

Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. Rainer Meffert

**Die palmare Rahmenplatte zur Versorgung instabiler distaler
Radiusfrakturen:
Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung mit der Aptus 2,5mm
Rahmenplatte
–Versorgungszeitraum 2009 bis 2011–**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Cagla Sönmez
aus Augsburg

Würzburg, Juli 2019



Referent: Prof. Dr. med. Rainer Meffert
Korreferent/ Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. med. Thorsten Bley
Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 07.09.2020

Die Promovendin ist Ärztin

Diese Arbeit ist meiner Familie gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie des distalen Radius	2
1.1.1	Knöchernen Strukturen	2
1.1.2	Ulnokarpale Komplex und Bandapparat.....	3
1.1.3	Muskulatur, Gefäße und Nerven	6
1.2	Gelenkmechanik.....	9
1.3	Inzidenz und Pathomechanismus der Fraktur-entstehung.....	11
1.4	Frakturklassifikation.....	13
1.4.1	AO-Klassifikation.....	14
1.4.2	Frykman-Klassifikation	16
1.5	Therapie und ihre Entwicklung	17
1.5.1	Therapieziel.....	17
1.5.2	Operative Therapie.....	18
1.5.2.1	Kirschnerdraht-Osteosynthese	18
1.5.2.2	Fixateur externe.....	19
1.5.2.3	Schraubenosteosynthese	21
1.5.2.4	Palmare Plattenosteosynthese	21
1.5.2.4.1	Konventionelle Plattenosteosynthese	22
1.5.2.4.2	Winkelstabile Plattenosteosynthesen.....	22
1.6	Verschiedene palmare winkelstabile Plattenosteosynthesen	25
1.7	Begleitverletzungen	31
1.7.1	Verletzungen des Proc. styloideus ulnae und des TFCC	31
1.7.2	Bandläsionen des Handgelenks.....	32
1.7.3	Frakturen der Handwurzelknochen	33
1.8	Komplikationen	33
1.8.1	Sekundäre Dislokation und posttraumatische Arthrosen.....	34
1.8.2	Nervenschäden und Karpaltunnelsyndrom	35
1.8.3	Complex Regional Pain Syndrom I (CRPS I)	36
1.8.4	Sehnenschäden	36
1.8.5	Implantatfehl-lage	38

2 Fragestellung	39
3 Material und Methodik	40
3.1 Studiendesign und Patientenkollektiv	40
3.2 Nachuntersuchungszeitraum	41
3.3 Frakturklassifikation	41
3.4 Verwendetes Implantat	42
3.4.1 Implantateigenschaften	42
3.4.2 Operationstechnik	44
3.5 Nachuntersuchungsschema	45
3.5.1 Anamnese, Inspektion und Palpation	46
3.5.2 Radiologische Bewertung	47
3.5.2.1 Radiusbasiswinkel (RBW)	48
3.5.2.2 Radiushöhe (RH)	48
3.5.2.3 Ulnar Varianz (UV)	49
3.5.2.4 Dorso-Palmare Kippwinkel (PK)	49
3.5.3 Bestimmung der Bewegungsausmaße	49
3.5.4 Kraftmessung	50
3.5.5 Klinische Scores	52
3.5.5.1 Gartland und Werley Score	52
3.5.5.2 DASH-Score	53
3.5.6 Soong-Klassifikation	53
3.6 Statistische Auswertung	55
4 Ergebnisse	56
4.1 Allgemeine Daten	56
4.1.1 Geschlecht, Alter und Unfallhergang	56
4.1.2 Händigkeit und Frakturlokalisation	58
4.2 Frakturbezogene Daten	58
4.2.1 Frakturart und Klassifikation nach AO	58
4.2.2 Lokale Vorschäden	60
4.2.3 Begleitverletzungen beim Unfall und subjektive Bewertung	60
4.2.4 Komplikationen	62
4.2.5 Implantatentfernung und Revision	63

4.2.6	Schmerzen	64
4.3	Klinische Resultate	65
4.3.1	Durchblutung, Narbenverhältnisse und Narbenlänge	65
4.3.2	FPL-Sehnen-Testung und Soong-Klassifikation	66
4.3.3	Nervus Medianus Überprüfung	67
4.4	Radiologische Auswertungen	67
4.5	Auswertungen der Bewegungsausmaße	69
4.6	Auswertung des FNTA und FKHA	72
4.7	Auswertung der Kraftmessung	73
4.8	Score-Auswertung	75
4.8.1	Gartland und Werley-Score	75
4.8.2	DASH-Score	77
5	Diskussion	79
5.1	Epidemiologische Daten und Unfallursachen	80
5.2	Versorgungszeitraum, Follow-Up-Daten und AO-Klassifikation	84
5.3	Radiologische Ergebnisse	86
5.4	Ergebnisse der Bewegungsausmaße	91
5.5	Ergebnisse der Fraktur und Kraftmessung	93
5.6	Ergebnisse der Score-Systeme	96
5.7	Soong-Klassifikation	99
5.8	Ergebnisse der Komplikationen und Implantatentfernungen	101
6	Schlussfolgerung	107
7	Zusammenfassung	110
8	Literaturverzeichnis	113
9	Anhang	126

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Knöchernen Strukturen des Handgelenks von palmar.	2
Abb. 2: Ulnokarpale Komplex [151].	4
Abb. 3: Palmares V-Band der rechten Hand [129].	5
Abb. 4: Dorsales V-Band der rechten Hand (blau) [129].	6
Abb. 5: Schrägschnitt durch die radiokarpale Übergangsregion [129].	7
Abb. 6: Linke Unterarmmuskulatur der Extensoren [21].	7
Abb. 7: Bewegungsfläche des Handgelenks [21].	10
Abb. 8: Drei-Säulen-Modell nach Rikli.	11
Abb. 9: Einteilung der distalen Radiusfrakturen.	12
Abb. 10: AO-Hauptgruppen.	14
Abb. 11: Untergruppen A1 bis A3 nach der AO-Klassifikation [4].	15
Abb. 12: Untergruppen B1 bis B3 nach der AO-Klassifikation [4].	15
Abb. 13: Untergruppen C1 bis C3 nach der AO-Klassifikation [4].	16
Abb. 14: Klassifikation nach Frykman.	16
Abb. 15: Unterschiedliche Kirschnerdraht-Osteosynthesen.	19
Abb. 16: Doppelkugelfixateur mit radialem Implantat und Schraubenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur.	20
Abb. 17: Unterschiedliche Plattengenerationen [105; 171-173].	22
Abb. 18: Prinzip der polydirektionalen winkelstabilen Implantate.	23
Abb. 19: Double-tiered subchondral support procedure.	25
Abb. 20: Plattenmodelle [14; 84; 94; 105; 168; 170; 172].	26
Abb. 21: Plattenosteosynthesen im Vergleich.	26
Abb. 22: Axialer Schnitt durch den distalen Radius und die Ulna mit der Rahmenplatte (A) und T-Platte (B).	27

Abb. 23: Handgelenk mit eingezeichneter Watershed-Line (A) und markierter FPL Sehne (B) [94].	28
Abb. 24: Prominente Plattenareale im Vergleich [94].	29
Abb. 25: EPL-Sehne in Bezug zum Tuberculum listeri [21].	37
Abb. 26: Palmare und seitliche Aufsicht auf die Aptus Rahmenplatte rechts. ..	42
Abb. 27: Unterschiedliche Varianten der Rahmenplatte [105].	43
Abb. 28: TriLock Verblockung [105; 106].	44
Abb. 29: Radiologische Parameter.	48
Abb. 30: Key-Griff am Pinchometer.	50
Abb. 31: Die Vigorimeter-Messung und das Vigorimeter-Gerät.	51
Abb. 32: Handdynamometer.	52
Abb. 33: Soong-Klassifikation.	54
Abb. 34: Das Geschlecht zum Alter.	56
Abb. 35: Verteilung des Geschlechts je nach Altersgruppe.	57
Abb. 36: Unfallhergang bezogen auf die Altersgruppen.	58
Abb. 37: AO-Klassifikation.	60
Abb. 38: Zusammenschau der radiologischen Ergebnisse.	67
Abb. 39: Auswertung der radiologischen Parameter.	68
Abb. 40: Ergebnisse der Bewegungsprüfung.	70
Abb. 41: Durchschnittliche Beweglichkeit.	70
Abb. 42: Bewegung in Prozent zur Gegenseite.	71
Abb. 43: FKHA und FNTA in Prozent zur Gegenseite.	72
Abb. 44: Ergebnisse der Kraftprüfung.	73
Abb. 45: Kraftmessung im Seitenvergleich.	73
Abb. 46: Die durchschnittliche Krafrate zur Gegenseite.	75

Abb. 47: AO in Bezug zum Gartland und Werley Score.	76
Abb. 48: DASH Auswertung.	77
Abb. 49: DASH-Bewertungen innerhalb der AO-Gruppen.....	78
Abb. 50: Publikationen, Implantatsysteme und Nachuntersuchungszeitraum. .	79
Abb. 51: Publikationen, Implantatsysteme und Nachuntersuchungszeitraum. .	80
Abb. 52: Das Alter und die Geschlechtsverteilung in der Literatur.	81
Abb. 53: Gegenüberstellung der Follow-Up-Zeit in der Literatur.	84
Abb. 54: AO-Klassifikation, Rate der Trümmerfrakturen (TF) und interartikuläre Fraktur (IF).....	85
Abb. 55: Verschiedene Studien mit ihrer radiologischen Norm und der Bewegungsumfang in Klammern.....	86
Abb. 56: Gegenüberstellung der RBW, RH, UV und PK mit der Literatur.	87
Abb. 57: Bewegungsausmaße in Grad in der Literatur.....	92
Abb. 58: Bewegungsausmaße in Prozent in der Literatur.	92
Abb. 59: FKHA und FNTA in absoluten Zahlen und in Prozent.	93
Abb. 60: Ergebnisse der Dynamometer-Messung in der Literatur.....	95
Abb. 61: Vigorimeter-Messung zur Gegenseite.....	96
Abb. 62: DASH-Ergebnisse in der Literatur.....	97
Abb. 63: Ergebnisse des Gartland und Werley Scores in der Literatur.	99
Abb. 64: Soong-Ergebnisse in der Literatur.	100
Abb. 65: Anzahl der Frühkomplikationen in Literaturen vor und nach 2005. ..	102
Abb. 66: Anzahl der Spätkomplikationen in Literaturen vor und nach 2005. .	103
Abb. 67: Follow-Up-Zeit, Komplikationsrate und Plattenentfernung in der Literatur.	105

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Einladungsschreiben.....	126
Anhang 2: Einverständniserklärung.....	130
Anhang 3: Nachuntersuchungsbogen.	131
Anhang 4: Gartland und Werley Score.....	134
Anhang 5: DASH Score.....	135
Anhang 6: Telefonprotokoll.....	139

Abkürzungsverzeichnis

a	.....	Aktiv
A	.....	Arteria
a. p.	.....	Anterior posterior
Abb.	.....	Abbildung
AO	.....	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
AWMF	.....	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachschaften
bzw	.....	Beziehungsweise
cm	.....	Zentimeter
CRPS	.....	Complex Regional Pain Syndrom
CT	.....	Computertomographie
DE	.....	Dorsalextension
DISI	.....	Dorsal Intercalated Segment Instability
DRUG	.....	Radioulnargelenk
ds	.....	Dots
DSS	.....	Double-tiered subchondral support procedure
Dynamo	.....	Handdynamometer
EPL	.....	Extensor pollicis longus
FCR	.....	Flexor carpi radialis
FKHA	.....	Fingerkuppenhohlhandabstand
FNTA	.....	Fingernageltischabstand
FPL	.....	Flexor pollicis longus
IF	.....	Intraartikuläre Fraktur
K-Draht	.....	Kirschnerdraht
Lig.	.....	Ligamentum
Ligg	.....	Ligamenta
LT	.....	Lunotriquetrum
Mm	.....	Musculi
MRT	.....	Magnetresonanztomographie

N	Nervus
p	Passiv
PF	Palmarflexion
Pinch	Pinchometer
PISI.....	Palmar Intercalated Segment Instability
PK.....	Dorso-palmare Kippwinkel
Proc	Processus
PRON	Pronation
RA	Radialabduktion
RBW	Radiusbasiswinkel
RH	Radiushöhe
SD	Standard Deviation
SL	Scapholunäres Ligament
SNAC	Scaphoid nonunion advanced collapse
SUP	Supination
TF	Trümmerfrakturen
TFCC.....	Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex
UA	Ulnarabduktion
UV	Ulnar Varianz
VAS	Visual analog Skala
Vgl	Vergleich
Vigo	Vigorimeter

1 Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten machte die Behandlung der distalen Radiusfraktur eine zunehmende Entwicklung, sodass sich heute ein eindeutiger Trend zu offenen operativen Verfahren erkennen lässt. Eine besondere Bedeutung kommt den polyaxialen winkelstabilen Implantaten zu, die bevorzugt in den letzten zehn Jahren eingesetzt wurden. Demgegenüber wird die kindliche Fraktur hauptsächlich konservativ behandelt, gleiches gilt für gering bis nicht dislozierte Brüche. Unabhängig der angewendeten Therapie erfordert die Versorgung der distalen Radiusfraktur ein fundiertes Grundwissen über die Anatomie und die Diagnostik. Dabei begrenzt sich die Behandlung nicht ausschließlich auf die knöchernen Strukturen und kann vielmehr um die Therapie der angrenzenden Weichteile erweitert werden, die sehr häufig ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden.

Insgesamt wurde in den letzten 13 Jahren eine Verdopplung der Operationszahlen von 44,7 auf 82,0 Operationen pro 100.000 Menschen dokumentiert, die ausnahmslos alle Altersgruppen gleichermaßen betraf [47; 85]. Nichtsdestotrotz kann insbesondere für die älteren Patienten keine optimale Behandlung geklärt werden, dies spiegelt sich in den kontroversen Meinungen der Literatur wider. So zeigen zahlreiche Studien auf, dass zwischen einer konservativen und operativen Intervention kein Unterschied hinsichtlich der Funktion des Handgelenks zu ermitteln war [73; 116]. Im täglichen Leben können jedoch vor allem ältere Patienten trotz bestehender Restdeformitäten bei geringerem funktionellem Anspruch von ihren guten Handgelenksfunktionen profitieren [8; 46; 169].

Das hier im Rahmen der Dissertation erfasste Patientenkollektiv besteht sowohl aus älteren wie auch jüngeren Patienten, die mittels der winkelstabilen palmaren Aptus 2,5 mm Rahmenplatte operativ therapiert wurden. Hierfür wird zunächst die Anatomie, die Frakturentstehung mit den häufigsten Begleitverletzungen, die Frakturklassifikationen, die operative Therapie wie auch die sich daraus ergebenden Komplikationen näher beschrieben.

1.1 Anatomie des distalen Radius

1.1.1 Knöcherne Strukturen

Die knöchernen Strukturen des Handgelenks setzen sich zusammen aus dem Radius, der Ulna und der proximalen Karpalreihe (Vgl. Abb. 1). Angesichts dieses anatomischen Aufbaus kann das Gelenk in drei wichtige Kompartimente – Radiokarpalgelenk, distale Radioulnargelenk (DRUG) und ulnokarpale Kompartiment, eingeteilt werden.

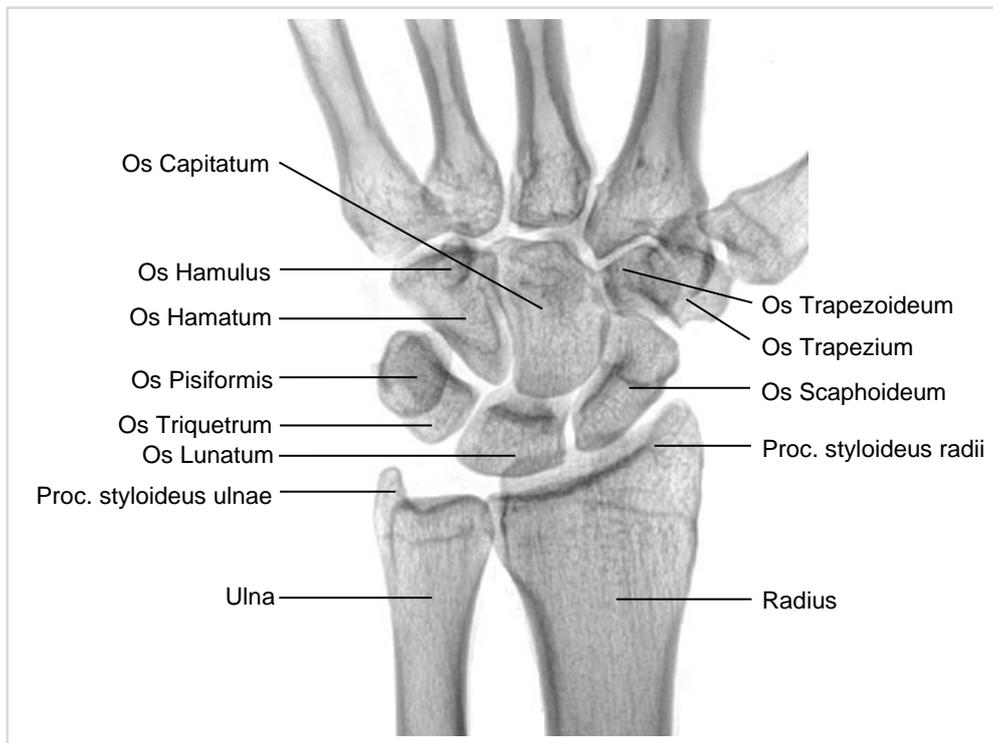


Abb. 1: Knöchernen Strukturen des Handgelenks von palmar.

Das Radiokarpalgelenk setzt sich aus dem Radius und den zwei kleinen Karpalknochen Os Lunatum und Os Scaphoideum zusammen, dabei besitzen beide Karpalknochen auf dem Radius ihre eigenen Fossae. Der Radius zeichnet sich darüber hinaus mit einem auf der dorsalen Fläche befindendem Knochenvorsprung aus, das sogenannte Tuberculum listeri. Es dient als Hypomochlion für den Musculus extensor pollicis longus (M. EPL).

Zur distalen Ulna hin besitzt der Radius eine zweite Gelenkfläche, welches das DRUG darstellt. Hier artikuliert die Incisura ulnaris des Radius mit der

Circumferentia articularis des Caput ulnae. Stabilisiert wird dieses wichtige Gelenk primär durch den ulnokarpalen Komplex (Synonym: triangulärer fibrocartilaginärer Komplex, TFCC) wie auch durch das palmare und dorsale Ligamentum radioulnare. Durch Strukturen wie dem M. pronator quadratus, dem Lig. ulnocarpale, der DRUG-Gelenkkapsel und der Sehne des M. extensor carpi ulnaris kommt es aufgrund der topographischen Nähe zum DRUG zu einer relevanten sekundären Stabilisierung.

Das DRUG und Radiokarpalgelenk bilden mit dem angrenzenden ulnokarpalen Kompartiment eine funktionelle Einheit. Dabei sorgt dieses Kompartiment neben der Supinations- und Pronationsbewegung ebenfalls für die gleichmäßige Druckübertragung und Stabilisierung im Handgelenk [151]. Erfüllt werden diese Aufgaben insbesondere durch die Artikulation zwischen dem Discus ulnocarpalis im Bereich der distalen Ulna mit dem Os Triquetrum und dem ulnaren Anteil des Os Lunatum.

1.1.2 Ulnokarpale Komplex und Bandapparat

Als zentraler Anteil gehört der aus Faserknorpel bestehende Discus ulnocarpalis dem ulnokarpalen Komplex an (Vgl. Abb. 2). Aufgrund seiner zwei Faserstränge zieht der Discus von seinem Ursprung am distalen Rand der Incisura ulnaris des Radius mit dem proximalen Anteil zur Basis des Processus styloideus ulnae (Proc. styloideus ulnae) wie auch zum Caput ulnae. Der distale Strang führt dagegen zur Spitze des Proc. styloideus ulnae und strahlt in die Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris und das ulnare Kollateralband ein [20].

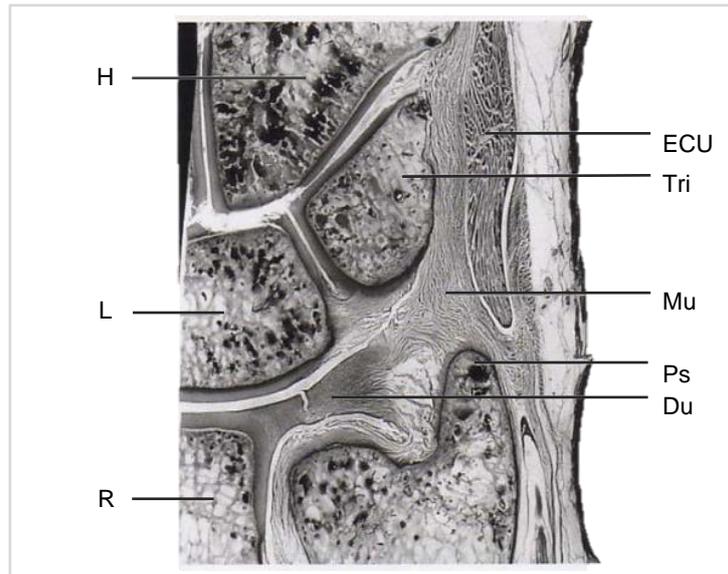


Abb. 2: Ulnokarpale Komplex [151].

H: Os hamatum. L: Os lunatum. R: Radius. DU: Discus ulnocarpalis.

MU: Meniscus ulnocarpalis. Tri: Os triquetrum. PS: Processus styloideus ulnae.

ECU: Sehne und Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris.

Angesichts dieser idealen Position schließt der Discus als transversale Fläche zwischen dem Caput ulnae und den proximalen Anteilen des Os Lunatum und Os Triquetrum das radioulnare Gelenk nach distal ab. Zusätzlich wird mithilfe des Discus eine Verlängerung der Facies articularis carpi radialis geschaffen, wodurch der Längenunterschied zwischen dem Caput ulnae und den proximalen Karpalknochen ausgeglichen wird, um eine gleichmäßige Druckübertragung zu erreichen.

Weiterhin gehören auch das Ligamentum radioulnare palmare (Lig. radioulnare palmare) und dorsale, Lig. ulnolunatum, Lig. ulnotriquetrum, Lig. ulnocapitatum, Meniscus ulnocarpalis, Recessus ulnaris, Lig. collaterale carpi ulnare und die Sehnenscheide des M. extensor carpi zum erwähnten ulnokarpalen Komplex, welches eine wichtige Komponente der Handgelenksstabilität darstellt [151]. In diesem Zusammenhang können basisnahe Frakturen des Proc. styloideus ulnae gegenüber Spitzenabrissen eine Instabilität und Schmerzen im DRUG verursachen [87; 138].

In gleicher Weise spielen die Bandstrukturen des Handgelenks eine erhebliche Rolle in der Stabilität. Unterschieden wird zwischen der oberflächigen, mittleren

und tiefen Schicht, wobei hier aufgrund der Komplexität auf eine Erläuterung der tiefen Strukturen verzichtet wird. Beginnend mit den oberflächlichsten Bandstrukturen können hier die Retinacula eingeordnet werden [150]. Sie haben die Aufgabe die Sehnen zu zügeln und über das Handgelenk zu leiten. Die mittlere Schicht kann man weiter in die proximalen Ligamenta radiocarpalia (Ligg. radiocarpalia), distalen Ligg. carpometacarpalia und zuletzt in das dorsale Lig. intercarpale dorsale untergliedern. Insbesondere die tief liegenden palmaren radiokarpalen Bänder spielen im Rahmen der Bewegungsausrichtung und der -ausmaßes eine wichtige Rolle. Sie werden in die proximalen und distalen V-Bandkomplexe zusammengefasst, wobei auf der dorsalen Gegenseite ebenfalls ein V-Band aus Strukturen des Lig. intercarpale dorsale zu finden ist [150] (Vgl. Abb. 3 und 4).

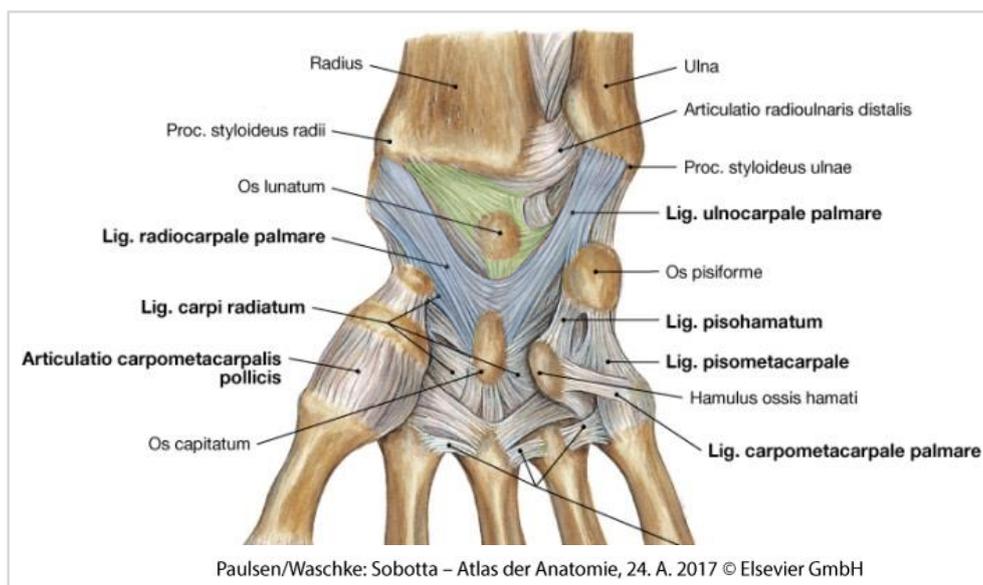


Abb. 3: Palmares V-Band der rechten Hand [129].

Unterschieden wird das distale (blau) und proximale Band (grün).

Allgemein gilt, dass die dorsalen Bänder deutlich schwächer ausgebildet sind als die der palmaren Seite. Gleiches gilt für die V-Bänder. So besteht das dorsale V-Band insbesondere aus den Faserzügen des Lig. radioscapoideum, Lig. radiolunatum und des Lig. radiotriquetrum, die sich mit dem Lig. intercarpale dorsale verbinden.

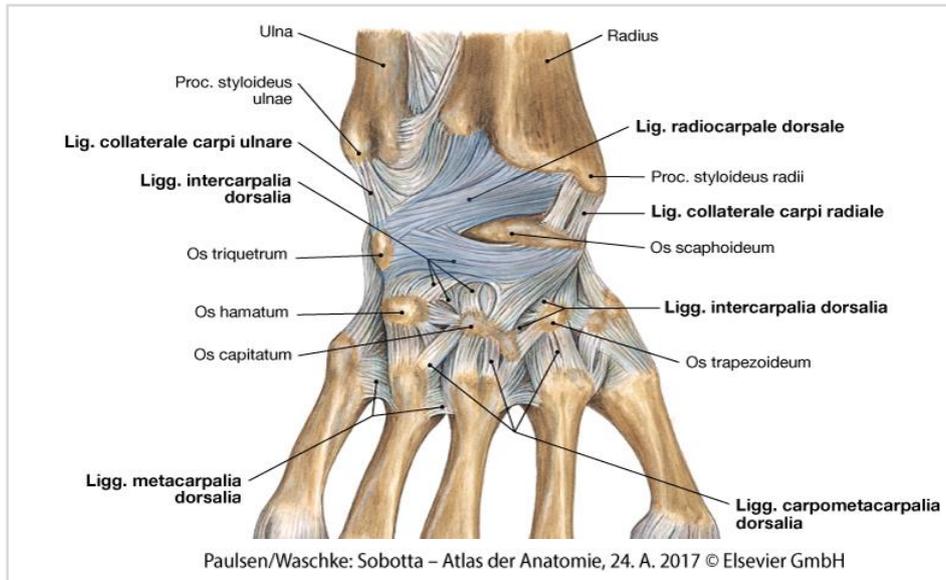


Abb. 4: Dorsales V-Band der rechten Hand (blau) [129].

1.1.3 Muskulatur, Gefäße und Nerven

Die zwischen der Ulna und dem Radius verlaufende Membrana interossea unterteilt die Unterarmmuskeln in eine Beuger- und Streckerloge. Angesichts der topographischen Lage werden die Flexoren, die ihren Muskelursprung hauptsächlich am Epicondylus medialis des Humerus haben, durch den Nervus medianus (N. medianus) und nur in Einzelfällen vom Nervus ulnaris (N. ulnaris) innerviert. Stattdessen finden die Extensoren überwiegend im Bereich des Epicondylus lateralis humeri ihren Ursprung und werden vom Nervus radialis (N. radialis) neural versorgt. Die Fascia antebrachii umgibt die einzelnen Muskelbäuche und verstärkt sich auf Höhe des Handgelenks streckseitig durch querverlaufende Faserzüge zum Retinaculum musculorum extensorum und entsprechend palmar zum Retinaculum musculorum flexorum.

Bei Betrachtung der Muskelverläufe ist auffällig, dass sowohl die Flexoren als auch Extensoren im Bereich des distalen Radius weitestgehend ihre sehnige Struktur eingenommen haben. Ausgenommen von diesem Verlauf ist der quer liegende Musculus pronator quadratus, dessen sehniger Ursprung und Ansatz beugeseitig am Radius und an der Ulna ist. Etwa zwei Zentimeter proximal des Retinaculum flexorum verlaufen die Sehnen des M. flexor pollicis longus sowie der Musculi flexores digitorum (Mm. flexores digitorum) bereits in ihren karpalen

Sehnenscheiden. Sie ziehen gemeinsam mit dem N. medianus durch den Karpaltunnel, welches aus den konkav angeordneten Handwurzeln und dem Retinaculum musculorum flexorum gebildet wird [150] (Vgl. Abb. 5).

