Dorsal locked plate fixation of distal radius fractures.* J Hand Surg Am, 2013. 38(7): p. 1414-22.
 110. Lutsky, K.F., et al., *Reliability of the Soong Classification for Volar Plate Position.* J Hand Surg Am, 2016. 41(7): p. e199-202.
 111. M., M. and C. J., *Colles fracture: does the anatomical result affect the final function?* J Bone Joint Surg Br., 1988. 70: p. 649-651.
 112. Ma, C., et al., *External fixation is more suitable for intra-articular fractures of the distal radius in elderly patients.* Bone Res, 2016. 4: p. 16017.
 113. Maire, et al., *Prospective continuous study comparing intrafocal cross-pinning HK2® with a locking plate in distal radius fracture fixation.* Chirurgie de la Main, 2012. 32(1): p. 17-24.
 114. May, M.M., J.N. Lawton, and P.E. Blazar, *Ulnar styloid fractures associated with distal radius fractures: incidence and implications for distal radioulnar joint instability.* J Hand Surg Am, 2002. 27(6): p. 965-71.
 115. Mayr, E., *Chirurgie Basisweiterbildung.* 2 ed, ed. M.W. Jauch K.W., Hoffmann J.N., Kanz K.G. 2013, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. 848.
 116. MedArtis. *Distales Radiussystem 2.5. Operationstechnik.* 01-2011 12.02.2017]; Available from: http://www.medartis.com/uploads/WRIST-01020000_v2.pdf.
 117. MedArtis. *Distales Radius System 2.5 - Produktinformation.* 01-2017 01.02.2017]; Available from: http://www.medartis.com/uploads/WRIST_11000000_v1_2017-01_web_01.pdf.
 118. MedArtis. *Distales Radius System 2.5. OP Technik - Step by Step.* 10-2015 01.02.2017]; Available from: http://www.medartis.com/uploads/WRIST-01030000_v9_OP-Technik_10.2015.pdf. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch MedArtis erhalten am 29.06.2017

119. Meffert, R., et al., *External fixation of wrist fractures in elderly patient*. Osteoporosis International, 2002. 13: p. S13-S13.
120. Meffert, R.H., et al., *Ist der Fixateur externe überholt? Komplikationen nach palmarer winkelstabiler Platte bei instabiler, distaler Radiusextensionsfraktur*. Chir praxis, 2006. 66: p. 75-91.
121. Melton, L.J., 3rd, et al., *Long-term trends in the incidence of distal forearm fractures*. Osteoporos Int, 1998. 8(4): p. 341-8.
122. Merle, M., G. Dautel, and S. Rehart, *Chirurgie der Hand: Bd 2 Sekundäreingriffe, Traumatologie des Handgelenkes*. . 1999, Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
123. Monaco, N.A., et al., *Hand Surgeon Reporting of Tendon Rupture Following Distal Radius Volar Plating*. Hand (N Y), 2016. 11(3): p. 278-286.
124. Moser, V.L., et al., *Palmarer winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur*. Operat Orthop Traumatol, 2004. 16: p. 380-96.
125. Mudgal, C.S. and W.A. Jones, *Scapho-lunate diastasis: a component of fractures of the distal radius*. J Hand Surg Br, 1990. 15(4): p. 503-5.
126. Müller, F.J., C. Schuster, and B. Weigel, *Klinische Untersuchungstests in Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2013, Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
127. Musgrave, D.S. and R.S. Idler, *Volar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using the 2.4-mm locking compression plates*. Journal of Hand Surgery-American Volume, 2005. 30a(4): p. 743-749.
128. Navarro, C.M., et al., *Volar Locking Plate or External Fixation With Optional Addition of K-Wires for Dorsally Displaced Distal Radius Fractures: A Randomized Controlled Study*. Journal of Orthopaedic Trauma, 2016. 30(4): p. 217-224.
129. Nelson, D.L. *Anatomy Notes and Their Clinical Significance for the Volar Approach*. 2012 [cited 2017 30.06.2017]; Available from: http://www.davidlnelson.md/articles/Radius_Anatomy_Annotated.htm.
130. Neumaier, M., et al., *Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit begleitender Scaphoidfraktur*. DKOU, 2010.
131. Niethard, Pfeil, and Biberthaler, *Duale Reihe. Orthopädie und Unfallchirurgie*. 6 ed. 2009, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 655.
132. O'Neill, T.W., et al., *Incidence of distal forearm fracture in British men and women*. Osteoporos Int, 2001. 12(7): p. 555-8.
133. Obert, L., et al., *Distal radius anatomy applied to the treatment of wrist fractures by plate: a review of recent literature*. SICOT J, 2015. 1(14): p. 14.
134. Ochman, S., et al., *Ist die Behandlung der instabilen distalen Radiusfraktur beim älteren Menschen mittels Fixateur externe nicht mehr indiziert? Der Unfallchirurg*, 2006. 109(12): p. 1050-1057.
135. Oestern, H.J., *Tscherne Unfallchirurgie. Distale Radiusfrakturen. Behandlung distaler Radiusfrakturen und Fehlstellungen.*, ed. K.-P. Schmitt-Neuerburg, H. Towfigh, and R. Letsch. 2001, Heidelberg: Springer Verlag.
136. Ombredanne, *L'osteosynthese temporaire chez les enfants*. Presse med, 1929. 52.
137. Orbay, J.L. and D.L. Fernandez, *Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report*. J Hand Surg Am, 2002. 27(2): p. 205-15.
138. Orbay, J.L. and D.L. Fernandez, *Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient*. J Hand Surg Am, 2004. 29(1): p. 96-102.
139. Orbay, J.L., F. Rubio, and L.L. Vernon, *Prevent Collapse and Salvage Failures of the Volar Rim of the Distal Radius*. J Wrist Surg, 2016. 5(1): p. 17-21.
140. Pabst, T., T. Uzdil, and K.H. Winker, *Die palmarer Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur - Indikation und Technik*. OP-Journal, 2003. 19: p. 42-50.