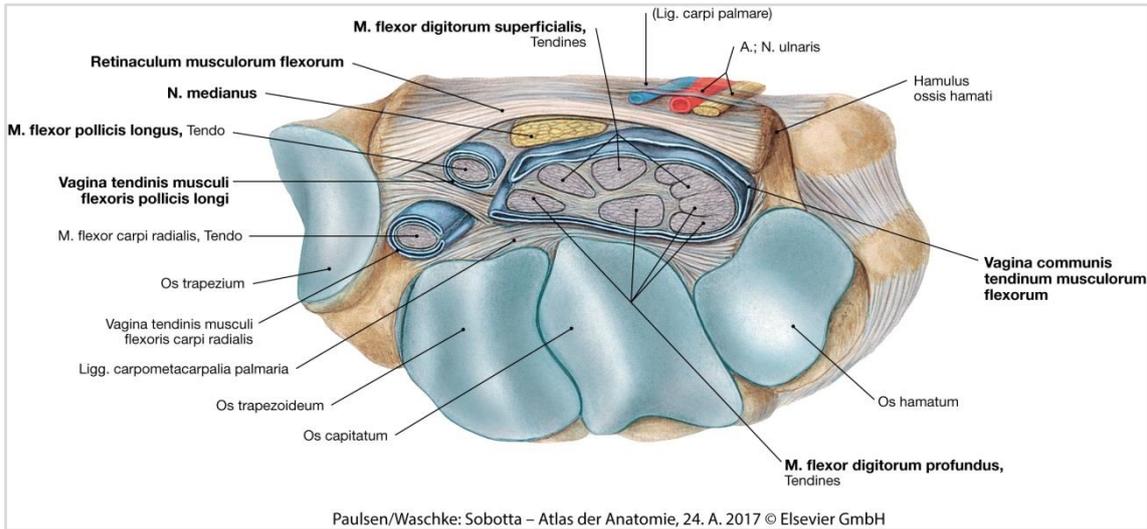


Abb. 5: Schrägschnitt durch die radiokarpale Übergangsregion [129].

Gleichermaßen fixiert das Retinaculum musculorum extensorum die Strecksehnen in ihren Sehnenscheiden auf dem Handrücken und bildet dabei sechs Sehnenfächer aus (Vgl. Abb. 6). Für die distale Radiusfraktur ist besonders die Sehne des M. extensor pollicis longus im dritten Strecksehnenfach relevant, da die Gefahr einer Ruptur bestehen kann.

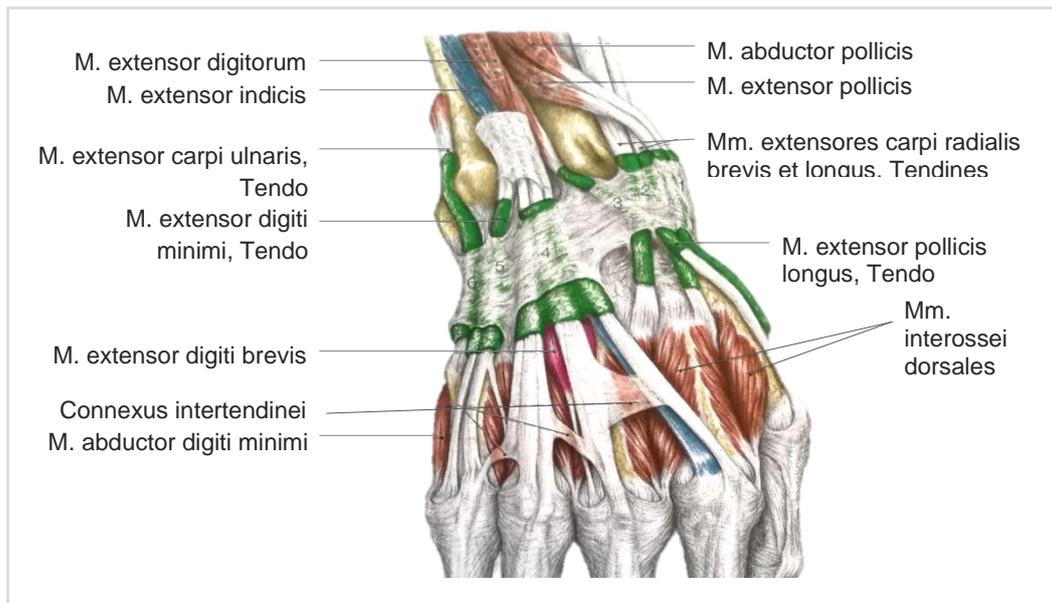


Abb. 6: Linke Unterarmmuskulatur der Extensoren [21].

Die entscheidenden Nerven und Gefäße laufen charakteristischer Weise entlang bestimmter Leitmuskeln und bilden die jeweiligen Nerven-Gefäß-Straßen des Unterarms. So wird das Handgelenk vor allem über die Arterie radialis (A. radialis) und Arterie ulnaris (A. ulnaris) versorgt, dabei verläuft die A. radialis im Raum zwischen M. flexor carpi radialis und M. brachioradialis. Die A. ulnaris zieht stattdessen mit ihrem Nerv zunächst unterhalb der Leitstruktur des M. flexor carpi ulnaris entlang, um distal über das Retinaculum extensorum zur Hand zu gelangen. Beide Gefäße stehen im Bereich des Handgelenks über das Rete carpalum dorsale und palmare in Verbindung, die über die jeweilige ulnare und radiale Rami carpales gespeist werden. Aus dieser Gefäßanastomose ziehen die Arteriae nutriciae carpales dann ins Handgelenk und versorgen die knöchernen Strukturen.

Ähnlich wie die A. ulnaris verläuft der N. ulnaris ebenfalls entlang des M. flexor carpi ulnaris und über das Retinaculum extensorum zur Hand, um die ulnaren zweieinhalb Finger sensibel zu versorgen. Stattdessen zieht der Nervus medianus (N. medianus) anfangs zwischen der oberflächlichen und tiefen Schicht der Flexoren und gleitet weiter distal entlang der Sehne des M. flexor carpi radialis durch den Karpaltunnel zur Hand. Dort innerviert er zum einen die palmare Haut wie auch die dorsale Haut der Endkuppeln der radial gelegenen dreieinhalb Finger. Der Ramus superficialis des N. radialis läuft anfangs gemeinsam mit der Arterie zwischen den Flexorgruppen entlang, um am distalen Unterarm auf die Streckseite zu wechseln. Auf Höhe der Sehne des M. extensor pollicis longus verzweigt sie sich und innerviert die Haut am Handrücken.

Um eine uneingeschränkte Funktion am Handgelenk zu gewährleisten, bestehen in der nervalen Versorgung zahlreiche Anastomosen. So entspricht die palmare Hauptinnervation aus einer Kombination des N. ulnaris, N. medianus und des N. interosseus anterior, wohingegen der N. cutaneus antebrachii lateralis und der Ramus superficialis nervi radialis für die radiale Versorgung der Gelenke zuständig sind. Die ulnarseitige Innervation wird durch den Ramus dorsalis manus nervi ulnaris vorgenommen, während der Handrücken den N. cutaneus antebrachii posteriores und N. interosseus posterior enthält [57; 147; 187].

1.2 Gelenkmechanik

Die Gelenkmechanik des distalen Radius setzt sich aus mehreren Gelenkkomplexen zusammen, zu denen das Radiokarpal- und das distale Radioulnargelenk zugeordnet werden.

Das distale Radioulnargelenk bildet gemeinsam mit dem proximalen Radioulnargelenk ein mechanisch zusammengehörendes Gelenk. Als Trochleagelenk ermöglicht das DRUG nun die Supination und Pronation, wobei der Radius bei dieser Bewegung um die Ulna gleitet. Nach der Neutral-Null-Methode lassen sich Normwerte von jeweils 80° - 90° für die Pronations- und Supinationsbewegung ermitteln [40]. Unterdessen gelten Werte von $<50^{\circ}$ nach dem Gartland und Werley Score (Anhang 4) als pathologisch. Stabilisiert wird dieses Gelenk primär durch den TFCC wie auch durch das palmare und dorsale Lig. radioulnare.

Unter dem Radiokarpalgelenk versteht man dabei die Gelenkbeteiligung zwischen der proximalen Karpalknochenreihe gegenüber der Facies articularis carpalis des Radius und der Ulna unter Einbindung des Discus ulnocarpalis. Als Ellipsoidgelenk, deren Gelenkpfanne in Längsrichtung zum Unterarm palmar um etwa 10° - 15° und ulnar um 20° - 25° geneigt ist, besitzt es zwei Freiheitsgrade, wodurch Bewegungen wie die Palmarflexion, Dorsalextension, Radial- und Ulnarabduktion möglich werden [150].

Insgesamt stellen alle Bewegungen des täglichen Lebens ein Zusammenspiel aus Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk dar, weshalb beide Gelenke als Komplex mit einer Summationsachse angesehen werden sollten. Diese Achse liegt transversal auf Höhe des Os Capitatum und ermöglicht nach der Neutral-Null-Methode eine Dorsalextension von etwa 40° - 60° und eine Palmarflexion von etwa 50° - 70° [40]. Die passive Prüfung erfasst zusätzlich den elastischen Reserveraum der Gelenke, weshalb diese Werte in der Regel größer sind als die der aktiven Messungen. So findet man bei der passiven Dorsalextension eine Norm von etwa 100° und bei der passiven Palmarflexion etwa 80° (Vgl. Abb. 7) [96]. Im Rahmen des in dieser Arbeit angewendeten Gartland und Werley Scores (Anhang 4) werden Bewegungsumfänge $<45^{\circ}$ bei der Dorsalextension (aktiv und

passiv) und $<30^\circ$ bei der Palmarflexion (aktiv und passiv) als pathologisch angesehen.

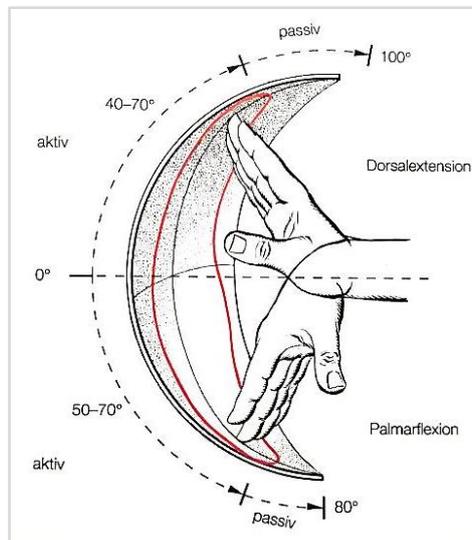


Abb. 7: Bewegungsfläche des Handgelenks [21].

Bei der Radial- und Ulnarabduktion bewegt sich das Handgelenk um eine dorsopalmare Achse am Os Capitatum, sodass nach Neutral-Null-Methode Radialabduktionsausmaße von etwa 20° - 30° und Ulnarabduktionsausmaße von etwa 30° - 40° möglich sind [40]. Ein Wert von $<15^\circ$ stellt bei beiden Bewegungen nach dem Gartland und Werley Score (Anhang 4) eine Pathologie dar.

Nach Rikli [140; 141] kann man mithilfe des Säulen-Modells zum einen die Kraftübertragung als auch die Stabilität am Handgelenk weitestgehend erklären, hierbei wird im Radiokarpalgelenk die radiale, ulnare und intermediäre Säule unterschieden (Vgl. Abb. 8). Die radiale Säule übernimmt weitestgehend die stabilisierende Funktion, die vor allem den Karpus sichert und die Ulna- und Radiusbewegung kontrolliert. Entgegen der üblichen Meinung, wird die größte Kraft nicht über die radiale Säule, sondern hauptsächlich über die intermediäre Säule und zu einem kleinen Teil über die ulnare Säule geleitet [179].



Abb. 8: Drei-Säulen-Modell nach Rikli.

Unterschieden wird die in blau dargestellte ulnare Säule, die in rosa dargestellte intermediäre Säule wie auch die in grün dargestellte radiale Säule.

1.3 Inzidenz und Pathomechanismus der Frakturentstehung

Durst und Rohen [45] beschrieben bereits 1996 die distale Radiusfraktur als einen Bruch, der sich im Bereich der letzten drei Zentimeter der Speiche befindet. Eine Erhöhung der Inzidenz lässt sich dabei in allen Altersgruppen gleichermaßen feststellen. Dabei fallen in der Verteilung der Fraktur zwei Häufigkeitsgipfel besonders auf, die sich einmal im Alter von etwa 6-18 Jahren und unter den >50-Jährigen befinden [135; 188]. In der pädiatrischen Population treten Brüche aufgrund einer niedrigen Knochenmineralisierung besonders häufig während der Pubertät auf, wobei Mädchen seltener betroffen sind als die Jungen [135]. Demgegenüber zählt die distale Radiusfraktur heute mit einer Inzidenz von zwei bis drei pro 100.000 Einwohner zu den häufigsten Knochenbrüchen des Erwachsenen [179; 188]. Während man unter den >35-Jährigen eine Inzidenz von 0,37% für die Frauen und 0,09% für die Männer findet, liegt stattdessen das Risiko der >50-jährigen Frauen bei etwa 15%, wobei die Inzidenz der >50-jährigen Männern auf etwa 2% geschätzt wird [36; 120]. Der Hauptgipfel wird nach Thompson ab einem Alter von 85 Jahren erreicht, dabei werden die Inzidenzen unter den Frauen auf 1200 pro 100.000 Einwohner und unter den Männern auf 280-330 pro 100.000 Einwohner geschätzt [178].

Unterschiede findet man auch in der Ursache der Frakturen. So führen unter den <40-Jährigen Patienten in über 50% der Fälle Hochenergie-Traumen wie Stürze, Verkehrsunfälle sowie Sportverletzungen zu Dislozierungen, die in zwei von drei Fällen das radioulnare oder radiocarpale Gelenk betreffen [63; 95]. Demgegenüber sorgen sogenannte Low-Energy-Traumen in der Gruppe der >40-Jährigen für distale Radiusfrakturen. Beschrieben werden diese als Bagateltraumen vor allem durch einen Sturz im häuslichen Umfeld [63].

Nach historischen Aspekten kann man die distale Radiusfraktur in die zwei großen Bereiche der Extensionsfraktur mit Dislokation nach dorsal (Colles Fraktur) und der Flexionsfraktur mit Dislokation nach palmar (Smith Fraktur) einteilen (Vgl. Abb. 9). Mit >90% der Speichen-Brüche ist die Extensionsfraktur die weitaus häufiger vorkommende Fraktur im Vergleich zu der mit <10% auftretenden Flexionsfrakturen [10; 25].

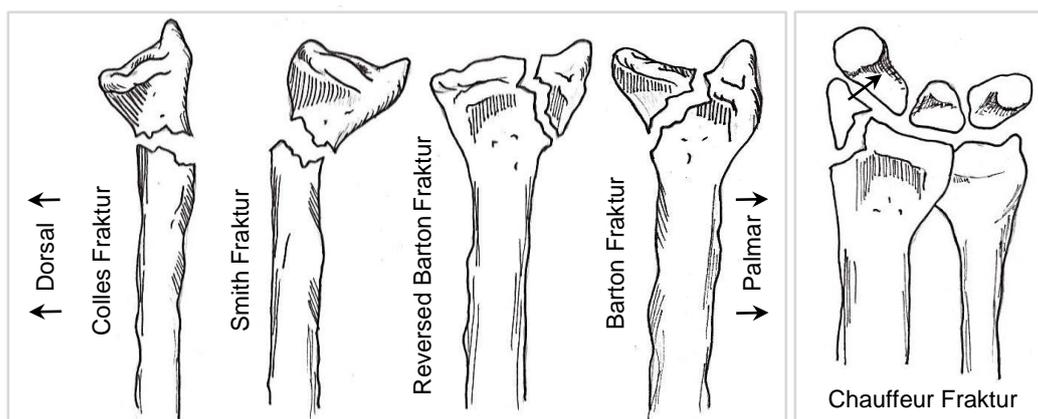


Abb. 9: Einteilung der distalen Radiusfrakturen.

Mithilfe Frykmans [54] experimenteller Arbeit wurde die benötigte Kraft für die Extensionsfraktur ermittelt, die bei Frauen im Durchschnitt bei 195kg und bei Männern bei 282kg liegt. So ergibt sich bei einem Extensionswinkel zwischen 40°-90° mit zusätzlicher ulnar oder radial Abduktion von 0°-35° eine Colles-Fraktur. Während bei einer Hyperextension/Hyperflexion von über 90° zusätzliche Begleitverletzungen an den Karpalknochen sowie Luxationen hinzukommen können [137; 154]. Stattdessen entsteht bei einem Sturz mit flektiertem Handgelenk die Flexionsfraktur (Smith Fraktur), die aufgrund der nach palmar gerichteten Kraft nach volar abgekippte Fragmente aufweist. Zusammengefasst kann man sagen, dass der Frakturtyp und das damit

verknüpfte Ausmaß des Bruchs zum Teil von der Kraftwirkung und Krafrichtung, der Festigkeit des Knochens und nicht zuletzt von der Stellung der Hand abhängen [123].

Als eine weitere Entität der distalen Radiusfraktur gelten die Chauffeur Frakturen, die aufgrund der Bruchlinie am Proc. styloideus radii zu den intraartikulären Frakturen zählen (Vgl. Abb. 9). Eine weitere Sonderform stellt die Barton Fraktur dar. Sie beschreibt einen intraartikulären Bruch mit nach dorsal abgekipptem Knochenfragment. Von der Barton Fraktur ist die Reversed Barton Fraktur zu unterscheiden, da sie zwar ebenfalls einen intraartikulären Bruch darstellt, doch stattdessen ein nach palmar abgekipptes Fragment aufweist (Vgl. Abb. 9). Alle drei Brüche sind als hochgradig instabile Frakturformen im Sinne einer knöchernen und ligamentären Verletzung anzusehen, die zu Subluxationen neigen.

1.4 Frakturklassifikation

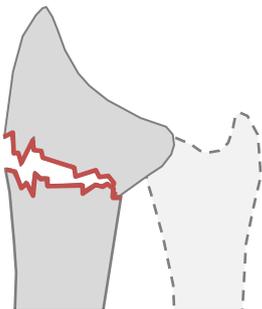
Im Verlauf dieser Arbeit wird die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO-Klassifikation) genutzt. Daneben existiert aber auch die Klassifikation nach Frykman, Melone, Fernandez oder auch die Klassifikation nach Mayo, die eine ebenso wichtige Relevanz haben. Unabhängig von den gewählten Klassifikationen können Kriterien zur Beurteilung der Stabilität in Betracht gezogen werden. Nach Jupiter [74] gehören folgende Punkte zu den Instabilitätskriterien der „complex intraarticular fractures“:

- Dorsalabkipfung $>20^\circ$.
- Radiusbasisverkürzung $>3\text{mm}$.
- Metaphysäre Trümmerzone.
- Assoziierte Ulnafraktur mit Abbruch des Proc. Styloideus ulnae.
- Dislozierte intraartikuläre Fraktur.
- Radioulnare Instabilität.

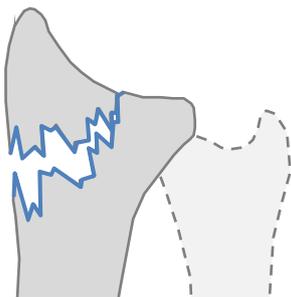
Treffen zwei der Punkte zu, geht man von einer instabilen Fraktur aus und orientiert sich an den Möglichkeiten der operativen Therapie.

1.4.1 AO-Klassifikation

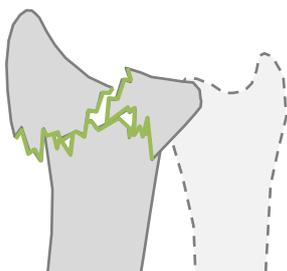
Mithilfe der AO Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen ist eine einheitliche Beschreibung von Frakturen möglich. Dabei besteht der Nutzen dieser Klassifikation in der direkten Umsetzbarkeit im therapeutischen Handeln [153; 181]. So stellt der numerische Code „23“ die distale Radiusfraktur dar. Für eine weitere Klassifikation der Fraktur wird wiederum in drei Hauptgruppen (Großbuchstaben) untergliedert (Vgl. Abb. 10).



Hauptgruppe A stellt eine extraartikulär metaphysäre Fraktur dar.



Hauptgruppe B stellt eine intraartikuläre aber nicht metaphysäre Fraktur dar, dessen Kontinuität zwischen Epiphyse und Metaphyse noch besteht.



Hauptgruppe C stellt eine intraartikuläre Fraktur dar, dessen Kontinuität zwischen Epiphyse und Metaphyse aufgehoben ist. Dementsprechend liegen sowohl eine intraartikuläre und eine metaphysäre Frakturlinien vor.

Abb. 10: AO-Hauptgruppen.

Zur weiteren Einteilung in die jeweiligen drei Untergruppen werden Ziffern vergeben (Vgl. Abb. 11; 12; 13). Die AO Klassifizierung sieht zusätzlich eine weitere Gliederung in 27 Subgruppen vor. Aufgrund ihrer Komplexität und ihrem seltenen Gebrauch im klinischen Alltag wird auf diese weitere Einteilung verzichtet.

Die Untergruppe A1 der extraartikulären Frakturen steht für eine isolierte reine distale Ulnafraktur, während die A2 Frakturen für einen einfach metaphysären Radiusbruch ohne Gelenkbeteiligung und Trümmerzone steht. Die A3 entspricht der distalen Radiusfraktur mit metaphysärer Trümmerzone jedoch ohne Gelenkbeteiligung.

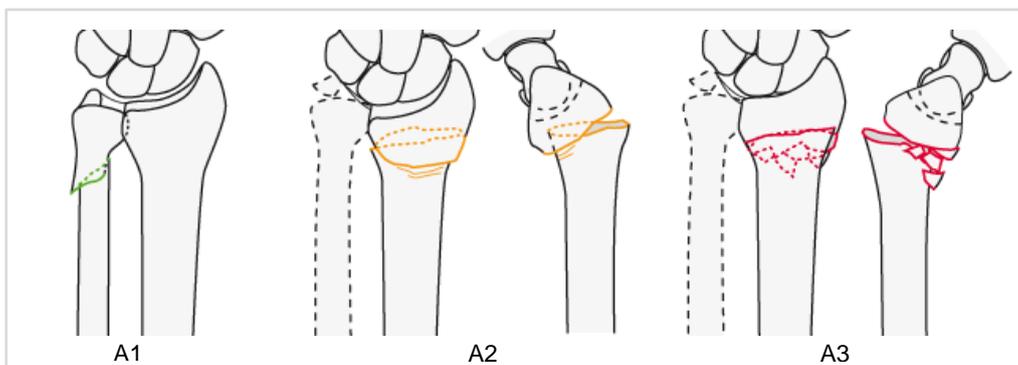


Abb. 11: Untergruppen A1 bis A3 nach der AO-Klassifikation [4].

Die B-Frakturen beschreiben Brüche, die nach dem Verlauf der Frakturebene gegliedert werden, sodass Brüche mit sagittalem Frakturspalt der B1 Untergruppe angehören. B2 und B3 Frakturen haben dagegen ihren Bruchspalt in der Frontalebene. Kommt es zu einer dorsalen Kantenabkippung im Sinne einer Barton Fraktur zählt dies zu B2, während es mit einer palmarren Kantenabkippung entsprechend einer Reversed-Barton-Fraktur der B3 zugeordnet wird.

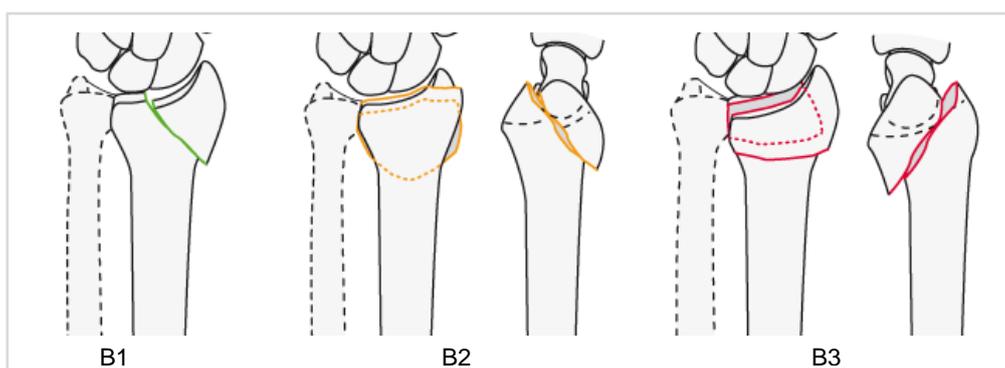


Abb. 12: Untergruppen B1 bis B3 nach der AO-Klassifikation [4].

Die C1 Frakturen stellen vollständig artikuläre Brüche des Radius dar, die sowohl artikulär als auch metaphysär einfach gebrochen sind. Das Bild einer metaphysär mehrfragmentierten und artikulär einfachen Fraktur zeigt sich jedoch bei einer C2

Fraktur. Folglich sind in der C3 Gruppe distale Radiusfrakturen, die sowohl an der Gelenkfläche als auch an der Metaphyse mehrfach frakturiert sind.

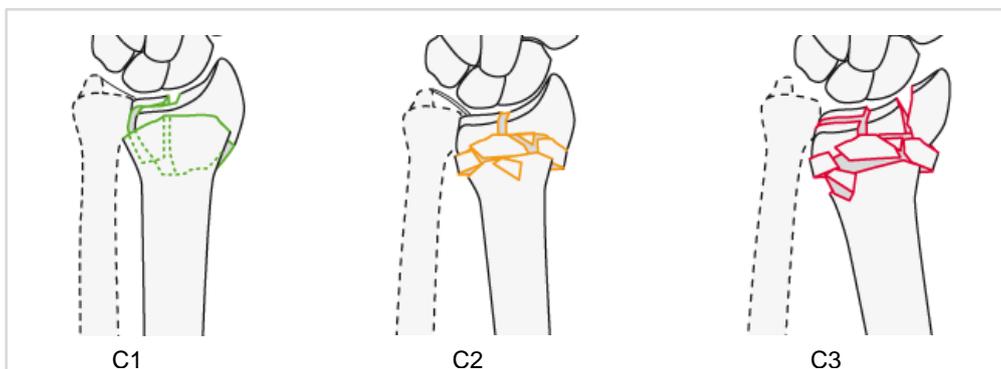


Abb. 13: Untergruppen C1 bis C3 nach der AO-Klassifikation [4].

1.4.2 Frykman-Klassifikation

Die Klassifizierung nach Frykman [54] unterscheidet zwischen acht verschiedenen Frakturtypen unter Berücksichtigung des Radiocarpalgelenks, des Radioulnargelenks und die An- bzw. Abwesenheit eines Abrisses des Proc. styloideus ulnae (Vgl. Abb. 14). Grundsätzlich weist eine gerade Zahl auf einen zusätzlichen Abriss des Proc. styloideus ulnae hin.

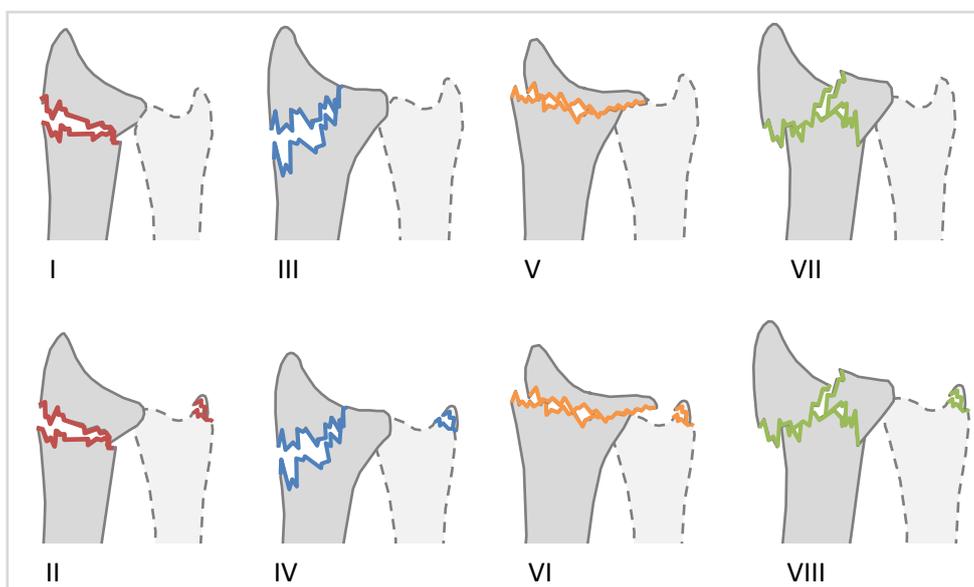


Abb. 14: Klassifikation nach Frykman.

Typ I und II gehören beide den extraartikulären Frakturen an, wobei Typ II zusätzlich einen Abriss des Proc. styloideus ulnaris beschreibt. Dagegen gehören Typ III und IV zu den intraartikulierenden Frakturen, da hier das Radiocarpalgelenk betroffen ist. Typ V und VI entsprechen Frakturen des

Radioulnargelenks mit und ohne einem Proc. styloideus ulnae Abriss. Typ VII und VIII stellen eine Fraktur im Radiocarpalgelenk und Radioulnargelenk dar.

1.5 Therapie und ihre Entwicklung

1.5.1 Therapieziel

Nach Ring und Jupiter [142] ist das Ziel jeder Behandlung die langfristige Erlangung der schmerzfreien Beweglichkeit und Kraft bei wiederhergestellter Hand- und Handgelenksfunktion. Darüber hinaus zählt die Wiedereingliederung in das soziale Umfeld genauso zu den Zielen wie die Vermeidung von langfristigen Komplikationen wie die Arthrose.