141. Palmer, A.K. and F.W. Werner, *Biomechanics of the distal radioulnar joint*. Clin Orthop Relat Res, 1984. 187(187): p. 26-35.
142. Pechlaner, S., *Die Hyperextensionsverletzung des Handgelenks. Experimentelle Untersuchungen und klinische Aspekte*. 1999, Reinbek / Hamburg: Einhorn-Press Verlag.
143. Pechlaner, S., et al., *[Distal radius fractures--aetiology, treatment and outcome]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2007. 39(1): p. 19-28.
144. Peltier, L.F., *Fractures of the distal end of the radius. An historical account*. Clin Orthop Relat Res, 1984(187): p. 18-22.
145. Phadnis, J., et al., *Mid-term functional outcome after the internal fixation of distal radius fractures*. J Orthop Surg Res, 2012. 7: p. 4.
146. Pillukat, T., J. van Schoonhoven, and L. U., *Die ulnare Instabilität des Karpus*. Orthopäde, 2004. 33: p. 676-684.
147. Pogue, D.J., et al., *Effects of distal radius fracture malunion on wrist joint mechanics*. J Hand Surg Am, 1990. 15(5): p. 721-7.
148. Reill, P. and S. Kruft, *Diagnostik und Behandlung der Begleitverletzungen und Folgeschäden bei distalen Radiusfrakturen*. Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin., 1993. 64(11): p. 899-906.
149. Rein, S., et al., *Results of dorsal or volar plate fixation of AO type C3 distal radius fractures: a retrospective study*. J Hand Surg Am, 2007. 32(7): p. 954-61.
150. Richards, R.S., et al., *Arthroscopic Diagnosis of Intra-articular Soft Tissue Injuries Associated With Distal Radius Fractures*. the journal of hand surgery, 1997. 22A(772-776).
151. Rikli, D.A., R. Babst, and J.B. Jupiter, *Distale Radiusfraktur: neue Konzepte als Basis für die operative Therapie*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2007. 39: p. 2-8.
152. Rikli, D.A., et al., *Intraarticular pressure measurement in the radio-ulnocarpal joint using a novel sensor: in vitro and in vivo results*. J Hand Surg Am, 2007. 32: p. 67-75.
153. Rikli, D.A. and P. Regazzoni, *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 Br, 1996. 78(4): p. 588-92.
154. Ring, D. and J.B. Jupiter, *Treatment of osteoporotic distal radius fractures*. Osteoporos Int, 2005. 16 Suppl 2: p. S80-4.
155. Ring, D., et al., *Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures*. J Hand Surg Am, 1997. 22(5): p. 777-84.
156. Rizzo, M., B.A. Katt, and J.T. Carothers, *Comparison of locked volar plating versus pinning and external fixation in the treatment of unstable intraarticular distal radius fractures*. Hand (N Y), 2008. 3(2): p. 111-7.
157. Roh, Y.H., et al., *A randomized comparison of volar plate and external fixation for intra-articular distal radius fractures*. J Hand Surg Am, 2015. 40(1): p. 34-41.
158. Rohen, J., C. Yokochi, and E. Lütjen-Drecoll, *Color Atlas of Anatomy*. Vol. 7. 2011, Stuttgart: Schattauer GmbH. Verlag für Medizin und Naturwissenschaften. Genehmigung für Bildnutzungsrechte durch die Schattauer GmbH erhalten am 25.01.2018
159. Ruch, D.S. and A. Papadonikolakis, *Volar versus dorsal plating in the management of intra-articular distal radius fractures*. J Hand Surg Am, 2006. 31(1): p. 9-16.
160. Rudigier, *Luxationen - Bandverletzungen*, in *Kurzgefasste Handchirurgie*. 2006, Georg Thieme Verlag KG.
161. Rudolph, et al., *Distale Radiusfraktur – 20 Jahre winkelstabile Osteosynthese*. OP-Journal, 2012.

162. Rueger, J.M., et al., *Frakturen des distalen Radius*. Der Unfallchirurg, 2014. 11: p. 1025-1036.
163. Rueger, M., W. Linhart, and D.W. Sommerfeldt, *Differentialindikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur*. Trauma und Berufskrankheit, 1998. 1: p. 6-14.
164. Ryan, L.M., et al., *Epidemiology of pediatric forearm fractures in Washington, DC*. J Trauma, 2010. 69(4 Suppl): p. S200-5.
165. Sammer, D.M., et al., *The Effect of Ulnar Styloid Fractures on Patient-Rated Outcomes After Volar Locking Plating of Distal Radius Fractures*. the journal of hand surgery, 2009. 34(9): p. 1595-1602.
166. Schierz, A. and C. Meier, *Die konzeptionelle und technische Entwicklung der Frakturversorgung am Beispiel der distalen Radiusfraktur*. . Schweizer Med Forum, 2010. 10(18): p. 325-329.
167. Schmidt, H.M. and U. Lanz, *Chirurgische Anatomie der Hand*. Vol. 2. 2003, Stuttgart, NewYork: Georg Thieme Verlag. 261.
168. Schmitt, R. and U. Lanz, *Bildgebende Diagnostik der Hand*. Vol. 3. 2014: Georg Thieme Verlag.
169. Schupp, A., et al., *[Distal radius fractures. 2.4 mm locking compression plates. Are they worth the effort?]*. Chirurg, 2003. 74(11): p. 1009-17.
170. Schutz, M., et al., *[Palmar plating with the locking compression plate for dorsally displaced fractures of the distal radius--first clinical experiences]*. Zentralbl Chir, 2003. 128(12): p. 997-1002.
171. Schwarz, N., *Die distale Radiusfraktur - Konservative Behandlung*. OP-Journal, 2003. 19: p. 16-20.
172. Sell, S. *Zertifizierte CME-Fortbildung. Handgelenk und Daumen*. 1.
173. Short, W.H., et al., *A biomechanical study of distal radial fractures*. J Hand Surg Am, 1987. 12(4): p. 529-34.
174. Siebert, H.R. and A. Klönz, *[Fracture of the distal radius]*. Unfallchirurg, 2005. 108(2): p. 135-52; quiz 153.
175. Singer, B.R., et al., *Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender*. J Bone Joint Surg Br, 1998. 80(2): p. 243-8.
176. Sönmez, C., *Die palmare Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur. Versorgungszeitraum 2009-2011.*, in *Universitätsklinikum Würzburg. Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie*. 2017, Julius-Maximilians Universität Würzburg: Würzburg.
177. Soong, M., et al., *Volar locking plate implant prominence and flexor tendon rupture*. J Bone Joint Surg Am, 2011. 93(4): p. 328-35.
178. Soong, M., et al., *Fracture of the distal radius: risk factors for complications after locked volar plate fixation*. J Hand Surg Am, 2011. 36(1): p. 3-9.
179. Stoffelen, D., K. De Mulder, and P. Broos, *The clinical importance of carpal instabilities following distal radial fractures*. J Hand Surg Br, 1998. 23(4): p. 512-6.
180. Stryker. *VariAx Distal Radius - System Components Guide*. 2015 [cited 2017 01.11.2017]; Available from: http://az621074.vo.msecnd.net/syk-mobile-content-cdn/global-content-system/SYKGCSDOC-2-41915/nhbdYFuyMDT1ICn_0s95GnCfGxy0hQ/VAX_SCS_4.pdf.
181. Sugiyama, Y., et al., *Devising for a distal radius fracture fixation focus on the intra-articular volar dislocated fragment*. Ann Med Surg (Lond), 2016. 8: p. 1-5.
182. Tarallo, L., et al., *Volar plate fixation for the treatment of distal radius fractures: analysis of adverse events*. J Orthop Trauma, 2013. 27(12): p. 740-5.
183. Teunis, T., et al., *Evaluation of radiographic fracture position 1 year after variable angle locking volar distal radius plating: a prospective multicentre case series*. J Hand Surg Eur Vol, 2017. 42(5): p. 493-500.