Die Schwierigkeit der richtigen Therapie liegt in den vielen zu beachtenden Faktoren. Berücksichtigt werden hierfür neben der Frakturform und der Knochenqualität zusätzliche Eigenschaften wie das Alter, die Compliance, der Allgemeinzustand wie auch relevante Vorerkrankungen. Dies ist notwendig, um jedem Patienten eine individuelle Behandlung mit dem Besten zu erwartendem Ergebnis zu bieten. Generell ist die Reposition bei den meisten Frakturen möglich, sodass bei der Wahl zwischen operativer und konservativer Therapie die Instabilitätsfaktoren zur Entscheidungsfindung beitragen. Insbesondere der Grad der Dislokationen und das Vorhandensein intraartikulärer Gelenkstufen spielen eine relevante Bedeutung bei der Indikation zur Operation. Ausgehend von einer instabilen Fraktur ist somit eine dauerhafte konservative Reposition meist nicht möglich, da beim Vorliegen von zwei und mehr Instabilitätspunkten sekundäre Dislokationen mit einer Rate von über 50% auftreten können, sodass ein operatives Vorgehen bestätigt wird [7; 49; 68; 161].

Zur Vermeidung schlechter posttherapeutischer Ergebnisse oder gar Fehlstellungen wird eine anatomisch korrekte Wiederherstellung verfolgt, die den Achsen- und Längenverhältnissen des Handgelenks vor der Frakturentstehung entsprechen [104]. Die Behandlung intraartikulärer Frakturen sollte zudem darauf abzielen, stufenlose Gelenkflächen zu erreichen, da Inkongruenzen von zwei Millimeter und mehr bereits als Präarthrosen gewertet werden [83].

1.5.2 Operative Therapie

Wie Schierz und Meier [149] erklären, ist die Entwicklung der Osteosynthesetechniken nicht allein von den Kenntnissen der Anatomie, Physiologie und der Biomechanik abhängig. Sie wird gleichermaßen durch die werkstoff- und bearbeitungstechnischen Möglichkeiten beeinflusst. Während im Jahr 1908 von Lambotte [91] erste operative Versuche mit Drahtosteosynthesen unternommen wurden, folgten weitere verfeinerte Verdrahtungstechniken durch Kapandji [76]. Zum Spektrum der operativen Maßnahmen zählt neben den Kirschnerdrähten auch der Fixateur externe, der als geschlossenes Verfahren ein Verbindungsglied zwischen den konservativen und operativen Therapien bildet. Dabei kam der Fixateur externe durch Ombredanne [124] im Jahr 1929 zum ersten Mal bei Kindern zum Einsatz und wurde in den folgenden Jahren weiterentwickelt. Erste relativ gute Erfolge in der langwierigen Entwicklung der Osteosynthesen gab es mit dem Einsatz von Platten und Schrauben am Ende des 19. Jahrhunderts, obwohl noch sehr häufig sekundäre Dislokationen bekannt waren. Zeitgleich begann auch der Einsatz von Doppelplattenosteosynthesen. Das Spektrum der heute am häufigsten eingesetzten Implantate reicht dabei von dorsalen, palmaren, radialen bis hin zu dorsoulnaren Platten. Im Rahmen dieser Dissertation wird neben den minimal invasiven Verfahren nur die palmare Osteosyntheseplatte näher erläutert.

1.5.2.1 Kirschnerdraht-Osteosynthese

Nach Lambotte [91] wurde 1913 eine Möglichkeit beschrieben, wodurch die distale Radiusfraktur mit Drähten stabilisiert werden kann. Dabei zählt die Kirschnerdraht-Osteosynthese (K-Draht) zu den einfachen und minimal invasiven Verfahren, die die Möglichkeit bietet dislozierte A-Frakturen wie auch B1-Frakturen mit guter Knochenqualität zu versorgen [181]. Trotz ihrer Effizienz und schnellen Durchführbarkeit zeigen sich jedoch häufig Weichteilläsionen, instabile Verankerungen bei osteoporotischen Knochen sowie eine häufige Infektionspforte über die Drähte.

Zur Anbringung der K-Drähte kann das extra- oder intrafokale Verfahren genutzt werden. Bei beiden Möglichkeiten sollte auf eine Überkreuzung der Drähte außerhalb der Frakturlinie wie auch auf eine Platzierung in der Gegenkortikalis geachtet werden, um sekundärer Dislokationen zu vermeiden.

Bei der extrafokalen (perkutanen) Kirschnerdraht-Osteosynthese werden die Drähte vom Proc. styloideus radii frakturüberquerend nach proximal ulna eingebracht. Um der Gefahr einer Nervenverletzung entgegenzuwirken, kann direkt am Proc. styloideus radii der Ramus superficialis nervi radialis freigelegt werden, um die Drähte dann sicher einzubohren (Vgl. Abb. 15A) [179]. Die intrafokale Methode nach Kapandji [76] entspricht stattdessen einer modifizierten Variante der Kirschnerdraht-Osteosynthese. Dabei werden die Drähte direkt in den Frakturspalt eingebracht und in einem Winkel von 45° nach proximal eingebohrt (Vgl. Abb. 15B). Weitere Drähte werden radial- und ulnarseitig eingeführt, wodurch das dislozierte Fragment aufgehebelt und reponiert wird [69].

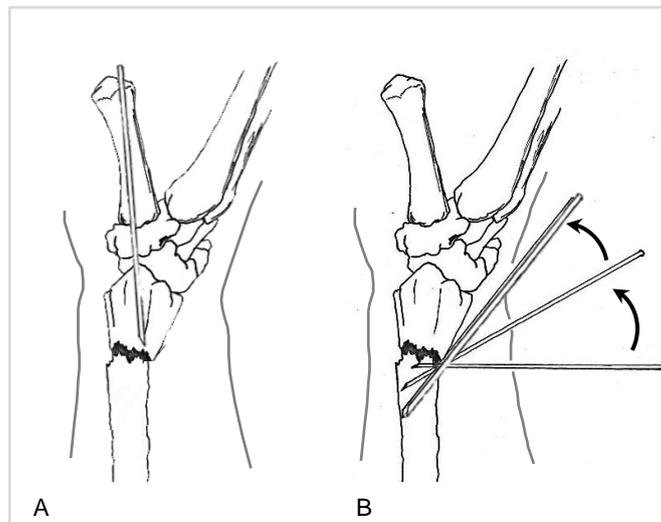


Abb. 15: Unterschiedliche Kirschnerdraht-Osteosynthesen.

A mit extrafokalen und B mit der intrafokalen Kirschnerdraht-Osteosynthese.

1.5.2.2 Fixateur externe

Bei der Anbringung des Fixateur externes kann man zwischen der technisch anspruchsvolleren handgelenksübergreifenden (transartikulär) und der rein fragmentstabilisierenden extraartikulären Variante unterscheiden [28]. Anwendung findet der gelenkübergreifende Fixateur vor allem bei A3, C2 und C3

Frakturen mit Trümmerzonen. In gleicher Weise kann er bei Therapieversagen der Kirschnerdraht-Spickung oder bei ausgeprägten Weichteilschäden genutzt werden. Demgegenüber wird der extraartikuläre Fixateur bei gelenkintakten A2 und A3 Frakturen mit großen Frakturfragmenten verwendet.

Bei der Montage der transartikulären Fixateure werden jeweils zwei Schanzschrauben proximal und distal der Fraktur eingebohrt. Die Stabilität des Fixateurs wird erheblich gesteigert, indem die Schrauben zum einen beide Cortices der jeweiligen Knochen erfassen und zueinander konvergieren. Über die Pins haben nun die Backen und die Verbindungsstange Kontakt zum Knochen. Der Einsatz eines Fixateurs sollte insbesondere bei C-Frakturen und älteren Patienten vorgenommen werden, hier stellt der Doppelkugel Fixateur externe nach Pennig eine gute Wahl dar (Vgl. Abb. 16) [28; 130]. Die Behandlung sollte in der Nutzung der multiplanaren Ligamentotaxis in Anlehnung an die Technik von Gupta [60] mit der Modifikation nach Dee [38] bestehen, um eine Reposition und Retention zu erreichen, wobei die manuelle Reposition vom mechanischen Konstrukt zur Dynamisierung des Handgelenks abgelöst wurde [28].

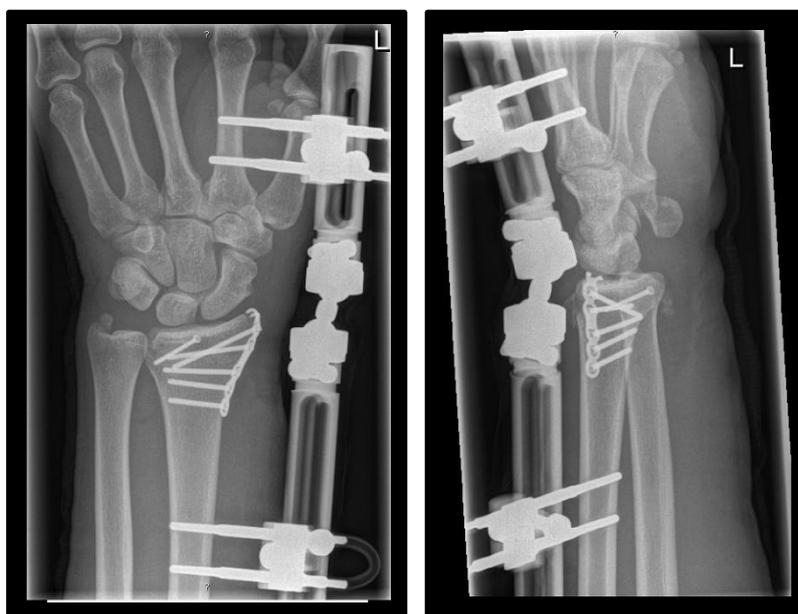


Abb. 16: Doppelkugelfixateur mit radialem Implantat und Schraubenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur.

Die Therapie unter dem Fixateur externe kann in etwa sechs Wochen andauern, wobei bereits nach drei bis vier Wochen das Maß der Distraction verändert werden sollte, um Sekundärprobleme wie Durchblutungsstörungen,

Gelenkversteifungen oder das CRPS zu vermeiden. Grundsätzlich werden die Vorteile dieser Maßnahme in den guten Ergebnissen der Retention bei minimaler Invasivität gesehen, während der Nachteil in den häufig vorkommenden Pininfektionen liegt [28]. Ochman [122] beschrieb dabei die fehlende Pinpflege als einen Nachteil, wobei im Rahmen seiner Studie in 10% eine minor Pin-Track-Infektion dokumentiert wurde. Dabei wurde von Meffert [107] in einer Kurzpublikation an 220 nachuntersuchten Patienten im Alter >65 Jahren gezeigt, dass mit dem Fixateur externe keine erhöhte Komplikationsrate im Vergleich zur jüngeren Population zu verzeichnen ist.

1.5.2.3 Schraubenosteosynthese

Neben den Kirschnerdrähten und dem Fixateur externe zählt die Schraubenosteosynthese als dritte Möglichkeit der minimal invasiven Therapie der distalen Radiusfraktur. Grundsätzlich zählen neben den Chauffeurfrakturen auch die B1 Frakturen zu den Hauptindikationen der Schraubenosteosynthese [19]. Dabei wird für den operativen Zugang auf Höhe des Proc. styloideus radii ein kleiner Schnitt durchgeführt, um die Fraktur zwischen dem ersten und zweiten Strecksehnenfach freizulegen. Oft werden K-Drähte mit Schrauben kombiniert. Für eine effiziente Kompressionswirkung sollte die Schraube so platziert werden, dass das Schraubengewinde möglichst auf beiden Seiten der Fraktur zu liegen kommt. Entsprechend ist eine gute Knochenqualität hierfür von essentieller Notwendigkeit.

Weiter können die Schraubenosteosynthesen zusätzliche zur Therapie mit Fixateur externe oder Plattenosteosynthesen verwendet werden (Vgl. Abb. 16).

1.5.2.4 Palmare Plattenosteosynthese

Die Therapie der distalen Radiusfraktur hat in den letzten zehn Jahren eine enorme Veränderung erfahren, indem der Wechsel der konventionellen Plattenosteosynthesen zu den winkelstabilen Platten erfolgt ist.

1.5.2.4.1 Konventionelle Plattenosteosynthese

Anders als die winkelstabilen Systeme nutzen die konventionellen Plattenosteosynthesen einen Anpressdruck zwischen Implantat und dem nach palmar disloziertem Fragment, um eine stabile Fixierung zu ermöglichen. Dabei wird mit der Verankerung einer proximalen Schraube, das dislozierte Fragment erst in die richtige Position gebracht, während mit weiteren Schrauben schließlich eine erfolgreiche Reposition und Retention erreicht wird. Da die dislozierten Frakturfragmente jedoch nur entsprechen ihrer Abkippung versorgt werden können, stellen insbesondere die selten anzutreffenden Smith- und Reversed Barton Frakturen eine Indikation für die konventionelle palmare Platte dar.

1.5.2.4.2 Winkelstabile Plattenosteosynthesen

Die Weiterentwicklung der konventionellen Osteosyntheseplatten zu den heute bekannten winkelstabilen Implantaten, stellt den Fortschritt der Neuzeit dar. Allgemein können alle Plattentypen je nach Platten- und Schraubeneigenschaften bestimmten Generationsstufen einordnet werden (Vgl. Abb. 17).

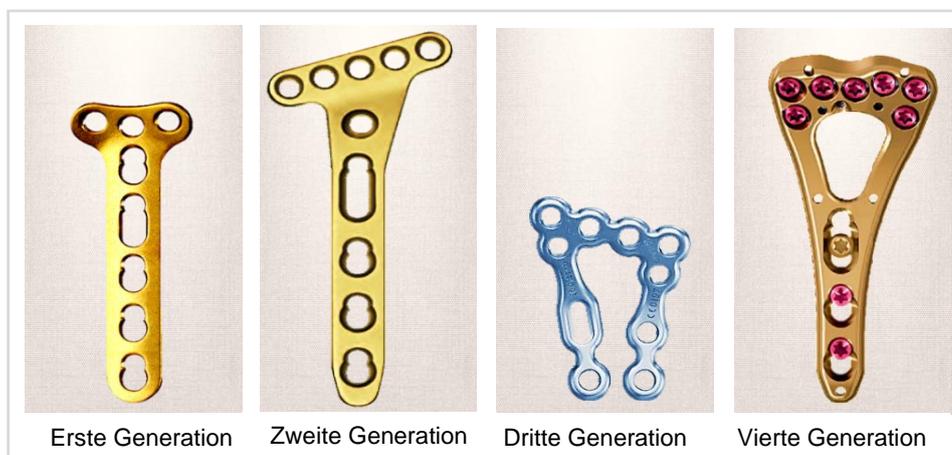


Abb. 17: Unterschiedliche Plattengenerationen [105; 171-173].

So stellen die ersten eingesetzten konventionellen Plattenosteosynthesen einfache T-Platten oder nicht spezifische epiphysäre Platten dar, die unter dem Punkt 1.5.2.4.1 erläutert wurden [121]. Eine Verbesserung ergibt sich mit der zweiten Plattengeneration, den sogenannten monoaxial fixed-angled Platten, in dem die Schrauben winkelstabil mit der Platte verblockt werden. Verglichen zu den heute aktuelleren Implantatmodellen geben diese Implantate den Winkel

(80°-90°) zwischen Platte und Schraube noch vor. Die je nach Hersteller unterschiedlichen Verblockungssysteme sorgen alle dafür, dass mithilfe der winkelstabilen Osteosyntheseplatten nun die frakturierte Zone lastfrei bleibt, während die Kraft über die Platte an den Radius weitergeführt wird [52] (Vgl. Abb. 18). Dabei ist die Winkelstabilität von enormer Wichtigkeit, da erst durch sie ein fester Winkel mit einer unveränderbaren axialen Stabilität erreicht wird.

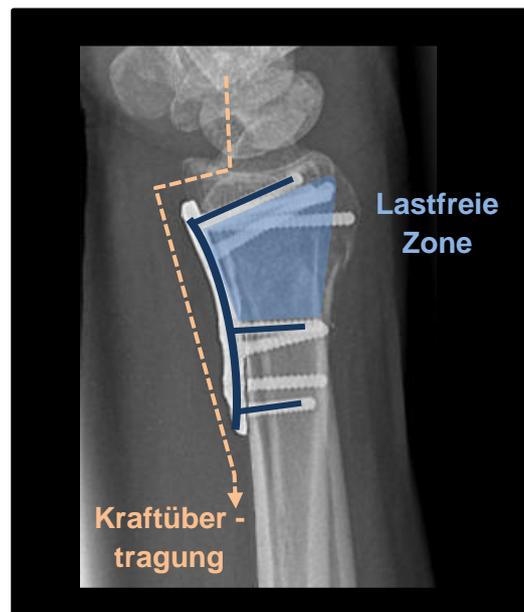


Abb. 18: Prinzip der polydirektionalen winkelstabilen Implantate.

Entgegen des Prinzips der konventionellen Platten wird im Rahmen der winkelstabilen Plattenosteosynthesen das System unabhängig der Dislokationsseite angebracht. Da statt dem Druck ein Zug am frakturierten Fragment ausgeübt wird, kann die Verplattung somit sowohl palmar als auch dorsal erfolgen. Ein Vergleich zwischen dorsal und palmar angebrachten Implantaten zeigt, dass sich insbesondere für die palmaren Systeme mehr Vorteile ergeben, wie eine gute Weichteildeckung mit geringer Sehnenirritation und ein geringes operatives Trauma [19].

So führt die dorsale Positionierung der Platte aufgrund der zeltförmigen Radiusoberfläche zu einer schlechteren Anlagerung, worin eine mögliche Indikation zur operativen Entfernung des Tuberculum listeri angesehen werden kann, um eine plane Oberfläche zu erhalten. In gleicher Weise stellt die Rückvernähung des M. pronator quadratus für die palmaren Plattensysteme eine operative Möglichkeit dar, um Sehnenverletzungen entgegen zu wirken. Eine

entsprechende Gegenmaßnahme fehlt auf der dorsalen Seite, welches die häufigeren Läsionen an den Sehnen, insbesondere des M. extensor pollicis longus erklären könnte.

Die sehr hohe Gesamtkomplikationsrate der zweiten Generation von etwa 12% bei Flexorsehnenrupturen von 2% bis 3% sorgte für die Entwicklung von anatomisch vorgeformten Implantaten mit gleichzeitig niedrigem Plattenprofil [106]. Entsprechende verbesserte Osteosyntheseplatten finden sich bereits in der nächsten Generation. Die Entwicklung zur dritten Generationsstufe führte vor allem der Umstand, dass die feste Schraubenrichtung beim Biegen des Implantats nachteilige Auswirkungen aufwies. Aus diesem Grund zeichnet sich die dritte Generation mit einem zusätzlichen polyaxialen Plattensystem aus, welches dem Operateur den Einsatz von Schrauben in einem variablen Winkel von 10° bis 20° zur Platte erlaubt, ohne einen Verlust der Stabilität einzubüßen, wodurch unter anderem eine optimale Platzierung von Schrauben im radialen Styloid möglich wird [121]. Aufgrund des großen Erfolgs der polyaxialen winkelstabilen Plattenosteosynthesen entwickelten sich die einst relativ großen Modelle und Schrauben in Richtung anatomisch angepassten Platten mit deutlich niedrigerer Höhe [149]. Hier ergibt sich nur noch eine Komplikationsrate von 5% bis 7%, während Flexorsehnenrupturen 0% bis 1% ausmachen [106].

Die double-tiered subchondrale support procedure (DSS) gehört gleichermaßen in die Kategorie der neueren Entwicklungen. Durch dieses Konzept werden die zweireihig angeordneten Schrauben nahe der Gelenkfläche und zusätzlich in die subchondrale Matrix des Knochens platziert, um die dadurch entstehende Hebelkraft für die Therapie zu nutzen [185]. Während die proximale Schraubenreihe den dorsalen subchondralen Knochen unterstützt, wird die distale Schraubenreihe für die Stabilisierung des zentralen subchondralen Knochenbereichs genutzt (Vgl. Abb. 19).

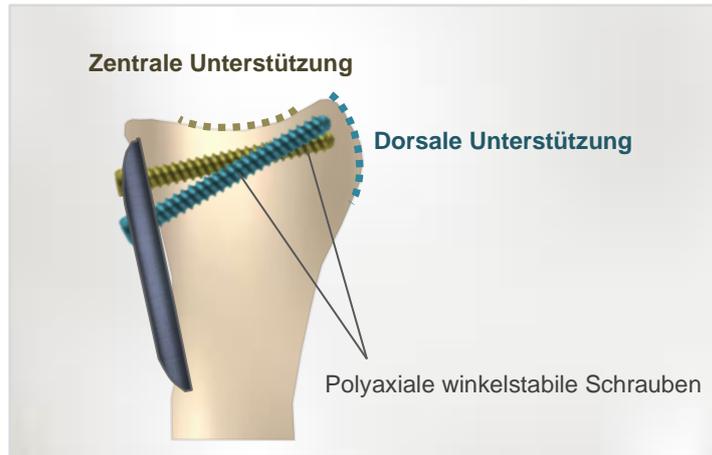


Abb. 19: Double-tiered subchondral support procedure.

Hierbei zeigt die Studie von Kawasaki [77], dass das DSS bei der Behandlung von C3 Radiusfrakturen das Risiko von Korrekturverlusten verhindert und posttraumatische Arthrosen vermindert. Stattdessen besteht bei einer einzelnen distalen Schraubenreihe das erhöhte Risiko einer Radiusverkürzung bzw. einer dorsalen Verkipfung.

Der fließende Verlauf der dritten Generation an Platten zur Vierten macht die Unterscheidung teilweise schwer. So zeichnet sich die neueste Generation mit einer möglichst optimalen anatomischen Passform aus, indem insbesondere der Verlauf der Sehne des M. flexor pollicis longus näher beachtet wird. Hierfür können die Implantate eine zusätzliche Aussparung auf Höhe dieser Sehne aufweisen und werden wie Wich [185] beschrieb, je nach Fraktur und Plattendesign an der Watershed-Linie platziert. In diesem Sinne können Implantate dieser Generation auch als Watershed-Platte wie auch als FPL-Platte bezeichnet werden.

1.6 Verschiedene palmare winkelstabile Plattenosteosynthesen

Im Folgenden wird eine Auswahl an polyaxialen winkelstabilen Plattenosteosynthesen hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie Größe, Verblockungssystem, Profilhöhe, maximale Verblockungswinkel und ihrer Position bezogen zur Watershed-Linie untersucht (Vgl. Abb. 20; 21).



Abb. 20: Plattenmodelle [14; 84; 94; 105; 168; 170; 172].

A mit Aptus 2,5 palmare Rahmenplatte (Medartis).

B mit WINSTA-R 6 Loch-Platte (Axomed).

C mit Acu-Loc 2 Proximal VDR Platte (Acumed).

D mit Variabel winkelstabile distale Radiusplatte 3,5 "Classic" (Königsee Implantate).

E mit VA-LCP 2-column volar distale Radiusplatte (Synthes).

F mit VariAX Anatomical Volar Platte (Stryker).

G mit DVRA Anatomic Platte (Hand Innovations).

	Aptus	WINSTA-R	AcuLoc	Classic	VA-LCP	VariAX	DVRA
Länge [mm]	34	45	49	51	54	56	56,6
Breite [mm]	26	26,5	24	27	25,5	27,5	24,4
Ø Schrauben [mm]	2,5	2,7	2,3	3,5	2,4	2,3 od. 2,7	2,7
Winkel [Grad]	15	10	5-15	15	15	15	20
Plattenprofil [mm]	1,6	1,5	2,5	low profile	low profile	2	low profile
Material	Titan	Titan	Titan	Titan	Stahl/ Titan	Titan	Titan
Verblockung	TriLock	Platten- u. Schraubengewinde	-*	Gewindesäulen	Gewindesäulen	Smart Lock	-*

Abb. 21: Plattenosteosynthesen im Vergleich.

*Implantate weisen ein Verblockungssystem auf, doch dieses wurde von Seiten des Herstellers nicht näher beschrieben.

Das Ziel jeder Plattenosteosynthese besteht allgemein darin, die instabilen Frakturzonen zu überbrücken und mithilfe subchondraler Schrauben die radiale Gelenkfläche abzustützen. Um diesem Vorhaben gerecht zu werden, wurden bereits verschiedenste Plattendesigns entwickelt. Grundsätzlich kann man diese auf einige Grundformen zusammenfassen. So entspricht die DVRA Anatomic Platte der Firma Hand Innovations den klassisch gerade geformten T-Implantaten. Weit häufiger kommen die schrägen T-Osteosynthesen vor. Hierzu zählen beispielsweise die AcuLoc VDR Platte, VariAX Platte, palmare Classic-Platte, VA-LCP Platte oder auch die WINSTA-R Platte. Der Kopf dieser Implantate ist vergleichsweise breiter und bietet mehr Fläche, um seitlich stützende Schrauben zu platzieren. Dabei weist das Design der aktuelleren T-

Implantate immer häufiger die am Kopfende befindenden distalen zwei Schraubenreihen auf, wodurch mit der Multidirektionalität der Schrauben eine zentrale und dorsale Abstützung der Gelenkflächen erreicht wird [189]. Unverändert bleibt der nach wie vor lange Hebelarm der T-Implantate, welches bei einer einzelnen zentral am Radius gelegenen Schraubenreihe für die Stabilität benötigt wird (Vgl. Abb. 20; 22B).

Die pi-förmige Aptus Rahmenplatte der Firma Medartis verspricht aufgrund ihrer einzigartigen Form ein leicht verändertes Konzept der Behandlungsart. Sowohl in der axialen wie auch in der Frontalebene bildet dieses Implantat mit seinen Schrauben ein rahmenförmiges Konstrukt, welches ihm seinen Namen gibt (Vgl. Abb. 22A). Die Beachtung des Säulen-Modells nach Rikli spielt dabei insbesondere für die Kraftübertragung eine wichtige Rolle, so auch in der Entwicklung neuerer Implantate [125]. Im Querschnitt des Radius ergibt sich somit aufgrund des ulnaren und radialen Schenkels des Implantats eine doppelte Verankerung in der Kortikalis gegenüber einer einzelnen bei den T-Platten (Vgl. Abb. 22). Aufgrund der zweiseitigen Verschraubungsmöglichkeit reicht ein vergleichsweise kürzerer Hebelarm aus, um eine Stabilität in der Rotationsachse wie auch zur Kraftübertragung zu erreichen.

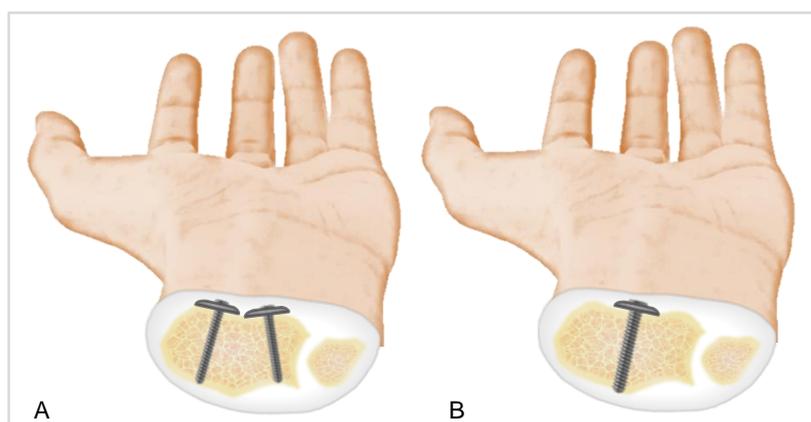


Abb. 22: Axialer Schnitt durch den distalen Radius und die Ulna mit der Rahmenplatte (A) und T-Platte (B).

Innerhalb der getroffenen Auswahl an Implantaten stellt sich die Aptus Rahmenplatte 11cm bis 25cm kürzer dar und zeichnet sich als das kleinste und kompakteste Implantat aus, weshalb folglich eine kürzere Inzision der Haut nötig

wird (Vgl. Abb. 21). Demgegenüber lässt sich die DVRA Platte als die vergleichsweise längste Platte feststellen (Vgl. Abb. 21).

Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlich vorgeformten Plattendesigns wie auch den individuell anzusehenden Handgelenken liegt die optimalste Position des Implantats je nach Patienten an versetzten Bereichen des proximalen palmaren Radius. An dieser Stelle der Speiche ist dem Verlauf der Flexor pollicis longus Sehne über die Watershed-Line eine besondere Bedeutung zuzuschreiben, speziell um mögliche Komplikationen gering zu halten (Vgl. Abb. 23 B). Die Watershed-Line beschreibt dabei den höchsten Bereich des distalen palmaren Radius (Vgl. Abb. 23 A). Während die meisten Plattensysteme ihre optimalste Passform proximal der Watershed-Line aufweisen, zeigt Acumed mit der Platzierung der AcuLoc Platte eine Besonderheit auf, da diese vorzugsweise direkt auf der Linie platziert wird [30]. Allgemein kann jedoch bei Fällen eines frakturierten Kantenfragments eine distale Platzierung nicht vollkommen verhindert werden, da nur eine sehr weit distal gesetzte Platte eine ausreichende Abstützung gewährleistet [189].