184. Thielke, K.H., et al., [*Angularly stable radius plate: progress in treatment of problematic distal radius fracture?*]. *Chirurg*, 2003. 74(11): p. 1057-63.
185. Thompson, P.W., J. Taylor, and A. Dawson, *The annual incidence and seasonal variation of fractures of the distal radius in men and women over 25 years in Dorset, UK*. *Injury*, 2004. 35(5): p. 462-6.
186. Tibrewal, S., et al., *Role of MRI in the diagnosis and management of patients with clinical scaphoid fracture*. *Int Orthop*, 2012. 36(1): p. 107-10.
187. Towfigh, H., et al., *Handchirurgie*. Vol. 2. 2011, Berlin, Heidelberg, NewYork: Springer Verlag GmbH.
188. Trumble, T.E., S.R. Schmitt, and N.B. Vedder, *Factors affecting functional outcome of displaced intraarticular distal radius fractures*. *J Hand Surg Am*. 19: p. 325-340.
189. Uzdil, T., et al., *Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen*. *Akt Traumatol*, 2001. 31: p. 141-148.
190. Vlček, M., et al., *Multidirectional screw fixation in the treatment of distal radius fractures using angle-stable plates*. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2001. 78(1): p. 27-33.
191. Voigt, C. and H. Lill, *Welche Vorteile bietet die volare Plattenosteosynthese gegenüber der Kirschner-Drahtstabilisierung bei distalen Radiusextensionsfrakturen des alten Menschen?* *Unfallchirurg*, 2006. 109: p. 845-854.
192. Voigt, C., et al., *Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius. Assoziiert eine Osteoporose schlechtere funktionelle Ergebnisse und höhere Komplikationsraten?* *Chirurg*, 2012. 83: p. 463-471.
193. Wall, L.B., et al., *The effects of screw length on stability of simulated osteoporotic distal radius fractures xed with volar locking plates*. *J Hand Surg Am*, 2012. 37: p. 446-453.
194. Walz, M., B. Kolbow, and F. Auerbach, [*Do fixed-angle T-plates offer advantages for distal radius fractures in elderly patients?*]. *Unfallchirurg*, 2004. 107(8): p. 664-6, 668-70.
195. Watson, H.K., J. Weinzeig, and J. Zeppieri, *The natural progression of scaphoid instability*. *Hand Clin*, 1997. 13(1): p. 39-49.
196. Werner, F.W., et al., *Scaphoid and lunate motion during a wrist dart throw motion*. *J Hand Surg Am*, 2004. 29(3): p. 418-22.
197. Westphal, T., et al., *Outcome after surgery of distal radius fractures: no differences between external fixation and ORIF*. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2005. 125(8): p. 507-14.
198. Wichelhaus, A., G. Gradl, and T. Mittlmeier, *Die distale Radiusfraktur*, in *Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2012, Georg Thieme Verlag: Stuttgart, NewYork. p. 251-271.
199. Wichlas, F., et al., *Complication rates and reduction potential of palmar versus dorsal locking plate osteosynthesis for the treatment of distal radius fractures*. *J Orthop Traumatol*, 2014. 15(4): p. 259-64.
200. Williksen, J.H., et al., *External Fixation and Adjuvant Pins Versus Volar Locking Plate Fixation in Unstable Distal Radius Fractures: A Randomized, Controlled Study With a 5-Year Follow-Up*. *J Hand Surg Am*, 2015. 40(7): p. 1333-40.
201. Windisch, G., et al., *Promontory of radius: a new anatomical description on the distal radius*. *Surg Radiol Anat*, 2007. 29(8): p. 629-33.
202. Windisch, G., et al., *Capsular attachment to the distal radius for extracapsular placement of pins*. *Surg Radiol Anat*, 2001. 23(5): p. 313-6.
203. Winker, K. and D. Rikli, *Die distale Radiusfraktur: Behandlungsstrategie beim Erwachsenen*. *Op-Journal*, 2013. 28(03): p. 252-255.

204. Wolters, R. and H. Krimmer, *Die distale Radiusfraktur*. Handchirurgie Scan, 2016. 05(03): p. 227-241.
205. Wright, T.W., M. Horodyski, and D.W. Smith, *Functional outcome of unstable distal radius fractures: ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation*. J Hand Surg Am, 2005. 30(2): p. 289-99.
206. Wülker, et al., *Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2 ed, ed. Wülker N. 2010, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 542.
207. Zenke, Y., et al., *The effect of an associated ulnar styloid fracture on the outcome after fixation of a fracture of the distal radius*. J Bone Joint Surg Br, 2009. 91(1): p. 102-7.

DANKSAGUNG

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Herr Univ. Prof. Dr. med. Rainer Meffert für seine wissenschaftliche und methodische Unterstützung während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation. Er hat mich bei der Bearbeitung stets durch zielführende Diskussionen und anhaltende Hilfestellung begleitet und unterstützt.

Meiner Studienkollegin Cagla Sönmez danke ich für die zahlreichen und unermüdlichen, fachlichen Gespräche, Ratschläge, Anmerkungen und neuen Aspekte. Auch die vielen nicht-wissenschaftlichen und motivierenden Gespräche haben meine Arbeit unterstützt.

Besonders möchte ich an dieser Stelle auch meinen Eltern Dipl. Päd. Lydia Hauk und Dr. med. univ. Helge Hauk, meiner Schwester Denise Hauk und meinem Partner Dr. Markus Aichele für die unermüdliche Stärkung und Motivierung danken sowie für das stets offene Ohr für meine Gedanken.