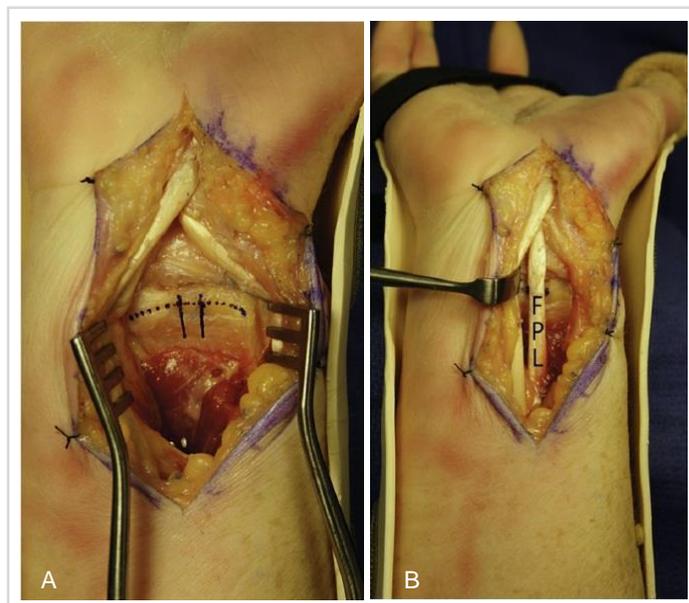


Abb. 23: Handgelenk mit eingezeichneter Watershed-Line (A) und markierter FPL Sehne (B) [94].

Betrachtet man die auf Abbildung 24 dargestellten rot markierten prominenten Plattenareale bezogen zur Watershed-Line, kann man das Risiko einer FPL-Sehnenruptur abschätzen. So weisen die AcuLoc Platte von Acumed und die

DVRA Platte des Herstellers Hand Innovations mit etwa 30mm² eine ähnlich niedrige prominente Plattenfläche auf, wohingegen für die VA-LCP Platte von Synthes mit 56mm² ein beinahe doppelt so hoher Wert ermittelt wurde [94]. Limthongthang [94] prüfte zusätzlich die Plattenflächen, die direkt mit der FPL-Sehne in Kontakt tritt, hierbei lässt sich erkennen, dass die Platten AcuLoc und DVRA mit jeweils 9mm² im Vergleich zur VA-LCP Platte mit 15mm² wiederum ein niedrigeres Risiko einer Beugesehnenirritation zeigen. Von Vorteil sind darüber hinaus die niedrigen Plattenprofile, die alle Platten gleichermaßen kennzeichnen, wobei die WINSTA-R Platte die vergleichbar niedrigste Höhe besitzt.

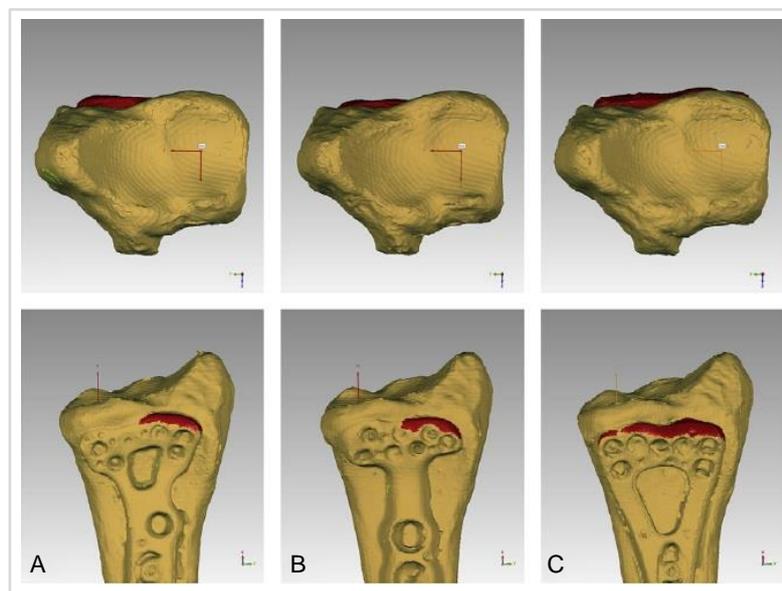


Abb. 24: Prominente Plattenareale im Vergleich [94].

A mit Acu-Loc 2 Proximal VDR Platte (Acumed).

B mit DVRA Anatomic Platte (Hand Innovations).

C mit VA-LCP 2-column volar distal Radiusplatte (Synthes)

Grundsätzlich muss man jedoch davon ausgehen, dass eine vollkommen kongruente Anpassung zwischen Implantat zum Radius nicht möglich ist. Denn während der Palmar-Kortikale-Winkel des Radius bei durchschnittlichen 37° (Umfang: 26° bis 50°) liegt, weisen die vorgeformten Platten in der Regel nur einen Winkel zwischen 19° bis 25° auf [16; 125]. Oppermann [125] bewertet jedoch die Synthes VA-LCP Platte aus einem Pool von weiteren sechs Implantaten als diejenige mit der optimalsten anatomischen Passform. In diesem Sinne bieten die Hersteller Synthes und Medartis die Möglichkeit an, die

anatomische Kongruenz mithilfe von Biegezangen anzupassen, umso ein besseres Ergebnis zu erhalten.

Neben den verschiedenen anatomischen Kongruenzen wie auch der abweichenden Anlagerung zur Watershed-Line bestehen zusätzlich Unterschiede bezüglich der Verblockungsmechanismen sowie der verwendeten Schrauben. Die 2,4mm VA-LCP zwei-Säulen Platte der Firma Synthes erreicht dabei eine effiziente Verblockung, indem sich die passende Schraube mit ihrem konischen Schraubenkopf mit Feingewinde in das vorgesehene Plattenloch mit vier Gewindesäulen eindreht [136]. Dabei gibt der Hersteller eine Winkelvariabilität von 15° in jede Richtung an.

Demgegenüber kann bei der Palmar Classic der Firma Königsee Implantate eine Angulation bis 15° erreicht werden. Das Verblockungssystem dieser Platte unterscheidet sich durch das Vorhandensein von schon sechs Gewindesäulen am Plattenloch sowie durch ihre dickeren Schrauben mit einem Durchmesser von 3,5mm.

Die Verblockung der WINSTA-R 6 Lochplatte der Firma axomed und ihren winkelstabilen 2,7mm Schrauben wird ähnlich zur Classic Platte und VA-LCP Platte durch einen Formschluss zwei aufeinander abgestimmter Gewinde realisiert, je ein Gewinde am Plattenloch und am Schraubenkopf.

Ein grundsätzlich anderes System verwendet die VariAX Platte der Firma Stryker. Sie nutzt die unterschiedlichen Härtegrade von Titan, um eine Verblockung zwischen Platte und Schraube zu erreichen, hierbei schneiden die titanhärteren Schrauben beim Eindrehen in die titanweichere Platte [136]. Die Richtung der Schraube sollte dabei präzise gewählt werden, da sich die Schraube bei einer Korrektur den geringsten Widerstand sucht, wodurch sie in die Richtung des ersten Versuchs zurückfallen kann [189]. Mithilfe der multiaxialen winkelstabilen Schrauben mit einem Durchmesser von 2,7mm ist in diesem System eine maximale Winkelfreiheit von 15° möglich.

Stattdessen nutzt die Aptus 2,5 Rahmenplatte der Firma Medartis den TriLock-Mechanismus mit drei eingefrästen Flächen am Plattenloch, in die das

Schraubenkopfgewinde einkeilt. Hierbei kann man einen Winkel von bis 15° zwischen Implantat und Schraube erreichen.

1.7 Begleitverletzungen

Je nach Ausmaß und Richtung der Krafteinwirkung zum Zeitpunkt der Frakturentstehung treten neben der distalen Radiusfraktur typische Begleitverletzungen auf, die als Ausdruck einer komplexeren Verletzung gelten. Angesichts schwerer Traumata spielt die Diagnostik der Begleitverletzungen für den Erfolg und das funktionelle Ergebnis eine wichtige Rolle.

1.7.1 Verletzungen des Proc. styloideus ulnae und des TFCC

Mit einer Häufigkeit zwischen 40% bis 80% gehört der Abriss des Proc. styloideus ulnae zu den am häufigsten auftretenden Begleitverletzungen der distalen Radiusfraktur [67; 92; 119]. Nach wie vor wird jedoch die Relevanz dieser Zusatzverletzung auf das Behandlungsergebnis sowie ihre Behandlung kontrovers diskutiert.

Die Unterscheidung zwischen einem proximalen (basisnahen) und distalen Abriss spielt dabei für die Behandlung eine relevante Rolle, da je nach Lokalisation die Bandstrukturen des TFCC in Mitleidenschaft gezogen werden können. Nach Shih [160] liegt die Häufigkeit einer solchen TFCC Läsionen im Rahmen einer intraartikulären Fraktur bei etwa 50%. Besonders bei einem proximalen Abriss kann der Discus ulnocarpalis des TFCCs aufgrund seines Ansatzes am Proc. styloideus ulnae oft Läsionen bei zusätzlich häufig vorkommenden palmaren und dorsalen radioulnaren Bänderrissen aufweisen. Als Folge treten entsprechend Instabilitäten am DRUG und Inkongruenzen der Gelenkflächen auf. Reichl [138] beschrieb, dass eine TFCC Läsionen zwar häufig mit Frakturen des Proc. styloideus ulnae resultieren, durchaus aber auch unabhängig diagnostiziert werden können. Ein solches Trauma ist gleichzusetzen mit der basisnahen Abrissfraktur, kann jedoch radiologisch kaum identifiziert werden [113].

Die therapeutische Maßnahme der Styloidfraktur kann aus einer offenen Reposition mit Refixierung des Styloids durch Kirschnerdrähte, eine Fixation durch einen Fadenanker, einer Schraube oder durch Zuggurtung bestehen. Während der Discus bei einer ausgeprägten Verletzung häufig entweder teilweise oder vollständig reseziert wird, kann bei leichteren Läsionen eine Reposition ausreichend sein. Ob jedoch die Notwendigkeit für eine Therapie besteht, muss individuell entschieden werden, da Frakturen des Proc. styloideus ulnae nicht zwangsläufig mit TFCC Läsionen einhergehen und Pseudarthrosen auch beschwerdefrei bleiben können.

Demgegenüber wird bei einem distalen Abriss des Proc. styloideus ulnae meist eine konservative Therapie angestrebt, die aufgrund von mangelnder Reposition nach Krämer [87] in 23% und nach Mentzel [112] in 83% als asymptotische Pseudarthrose endet. Dabei stellen sich gerade bei Pseudarthrosen Fehlstellungen nach verheilten distalen Radiusfraktur ein, die man als „Erfordernisfehlstellungen“ bezeichnet [112]. Allgemein stellen sich bei Patienten mit distaler Radiusfraktur und zusätzlichem Abriss des Proc. styloideus ulnae schlechtere Ergebnisse gegenüber Patienten mit alleiniger Radiusfraktur ein [97].

1.7.2 Bandläsionen des Handgelenks

Die Läsionen der intrinsischen Bänder wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von 40% bis 70% bei intraartikulären Frakturen beschrieben, dabei ist vor allem das scapholunäre Ligament (SL) betroffen [58; 167]. Hierbei verläuft die Frakturlinie durch die Fossa lunata und endet direkt im SL-Spalt, wodurch als Folge Veränderungen in der Anatomie der Karpalknochen auftreten können. Im Fall einer Ruptur dieses Ligaments kippt das Os Scaphoideum zur Beugeseite, während das Os Lunatum zur Streckseite fällt, diese DISI-Stellung (Dorsal Intercalated Segment Instability) ist in seitlichen Röntgenbildern zu erkennen [132]. Die nun gestörten Bewegungen im Mediokarpal- sowie im Radiokarpalgelenk können mit einem Scapholunate Advanced Collapse einhergehen, welches langfristig aufgrund von Verschleißerscheinungen zu Arthrose führt. Als bildgebendes Verfahren kommen neben dem konventionellen Röntgen das Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT),

die Arthroskopie sowie die Stressaufnahmen in ulnar- oder radial Abduktion in Frage, wodurch die diagnostischen Zeichen (Terry-Thomas-Zeichen, SL-Winkel, Sieglingzeichen) geprüft werden [145]. Die Therapiemöglichkeiten orientieren sich an der Schwere der Verletzung, wodurch die Behandlung von der konservativen Therapie bis hin zur operativen Therapie divergieren kann. Im Rahmen der operativen Maßnahme versucht man mit Kirschnerdrähten die Handwurzelknochen zu fixieren und die Bänder direkt zu vernähen.

Die im Vergleich zur SL-Bandruptur seltener auftretende Ruptur des Lig. lunotriquetrum (LT) wird aufgrund mangelnder radiologischer und klinischer Zeichen zeitlich gesehen später diagnostiziert [26; 163]. Lokal fortgeschrittene Formen zeigen Instabilitäten, wobei das radiologische Korrelat der PISI Stellung (Palmar Intercalated Segment Instability) entspricht. Dabei erkennt man am Röntgenbild, MRT oder in der Arthroskopie die Flexionsfehlstellung des Os Lunatum und die Extensionsfehlstellung des Os Scaphoideum. Die Therapie gleicht dem der SL-Bandruptur.

1.7.3 Frakturen der Handwurzelknochen

Mit 1% bis 2% [117] treten bei den distalen Radiusfrakturen die eindeutig seltenen Begleitverletzungen in Form von Frakturen der Handwurzelknochen auf. Insgesamt fallen dabei etwa 80% Frakturen des Os Scaphoideums und in etwa 13% Brüche des Os Triquetrum an [117].

Bei unbehandelten Verletzungen des Os Scaphoideums wie auch bei ihrer prognostisch schlechteren proximal lokalisierten Fraktur kann über die Pseudarthrose das SNAC Wrist (Scaphoid nonunion advanced collapse) entstehen, welches wiederum langfristig in der Arthrose endet [146]. Nach Krämer und Grifka [86] ist dabei die Anzahl der Pseudarthrosen aufgrund von mangelhafter Früherkennung sehr hoch.

1.8 Komplikationen

Der Erfolg der Therapie wird neben den Begleitverletzungen durch die Komplikationen mitbestimmt, die entweder als Folge der Fraktur oder der

Behandlung auftreten. Trotz der heutigen chirurgischen Qualitätsmaßnahmen wird die Komplikationsrate je nach Studie zwischen 6% bis 80% eingeschätzt [9; 128].

1.8.1 Sekundäre Dislokation und posttraumatische Arthrosen

Ein Repositions- und Retentionsverlust nach behandelter distaler Radiusfraktur führt häufig zu sekundären Dislokationen. Abhängig der ursprünglichen Fraktur können sich extraartikuläre, intraartikuläre wie auch kombinierte Dislokationen entwickeln, die je nach Achsenabweichung mit verschiedenen Komplikationen einhergehen können. Das Beschwerdebild der Patienten kann dabei neben den radiokarpalen und radioulnaren Schmerzen, eine eingeschränkte Beweglichkeit, Kraftminderung und Instabilität im DRUG umfassen [37]. Ferner gehört auch die Arthrose als langfristige Folge hinzu, da durch unphysiologische Gelenkflächen ein vermehrter Knorpelabrieb entsteht. Dieser Pathomechanismus lässt sich unter anderem bei intraartikulär bedingten Deformitäten beobachten, da sie inkongruenten Gelenkflächen aufweisen. Dabei ergibt sich bereits bei einer Gelenkstufe von über 2mm ein Arthroserisiko von bis zu 92% [30; 145].

Häufig besteht die Fehlheilung der Fraktur aus einer Kombination aus Radiusverkürzung, Veränderungen im Radiusbasiswinkel, einer Verkipfung nach dorsal wie auch aus Störungen in der Umwendbewegung [34]. Bei einer Vergrößerung der dorsalen Neigung der Gelenkfläche über 10° verändert sich meist die Gelenkgeometrie, wodurch sich als Folge eine höhere Druckbelastung aufgrund einer schlechteren Kongruenz im DRUG ergibt [34]. Auf diese Weise wird auch die Supination/Pronation des Handgelenks limitiert und eine Radiusverkürzung verursacht [39; 80]. Unter Umständen ergeben sich verschlechterte Flexionsbewegungen bei gleichzeitig vermehrtem Extentionsvermögen im Handgelenk.

Im Sinne einer extraartikulären Dislokation können auch Radiusverkürzungen auftreten, die ebenfalls die Belastung auf das DRUG erhöhen und die Pronations- und Supinationsbewegung beeinträchtigen [34; 183; 184]. Als Folge kann so das

Ulna Impaction Syndrom auftreten, wodurch die distale Ulna gegen das Os Lunatum gedrückt wird.

1.8.2 Nervenschäden und Karpaltunnelsyndrom

Nervenirritationen ergeben sich sowohl im Rahmen von Komplikationen wie auch als Begleitverletzung. Ereignen sie sich als Folge des Traumas selbst, anschließender Weichteilschwellung oder iatrogen durch operative Maßnahmen, können entsprechend zu Zweiterem eingeordnet werden.

Laut Literatur kommt es in 8% bis 17% der Fälle der distalen Radiusfraktur zu einem Kompressionssyndrom mit Beteiligung der Nerven medianus, ulnaris und radialis [6]. Während sich Irritationen des Nervus ulnaris im Rahmen einer distalen Radiusfraktur durch nach palmar dislozierte Ulnarköpfchen und nach medial des Radius abgekippte Knochenfragmente beschreiben lassen, treten dagegen Ramus superficialis nervi radialis Läsionen vor allem beim Anbringen von Kirschnerdrähten oder Schrauben am Proc. styloideus radii auf. Unter den Nerven des Handgelenks ist eine Irritation jedoch am häufigsten am N. medianus anzutreffen. Die Ursachen können vielfältig sein und erhöhen allesamt den Druck im Karpaltunnel [33].

Insbesondere das Karpaltunnelsyndrom hat aufgrund seiner Häufigkeit eine besondere Relevanz, dabei liegt die Rate je nach Studie zwischen 1% bis 23% [49]. Als Ursache werden neben Frakturdislokationen, die direkten Schädigungen durch Knochenfragmente und Weichteilschwellungen diskutiert, die im Raum des Karpaltunnels zu einem Missverhältnis zwischen dem begrenzten Raum und seinem Inhalt führt [156]. Folglich treten Entzündungen, mangelnde Blutzufuhr oder auch mechanische Überbelastungen auf, die die Leitfähigkeit des N. medianus beeinträchtigen. Klinisch zeigt sich das Karpaltunnelsyndrom anfangs mit Ausfällen der sensiblen Innervation, wobei ein motorischer Funktionsausfall folgen kann.

Generell gelten als Möglichkeit der Diagnostik eine Nervenleitgeschwindigkeitsmessung und der Tinel-Hoffmann-Test im Rahmen der neurologischen Untersuchung. Sowohl bei nachgewiesenem Karpaltunnel-

syndrom wie auch im Zweifelsfall sieht die Therapie vor, den Karpaltunnel zu spalten, um Reflexdystrophien zu vermeiden.

1.8.3 Complex Regional Pain Syndrom I (CRPS I)

Mit einer Inzidenz von 1%-37% stellt das Complex Regional Pain Syndrom eines der gravierenden Folgen dar [13; 41; 71]. Unterschieden werden dabei zwei Formen. Während das CRPS Typ II (Kausalgie) mit einer direkten Nervenläsion verbunden ist, tritt der CRPS Typ I (Synonym: Reflexdystrophie; Morbus Sudeck) vor allem nach Traumata ohne direkte Nervenverletzungen auf, insbesondere jedoch nach distaler Radiusfraktur [56]. Das Spektrum des CRPS I zeigt eine Vielzahl von Symptomen, die in unterschiedlichen Ausmaßen auftreten können. So zählen Störungen der Sensorik im Sinne einer Hyperalgesie und Allodynie, motorische Defekte mit einem Tremor und Kraftverlust neben generalisierten Schwellungen und der veränderten Durchblutung zum Erscheinungsbild [22; 23]. Das Anfangsstadium beginnt mit einer Entzündung, geht über in eine Dystrophie und endet schlussendlich in der Atrophie. Therapeutische Maßnahmen sehen zum einen die Ergotherapie und die Krankengymnastik vor, die mit einer Analgesie kombiniert werden kann. Eine alternative Möglichkeit liegt in der Reduktion der Osteoklastenaktivität, die durch Calcitonin und Bisphosphonate therapiert wird [81; 157].

1.8.4 Sehnenschäden

Zum Verständnis der Sehnenschäden muss aufgrund unterschiedlicher Ursachen zwischen den Flexorsehnen- und Extensorsehnenirritationen differenziert werden. Mit bis zu 6% tritt diese Komplikation jedoch häufiger auf Seiten der Strecksehnen auf, wobei hier vor allem die Sehne des Musculus extensor pollicis longus hinsichtlich ihres anatomischen Verlaufs und ihrer Nähe zum Tuberculum listeri am Radius betroffen ist [106; 182].

Wie in Abbildung 25 dargestellt, ist die Sehne typischerweise im Bereich zwischen dem Tuberculum und Retinaculum extensorum distal des dritten Strecksehnenfachs besonders anfällig, da sie hier den geringsten Querschnitt mit zugleich der schlechtesten Blutversorgung besitzt [139]. Als ursächliche Faktoren

können dabei neben den distalen Radiusfrakturen, auch sekundäre Umstände wie zu lang und/oder spitz endende Schrauben wie auch iatrogene Perforationen beim Eindrehen von Schrauben angesehen werden, wodurch sich Blutungen, Hämatome, Schwellungen oder Nekrosen der Sehne ergeben. Um besonders sekundären Extensorsehnenrupturen entgegenzuwirken, sollten die Schrauben deshalb 2mm kürzer als gemessen sein [189].

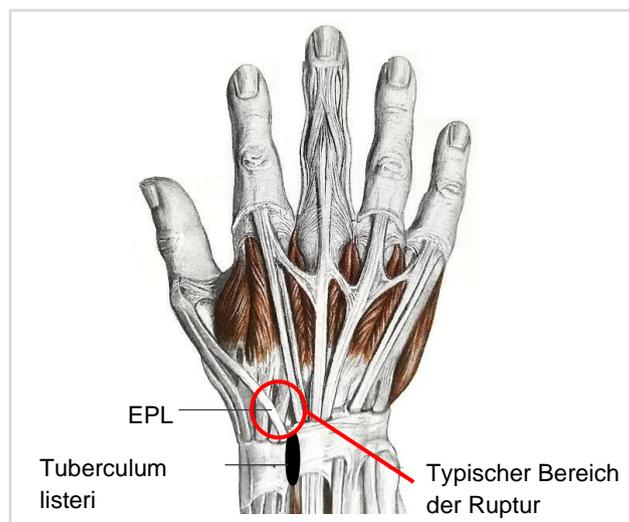


Abb. 25: EPL-Sehne in Bezug zum Tuberculum listeri [21].

Unter den Flexorsehnenirritationen hat die Flexor pollicis longus Sehne (FPL) die größte Bedeutung. Während die Inzidenz der Beugesehnenrupturen unter den palmaren Implantaten der ersten Generation (Plattenmodelle bis 2005) noch bei etwa 12% (FPL 2%-3%) lag, stellt man bei der weiterentwickelten dritten Generation (Platten von 2011-2016) einen Rückgang fest (FPL 0%-1%) [106]. Prominente Plattenkanten distal der Watershed-Line, unvollständige Frakturpositionen oder nicht optimal versenkte Schraubenköpfe können mit einer FPL-Ruptur einhergehen. Wie Haferkamp [61] setzte sich Choe [31] mit dem Problem zur Vermeidung einer Beugesehnenruptur bei Einsatz von palmaren Osteosyntheseplatte auseinander. Beide beschreiben, dass Patienten mit bevorstehenden Früh- oder Spät rupturen keine klinischen Symptome zeigen und es folglich wenige Möglichkeiten gibt, eine drohende Ruptur zu erkennen. Um das Risiko einer FPL-Ruptur abzuschätzen, kann man die Klassifikation nach Soong [165] nutzen. Hierfür werden postoperative Seitenaufnahmen des

Handgelenks genutzt, um den prominentesten Punkt der Platte in Bezug zur Watershed-Line zu vergleichen.

1.8.5 Implantatfehlage

Angesichts der physiologischen Neigung der distalen Radiusgelenkfläche stellt sich die radiologische Überprüfung einer regelrechten Frakturfixation, Platten- und Schraubenposition als schwierig dar, wodurch sich Komplikationen wie fehlplatzierte Implantate und intraartikuläre Schrauben ergeben. Allgemein sollten distale Schrauben idealerweise so positioniert werden, dass sie zum einen das frakturierte Fragment erfassen, um distal der Gelenkfläche subchondral zu enden [179]. Insbesondere die Polyaxialität birgt jedoch die Gefahr von intraartikulär penetrierenden Schrauben. Als Folge könnten sich aufgrund der fehlenden subchondralen Stabilisierung ungenügende Repositions- und/ oder Retentionsergebnisse ergeben, wodurch sich Gelenkstufen ausbilden, die in einer Arthrose enden. Andererseits führt die im Frakturspalt befindende Schraubenspitze zu einer längerfristigen Irritation im Gelenk [179]. Die röntgenologischen Standardaufnahmen in anterior poster (a. p.) wie auch im seitlichen Strahlengang stellen dabei die Verhältnisse im Gelenkspalt nicht immer exakt dar [127; 166]. Soong [166] beschreibt insbesondere die seitliche Standardaufnahme als nicht spezifisch genug, um intraartikuläre Schraubenlängen zu bewerten. Weiterhin schlägt er im lateralen Strahlengang einen Winkel von etwa 15° oder 23° vor, um die ulnaren Schrauben hinsichtlich des Frakturspalts näher zu bewerten. Währenddessen wird ein größerer Winkel von 30° zur Darstellung der radialen Schrauben genutzt. Zum richtigen Positionieren der Implantate zieht man die Watershed-Line hinzu. Während bei zu weit distal gelegenen Platten mit Sehnenrupturen gerechnet werden muss, kann stattdessen bei zunehmender proximaler Lage ein metaphysärer Knochenverlust oder eine Osteopenie folgen [127].

2 Fragestellung

Das Ziel dieser klinisch retrospektiven Studie ist die klinische und radiologische Bewertung des Behandlungsergebnisses beim Einsatz der palmaren winkelstabilen Aptus 2,5mm Rahmenplatte. Im Hinblick auf die subjektive Zufriedenheit des Patienten spielen spezifische Faktoren wie die Wiederherstellung der Hand- und Handgelenksfunktion, die Schmerzlosigkeit, die Mobilität sowie das kosmetische Ergebnis der Narbe eine wichtige Rolle. Das hier verwendete Implantat der dritten Entwicklungsstufe zeichnet sich durch verschiedene Eigenschaften aus, dazu gehört zum einen seine kurze Baulänge, das niedrige Profil, die polyaxialen winkelstabilen Schrauben mit im Implantat versenkbaren Schraubenköpfen sowie die abgerundeten Schraubenspitzen. Grundsätzlich besteht für den operativen Zugang keine Notwendigkeit für die vollständige Ablösung des M. pronator quadratus, stattdessen kann dieser über dem Implantat rückvernäht werden. Im Rahmen der Nachuntersuchungen sollen dabei folgende Fragen beantwortet werden:

- Korrelation zwischen radiologischem und klinischem Ergebnis.
- Zufriedenheit der Patienten im Alltag bei Betrachtung der funktionellen Ergebnisse.
- Komplikationen und deren Häufigkeit.
- Häufigkeit der Implantatentfernung.

3 Material und Methodik

3.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Im 3-Jahres-Zeitraum vom 01.01.2009 bis einschließlich 31.12.2011 wurden 112 distale Radiusfrakturen (111 Patienten) in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Würzburg mit einer palmaren, winkelstabilen Aptus 2,5mm Rahmenplatte der Firma Medartis versorgt. Im Rahmen der klinisch retrospektiven Studie wurden alle Patienten zu einer klinischen Nachuntersuchung eingeladen, in der objektive Parameter und subjektive Patienteneinschätzungen dokumentiert wurden, um die Effektivität des erwähnten Osteosynthesematerials zu prüfen.

Die Einschlusskriterien umfassen den vordefinierten Zeitraum (01.01.2009-31.12.2011), den Frakturtyp (distale Radiusfraktur) und Patienten mit geschlossener Wachstumsfuge. Nach der Ethikkommission durften zur Nachuntersuchung Patienten im Alter von 18 bis 99 eingeschlossen werden. Als Ausschlusskriterium galt lediglich die Galeazzi-Fraktur, die in einem Fall vorkam. In der Studie werden insbesondere die Daten gewertet, die im Rahmen des Nachuntersuchungsbogens (Anhang 3), des Scores nach Gartland und Werley (Anhang 4), des Scores nach DASH (Anhang 5) sowie des Telefonprotokolls (Anhang 6) erhoben wurden. Die radiologischen Beurteilungen erfolgten anhand der präoperativen Bildgebung und der letzten aufgenommenen Röntgenbilder aus dem Behandlungsverlauf. Vor Einleitung der Nachuntersuchung wird mit dem Antrag vom 05.01.2015 ein Ethikvotum eingeholt. Mit dem Schreiben vom 03.02.2015 erhob die Ethikkommission keine Einwände (Nr. 8/15). Alle Patienten bestätigten ihr Einverständnis zur Verwendung der erhobenen Daten (Anhang 2). Nach dem alle Patienten erst über ein Einladungsschreiben (Anhang 1) von der gewollten Nachuntersuchung informiert wurden, erfolgte im nächsten Schritt eine telefonische Terminvereinbarung. Im Zeitraum der Nachuntersuchung konnte man sieben Patienten weder auf dem postalischen Weg noch telefonisch erreichen, zusätzliche lebte eine Patientin im Ausland. Nach einigen Recherchen wurde über die jeweiligen Hausärzte bestätigt, dass 15 Patienten der Studie unabhängig ihrer distalen Radiusfraktur verstorben waren. Von den

nunmehr 87 verbliebenen Patienten wurden insgesamt 78 Patienten nachuntersucht, davon 62 in der Klinik und 16 im Rahmen eines Hausbesuches. Des Weiteren wurde aufgrund der weiten Distanz nach Würzburg und mangelnder Motivation an der Untersuchung für drei Patienten ein Telefonprotokoll (Anhang 6) erstellt. Während weitere sechs Patienten damit einverstanden waren, den ausgefüllten Nachuntersuchungsbogen und den DASH-Score zu übersenden. Somit konnten insgesamt 87 Patienten mit 88 Frakturen von insgesamt 95 lebenden Patienten (92%) in die Studie einbezogen werden.

3.2 Nachuntersuchungszeitraum

Die Nachuntersuchungen fanden alle im Zeitraum vom 16.06.2015 bis 25.11.2016 statt, wobei durchschnittlich $57 \pm 10,9$ Monate (4,8 Jahre) zwischen dem Tag der Operation bis hin zum Termin der klinischen Nachuntersuchung lagen. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum lag bei 42 Monaten und der Längste bei 79 Monaten.

3.3 Frakturklassifikation

Zur Frakturklassifikation wurden die radiologischen Bilder jedes Patienten gewertet, die am Tag des Unfalls im Universitätsklinikum Würzburg erstellt wurden. Wenn vorhanden, wurden zusätzliche Bilddaten aus externen Krankenhäusern hinzugezogen, um auch Patienten mit einer vorläufigen Erstbehandlung in nähergelegenen Krankenhäusern radiologisch zu bewerten. Allgemein dienten die Röntgenaufnahmen in der a. p. und in der seitlichen Ebene als Grundlage der Beurteilung. Beim Fehlen von diesen wurden CT-Bilder der distalen Radiusfraktur zur Bewertung hinzugezogen. Darüber hinaus wurden die Operationsberichte näher studiert, die die Fraktur in situ näher beschrieben. Hierdurch konnte eine eindeutige Aussage über die Frakturklasse erhoben werden. Die dabei im Rahmen dieser Studie verwendete AO Klassifikation wird dabei zur Beurteilung herangezogen.

3.4 Verwendetes Implantat

3.4.1 Implantateigenschaften

Die Aptus Rahmenplatte der Medartis AG® gehört zur Gruppe der multidirektionalen, aus Reintitan bestehenden winkelstabilen, palmaren Plattenostesynthesen. Durch den zweischenkligen Aufbau ergibt sich eine ulnar- und radiale Kraftübertragung auf die Speiche, weshalb das Implantat mit seinem einzigartigen π -förmigen-Design eine sehr gute Anpassung an die biomechanischen Gegebenheiten des distalen Radius verspricht (Vgl. Abb. 26). Gleichmaßen wird am Handgelenk eine zusätzliche Stabilität in der Rotationsachse geschaffen und durch einen besseren Halt in der Kortikalis ergänzt.



Abb. 26: Palmare und seitliche Aufsicht auf die Aptus Rahmenplatte rechts.

Über die distale Schraubenreihe am epiphysärem Anteil des Radius bietet das Implantat eine Stützfunktion für das Handgelenk, indem distal gelegene Kantenfragmente oder der Proc. styloideus radii fixiert werden. Mit diesem Aufbau eignet sich das Implantat besonders für mehrfach fragmentierte Brüche bei unzureichender Abstützung im Radiokarpal- und Radioulnargelenk sowie im Bereich der Fossa lunata.

Um den anatomischen Variationen des distalen Radius gerecht zu werden, bietet der Hersteller vier verschieden große Varianten des Implantats an (Vgl. Abb. 27).

Alle Plattenvariationen sind durch ihre kompakte Gestalt für eine optimale Position am Radius bereits vorgeformt. Im Falle einer Inkongruenz lässt sich das Implantat in den Schaftregionen mit speziellen Plattenbiegezangen nachbiegen oder mit Plattenschneidezangen zuschneiden, ohne dass die winkelstabile Versorgung ihre Funktion verliert.

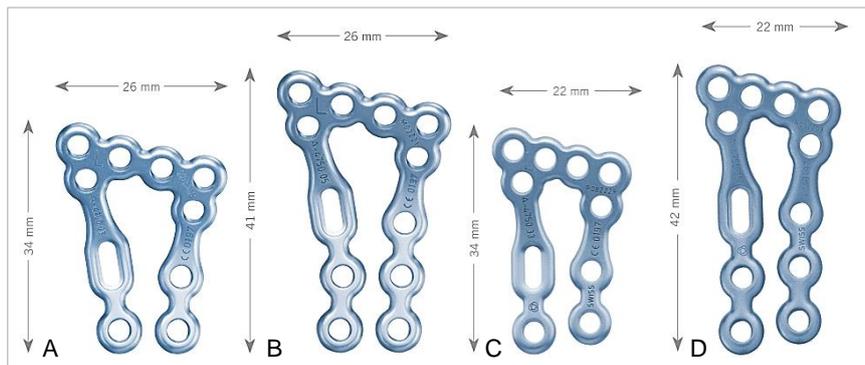


Abb. 27: Unterschiedliche Varianten der Rahmenplatte [105].
Die Aptus Rahmenplatte in Standardgröße (A), in der großen Variante (B), in der schmalen Variante (C) und in der großen und schmalen Variante (D).

Im klinischen Alltag wird die Platte vor allem bei C-Frakturtypen eingesetzt, da sie aufgrund der sphärischen Kopfraumverblockung der TriLock-Schrauben bei einem Freiheitsgrad von 15° und der sich daraus ergebenden variablen Schraubenplatzierung komplexe Frakturen gut fixiert (Vgl. Abb. 28). Der Hersteller gibt diesbezüglich an, dass eine Neujustierung der winkelstabilen Schrauben im selben Schraubenloch bis zu dreimal möglich ist. Unter der genutzten Verblockungsmethode kann man die Schrauben ohne Gefahr einer Kaltverschweißung stufenlos und komplett versenken, womit das vermeidliche Risiko einer Beugesehnenirritation minimiert wird. Vorteilhaft sind in diesem Sinne auch die abgerundeten Schraubenspitzen. Allen Varianten gemeinsam ist das flach gehaltene Plattenprofil, welches mit einer Höhe von 1,6mm eine langfristige Stabilität anbietet.

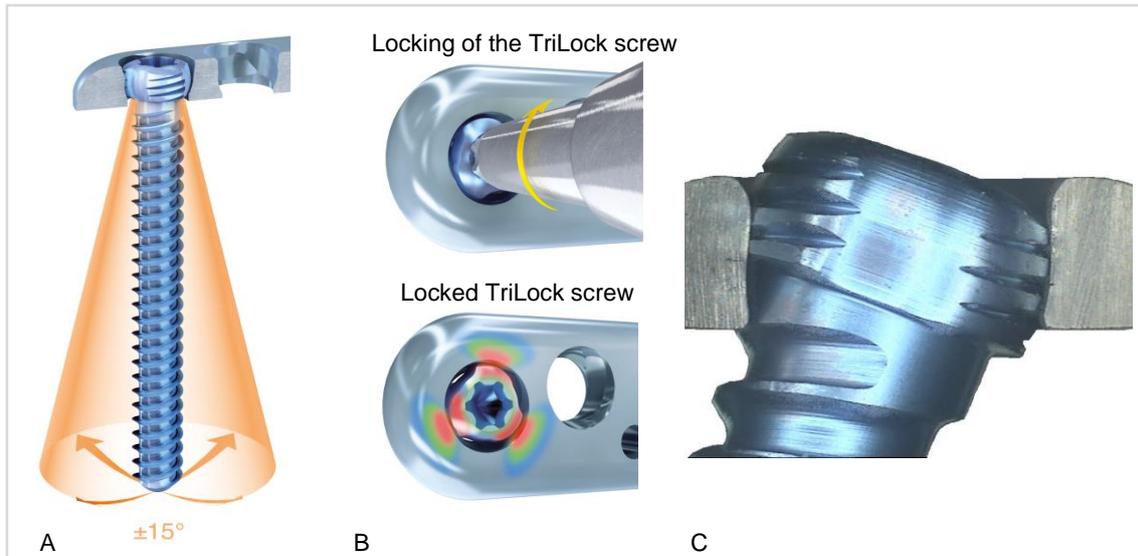


Abb. 28: TriLock Verblockung [105; 106].

A mit der Polyaxialität der Schrauben von bis zu 15° . B mit der Verblockungstechnik.

C mit der verblockten Schraube in Seitansicht.

Zusammenfassend zeichnet sich diese Low-Profil-Platte durch ihre kompakte Form aus, sodass es sich mit der multiaxialen TriLock-Schraubenverblockung als operative Lösungsvariante für geringinvasive chirurgische Eingriffe auszeichnet und folglich nur kurze Inzisionen nötig macht.

3.4.2 Operationstechnik

Nach präoperativer Versorgung wird in Rückenlage am supinierten Unterarm auf Höhe des Musculus flexor carpi radialis (FCR) ein im Durchschnitt vier cm langer palmarer Hautschnitt vorgenommen. Die Inzision wird bis zur Rascetta fortgeführt, gefolgt von der Spaltung der Fascia antebrachii, die radial der FCR vorgenommen wird. Nach Eröffnung des Musculus pronator quadratus kann die Fraktur erstmals eingesehen werden. Eine erweiterte palmare Inzision nach Orbay [126] wird nötig, um vor allem die dorsalen Aspekte der distalen Radiusfraktur einzusehen.

Zur ersten Reposition wird die Plattenosteosynthese erst mit Kirschnerdrähten distal wie möglich positioniert, um mit Schrauben der distalen Bohrungsreihe das Knochenfragment subchondral fixieren zu können. Zur optimalen Fragmentreposition gilt als nächstes die Nutzung einer Zugschraube in der distalen Schraubenreihe und zu einem späteren Zeitpunkt im proximal gelegenen

Langloch. Eine erste winkelstabile 2,5mm TriLock-Schraube wird nun in das frakturierte Knochenfragment eingesetzt. Nach erfolgter radiologischer Kontrolle der Schraubenlage und des Implantats zur Fraktur, werden wie vom Hersteller geraten, vier weitere winkelstabile, subchondral zu liegen kommende TriLock Schrauben in der ersten Bohrreihe genutzt. Durch die unweigerlich erzielte Überkreuzung der Schrauben, wird die Stabilität am Versorgungsgebiet wie auch am Radiokarpalgelenk erreicht. Durch den Hebelzug der beiden Plattenschäfte wird die Fraktur reponiert und die Position der Platte mit einer Kortikalisschraube im Langloch gehalten. Zuletzt wird die distale Schraubenreihe mit weiteren winkelstabilen Schrauben versehen, wodurch eine ideale Stabilisierung des distalen Randes erreicht wird.

3.5 Nachuntersuchungsschema

Die Nachuntersuchung erfolgte bei jedem Patienten nach gleichem standardisiertem Muster zur Erhöhung der Vergleichbarkeit. Dabei wurden alle Daten im Rahmen der Untersuchung mithilfe eines Untersuchungsbogens (Anhang 3) systematisch erhoben. Der Schwerpunkt dieser Nachuntersuchung beinhaltete:

- Anamnese und Inspektion.
- Radiologische Bewertung.
- Soong Klassifikation.
- Bestimmung der Bewegungsausmaße.
- Kraftmessung.
- Erhebung klinischer Scores.
- Komplikationen.

Die klinische Untersuchung erfolgte im Seitenvergleich, um Abweichungen zur Gegenseite zu erfassen. Soweit möglich wurden die eigenen erhobenen Daten um die Informationen aus den Krankenblättern der Patienten ergänzt.

3.5.1 Anamnese, Inspektion und Palpation

Hinsichtlich der Anamnese wurden die Patienten nach den subjektiven Ergebnissen befragt, hierzu zählten die Faktoren Händigkeit, momentane Beschwerden, Schmerz, lokale Vorschäden, Funktionseinbußen im täglichen Leben, Implantatrevision und -entfernung. Die Erfassung postoperativer Komplikationen erfolgte durch Befragung zum Nachuntersuchungszeitpunkt und am Studium der Patientenakten. Im Rahmen der Befragung wurde hinsichtlich der Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Narbe und des Gesamtbehandlungsergebnisses vom Patienten eine subjektive Einteilung in vier Gruppen – exzellent, gut, mäßig und schlecht vorgenommen. Zur eindeutigen Einordnung des Unfallhergangs wurde ebenfalls unterschieden in Beruf, Sport, Freizeit, Haushalt und Verkehr.

Im Hinblick auf die Inspektion und Palpation lag der Fokus in der Dokumentation der Narbenverhältnisse, der Narbenlängen und der Durchblutung der Hand. Dabei wurde speziell die Durchblutung zur Objektivierung der Ergebnisse nach dem Prinzip des Allen Tests und der Prüfung der Rekapillarierungszeit am Fingernagel untersucht. Eine Zeit von bis zu fünf Sekunden wurde als normal definiert.

Der Erfragung der subjektiven Schmerzwahrnehmung wurde eine essentielle Rolle eingeräumt, sodass nach vier verschiedenen Schmerzqualitäten unterschieden wurde. Geprüft wurde zum einen der Schmerz in Ruhe, wie unter Belastung, der Schmerz bei Prüfung der FPL Sehne (Anpresstest) sowie der Schmerz im DRUG bei klinischer Untersuchung und Manipulation durch den Untersucher (Druckschmerz). Dabei wurde einzig der Druckschmerz mithilfe des Visual analog Skalas (VAS) erfasst und dokumentiert. Im Anschluss folgte der Test nach Hoffmann-Tinel. Nur im Fall einer tatsächlich auftretenden Parästhesie im Verlauf des Nervus medianus wurde dieser Test auch als positiv gewertet.

Zuletzt wurde der Fingerkuppenhohlhandabstand (FKHA) und der Fingernageltischabstand (FNTA) nacheinander gemessen. Versteifungen, Arthrosen oder rheumatische Erkrankungen an den Fingern wurden an dieser

Stelle zusätzlich erfragt, um mögliche Bewegungseinschränkungen differenziert zu bewerten.

3.5.2 Radiologische Bewertung

Im Rahmen der Studie wurde für die radiologische Bewertung auf das Bildmaterial des Universitätsklinikums Würzburg zurückgegriffen, die am Tag des Unfalls sowie zur Verlaufskontrolle erstellt wurden. Einige Patienten erhielten bei Neuaufnahme ein Ganzkörper-CT, sodass in diesen Fällen das präoperative CT-Bildmaterial verwendet wird. Zusätzlich floss auch das präoperative radiologische Material aus externen Krankenhäusern in die Bewertung mit ein, da diese zur Erstversorgung in den Kliniken erstellt wurden.

Mithilfe der neuesten Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) [42] erfolgte die Beurteilung der prä- und postoperativen distalen Radiusfrakturen im a.-p. sowie im seitlichen Strahlengang. Neben den von Böhler [24] beschriebenen radiologischen Parametern – Radiusbasiswinkel (RBW), Radiushöhe (RH), ulnar Varianz (UV) dorso-palmarer Kippwinkel (PK) auf Abbildung 29, die zur Beurteilung des Retentions- und Repositionserfolgs hinzugezogen wurden, konnte mithilfe der Bildgebung zusätzliche Informationen hinsichtlich der intraatrikulären Verhältnisse wie auch zur AO-Klassifikation erhoben werden.

Die Röntgenbilder des Handgelenks wurden ohne Messkugeln erstellt, wodurch vorerst keine eindeutig kalibrierte Längenangabe möglich war. So wurde stattdessen die im Bildprogramm verwendete Einheit dots (ds) genutzt. Anhand des bekannten Durchmessers der 2,5mm Medartis-Schraube, konnte ein Rückschluss auf die tatsächliche Länge gezogen werden, sodass ein ds einem mm entsprach. Folglich wurden im Rahmen der Studie alle Längen in Millimeter angegeben trotz fehlender Angaben im Bildprogramm.

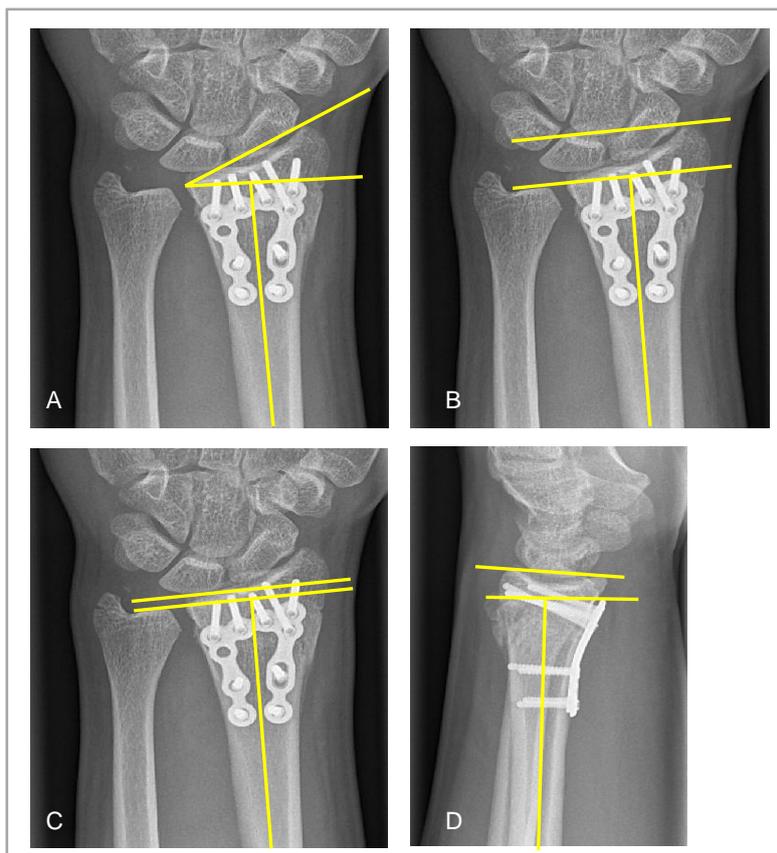


Abb. 29: Radiologische Parameter.

A Radiusbasiswinkel. B Radiushöhe. C Ulnar Varianz. D Dorso-palmare Kippwinkel.

3.5.2.1 Radiusbasiswinkel (RBW)

Im a. p. Röntgenbild wurde eine Orthogonale zur Radiuschaftlängsachse gezeichnet, dabei wurde der Radiusbasiswinkel nun von dieser Orthogonalen und einer Gerade begrenzt, die durch den Proc. styloideus radii und der ulnarseitigen Radiusgelenkfläche lief [51]. Messfehler von bis zu sieben Grad entstehen vor allem beim Einzeichnen der Gerade, da statt der palmaren Kante der Radiusgelenkfläche die dorsale als Messpunkt gewählt werden kann [159]. Der Winkel liegt im Durchschnitt bei 22° und kann zwischen 13° und 30° variieren (Vgl. Abb. 29A) [55].

3.5.2.2 Radiushöhe (RH)

Wie beim Radiusbasiswinkel wurde eine erste Orthogonale zur Radiuschaftlängsachse eingezeichnet, die auf Höhe der ulnaren Gelenkfläche lag. Eine zweite Orthogonale lief auf Höhe des distalsten Punktes des Proc.

styloideus radii. Die Strecke zwischen beiden Orthogonalen bezeichnet man als Radiushöhe, dabei liegt der Normwert bei neun bis zwölf Millimetern (Vgl. Abb. 29B) [55].

3.5.2.3 Ulnar Varianz (UV)

Abhängig ist die Radiushöhe von der ulnaren Varianz, das heißt von der Strecke zwischen der distalsten Gelenkfläche der Ulna und der Parallelen der Fossa lunata des Radius. Die ulnar Varianzen war neutral, wenn die Gelenkfläche der Ulna und des Radius auf selber Höhe war. Doch lag die Ulnar im Vergleich zum Radius weiter distal, sprach man von einer positiven Varianz, lag sie dagegen weiter proximal von einer negativen Varianz. Der Normbereich befindet sich zwischen -4 bis 2 mm, wobei Durchschnittswerte bei -2 mm liegen [118]. Je nach Lage der Ulna zum Radius können dabei verschiedenste Komplikationsbilder vorkommen. Insbesondere bei positiver Varianz tauchen vor allem ulnokarpale Impaktions Syndrome, TFCC-Verletzungen, Bandverletzungen wie häufigere Arthrosen auf. Stattdessen werden mit der negativen ulnar Varianz die ulnokarpalen Impingementsyndrome assoziiert.

3.5.2.4 Dorso-Palmare Kippwinkel (PK)

Um den dorso-palmaren Kippwinkel zu messen, wurde im seitlichen Strahlengang zunächst eine Orthogonale zur Radiuschaftlängsachse eingezeichnet. Im nächsten Schritt zog man eine Strecke vom dorsalem bis zum palmaren Begrenzungspunkt des Radius. Dieser begrenzte gemeinsam mit der Orthogonalen den gesuchten Winkel [51]. Die Normwerte variieren zwischen 0° bis 21°, wobei der Durchschnittswert bei 11° liegt [55].

3.5.3 Bestimmung der Bewegungsausmaße

Eine zentrale Rolle der klinischen Untersuchung hatte vor allem die Bestimmung der Bewegungsausmaße, die mithilfe eines Goniometers nach Neutral-Null-Methode vorgenommen wurde. Hierfür wurden beidseits nach einheitlichem Schema die aktive (a) und passive (p) Dorsalextension (DE) und Palmarflexion (PF), die Pronation (PRON) und Supination (SUP) bei 90° Flexion im

Ellenbogengelenk, Radia (RA)- und Ulnarabduktion (UA) ermittelt. Die Bewegungen wurden entweder bis zum Anschlag oder bis zur Schmerzempfindung durchgeführt, wobei auftretende Schmerzen ausnahmslos dokumentiert wurden. Nach dem Gartland und Werley Score (Anhang 4) wird der mindestens zu erreichende Referenzwert der Bewegungsausmaße wie folgt definiert. So liegt er für die Dorsalextensionen bei $\geq 45^\circ$, für die Palmarflexionen $\geq 30^\circ$, für die Supination und Pronation $\geq 50^\circ$ und für die Radial- und Ulnarabduktion $\geq 15^\circ$.

3.5.4 Kraftmessung

Zur Kraftmessung wurden drei verschiedene Geräte (Pinchometer (Pinch), Vigorimeter (Vigo), Handdynamometer (Dynamo)) verwendet, die die Funktion verschiedener Strukturen am Handgelenk bzw. an der Hand prüften. Jede Messung erfolgte dabei am sitzenden Patienten mit einer Flexion von 90° am Ellenbogen und ohne jegliches Aufstützen an der Handlehne. Ausnahmslos wurde jede Messung mit jedem Gerät und auf jeder Seite dreimal ausgeführt, um im Anschluss einen Mittelwert zu bestimmen. Zwischen den Wiederholungen wurde den Patienten eine kurze Erholungspause gegeben.

Im Rahmen der ersten Messung nahm der Patient den Pinchometer (Synonym: Pinch Gauges) im Schlüsselgriff (Spitzgriff) zwischen Daumen und der lateralen Fläche des Indexfingers, um dann mit der größtmöglichen Kraft diesen zusammenzudrücken (Vgl. Abb. 30). Die gemessene Kraft wurde in Kilogramm angegeben und entsprach nicht der physikalischen Kraft



Abb. 30: Key-Griff am Pinchometer.

Zur Untersuchung des Faustschlusses nahm der Patient den jeweiligen Ball des Vigorimeter in die Hand, um diesen im nächsten Schritt zusammenzudrücken (Vgl. Abb. 31). Alle drei Ballgrößen wurden genutzt, dabei musste für den kleinsten Ball die wenigste Kraft und für den größten Ball die meiste Kraft aufgebracht werden. Die gemessene Kraft entsprach dabei dem maximal entstehenden Druck und wird in kilo Pascal angegeben.



Abb. 31: Die Vigorimeter-Messung und das Vigorimeter-Gerät.

Der Handdynamometer wurde zur Ermittlung der groben Handkraft in die jeweilige Hand genommen, wobei der Handgriff mit der größtmöglichen Kraft zur eigenen Körperrichtung gedrückt und etwa fünf Sekunden lang gehalten werden musste (Vgl. Abb. 32). Während der Messung durften keine weitere Bewegung zur Steigerung der Kraft unternommen werden. Grundsätzlich sollte zwischen den einzelnen Messungen jeweils eine 30 sekundige Pause eingelegt werden, um einen standardisierten Wert zu ermitteln, dabei ist Reliabilität und die Validität dieser Methode sehr hoch [100; 152]. Die gemessene Kraft wurde in Kilogramm angegeben und entsprach auch hier nicht der physikalischen Kraft.

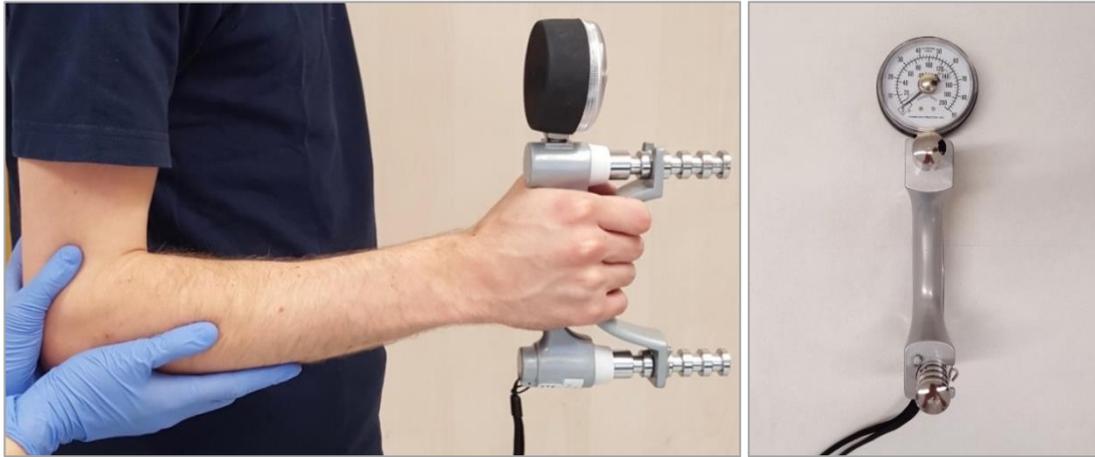


Abb. 32: Handdynamometer.

Da die Kraft allgemein mit persönlichen Faktoren wie dem Geschlecht, Alter oder auch mit der Händigkeit korreliert, wurde bei allen Patienten die 10% Regel nach Petersen [131] zwischen der nicht-dominanten und dominanten Seite angewendet. So entsprach ein Wert von $\geq 90\%$ zur gesunden Seite einem exzellenten Ergebnis. Weiter wurde unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Chung [32] Pinchometer-Werte zwischen 89% bis 80% zur gesunden Seite als gut definiert, während unter der Dynamometer-Messung Werte zwischen 89% bis 70% zur Gegenseite als gut angenommen wurden. Aufgrund der annähernd gleich großen aufzuwendenden Kraft zwischen Vigorimeter und Dynamometer wird hier die Grenze ebenfalls bis 70% zur Gegenseite als gut definiert.

3.5.5 Klinische Scores

3.5.5.1 Gartland und Werley Score

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Gartland und Werley Score (Anhang 4) wurde im Anschluss nach der klinischen Untersuchung gemeinsam mit dem Patienten ausgefüllt. Dieses Scoresystem bewertet vorwiegend die funktionellen und radiologischen Ergebnisse, wodurch der objektive Gesamtbefund jedes Patienten näher evaluiert werden konnte.

Je nach Gesamteinschätzung wurde für ein gutes Ergebnis wenige Punkte und für ein schlechtes Ergebnis mehr Punkte vergeben, dabei liegt die zu erreichende

Gesamtpunktzahl bei 33. Eingeteilt wurde je nach Punktzahl in folgende Gruppen:

- 0 bis 2 Punkten = exzellent.
- 3-8 = gut.
- 9-20 = befriedigend.
- >20 = ungenügend.

3.5.5.2 DASH-Score

Anders als beim Gartland und Werley Score handelte es sich beim DASH-Score (Anlage 4) um eine rein subjektive Einschätzung des momentanen Befindens hinsichtlich der oberen Extremitäten. So bestand der Fragebogen aus insgesamt 38 Fragen, die man in die Kategorie Funktion und Symptome, Musik und Sport und nicht zuletzt in den Bereich Beruf einteilen kann. Letztlich wurde mithilfe einer Formel der DASH-Wert berechnet, wobei der kleinste erreichbare Wert bei null lag und der höchste Wert bei 100.

$$DASH\ WERT = \left[\left(\frac{Punktzahl\ der\ beantworteten\ Fragen}{Anzahl\ der\ beantworteten\ Fragen} \right) - 1 \right] * 25$$

Je niedriger das Gesamtergebnis war, desto besser; und je größer das Gesamtergebnis desto schlechter fiel die Interpretation aus.

- 0 bis 20,0 Punkte = Keine Einschränkung
- 20,1 bis 40,0 Punkte = Geringe Einschränkung
- 40,1 bis 60,0 Punkte = Mäßige Einschränkung
- 60,1 bis 80,0 Punkte = Erhebliche Einschränkung
- 80,1 bis 100,0 Punkte = Maximale Einschränkung

Insgesamt wurde mithilfe des DASH-Scores das subjektive Ergebnis des Kollektivs valide untersucht.

3.5.6 Soong-Klassifikation

Aufgrund der häufig anzutreffenden Sehnen-Läsionen des M. flexor pollicis longus bei palmar eingesetzten Plattenosteosynthesen wurde im Rahmen

dieser Dissertation zur Ermittlung des Risikos die Soong-Klassifikation hinzugezogen. Um einen Hinweis auf eine potenzielle Gefährdung der Sehnen zu erkennen, wurde am Beispiel der Studie von Soong [165] auf Höhe der Watershed-Line, das heißt am höchsten Punkt des distalen palmaren Radius eine kritische Linie parallel zur Kortikalis des Radiuschafts gezogen (Vgl. Abb. 33).