LEBENS LAUF

Schul- und Berufsbildung

04 / 2012 – heute	Julius-Maximilians-Universität Würzburg Humanmedizin Dissertation bei Prof. Dr. Meffert: <i>“Die palmare Rahmenplatte bei distaler Radiusfraktur”</i> Abstract Publikation und Nominierung für den Otto-Goetze-Preis bei der 94. Jahrestagung der Bayerischen Chirurgenvereinigung sowie beim Deutschen Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2017
09 / 2009 – 06 / 2011	IMC University of Applied Sciences Krens (Österreich) Gesundheitsmanagement Masterarbeit bei Prof. Mag. Frey, MAS: <i>“Launch eines Health Care Provider Portals im Bereich Pharmamarketing. Eine Kundenbindungstoolanalyse für die erfolgreiche Implementierung im Auftrag der Firma Eli Lilly GmbH”</i> Abschluss: M.A.
09 / 2007 – 01 / 2008	Hogeschool Zeeland (Vlissingen, Niederlande) International Business & Management Studies
09 / 2006 – 06 / 2009	IMC University of Applied Sciences Krens (Österreich) Gesundheitsmanagement 1. Bachelorarbeit bei Mag. Sengstschmid: <i>“Ein Strukturvergleich von öffentlichen und privaten Krankenanstalten. Bedeutet besser wirtschaften auch besser behandeln?”</i> 2. Bachelorarbeit bei Mag. Kostjuk: <i>“Die Klinische Arzneimittelprüfung unter besonderer Berücksichtigung monetärer Aspekte.”</i> Abschluss mit ausgezeichnetem Erfolg: B.A.
09 / 2004 – 06 / 2006	Medizinische Universität Wien (Österreich) Humanmedizin
09 / 1996 – 06 / 2004	Bundesgymnasium Klosterneuburg (Österreich) Auslandsaufenthalt 08/2002 – 01/2003: Marryatville Highschool (Adelaide, Australien) Abschluss mit gutem Erfolg: Abitur

Berufserfahrung

12 / 2017 – 04 / 2018	Klinikum rechts der Isar München PJ Tertial: Innere Medizin
09 / 2017 – 12 / 2017	Luzerner Kantonsspital (Schweiz) PJ Tertial: Allgemeine Chirurgie
05 / 2017 – 09 / 2017	Klinik Gut AG St. Moritz (Schweiz) PJ Tertial / Wahlfach: Orthopädie / Unfallchirurgie
10 / 2014 – 04 / 2017	Orthopädische Klinik König-Ludwig Haus Würzburg OP-Assistenz / Hakenhalter

10 / 2014 – 04 / 2017	Lehrklinik des Universitätsklinikum Würzburg Tutorin / Wissenschaftliche Hilfsmitarbeiterin
08 / 2011 – 04 / 2012	Baxter Innovations GmbH (Wien, Österreich) Global Project Management
07 / 2009 – 07 / 2011	Eli Lilly GmbH (Wien, Österreich) Produkt- und Projektmanagement
02 / 2008 – 08 / 2008	Aipermon GmbH & Co. KG München Marketing & Sales
07 / 2007 – 08 / 2007	Baxter AG Austria (Wien, Österreich) Pharmakovigilanz Assistenz

Weiterbildung

Juli 2011	PMA Austria	Junior Project Management Zertifizierung
-----------	-------------	--

Andere Kompetenzen

Sprachen	Deutsch (Muttersprache), Englisch (fließend), Französisch (Grundkenntnisse)
Computer	MS Office, bedingt CMS

17.Februar 2018

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Saskia Hauk, B.A., M.A.

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die Dissertation selbstständig angefertigt habe. Übernommene Inhalte wurden von mir eindeutig gekennzeichnet.

Die Gelegenheit zum Promotionsverfahren wurde mir nicht kommerziell vermittelt. Insbesondere wurde keine Person oder Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuer bzw. Betreuerinnen für die Anfertigung von Dissertationen sucht.

Ich erkläre weiterhin, dass ich die Regeln der Universität Würzburg über gute wissenschaftliche Praxis eingehalten habe.

Meine Dissertation wurde weder vollständig noch teilweise schon einmal einer anderen Fakultät mit dem Ziel, einen akademischen Grad zu erzielen, vorgelegt.

Es wurde mir kein akademischer Grad entzogen, noch wurde gegen mich diesbezüglich ein strafrechtliches Ermittlungsverfahren oder Disziplinarverfahren eingeleitet.

Fertigstellungsdatum: 17.02.2018

Unterschrift