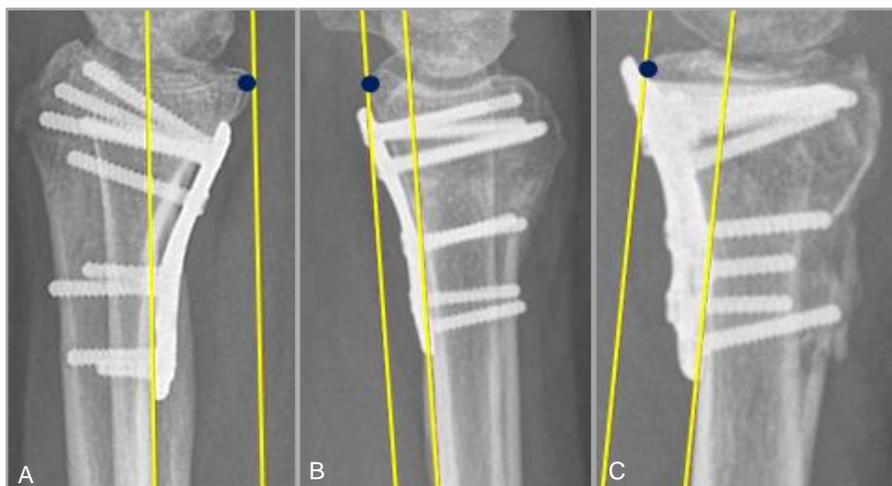


Abb. 33: Soong-Klassifikation.

Darstellung A zeigt die Klasse 0, Darstellung B zeigt die Klasse 1 und Darstellung C zeigt die Klasse 2.

- Soong [165] teilt Platten, die die kritische Linie nicht überschreiten in Klasse null ein. In diesem Fall besteht keine Gefahr für eine Sehnenirritation und somit keine Indikation für eine Plattenentfernung.
- Platten nach Klasse eins dagegen überschreiten die kritische Linie, liegen aber noch proximal zur Watershed-Line. Hier besteht die Option einer Plattenentfernung.
- Platten nach Klasse zwei überschreiten sowohl die kritische Linie wie auch die Watershed-Line. Ein solches Bild der Platte zeigt sich entweder bei frakturbedingter Plattenlage oder bei inkompletter Reposition der distalen Radiusfraktur. Somit steht die Platte distal vom Radiusknochen ab, womit eine Plattenentfernung obligat wird, da sich hier eine gesicherte Traumatisierung der Sehne ergibt.

Die Soong-Klassifikation erfordert eine exakt seitliche Projektion und wird aufgrund ihrer schnellen und einfachen Durchführung klinisch immer mehr genutzt.

3.6 Statistische Auswertung

Die gewonnenen Daten wurden mit dem Programm Excel 2010 aus dem Microsoft Office erfasst und bearbeitet. Die darauffolgenden statistischen Analysen erfolgten mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 23.0.0.2, wobei Diagramme und Tabellen mithilfe des Excel-Programms dargestellt werden.

In beiden verwendeten Programmen wurde jedem Patienten über die jeweilige Fallnummer eine Zeile zugewiesen, sodass die Spalten mit den erhobenen Daten gefüllt wurden. Diese Darstellung ließ zu, dass die prä- und postoperativen Werte sowie die Werte der frakturierten Seite und ihrer Gegenseite untereinander gestaffelt waren und somit miteinander verglichen wurden. Numerische Daten (z.B. Winkelmaße, Längen etc.) wurden direkt in die Zelle eingegeben, während Angaben zu Befunden mit mehreren Antwortmöglichkeiten numerisch verschlüsselt wurden (z.B. 0=nein, 1=ja).

Zu jeder Variable wurde zunächst die deskriptive Statistik mit Mittelwert, Standardabweichung sowie das Minimum und Maximum erhoben. Darüber hinaus wurden qualitative Angaben wie die absolute und relative Häufigkeit in Prozent als auch in Anzahl errechnet. Um signifikante Unterschiede zu testen, wurde der Datensatz mit verschiedenen statistischen Analysen aufbereitet. Eine Normalverteilung wurde mithilfe des Kolmogorov Smirnov Test getestet. Anschließend nutze man je nach Ergebnis entweder den gepaarten T-Test für zwei verbundene Stichproben bei Normalverteilung oder den Wilcoxon Test, wenn die Normalverteilung statistisch nicht vorhanden war. Zur Untersuchung der Korrelation zwischen ordinalskalierten Variablen wurde der Spearman-Rho Test hinzugezogen.

Für alle Tests wurde ein Wert von $p \leq 0,05$ als signifikant, $p \leq 0,001$ als hochsignifikant und $p > 0,05$ als nicht signifikant angesehen.

Eine Statistikberatung hat am 29.06.2016 und 29.11.2016 stattgefunden.

4 Ergebnisse

4.1 Allgemeine Daten

4.1.1 Geschlecht, Alter und Unfallhergang

Im 3-Jahreszeitraum (2009-2011) konnten 110 Patienten mit 111 Radiusfrakturen mit einer palmaren Rahmenplatte in die Studie einbezogen werden, während aufgrund des Ausschlusskriteriums ein Patient nicht berücksichtigt wurde. Insgesamt wurden acht Patienten nicht erreicht und 15 Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung unabhängig der Fraktur verstorben. Von insgesamt 95 Patienten wurden somit 87 mit 88 Frakturen erfasst, wodurch sich eine Nachuntersuchungsquote von 92% ergab.

Das Patientenkollektiv bestand aus 22 Männern (25%) und 65 Frauen (75%). Wie in Abbildung 34 dargestellt, liegt das Durchschnittsalter der Frauen zum Zeitpunkt des Unfalls bei $62 \pm 15,4$ Jahren, wobei die jüngste Patientin im Alter von 17 und die Älteste dagegen im Alter von 88 waren. Das mittlere Alter der Männer lag bei $48 \pm 18,4$ Jahren. Während der jüngste Patient im Alter von 16 war, lag das Maximalalter bei 79. Das Gesamtdurchschnittsalter des Patientenkollektivs war somit bei $58 \pm 17,2$ Jahren.

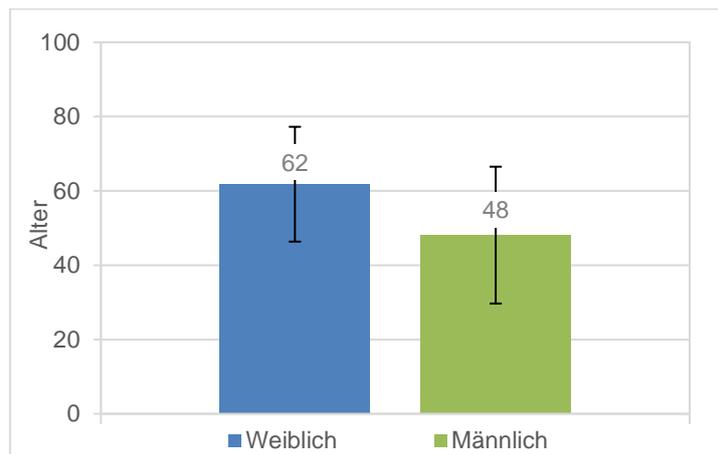


Abb. 34: Das Geschlecht zum Alter.

In den Altersabschnitten von ≤ 60 und ≥ 61 Jahren ließ sich in beiden Gruppen in etwa gleich viele Frakturen erkennen (Vgl. Abb. 35). Ein Unterschied zeigte sich jedoch im Anteil der Frauen gegenüber dem der Männer. Während in der Gruppe

der ≤ 60 -Jährigen das Verhältnis von Frau zu Mann etwa 2:1 betrug, bestand in der Gruppe der ≥ 61 -Jährigen ein Verhältnis von etwa 5:1.

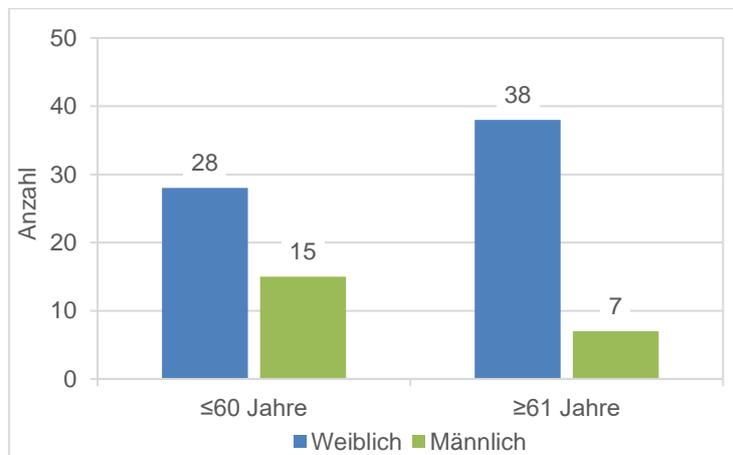


Abb. 35: Verteilung des Geschlechts je nach Altersgruppe.

Die Ursachen des Unfalls wurden im Rahmen der Anamnese erhoben und mit den Aufnahmeberichten der Klinik verglichen. Hierbei fanden sich zehn Patienten (12%), die auf dem Weg zur Arbeit, während der Arbeit oder auf dem Heimweg verunfallten (Vgl. Abb. 36). 42 Patienten (49%) erlitten eine Fraktur während einer Freizeitbeschäftigung. Elf Patienten (13%) verunfallten dagegen beim Sport (Fahrradfahren, Wandern, Fußball o.ä.), wohingegen 18 Unfälle (21%) im Haushalt geschahen, beispielsweise ein Treppensturz. Die restlichen fünf Radiusfrakturen (6%) gehörten zur Gruppe der Verkehrsunfälle, wobei nur eine Patientin im Sinne eines Hochrasanztraumas verletzt wurde.

Bei Betrachtung der Unfallursache in Bezug zum Alter, ließen sich Auffälligkeiten erkennen. So fanden sich Sportverletzungen vor allem in der Gruppe der ≤ 60 -Jährigen, wohingegen Freizeit- und Haushaltsunfälle vermehrt bei den ≥ 61 -jährigen Patienten vorkamen. Insgesamt verunfallten 77% aller dokumentierten Frauen bei Freizeit- und Haushaltsunfällen.

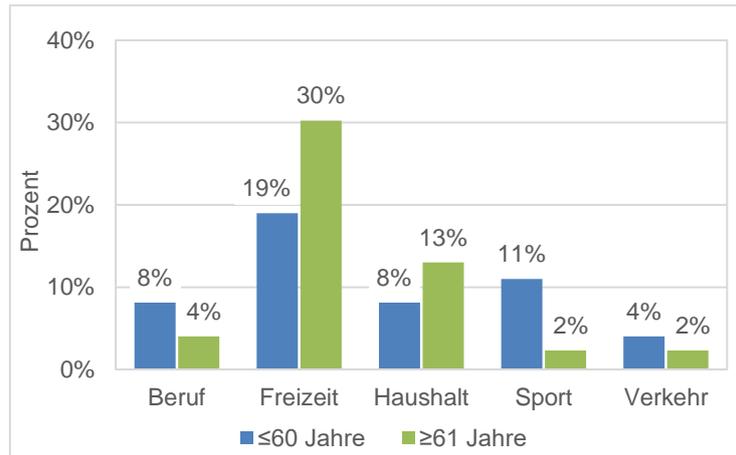


Abb. 36: Unfallhergang bezogen auf die Altersgruppen.

4.1.2 Händigkeit und Frakturlokalisation

Bei den untersuchten 88 distalen Radiusfrakturen war zu 65% das linke Handgelenk (n=57) betroffen, während die rechte Seite mit 35% (n=31) deutlich seltener gebrochen war. Erwartungsgemäß war die Rate der Linkshänder mit 10% (n=9) niedriger als der Anteil der Rechtshänder mit 90% (n=77). Die fehlenden zwei Patienten hatten zu diesem Punkt keine Angaben gemacht, weshalb sie hier in der Bewertung ausgeschlossen wurden.

Unter Betrachtung der Faktoren Händigkeit und Frakturseite erkannte man, dass bei Linkshändern die dominante Hand in 56% (n=5) und die nicht dominante Seite in 44% (n=4) betroffen war. Dagegen verschoben sich die Verhältnisse bei Rechtshändern, sodass in 32% (n=25) die dominante Seite frakturierte und in 68% (n=52) die nicht dominante Seite. Insgesamt war die dominante Seite in 35% der Fälle betroffen. Der exakte Test nach Fisher bestätigte, dass zwischen der Frakturseite und der Händigkeit kein Zusammenhang bestand ($p=0,48$).

4.2 Frakturbezogene Daten

4.2.1 Frakturart und Klassifikation nach AO

Zur Klassifikation der distalen Radiusfraktur dienten Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen. Bei elf Patienten (13%) lagen zusätzlich CT Aufnahmen vor. Nach angewendetem Ausschlusskriterium konnte in 88% Colles Frakturen und 12% Smith Frakturen dokumentiert werden. Des Weiteren wurde nach AO in drei

Haupt- und neun Untergruppen eingeteilt, dabei ergab sich im Rahmen der Dissertation folgendes Ergebnis:

- 31 Frakturen der Gruppe A (35%)
- 4 Frakturen der Gruppe B (5%)
- 53 Frakturen der Gruppe C (60%)

Gliederte man weiter in die Untergruppen ein, zeigte sich folgende Konstellation:

• 10 A2-Frakturen	(11%)	}	31 von 88 Frakturen (35%)
• 21 A3-Frakturen	(24%)		
• 1 B1-Fraktur	(1%)	}	4 von 88 Frakturen (5%)
• 2 B2-Frakturen	(2%)		
• 1 B3-Fraktur	(1%)		
• 7 C1-Frakturen	(8%)	}	53 von 88 Frakturen (60%)
• 18 C2-Frakturen	(21%)		
• 28 C3-Frakturen	(32%)		

Aus der Abbildung 37 wird ersichtlich, dass es sich bei 76% (n=67) der untersuchten Radiusfrakturen um mehrfragmentierte Trümmerfrakturen handelte (Typ A3, C2 und C3 Frakturen), dabei machten 46 der 67 Frakturen (69%) intraartikuläre Frakturen aus. In Anbetracht aller Frakturen lag die Rate der intraartikulären Brüche stattdessen bei 65% (n=57). Jedoch muss angenommen werden, dass mit höherer Frakturschwere nicht zwangsläufig Schmerzen ($p=0,77$; $r=0,03$), Komplikationen ($p=0,34$; $r=-0,1$) oder Begleitverletzungen ($p=0,89$; $r=-0,02$) auftraten.

entnommen. Eine genaue Betrachtung der absoluten Häufigkeiten der Begleitverletzungen ließ folgende Ergebnisse erkennen:

- Fraktur des Proc. styloideus ulnae 50 von 88 Frakturen (57%)
- SL-Ruptur 6 von 88 Frakturen (7%)
- Fraktur der distalen Ulna 5 von 88 Frakturen (6%)
- Fraktur des Os Scaphoideum 2 von 88 Frakturen (2%)
- TFCC 1 von 88 Frakturen (1%)
- EPL-Ruptur 1 von 88 Frakturen (1%)
- LT-Ruptur 0 von 88 Frakturen (0%)
- FPL Ruptur 0 von 88 Frakturen (0%)

Als am häufigsten vorkommende Begleitverletzung ließ sich die Proc. styloideus ulnae Fraktur somit bei mehr als die Hälfte der distalen Radiusfrakturen finden, wohingegen Frakturen der distalen Ulna mit 6% deutlich seltener vorkamen. Diese ließen sich weiter aufgliedern in die Schaft- (1%) und Kopffrakturen (5%). Weiter wurden die Patienten nach ihren subjektiven momentanen Beschwerden befragt. Trotz der hohen Anzahl an Begleitverletzungen berichteten 78% der Patienten über keinerlei Einschränkungen. Lediglich 19 Patienten wiesen eine oder mehrere subjektive Beschwerden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf, die jedoch klinisch durch genutzte objektive Tests nicht fassbar waren. Die absoluten Häufigkeiten der jeweiligen Symptome sahen dabei wie folgt aus:

- Belastungsbeschwerden 16 von 88 Frakturen (18%)
- Verminderung der Kraft 11 von 88 Frakturen (13%)
- Leichtes Taubheitsgefühl 1 von 88 Frakturen (1%)
- Gefühl der Gelenksteifigkeit 0 von 88 Frakturen (0%)
- Fremdkörpergefühl 0 von 88 Frakturen (0%)
- Fehlende Feinmotorik 0 von 88 Frakturen (0%)
- Wetterfühligkeit 0 von 88 Frakturen (0%)

Keiner der hier aufgeführten subjektiven Beschwerden ließ den Patienten bisher in seinem alltäglichen Leben einschränken. Inwieweit die beschriebenen Beschwerdebilder auf die Therapie zurückzuführen sind, kann nicht beantwortet werden. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass aufgeführte Beschwerden auch aufgrund der ereigneten distalen Radiusfraktur auftreten können.

In Anbetracht der sehr häufig vorkommenden Begleitverletzungen und den zusätzlich bestehenden subjektiven Beschwerden ergibt die Befragung nach der Zufriedenheit des Gesamtergebnisses in Hinblick auf die Funktion, Beschwerden und kosmetisches Aussehen der Narbe ein sehr gutes Ergebnis. **So beschrieben 98% des Gesamtkollektivs das Gesamtergebnis als gut bis exzellent.** 2% beschrieben das Ergebnis als mäßig. Eine schlechte Beurteilung kam nicht vor.

4.2.4 Komplikationen

Die Erfassung postoperativer Komplikationen erfolgte durch Befragung zum Nachuntersuchungszeitpunkt und am Studium der Patientenakten. Frühkomplikationen wie die Nachblutung, Wundheilungsstörung, Infektionen oder der frühe Repositionsverlust wurde in einem Fall dokumentiert. So zeigte ein Patient (1%) wenige Tage nach dem Eingriff eine mikrobiologisch fassbare Infektion, die sich jedoch unter alleiniger antibiotischer Therapie verbesserte. Zur Gruppe der Spätkomplikationen gehörten demgegenüber die unzureichende Reposition/Retention, CRPS, Nerven- und Sehnenverletzungen, Implantatfehlage, schraubenbedingte Komplikationen (zu lang gewählte Schrauben, Lockerung der Schrauben, Verlust des Verblockungsmechanismus, Schraubenfehlage), sowie OP-Revisionen aus anderen Gründen. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit ergab sich in drei Fällen eine fraglich intraartikuläre Schraubenlage.

Gelenkstufen von $\geq 2\text{mm}$ werden nach Knirk [83] als Präarthrosen gewertet, sodass bei entsprechenden Inkongruenzen mit Komplikationen zu rechnen ist. Hinsichtlich des eigenen Kollektivs ergaben sich in zwei Fällen Gelenkstufen von lediglich 1,2mm und 1,3mm ohne dokumentierten Repositions- oder Retentionsverlusten, weshalb diese nicht unter den Komplikationen aufgeführt werden.

Gesamt gesehen, zeigten 84 Patienten (95%) des Patientenkollektivs eine völlig komplikationslose Heilung.

4.2.5 Implantatentfernung und Revision

In der hier vorgestellten Arbeit ergaben sich keine gesicherten Implantatfehlagen, Schraubenfehlagen oder Implantatbrüche, die sich radiologisch bewiesen ließen. Aus Gründen der Vollständigkeit wird an dieser Stelle jedoch über drei Implantate berichtet, bei denen trotz radiologischer Bildgebung eine intraartikuläre Schraubenlage nicht völlig sicher ausgeschlossen wurde.

- 73-jähriger Patient mit Parästhesien an der Hand und am Handgelenk, die sich trotz Implantatentfernung nicht verbesserten. Patient wies zum Zeitpunkt der Fraktur keine Begleitverletzungen auf und zeigte keine postoperativen Komplikationen.
- 65-jährige Patientin mit Schmerzen am Handgelenk. Als einzige Begleitverletzung wurde eine Proc. styloideus ulnae Fraktur dokumentiert. Es waren keine postoperativen Komplikationen auffällig. Nach Implantatentfernung wurde über eine Verbesserung berichtet.
- 62-jähriger Patient mit Schmerzen und Bewegungseinschränkungen. Es wurden keine Begleitverletzungen und postoperativen Komplikationen dokumentiert. Nach Implantatentfernung wurde über eine Verbesserung berichtet.

Die restlichen 16 Implantatentfernungen wurden ohne ärztliche Indikation, auf Wunsch des Patienten entfernt. So bestand aus Sicht der Patienten in einem Fall ein Fremdkörpergefühl (1%), in drei Fällen Schmerzen (3%), in zwei Fällen eine subjektive Bewegungseinschränkung (2%), in weiteren zwei Fällen eine Empfindsamkeit (2%). Acht weitere Patienten gaben überhaupt keinen Grund an. Diese Angaben waren rein subjektiv und konnten weder durch Operationsberichte noch mithilfe der Bewegungs- und Kraftprüfung verifiziert werden.

Insgesamt umfasste die durchschnittliche Zeit zwischen der Operation bis zur Implantatentfernung $11 \pm 6,1$ Monate, dabei wurde die kürzeste Zeitdifferenz bei drei Monaten dokumentiert, während die Maximalste bei 28 Monaten lag. Eine Implantatrevision kam im Rahmen der Studie nicht vor, während in 22% Implantatentfernungen dokumentiert wurden.

4.2.6 Schmerzen

Das Erfragen der subjektiven Schmerzwahrnehmung stellte ein essentielles Element der Nachuntersuchung dar, sodass der Dokumentation eine besondere Bedeutung zukam. Insgesamt wiesen fünf Patienten einen Ruheschmerz auf. Dieser Wert entsprach der im Sinne des Gartland und Werley Score dokumentierten Schmerzen. Eine Erhöhung auf 17 Fälle wurde unter Belastung dokumentiert, d.h. während dem Sport, körperlicher Belastung im Alltag oder bei Gartenarbeit. Bei Testung der FPL Sehne wurde von keinem Patienten ein Schmerz angegeben. In vier Fällen berichteten Patienten jedoch von einem leichten Ziehen mit Unwohlsein. Ein Druckschmerz wurde von sieben Patienten angegeben, wobei VAS-Angaben von eins in vier Fällen beobachtet wurden, während Schmerzstärken von 3, 4 und 5 jeweils einmal vorkamen.

Die maximal erreichte Schmerzstärke von fünf berichtete eine 58-jährige Patientin, die eine B3 Fraktur rechts erlitt. Unter Anbetracht der radiologischen Parameter ist der Bruch anatomiegerecht ausgeheilt und hatte keine Arthrose. Klinisch zeigte die Patientin eine uneingeschränkte Beweglichkeit neben einer auf der betroffenen Hand minimal abgenommenen Kraft. Bei bestehenden Schmerzen entschied sich die Patientin ein Jahr nach der Fraktur (2012) zu einer Denervierung des Nervus interosseus posterior rechts. Trotz Behandlung hat die Patientin nur eine minimale Verbesserung der Schmerzen. Die Diskrepanz zwischen dem erhobenen Befund und der Schmerzwahrnehmung kann in diesem speziellen Fall nicht erklärt werden.

Eine Schmerzintensität von vier erreichte ein 53-jähriger Patient mit einer C1-Fraktur, der über diverse Brüche an den oberen Extremitäten berichtete. Radiologisch wurde auch hier eine anatomiegerechte Stellung mit kompletter Konsolidierung erreicht. Zusätzlich erwies sich eine leichte subchondrale Mehrsklerosierung als erstes Anzeichen einer Arthrose auf. Klinisch zeigte der Patient eine seitengleiche Kraft und eine uneingeschränkte Beweglichkeit. Der Grund der bestehenden Schmerzen kann als Folge der bereits vielen erlittenen Frakturen oder womöglich auch als erstes Zeichen einer Arthrose angesehen werden.

Die Schmerzstärke von drei erreichte ein 33-jähriger Patient, der während seiner beruflichen Tätigkeit 2011 eine Fraktur rechts erlitt und als Therapiemaßnahme dieses Unfalls die Medartis Rahmenplatte eingesetzt bekam. Als der Patient 2013 im Rahmen der beruflichen Tätigkeit von fünf Metern Höhe fiel, verschlechterte sich der Zustand der zuvor ohne Komplikationen verheilten Radiusfraktur rechts. Die Kraftmessung unterstrich das radiologische Ergebnis bei deutlicher Seitendiskrepanz.

Angesichts dieser Ergebnisse wurde in 24% des Patientenkollektivs eine oder mehr Schmerzqualitäten dokumentiert. Die statistische Analyse lässt erkennen, dass der Faktor Schmerz einen relevanten Einfluss auf die Zufriedenheit ($p < 0,001$; $r = 0,7$), die Gartland und Werley Punktzahl ($p = 0,001$; $r = 0,4$) und die DASH Punktzahl ($p < 0,001$; $r = 0,6$) hatte.

4.3 Klinische Resultate

Im Folgenden werden die im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung erhobenen Daten dargestellt. Patienten, die lediglich über ein Telefonprotokoll oder postalischen Weg erreichbar waren, wurden aus der Wertung dieses Ergebnisteils genommen, sofern sie keine uneingeschränkte Wiedererlangung ihrer Kraft, Bewegung und des Erscheinungsbildes des Handgelenks bestätigten.

4.3.1 Durchblutung, Narbenverhältnisse und Narbenlänge

Hinsichtlich der Handdurchblutung und den Narbenverhältnissen wurden insgesamt 83 Patienten berücksichtigt. Überprüft wurde die Durchblutung nach dem Prinzip des Allen-Tests und der Rekapillarierungszeit, wobei sich in keinem Fall eine Störung zeigte. Gleichermaßen gute Ergebnisse ergaben sich auch bei der klinischen Untersuchung der Narbenverhältnisse. Hierbei wurden jeweils zwei Fälle einer diskreten Rötung (2%) und einer leichten Schwellung im Bereich der Narbe (2%) dokumentiert. Zu keinem Zeitpunkt wurde ein Schmerz angegeben. Die durchschnittliche Narbenlänge lag bei $49 \pm 12,9$ mm, wobei die kürzeste Narbe bei 30mm und die längste bei 95mm lag.

4.3.2 FPL-Sehnen-Testung und Soong-Klassifikation

Die Untersuchung der FPL-Sehne, wie unter 4.2.6. erwähnt, ergab bei einem eingeschlossenen Kollektiv von 83 Patienten insgesamt vier Fälle mit leichtem Unwohlsein, jedoch keinem Schmerzgefühl. Unter anderem handelte es sich um einen 23-jährigen Patienten, der bei der Nachuntersuchung sonst keinerlei Beschwerden angab und radiologisch nach Soong zur Klasse null eingeordnet wurde.

Im zweiten Fall handelte es sich um eine 28-jährige völlig beschwerdefreie Patientin, die aufgrund einer radiologisch nicht bewiesenen Implantatfehllage bereits das Osteosynthesematerial etwa ein Jahr nach dem Unfall entfernen ließ und radiologisch in Klasse eins eingeteilt wurde.

Im dritten Fall handelte es sich um eine 80-jährige Patientin, die lediglich bei Belastung über Probleme berichtete und in Soong null klassifiziert wurde. Im letzten Fall ging es um eine 78-jährige Patientin, die einen Druckschmerz der Schmerzintensität von eins angab, zusätzlich über eine Empfindlichkeit im Verlauf des N. medianus am Handgelenk berichtete und in Soong eins klassifiziert wurde.

Eine Korrelation zwischen der Soong-Einteilung und der FPL-Reizungen mithilfe des Spearman-Test zeigte kein signifikantes Ergebnis ($p > 0,05$; $r = -0,1$), sodass kein Zusammenhang zwischen der FPL-Prüfung und der Soong-Einteilung angenommen wurde.

Das Gesamtergebnis der Soong-Einteilung bei einem eingeschlossenen Kollektiv von 82 Patienten ergab folgende Ergebnisse:

- Klasse 0 43 von 82 Frakturen (52,4%)
- Klasse 1 37 von 82 Frakturen (45,1%)
- Klasse 2 2 von 82 Frakturen (2,4%)

Aus dieser Einteilung wird nun ersichtlich, dass 98% der Implantate eine radiologisch unbedenkliche Plattenlage besaßen.

4.3.3 Nervus Medianus Überprüfung

Von den insgesamt 88 Frakturen konnten 83 Fälle hinsichtlich ihrer Ergebnisse durch das Hoffmann-Tinel-Zeichen berücksichtigt werden. Zu keinem Zeitpunkt konnte eine Parästhesie des N. medianus bestätigt werden, jedoch zeigte sich in drei Fällen (4%) eine Empfindlichkeit im Bereich des Handgelenks.

4.4 Radiologische Auswertungen

Für die Bewertung der radiologischen Winkel wurden Röntgenbilder und in 13% zusätzliche CT-Bilder hinzugezogen. Dabei wurde zur Auswertung der Ergebnisse ein Vergleich zwischen den prä- und postoperativen Winkeln der frakturierten Seite angestellt, wobei insgesamt 84 Radiusfrakturen für die Bewertung der präoperativen und 87 Radiusfrakturen für die postoperativen Werte eingeschlossen wurden. Die Diskrepanz der Zahlen ergab sich aufgrund von Patienten, die ihre Bildgebungen in externen Krankenhäusern erhielten, diese sich jedoch nicht ins Würzburger Universitätssystem überführt ließen.

So stellt die Abbildung 38 den Mittelwert der radiologischen Winkel vor und nach dem operativen Verfahren mit Standardabweichung, Minimum und Maximum dar.

	Radiusbasiswinkel [°Grad]			Radiushöhe [mm]		
	Prä	Post	<i>p-Wert</i>	Prä	Post	<i>p-Wert</i>
	18	23	≤0,001	8	11	≤0,001
Max	29	38		20	20	
Min	3	9		0	1	
SD	6,0	5,2		4,3	3,4	

	Dorso-palmare Kippwinkel [°Grad]			Ulnare Varianz [mm]		
	Prä	Post	<i>p-Wert</i>	Prä	Post	<i>p-Wert</i>
	-15	3	0,001	3	1	≤0,001
Max	30	18		15	12	
Min	-58	-11		-3	-3	
SD	18,7	6,5		3,6	2,4	

Abb. 38: Zusammenschau der radiologischen Ergebnisse.

Alle Werte zeigten einen höchstsignifikanten Unterschied von $p \leq 0,001$ zwischen prä- und postoperativen Verhältnissen auf. Insbesondere zur ulnar Varianz ließen sich 20 negative (23%), 48 positive (55%) und 19 neutrale Vorschübe (22%)

dokumentieren. Eine erste Tendenz der Verbesserung lässt sich in der graphischen Darstellung der durchschnittlichen postoperativen Parameter gegenüber den präoperativen Werten wie auch zur durchschnittlichen Norm erkennen (Vgl. Abb. 39).

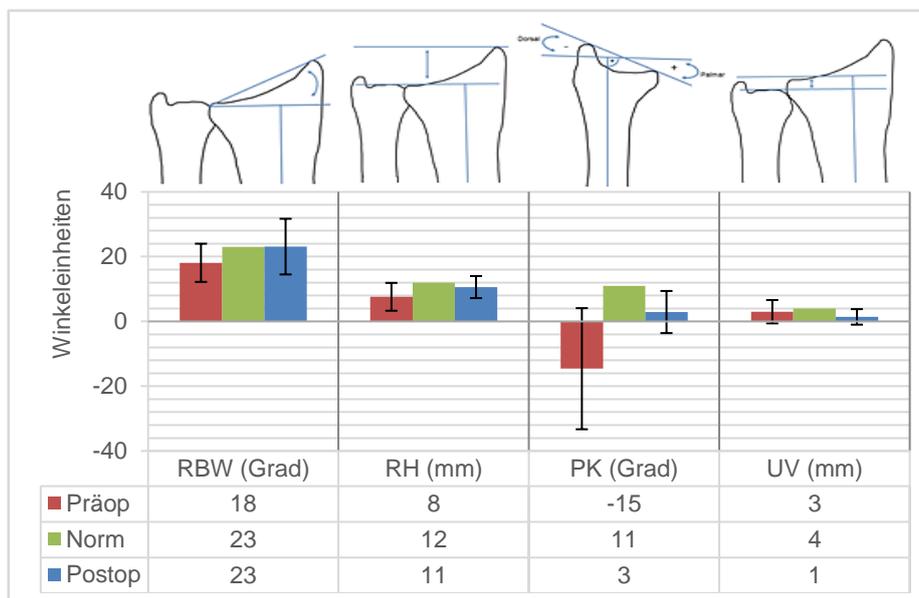


Abb. 39: Auswertung der radiologischen Parameter.

Setzt man desweiteren die postoperativen Winkel jedes Patienten in Bezug zur jeweiligen Norm, die unter 3.5.5 definiert wurden, kann man das Maß der physiologischen Rate errechnen. So erreichten 99% der Patienten nach Einsatz des Implantats physiologische Radiusbasiswinkel, 77% der Patienten physiologische Radiushöhen, 67% aller Patienten physiologische ulnar Varianzen und 73% aller Patienten physiologische dorso-palmare Kippwinkel. Nach radiologischer Sicht zeigen zwei Patienten eine postoperativ intraartikuläre Gelenkstufe, die 1,2mm bzw. 1,3mm groß waren.

In Anbetracht der intraartikulären wie auch extraartikulären Ergebnissen wiesen insgesamt 69% des Patientenkollektivs ein einwandfreies Ergebnis auf. In keinem Fall kam es zu einem Repositions- oder Retentionsverlust.

Allgemein kann man davon ausgehen, dass mit anatomisch korrekter Radiushöhe auch bessere ulnar Varianzen ($p=0,02$; $r=0,2$) wie auch dorso-palmare Kippwinkel ($p<0,05$; $r=0,3$) erreicht wurden. Dabei wurde nach der Datenanalyse der Einfluss der ulnar Varianz auf die Punktzahl des Gartland und

Werley Scores deutlich ($p=0,03$; $r=0,2$), während die Radiushöhe stattdessen den Punktwert nach DASH-Score mitbestimmen konnte ($p<0,05$; $r=0,3$).

Zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen den radiologischen Parametern und dem Auftreten von Schmerzen wurde der Spearman-Test genutzt, der jedoch keine Korrelation aufzeigte ($p>0,05$). Ähnliches galt für die Korrelation zur Patientenzufriedenheit, denn auch hier wurden keine signifikanten Werte ermittelt ($p>0,05$).

4.5 Auswertungen der Bewegungsausmaße

Die Bewegungsprüfung zur Gegenseite wurde nach der Neutral-Null-Methode vorgenommen und stellte eine wichtige Grundlage des funktionellen Befunds dar. Ausgeschlossen wurden von der Bewertung zum einen die Patienten, die klinisch nicht untersucht werden konnten und zum anderen eine einzelne Patientin mit einem beidseitigen Bruch.

Als Norm galt für die aktive und passive Dorsalextension ein Bewegungsausmaß von $\geq 45^\circ$, für die aktive und passive Palmarflexion ein Ausmaß von $\geq 30^\circ$, für die Supination und Pronation ein Wert von $\geq 50^\circ$ und für die Radial- und Ulnaabduktion ein Ausmaß von $\geq 15^\circ$ (Anhang 4).

Die Abbildung 40 stellt den Mittelwert, Maximum, Minimum und die Standardabweichung aller Bewegungen auf der intakten wie auch frakturierten Seite dar.

	Aktive Dorsalextension			Aktive Palmarflexion		
	OP	Gesund	<i>p-Wert</i>	OP	Gesund	<i>p-Wert</i>
	64°	64°	0,43	66°	66°	0,34
Max	100°	98°		91°	94°	
Min	30°	10°		40°	36°	
SD	13,7	14,3		13,4	14,1	

	Passive Dorsalextension			Passive Palmarflexion		
	OP	Gesund	<i>p-Wert</i>	OP	Gesund	<i>p-Wert</i>
	80°	80°	0,58	72°	75°	0,23
Max	101°	100°		108°	111°	
Min	51°	33°		30°	43°	
SD	13,4	13,7		16,2	16,2	

	Supination			Pronation		
	OP	Gesund	p-Wert	OP	Gesund	p-Wert
	90°	90°	0,32	89°	90°	0,16
Max	90°	90°		90°	90°	
Min	80°	80°		80°	85°	
SD	1,2	1,7		1,7	0,6	

	Radialabduktion			Ulnarabduktion		
	Operiert	Gesund	p-Wert	Operiert	Gesund	p-Wert
	27°	26°	0,31	41°	43°	0,14
Max	60°	52°		66°	69°	
Min	8°	4°		15°	10°	
SD	9,5	9,7		10,9	10,9	

Abb. 40: Ergebnisse der Bewegungsprüfung.

Alle Bewegungsausmaße liegen im Seitenvergleich sehr nah beieinander, weshalb aufgrund der nicht signifikanten Ergebnisse auf keinen Seitenunterschied geschlossen werden kann (Abbildung 40; 41).

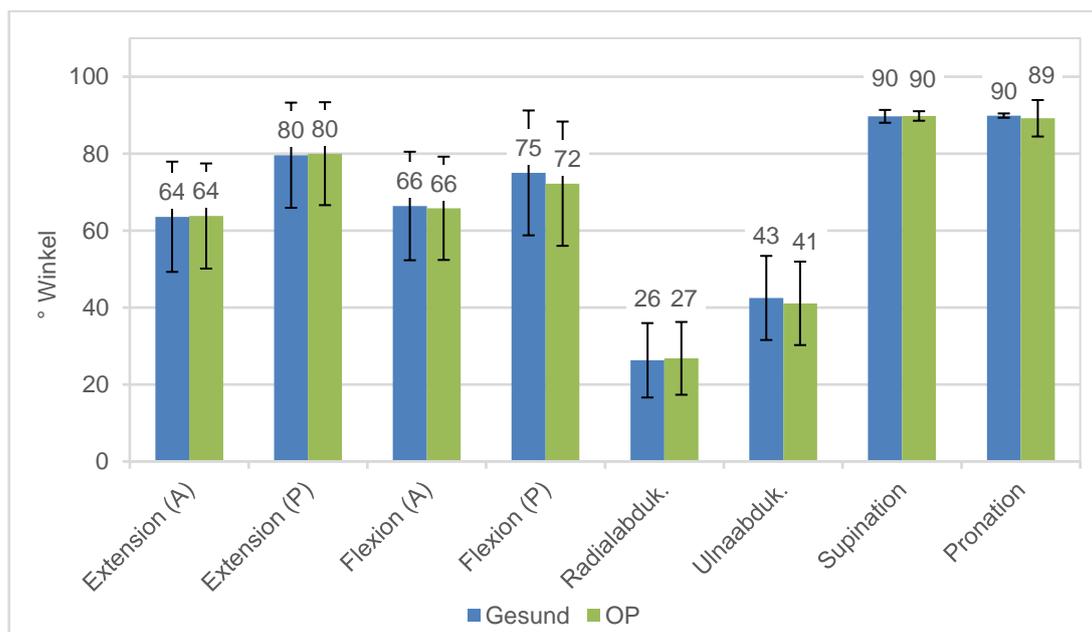


Abb. 41: Durchschnittliche Beweglichkeit.

Alle Bewegungen der operierten Hand werden zur Gegenseite dargestellt. A steht für die aktive Bewegung und P steht für die passive Bewegung.

Zur weiteren Bewertung der Ergebnisse wurden die gemessenen Werte jedes einzelnen Patienten zum Gartland und Werley Score verglichen. So erreichte das gesamte Patientenkollektiv an der operierten Seite ein komplett physiologisches Bewegungsausmaß der Palmarflexion (aktiv und passiv), der Dorsalextension

(passiv) und der Ulnarabduktion, welches 100% zur intakten Seite entsprach. Während durchschnittlich 98% bzw. 96% eine in der Norm befindende Supination bzw. Pronation aufwiesen, zeigten durchschnittlich 94% eine physiologische aktive Dorsalextension. Demgegenüber erreichten 89% des Patientenkollektivs zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine physiologische Radialabduktion. **Insgesamt wiesen somit 81% des Patientenkollektivs ein einwandfreies Bewegungsausmaß im Sinne des Gartland und Werley Scores auf.**

Als eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung kann man die Werte jeder Bewegung eines Patienten als prozentualen Anteil zur Gegenseite setzen, wodurch sich ausnahmslos **durchschnittliche Ergebnisse über 98% ergaben** (Vgl. Abb. 42). Höchstwerte von >100% erreichten dabei beide Dorsalextensionsbewegungen, die aktive Palmarflexion sowie die Radial- und Ulnarabduktion. Mit 100% folgte die Supination an zweiter Stelle. Die Pronation mit 99% und die Palmarflexion passiv mit 98% stellten demnach die im Vergleich niedrigsten Bewegungsausmaße zur Gegenseite dar.

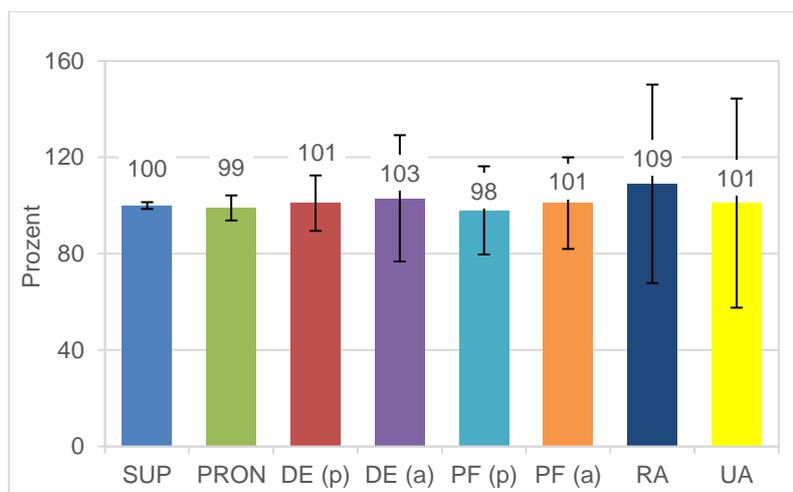


Abb. 42: Bewegung in Prozent zur Gegenseite.
A steht für die aktive Bewegung. P steht für die passive Bewegung.

Als Maß für das funktionelle Ergebnis wurden die Daten der Bewegungsmessung neben den der Kraftmessung hinzugezogen. Dabei wurde zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Bewegungsmessung und der Punktzahl nach DASH Score der Spearman-Test genutzt, der jedoch keine Korrelation aufzeigte ($p=0,6$, $r=0,1$). Ähnliches gilt für die Korrelation zum Punktwert nach Gartland und Werley Score ($p=0,6$; $r=0,1$), zur

Patientenzufriedenheit ($p=1,0$; $r=0,002$), zu den radiologischen Parametern ($p<0,05$), zum Auftreten von Schmerzen ($p=0,3$; $r=0,1$), zu den Komplikationen ($p=0,6$; $r= -0,1$) und zu den Begleitverletzungen ($p=0,1$; $r=0,2$).

4.6 Auswertung des FNTA und FKHA

Weiter wurde zusätzlich das Beuge- und Streckvermögen der Finger im Seitenvergleich untersucht. Diesbezüglich wurden für die Testung des FKHA und des FNTA 83 Frakturen eingeschlossen.

Ein vollständiger Faustschluss wurde von 75 Patienten auf der operierten wie auch gesunden Seite erreicht. Während 67 Patienten eine vollständige Fingerstreckung auf der frakturierten Seite gegenüber 73 auf der Gegenseite durchführen konnten.

Die in Abbildung 43 dargestellten Ergebnisse heben dabei die mittleren Prozentwerte der Finger II bis V zur Gegenseite hervor, die ausnahmslos alle über 99% lagen. Im Wilcoxon-Test ergab sich bei beiden Untersuchungen kein signifikanter Wert, weshalb angenommen wurde, dass kein Unterschied in der Beugung wie auch Streckung der Finger im Seitenvergleich bestand.

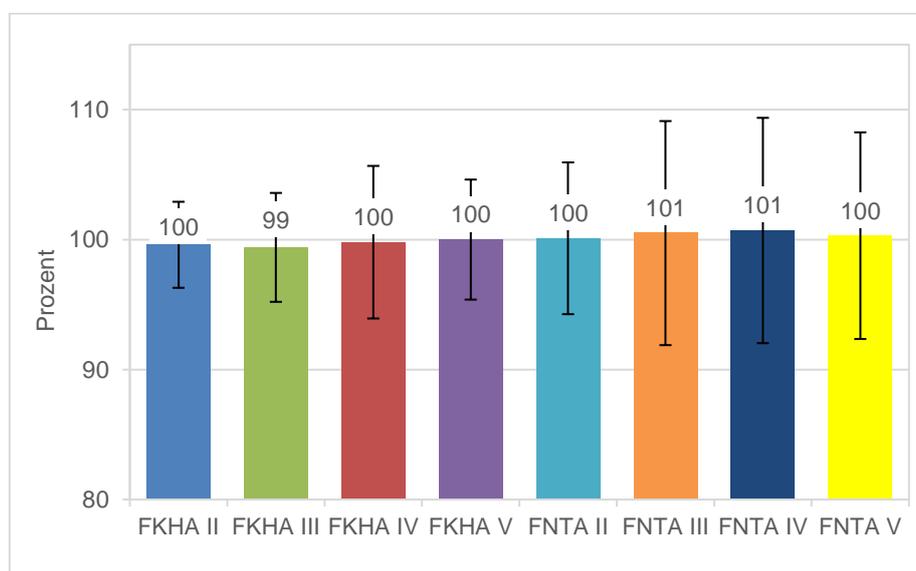


Abb. 43: FKHA und FNTA in Prozent zur Gegenseite.

4.7 Auswertung der Kraftmessung

Zur Bewertung der Kraft wurde die Patientin mit der beidseitigen Fraktur ausgeschlossen, zusätzlich konnte bei weiteren neun Patienten keine Kraftmessung durchgeführt werden.

Die Unterschiede zwischen der operierten und gesunden Seite waren im Falle der Pinchometer-Messung sowie der Messungen des kleinen und mittleren Vigorimeters nicht signifikant. Anders als bei den Messungen des Dynamometers und des großen Vigorimeters, denn hier wurde ein statistisch signifikanter Unterschied von $p=0,02$ und $p=0,01$ ermittelt (Vgl. Abb. 44).

	Pinchometer [kg]			Dynamometer [kg]		
	OP	Gesund	<i>p</i> -Wert	OP	Gesund	<i>p</i> -Wert
	7	7	0,2	29	31	0,02
SD	2,3	3,2		14,1	15,0	

	Vigo. klein [kPa]			Vigo. mittel [kPa]			Vigo. groß [kPa]		
	OP	Gesund	<i>p</i> -Wert	OP	Gesund	<i>p</i> -Wert	OP	Gesund	<i>p</i> -Wert
	52	54	0,4	59	60	0,2	50	52	0,01
SD	22,0	20,6		25,6	23,6		20,0	21,8	

Abb. 44: Ergebnisse der Kraftprüfung.

Die minimalen Seitenunterschiede lassen sich in Abbildung 45 darstellen, hierbei zeigten die Mittelwerte des Pinchometers und Vigorimeters (mittel) die geringsten Differenzen.

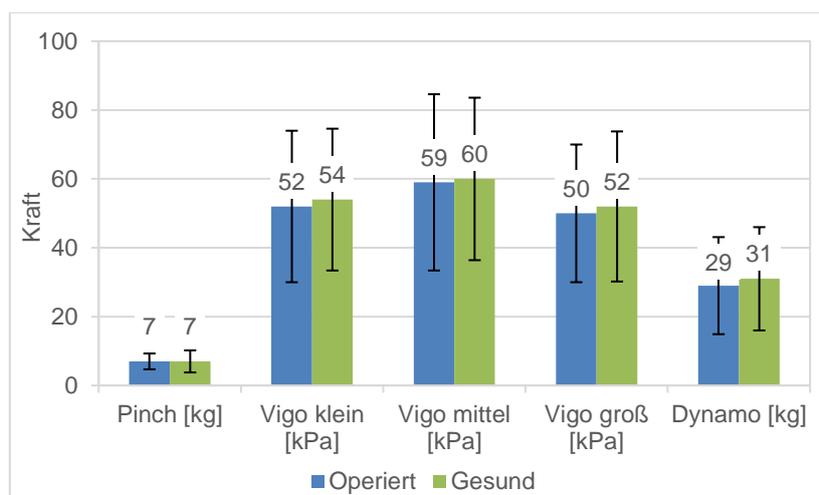


Abb. 45: Kraftmessung im Seitenvergleich.

Zur weiteren Beurteilung der Kraftmessung wurden die gemessenen Werte unabhängig der Händigkeit untersucht. Hierfür wurde zur Klassifikation die 10% Regel sowohl für die Rechtshänder als auch für die Linkshänder herangezogen. So entsprach ein Wert von $\geq 90\%$ zur gesunden Seite einem exzellenten Ergebnis, während Werte zwischen 89% und 80% zur Gegenseite beim Pinchometer und zwischen 89% und 70% zur Gegenseite beim Vigorimeter und Dynamometer als gut angesehen wurden.

Insgesamt erreichten 94% der Patienten einen exzellenten bis guten Pinchometer-Kraftwert. Demgegenüber erreichten 91% der Patienten exzellente bis gute Messungen beim kleinsten Ball des Vigorimeters und 95% der Patientenkollektivs beim mittleren Vigorimeter Ball. Wohingegen die Kraftprüfung mit dem größten Ball des Vigorimeters bei 96% des Patientenkollektivs ein exzellentes bis guten Wert ergab. 95% der Patienten erreichten bei der Dynamometer-Messung exzellente bis gute Werte.

Die durchschnittliche Rate der untersuchten Kraftmessungen lagen abgesehen von der Dynamometer-Messung (99%) bei $\geq 100\%$ zur gesunden Gegenseite und sprechen für das gute Ergebnis der Therapie (Vgl. Abb. 46).

Zusammenfassend konnte bei 79% des Patientenkollektivs ein exzellentes bis gutes Kraftergebnis zur intakten Gegenseite ermittelt werden. Wobei nach statistischer Analyse davon auszugehen ist, dass zwischen der Kraftmessung und dem subjektivem DASH Ergebnis kein Zusammenhang besteht ($p=0,1$; $r=0,2$). Ähnliches gilt für den Punktwert nach dem Gartland und Werley Score ($p=0,3$; $r=0,1$) wie auch gegenüber den radiologischen Parametern ($p<0,05$) und den Komplikationen ($p=0,8$; $r=0,2$). Im Falle dokumentierter Begleitverletzungen ($p=0,002$; $r= -0,3$) folgte darüber hinaus eine signifikante Krafteinschränkung, wobei mit Einbußen die Patientenzufriedenheit signifikant abnahm ($p\leq 0,001$; $r=0,4$), und Schmerzangaben wahrscheinlicher dokumentiert wurden ($p\leq 0,001$; $r=0,4$).

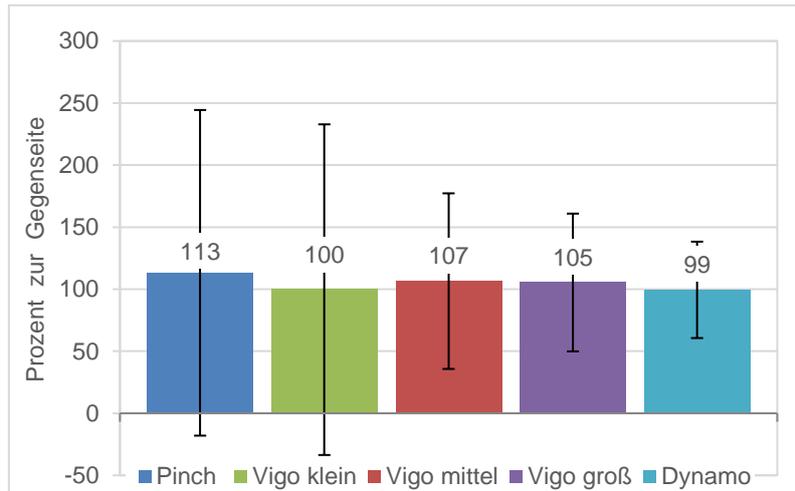


Abb. 46: Die durchschnittliche Krafrate zur Gegenseite.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Kraft- wie auch der Bewegungsprüfung ergab sich für das untersuchte Kollektiv in 80% ein uneingeschränkter funktioneller Outcome.

4.8 Score-Auswertung

4.8.1 Gartland und Werley-Score

Das objektive Behandlungsergebnis wurde mithilfe des Scores nach Gartland und Werley erfasst. Das genutzte Punktesystem sieht vor, dass 0-2 Punkte als exzellentes, 3-8 Punkte als gutes, 9-20 Punkte als mäßiges und mehr als 20 Punkte als schlechtes Behandlungsergebnis galten.

Die mittlere Gesamtpunktzahl lag bei $1 \pm 1,9$ (Min. 0; Max. 8), wobei dieses nach der vordefinierten Bewertung einem exzellenten Ergebnis entspricht. Die Punktzahl von 0 umfasste ganze 42 Patienten (51%), die Punktzahl von eins genau 14 Patienten (17%) und die Punktzahl von zwei ebenfalls 14 Patienten (17%). Eine Gesamtpunktzahl von drei wurde bei 2% der Patienten ermittelt, wohingegen 5% eine Punktzahl von vier; 4% eine Punktzahl von fünf erreichten. Die zwei höchsten Punktwerte von sieben und acht wiesen jeweils 2% ($n=2$) und 1% ($n=1$) des Gesamtkollektivs auf.

Die Auswertung des Scores lässt somit erkennen, dass 100% des Patientenkollektivs ein exzellentes bis gutes Ergebnis erreichten, dabei machten die exzellenten Resultate 85% ($n=70$) und die guten 15% ($n=12$) aus. Weder ein befriedigendes noch ein schlechtes Ergebnis wurde festgestellt.

Zur Evaluierung von Zusammenhängen wurde der Spearman-Test hinzugezogen, hierbei ergaben sich zwischen dem Gartland und Werley Punktwert und den jeweiligen radiologischen Parametern wie auch zu den funktionellen Ergebnissen der Kraft- und Bewegungsprüfung keine signifikanten Korrelationen ($p > 0,05$). Geprüft wurde darüber hinaus inwieweit Faktoren wie die Begleitverletzungen, Komplikationen oder der Schmerz das Gartland und Werley Ergebnis beeinflussten. Die statistischen Ergebnisse ließen annehmen, dass zwischen den Komplikationen und dem Punktwert nach Gartland und Werley Score kein Zusammenhang besteht ($p = 0,4$; $r = -0,1$), ähnliches galt für die Begleitverletzungen ($p = 0,3$; $r = -0,1$). Mit $p < 0,001$ und $r = 0,4$ erwartet man jedoch mit vorkommenden Schmerzangaben eine höhere Punktzahl, wobei folglich eine geringere Patientenzufriedenheit anzunehmen ist ($p \leq 0,001$; $r = 0,4$).

Weiterhin wurde das Gartland und Werley Ergebnis hinsichtlich der AO-Klassifizierung untersucht. Die am erfolgreichsten behandelten Frakturen stellten die A2, B1, B2 und B3 Frakturen mit 100% exzellenten Ergebnissen dar, gefolgt von der A3 Fraktur mit 90%, der C3 Fraktur mit 85%, der C2 Fraktur mit 76% und der C1 Fraktur mit 71% exzellenten Resultaten (Vgl. Abb. 47). Dabei zeigte die statistische Analyse, dass eine schwere Fraktur nicht zwangsläufig mit höheren Punktwerten korreliert ($p = 0,5$; $r = 0,1$).

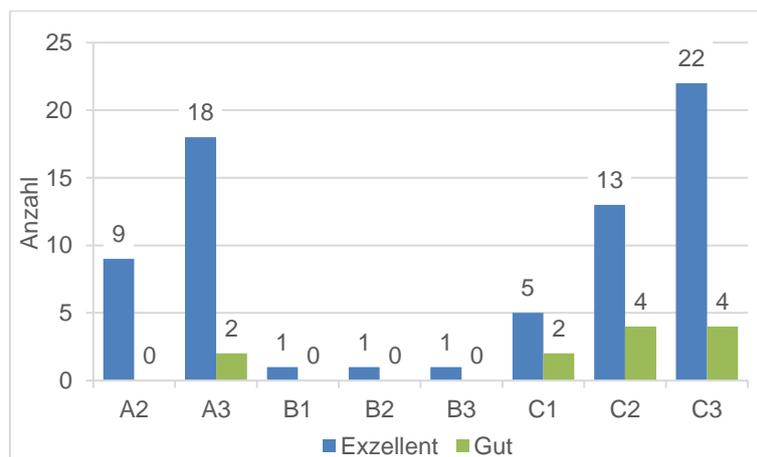


Abb. 47: AO in Bezug zum Gartland und Werley Score.

4.8.2 DASH-Score

Im Vergleich zum Score nach Gartland und Werley flossen im Rahmen des DASH-Scores die subjektiven Auswertungen von 87 Patienten in das Ergebnis mit ein. Während der optimalste Punktwert bei 0 lag, konnten Maximalwerte von 100 erreicht werden, die für eine maximale Funktionseinschränkung standen. Optional konnte der eigentliche DASH-Fragebogen durch den Sport/Musik-Modul und/oder durch den Arbeits-/Berufsmodul ergänzt werden, wenn die Patienten diese Aktivitäten bestätigten. Dabei wurden die Module als eigenständige Fragebögen gewertet.

Die Ergebnisse des DASH-Scores zeigten, dass Patienten mit keinen bis geringen Einschränkungen 93% ausmachten. Dahingegen kamen die mäßigen Einschränkungen zu 6% und die erheblichen Einschränkungen mit nur 1% vor. Maximale Einschränkungen wurden nicht festgestellt (Vgl. Abb. 48). Der durchschnittlich erreichte Punktwert lag bei $10 \pm 15,6$.

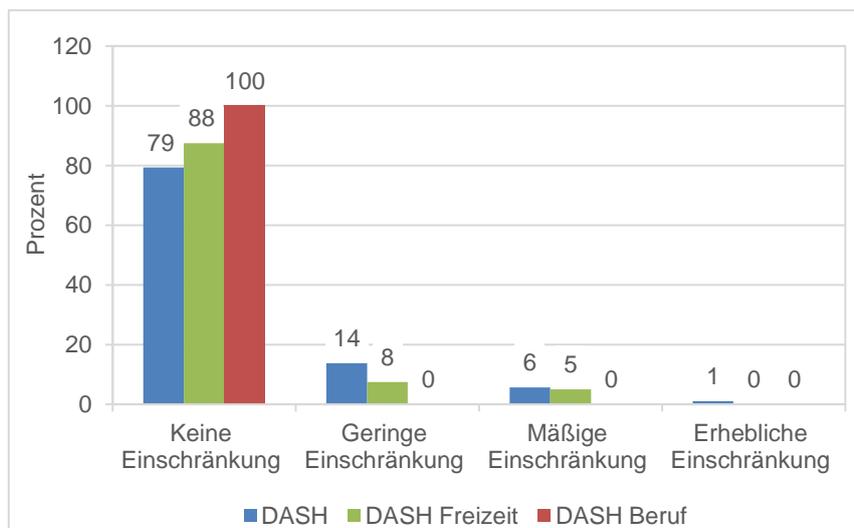


Abb. 48: DASH Auswertung.

Jene 40 Patienten, die zusätzlich den Sport-/Musik-Score des DASH-Fragebogens ausgefüllt, zeigten zu 95% keine bis geringe Einschränkungen in ihren sportlichen bzw. musikalischen Aktivitäten. Lediglich 5% beschrieben mäßige Einschränkungen. Die mittlere Punktzahl lag bei $5 \pm 12,6$. **Demgegenüber füllten die 34 Patienten den DASH-Arbeits-Fragebogen aus, dabei zeigte das Ergebnis dieses Fragebogens überhaupt keine Einschränkungen auf.** Die durchschnittliche Punktzahl lag bei $0,5 \pm 3,1$.

Zur Untersuchung von Zusammenhängen wurde auch hinsichtlich des DASH-Scores der Spearman-Test genutzt. Hier zeigte sich zum Radiusbasiswinkel, ulnar Varianz und dorso-palmaren Kippwinkel keine Korrelation, anders als zur Radiushöhe ($p \leq 0,05$; $r = 0,3$). Geprüft wurde darüber hinaus auch der Einfluss der funktionellen Ergebnisse (Kraft- und Bewegungsmessung) auf den DASH-Wert, dabei begründen die Ergebnisse keinen statistisch gesicherten Zusammenhang ($p < 0,05$), ähnliches galt für die Komplikationen ($p = 0,3$; $r = -0,1$) und Begleitverletzungen ($p = 0,4$; $r = -0,1$). Allen voran zeigte sich besonders zur Patientenzufriedenheit ($p < 0,001$; $r = 0,5$) wie auch zum Gartland und Werley Score ($p \leq 0,05$; $r = 0,3$) ein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Wie in Abbildung 49 dargestellt, bewerteten Patienten mit B1 und B3 Frakturen den DASH-Score 100% exzellent. Unter den A3 Frakturen geben 90% der Patienten ein exzellentes Ergebnis an, gefolgt von C1 Fraktur mit 86%, C2 Fraktur mit 78%, C3 Fraktur mit 75%, A2 Frakturen mit 67% und B2 Frakturen mit 50% exzellenten Resultaten. Dabei zeigt die statistische Analyse, dass mit schweren Frakturen kein Einfluss auf die DASH-Werte anzunehmen ist ($p = 1,0$; $r = -0,007$).

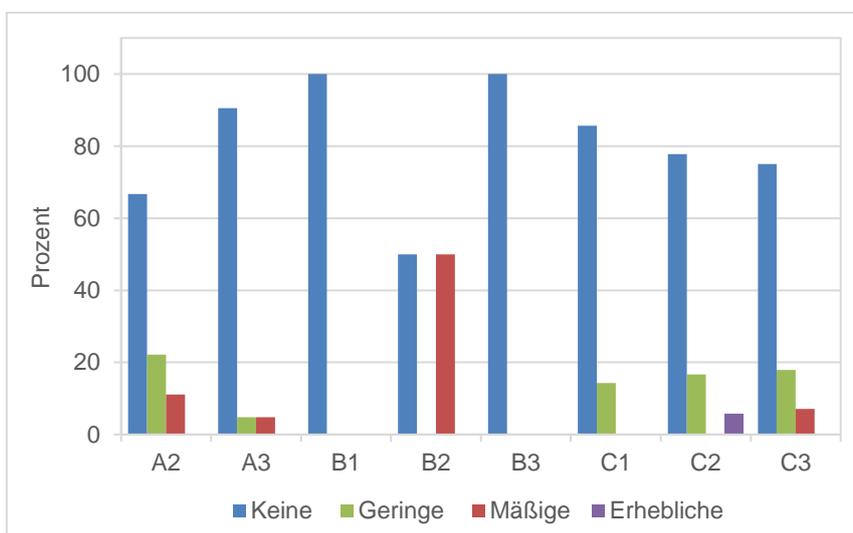


Abb. 49: DASH-Bewertungen innerhalb der AO-Gruppen.

5 Diskussion

An dieser Stelle werden die erhobenen Ergebnisse und Daten dieser Studie mit denen der Literatur verglichen. Berücksichtigt werden insbesondere die Veröffentlichungen von 2006 bis heute, die einen Vergleich zu polyaxialen palmaren Plattenosteosynthesen der dritten und vierten Generation bei distalen Radiusfrakturen zulassen (Vgl. Abb. 50). Dazu wird vor allem ein Vergleich zu den Arbeiten von Mehling [109], Fowler [53], Khatri [79], Marlow [103], Hauk [65], Hakimi [62], Kawasaki [77], Figl [52], Jakubietz [70], Rozental [144], Tanaka [175], Wong [190] und Meier [110] gezogen.

Publikationen	n	Implantate	Zeitspanne (Monate)
Fowler (2013)	37	2,5 Korrekturplatte, Medartis	01.2011 - 12.2011 (12)
Khatri (2016)	23	2,4 VA LCP zwei Säulen Platte, Synthes	06.2013 - 03.2014 (10)
Marlow (2012)	65	2,5 Korrekturplatte, Medartis	11.2006 - 06.2010 (44)
Mehling (2007)	55	2,5 Frakturplatte, Medartis	06.2003 - 10.2004 (17)
Hakimi (2010)	20	2,7 Matrix Smartlock, Stryker	02.2006 - 08.2007 (19)
Meier (2010)	20	2,5 Frakturplatte, Medartis	-
Kawasaki (2014)	27	2,5 Aptus Platte, Medartis	2008 - 2015 (96)
Kawasaki (2014)	22	2,5 Aptus Platte, Medartis	2008 - 2015 (96)
Figl (2009)	80	2,5 Frakturplatte, Medartis	04.2005 - 09.2005 (6)
Jakubietz (2008)	15	2,5 Rahmenplatte, Medartis	11.2005 - 04.2006 (6)
Rozental (2006)	41	2,4 VA LCP, Synthes: 4 DVR, Hand Innovations: 37	2002 - 2004 (36)
Tanaka (2016)	32	AcuLoc VDR Platte, Acumed	09.2011 - 10.2012 (6)
Tanaka (2016)	32	VariAx locking plate, Stryker	09.2011 - 10.2012 (6)
Wong (2009)	35	Locking compression Plate, Stryker	2006 - 2007 (24)
Hauk (2018)	138	2,5 Rahmenplatte, Medartis	01.2012 - 12.2013 (24)
Eigene Daten	88	2,5 Rahmenplatte, Medartis	01.2009 - 12.2011 (36)

Abb. 50: Publikationen, Implantatsysteme und Nachuntersuchungszeitraum.

An einigen Stellen werden zusätzlich zur Vervollständigung der Diskussion Studien mit palmaren Platten der ersten und zweiten Generation angegeben. Hierfür werden Werte aus Studien von Drobetz (2003) [43], Musgrave (2005) [115], Sakhaii (2003) [148], Thielke (2003) [177], Schütz (2003) [158], Krimmer (2004) [88], Keating (1994) [78], Dumont (2003) [44] und Kamano (2002) [75] genutzt, die einen Überblick bis zum Jahr 2005 darstellen (Vgl. Abb. 51).

Publikationen	n	Implantete	Zeitspanne (Monate)
Drobetz. (2003)	50	Eigen entwickelte Platte	04.1997 - 09.1999 (30)
Musgrave (2005)	32	2.4-mm LCP T-Platte (Synthes): 23 2.4-mm LCP T-Platte & radial styloid Platte (Synthes): 9	(21)
Sakhaii (2003)	100	2,4 LCP T-Platte (Synthes)	02.1999 - 03.2000 (14)
Thielke (2003)	49	3,5 LCP T-Platte (Synthes)	03.2001 - 03.2002 (13)
Schütz (2003)	24	3,5 LCP T-Platte (Synthes)	02.2002 - 09.2002 (8)
Krimmer (2004)	62	3,5 LCP T-Platte (Synthes)	01.2002 - 07.2003 (19)
Keating (1994)	79	T-Platte (AO)	04.1988 - 06.1990 (27)
Dumont (2003)	166	3,5 mm T-Platte (AO)	09.1994 - 12.2001 (88)
Kamano (2002)	33	T-Platte (Mathys) Symmetry Platte (ACE Medical)	-

Abb. 51: Publikationen, Implantatsysteme und Nachuntersuchungszeitraum.

Die Gegenüberstellungen zeigen sich aufgrund der inhomogenen Patientenzahlen, unterschiedlichen Anteilen von Männern und Frauen sowie den unterschiedlichen Scores und Klassifikationen als komplizierter. Erschwert wird der Vergleich zusätzlich durch die in den einzelnen Studien zeitgleich verwendeten polyaxialen und monoaxialen Implantatsystemen. In solchen Fällen wurden nur die Ergebnisse der polyaxialen palmaren Implantate für die Diskussion gewertet, sodass nur die in Abbildung 51 erwähnten Arbeiten eine Ausnahme darstellen.

Kawasaki [77] nutzt in seiner Arbeit die gleiche Platte einmal mit und ohne dem double-tiered subchondral support procedure (DSS), sodass hier aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse und zur Übersichtlichkeit eine Zweiteilung vorgenommen wurde. Ähnliches gilt für die Arbeit von Tanaka [175], die im Rahmen der eigenen Publikation zwei verschiedene polyaxiale Implantate miteinander verglich. Um eine Gegenüberstellung aller Plattenosteosynthesen zu ermöglichen, wurde hier ebenfalls eine Trennung vorgenommen, weshalb Tanaka [175] wie auch Kawasaki [77] doppelt aufgeführt werden (Vgl. Abb. 50).

5.1 Epidemiologische Daten und Unfallursachen

Die in Abbildung 52 dargestellten Ergebnisse zeigen auf, dass das durchschnittliche Patientenalter der eigenen Studie mit dem der Literatur

vergleichbar ist. So liegt das Alter aller Arbeiten bei insgesamt $56\pm 8,2$ Jahren, wodurch das Alter der eigenen Studie mit 58 Jahren in den gleichen Rahmen eingeordnet werden kann.

Publikationen	n	Alter Ø	♂/♀ (Anteil der ♀)
Fowler (2013)	37	57	26/11 (70%)
Khatri. (2016)	23	32,8	18/5 (22%)
Marlow (2012)	65	57,7	14/51 (78%)
Mehling (2007)	55	53,9	21/34 (62%)
Hakimi (2010)	20	59,9	4/16 (78%)
Meier (2010)	20	53,7	12/8 (40%)
Kawasaki (2014)	27	64,3	4/23 (85%)
Kawasaki (2014)	22	54,5	7/15 (68%)
Figl (2009)	80	58,4	30/50 (63%)
Jakubietz (2008)	15	64,5	2/13 (87%)
Rozental (2006)	41	53	15/26 (63%)
Tanaka (2016)	32	62,9	8/24 (75%)
Tanaka (2016)	32	61,5	7/25 (78%)
Wong (2009)	35	44	17/18 (51%)
Hauk (2018)	138	57,3	40/98 (72%)
<u>Sammelstatistik</u>	642	56±8,2	225/417 (65%)
Eigene Daten	88	58,2	22/65 (75%)

Abb. 52: Das Alter und die Geschlechtsverteilung in der Literatur.

Während die Patienten von Hakimi [62], Jakubietz [70], Kawasaki [77] und Tanaka [175] durchschnittlich älter sind als die eigenen, weisen die Patienten von Figl [52], Fowler [53], Hauk [65] und Marlow [103] annähernd gleich hohes Altersniveau auf. Lediglich die Patienten von Khatri [79] und Wong [190] stellen mit durchschnittlichen 33 bzw. 44 Jahren eine Ausnahme dar. Der Grund hierfür könnte an der getroffenen Auswahl der Patienten liegen, denn während Kathri [79] Einschlusskriterien definiert, die nur Patienten im Alter von 18 bis 70 Jahren erlaubt in die Studie einzuschließen, beschrieb Wong [190] ein Maximalalter von 75 Jahren. Die Altersspannweite beider Publikation ist somit vergleichsweise schmal gewählt, dabei wird dies bei einer Gegenüberstellung zu anderen Studien umso deutlicher. So lag das Maximalalter aller anderen Studien bei etwa 80 bis 90 Jahren, wobei Marlow [103] mit einem Maximalalter von 92 Jahren das älteste

Patientenkollektiv darstellt. Das eigene Maximalalter lag mit 88 Jahren ähnlich hoch. Neben der vordefinierten Altersspannweite kann bei Khatri [79] und Wong [190] durchaus auch angenommen werden, dass beide vergleichsweise häufiger jüngere Patienten behandelten, wodurch sich das Durchschnittsalter ebenfalls mindern würde. Dies wurde jedoch im Rahmen der Publikationen nicht angegeben.

Weiter lässt sich an der Auswahl der Literaturen erkennen, dass ältere Patienten tendenziell häufiger Frakturen erleiden. Die Ursache dieser Entwicklung kann im demographischen Wandel liegen, wodurch die ältere Bevölkerung allgemein zunimmt und aufgrund der höheren Osteoporoserate häufiger eine Fraktur erleidet [73; 116]. Im Zeitraum von 2009 bis einschließlich 2011 wurden dabei im Rahmen der eigenen Studie 111 distale Radiusfrakturen mit der Aptus 2,5 Rahmenpatte behandelt, dabei waren es im ersten Jahr 23 Patienten, im zweiten Jahr 22 Patienten und im letzten dokumentierten Jahr 65 Patienten mit 66 Frakturen. Dies entspricht trotz einer kurzen Zeitspanne einer Verdreifachung der Werte. Demgegenüber behandelte Hauk [65] im Zeitraum von 2012 bis 2013 ein Patientenkollektiv von 155 Patienten mit der gleichen Plattenosteosynthese am Universitätsklinikum Würzburg. Ein Vergleich zu dieser Studie zeigt auf, dass es in den Folgejahren 2012 bzw. 2013 eine minimale Zunahme auf 77 bzw. 78 Patienten gab.

Allgemein machte die distale Radiusfraktur 1996 bereits 18% aller Frakturen der über 65-Jährigen aus, während sie mit der Zeit auf 10%-25% anstieg [15; 29; 93; 114; 133]. Dabei ist eine Inzidenzerhöhung in allen Altersgruppen eine Entwicklung, die sich weltweit sehr ähnlich abspielt. Bereits 1962 wurde dieser Wandel von Alffram und Bauer [2] in einer schwedischen Studie dargestellt, hierbei wurde eine Verdopplung der Frakturen bei älteren Patienten in einer Zeitspanne von 30 Jahren aufgezeigt. Eine ähnliche Arbeit von Melton [111] dokumentierte die Inzidenzerhöhung von 17% in einem Zeitraum von über 40 Jahren. Demgegenüber geben die Leitlinien der AWMF aktuell für die >35-jährigen Patienten jeweils Inzidenzen von 0,37% für die Frauen und 0,09% für die Männer an [36; 42].

Mit 75% hat der Anteil der Frauen im eigenen Kollektiv eine deutlich höhere Rate als Kawasaki mit 68% [77], Khatri mit 22% [79], Mehling mit 62% [109], Meier mit 40% [110], Rozental mit 63% [144], und Wong mit 51% [190] (Vgl. Abb. 52). Ein Vergleich zur Sammelstatistik mit 65% lässt das eigene Ergebnis trotz der Schwankungen der anderen Publikationen in einen vergleichbaren Rahmen einordnen. Auffälligkeiten zeigen sich zwischen dem Frauenanteil und dem Durchschnittsalter. So weisen erwähnte Publikationen mit einem geringeren Frauenanteil ein niedrigeres Durchschnittsalter auf, während stattdessen mit höherem Frauenanteil das Durchschnittsalter ansteigt [52; 53; 62; 65; 103]. Der Grund hierfür kann im überproportional höheren Osteoporoserisiko von Frauen im höheren Alter liegen. Baron [15] zeigt hierbei auf, dass sich die Inzidenz der distalen Radiusfraktur bei osteoporotischen Frauen ab dem 50. Lebensalter alle zehn Jahre verdoppelt, während die Männer bis zum 80. Lebensjahr niedrigere Inzidenzen aufweisen, die erst zu einem späteren Zeitpunkt ansteigen, aber zu jeder Zeit niedriger sind als die der Frauen. Das Frakturrisiko der >50-jährigen Frauen steigt in etwa auf 15%, während gleichaltrige Männer stattdessen mit 2% eine deutlich niedrige Wahrscheinlichkeit für eine distale Radiusfraktur aufweisen [36]. Ähnliche Ergebnisse findet man in der Studie von Nellans [116], deren weibliche Patienten in etwa 5-mal häufiger vorkommen als die männliche Gegengruppe. Diese Ergebnisse werden durch die eigene Studie weiter bestätigt. So ist das Verhältnis von Frauen zu Männern in der Gruppe der ≥ 61 -Jährigen in etwa 5:1 und in der Gruppe der ≤ 60 Jährigen etwa 2:1, wodurch sich ein Altersgipfel vor allem im sechsten und siebten Lebensjahrzehnt unter den weiblichen Patienten ergibt. Stattdessen verunfallten die männlichen Patienten am häufigsten im fünften Lebensjahrzehnt.

Als Ursache der Frakturen werden bei Patienten ≥ 61 Jahren vor allem Stürze im Rahmen von Freizeit- und Haushaltsunfälle (43%) beschrieben, stattdessen zeigen die jungen Erwachsenen eine Mischung aus vielen Ursachen auf, so fallen mit 19% die meisten Frakturen bei Freizeitaktivitäten an, gefolgt von Sportverletzungen mit 11%. So werden bei den unter 40-Jährigen in über 50% der Fälle Hochenergie-Traumen wie Stürze, Verkehrsunfälle sowie Sportverletzungen dokumentiert, während es bei Patienten über 40 Jahren zu

sogenannten Low-Energy-Traumen kommt. Beschrieben werden diese als Bagateltraumen vor allem durch einen Sturz im häuslichen Umfeld [63; 95]. Dies ist in der Literatur nach Nellans [116] ganz ähnlich nachzulesen. Hakimi [62] gibt mit 66% einen Sturz auf die ausgestreckte an, während Khatri [79] stattdessen mit 78% über Fahrzeugunfälle, mit 17% Frakturen beim Laufen bzw. Spazierengehen und mit 4% Fraktur im Rahme einer Körperverletzung beschrieb.

5.2 Versorgungszeitraum, Follow-Up-Daten und AO-Klassifikation

Der Zeitraum der Implantatversorgung aller in Abbildung 53 zum Vergleich genutzten Studien liegt von 2002 bis 2015 vor. Der Zeitraum zwischen der operativen Therapie bis zur Nachuntersuchung, definiert als Follow Up-Zeit, war bei der eigenen Arbeit mit durchschnittlichen 57 Monaten in etwa fünfmal so hoch wie die der Sammelstatistik (Vgl. Abb. 53). Hierdurch ergibt sich speziell für die eigene Arbeit die Möglichkeit die Langzeitergebnisse der Rahmenplatte näher zu untersuchen.

Publikationen	n	Ø Follow Up [Monate]	Versorgungszeitraum [Monate]
Fowler (2013)	37	14	01.2011 - 12.2011 (12)
Khatri (2016)	23	11	06.2013 - 03.2014 (10)
Marlow (2012)	65	8	11.2006 - 06.2010 (44)
Mehling (2007)	55	10	06.2003 - 10.2004 (17)
Hakimi (2010)	20	12	02.2006 - 08.2007 (19)
Meier (2010)	20	7	-
Kawasaki (2014)	27	20	2008 - 2015 (96)
Kawasaki (2014)	22	20	2008 - 2015 (96)
Figl (2009)	80	12	04.2005 - 09.2005 (6)
Jakubietz (2008)	15	6	11.2005 - 04.2006 (6)
Rozental (2006)	41	7	2002 - 2004 (36)
Tanaka (2016)	32	6	09.2011 - 10.2012 (6)
Tanaka (2016)	32	6	09.2011 - 10.2012 (6)
Wong (2009)	35	10	2006 - 2007 (24)
Hauk (2018)	138	31	01.2012 - 12.2013 (24)
<u>Sammelstatistik</u>	642	12±6,9	-
Eigene Daten	88	57	01.2009 - 12.2011 (36)

Abb. 53: Gegenüberstellung der Follow-Up-Zeit in der Literatur.

Ein einheitliches Klassifizierungssystem gilt als Voraussetzung für den Vergleich der Frakturen, dabei weist sich vor allem die AO-Einteilung aufgrund ihrer häufigen Nutzung im klinischen Alltag aus. Darüber hinaus existieren viele weitere Einteilungsschemata wie die nach Frykman, Melone, Fernandez oder auch die nach Mayo. Die große Vielfalt spricht allgemein dafür, dass keiner der Klassifikationen allen Forderungen vollkommen gerecht wird.

Allgemein wurde lediglich in die Haupt- und Untergruppen nach AO klassifiziert, während auf eine Einteilung in Subgruppen verzichtet wird. Angesichts der mit jeder weiteren Untergliederung sinkenden inter- und intraobserver Reliabilität ist dies als sinnvoll anzusehen [134]. Im Wesentlichen wurden Implantate der ersten Generation vergleichsweise häufiger für B Frakturen eingesetzt, so beschreibt Kreating [78] insgesamt von 21 A-Frakturen, 29 B-Frakturen und 29 C-Frakturen. Ähnlich verhielt es sich mit Dumont [44] der 55 A-Frakturen, 28 B-Frakturen und 83 C-Frakturen beschrieb. Zum Vergleich dieser Ergebnisse soll hier auch auf Studien mit neueren Implantaten eingegangen werden, wobei die Arbeiten von Hakimi [62] wie auch die von Jakubietz [70] aus der Zusammenstellung ausgeschlossen wurden (Vgl. Abb. 54). Der Grund liegt in der alleinigen Untersuchung der C-Frakturen, wodurch kein Rückschluss auf das Verteilungsmuster nach AO gezogen werden kann.

Publikationen	n	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	TF/IF (%)
Khatri (2016)	23	0	4	0	0	0	0	9	10	100/82
Mehling (2007)	55	0	11	0	4	5	10	16	9	65/69
Hakimi (2010)	20	0	0	0	0	0	3	17	0	85/100
Meier (2010)	20	2	5	1	0	0	2	9	1	75/67
Figl (2009)	80	10	26	0	10	0	11	13	10	61/47
Jakubietz (2008)	15	0	0	0	0	0	10	4	1	33/100
Rozental (2006)	41	3	15	0	4	0	0	14	5	83/56
Tanaka (2016)	32	5	11	0	0	2	7	5	2	56/39
Tanaka (2016)	32	4	10	0	0	4	8	3	3	50/38
Wong (2009)	35	2	3	0	5	0	0	20	5	80/89
Hauk (2018)	136	28	26	2	3	5	19	19	34	57/67
<u>Sammelstatistik</u>	489	54	111	3	26	16	70	129	80	65/65
Eigene Daten	88	10	21	1	2	1	7	18	28	76/69

Abb. 54: AO-Klassifikation, Rate der Trümmerfrakturen (TF) und intraartikuläre Fraktur (IF).

So gilt besonders die Trümmerfraktur (A3, C2, C3) als Indikation für die dritte und vierte Entwicklungsstufe an Plattenosteosynthesen, während B Frakturen insgesamt seltener mit Platten therapiert wurden. Ähnlich verhielt es sich mit Implantaten der zweiten Generation.

Im untersuchten Kollektiv zeigten 76% (n=67) der Brüche Trümmerfrakturen, dabei machten 46 der 67 Frakturen (69%) intraartikuläre Frakturen (C2, C3) aus. Ausgenommen von Jakubietz [70] ist die eigene Rate der Trümmerfrakturen und intraartikulären Frakturen mit den der anderen Studien vergleichbar. Auffälligkeiten zeigen sich bei Khatri [79], da alle behandelten Patienten Trümmerfrakturen aufwiesen ohne das mit Einschlusskriterien danach gefiltert wurde.

5.3 Radiologische Ergebnisse

Angesichts des großen klinischen Interesses am Erfolg der gewählten Therapie zeigen diverse Studien die Wechselbeziehung zwischen dem funktionellen und radiologischen Befund auf [18; 101; 102]. Inwieweit man mithilfe der radiologischen Parameter auf das funktionelle Ergebnis der Patienten schließen kann, ist die Schwierigkeit, mit der sich viele Studien kritisch auseinandersetzen. Dabei finden sich bereits bei den Definitionen der Normen viele Unterschiede (Vgl. Abb. 55). Beidseitig aufgenommene Röntgenbilder würden diesem Problem eine Abhilfe verschaffen, können aufgrund der sich daraus ergebenden Kosten- und Strahlungsbelastung nicht als Option angesehen werden.

Publikationen	RBW [Grad]	RH [mm]	UV [mm]	PK [Grad]
Ng (2011)	22-23 (13-30)	11-12 (8-18)	-2 (-4 – 2)	11-12 (0-28)
Gartland und Werley (1951)	22 (13-30)	8-12	-	11 (0-21)
AO (2017)	23±2,6	12 (8-18)	-	11±2,7
Cochrane Collaboration (2008)	22-23	11-12	-1-0	11-12
Rodriguez (1998)	23-24	9-12	-	11-12
Eigene Daten	23±5,2	11±3,4	1±2,4	3±6,4

Abb. 55: Verschiedene Studien mit ihrer radiologischen Norm und der Bewegungsumfang in Klammern.

Unter Berücksichtigung bereits postulierter Normen wie die nach nach Gartland und Werley [55], Ng [118], AO Foundation [4], Rodriguez [143] und nach der

Cochrane Collaboration [64] können sowohl die eigenen durchschnittlichen präoperativen als auch postoperativen Radiusbasiswinkel, wie auch die Radiusbasiswinkel der in Abbildung 56 aufgelisteten Studien als normwertig eingestuft werden. In diesem Zusammenhang zeigen sich die eigenen ermittelten Werte der postoperative Radiusbasiswinkel von 23° gegenüber präoperativen 18° sowohl zur Sammelstatistik wie auch zu den Literaturen vergleichbar.

Publikationen	n	RBW [Grad]		Radiushöhe [mm]		UV [mm]		PK [Grad]		
		Präop.	Postop.	Präop.	Postop.	Präop.	Postop.	Präop.	Postop.	
Fowler (2013)	37	-	21	-	21	-	0,0	-	2,0	
Khatrri (2016)	23	-	23	-	12	-	0,3	-	5,2	
Marlow (2012)	65	-	20	-	7	-	-	-	-	
Hakimi (2010)	20	-	18	-	-	-	0,2	-	8,0	
Meier (2010)	20	-	21	-	-	-	-	-	8,2	
Mehling (2007)	55	-	-	-	-	-	0,9	-	4,0	
Kawasaki (2014)	27	-	25	-	-	-	1,0	-	8,0	
Kawasaki (2014)	22	-	23	-	-	-	0,2	-	3,8	
Figl (2009)	80	-	22	-	-	-	-	-	6,0	
Jakubietz (2008)	15	-	21	-	-	-	-0,4	-	6,0	
Rozental (2006)	41	-	21	-	11	-	-	-	5,0	
Wong (2009)	35	13	23	7	12	5,2	1,9	-13,9	10,5	
Hauk (2018)	138	17	22	7	11	2,0	-0,4	-15	3,0	
<u>Sammelstatistik</u>	578	15±2,8	22±1,8	7±0	12±4,6	4±2,3	0,4±0,7	-	14±0,8	6±2,5
Eigene Daten	87	18	23	8	11	3,0	1,0	-15	3,0	

Abb. 56: Gegenüberstellung der RBW, RH, UV und PK mit der Literatur.

Insbesondere bei Anwendung der Gartland und Werley Norm [55] erreichen 99% des eigenen Patientenkollektivs exzellente physiologische Werte. In einem einzigen Fall fällt der Wert einer Patientin knapp unter den Normbereich und stellt damit eine Radiusbasiswinkel-Minderung ohne einen Retentions- oder Repositionsverlust dar. Eine Korrelation zwischen der minimalen Abweichung zur Norm und der Abnahme der Kraft, wie sie nach Jenkins [72] beschrieben wurde, konnte bei der einzelnen Patientin nicht bewiesen werden. Ein ähnlicher Zusammenhang wurde auch nach einer Studie von Wilcke [186] untersucht, hierbei wurde die erwähnte Radiusbasiswinkel-Minderung mit dem DASH-Score verglichen, wobei ein Verlust des Radiusbasiswinkels um mehr als 10° einen

schlechteren DASH-Wert ergab. Dieses Ergebnis konnte ebenfalls nicht bestätigt werden.

Inwieweit die radiologisch erreichte Frakturstellung tatsächlich das Ergebnis beeinflusst, wird wie in diversen Studien auch aus der Arbeit von Schneiders [155] deutlich. So schreibt er dem Radiusbasiswinkel gegenüber einen geringeren Prognosewert hinsichtlich der funktionellen und subjektiven Behandlungsergebnisse zu. Die eigenen Ergebnisse bestätigen, dass die Abweichung zwischen prä- und postoperativen Radiusbasiswinkel gering ist und sich beide Durchschnittswerte im Normintervall befinden, wodurch der therapeutische Faktor eher als gering eingestuft wird. Gleichzeitig konnte hinsichtlich des Radiusbasiswinkels kein Rückschluss auf die Patientenzufriedenheit, das funktionelle, subjektive noch objektive Ergebnis gezogen werden.

Eine Gegenüberstellung der Radiushöhe zu weiteren Studien bestätigt die Vergleichbarkeit, wodurch die ermittelten durchschnittlichen Werte insgesamt in die gleiche Größenordnung eingestuft werden können (Vgl. Abb. 56). Auffälligkeiten zeigen sich insbesondere in der Arbeit von Marlow [103], der mit der größten Altersspannweite von 17,5 bis 92 Jahren bei durchschnittlichen 57,7 Jahren die niedrigste Radiushöhe von 7mm aufzeigt. Ein Grund könnte vermutlich in der schlechteren Knochenfestigkeit der älteren Patienten liegen, die dafür sorgt, dass mit zunehmender postoperativer Zeit die Radiushöhe nachsintert. Mit einem durchschnittlich älteren Patientenkollektiv (58,2 Jahre) bei deutlich größerer Follow-Up-Zeit von 57 Monaten erreicht das eigene Implantat demgegenüber physiologische Werte und schneidet bezüglich der Radiushöhe besser ab.

Insgesamt stellt die Radiushöhe den einzigen radiologischen Parameter dar, der in der Literatur nur selten angegeben wird und demnach auch im Rahmen der Diskussion nicht mit vielen Studien verglichen werden kann (Vgl. Abb. 56). Die Relevanz dieses Winkels für das Gesamtergebnis wurde jedoch nach Solaard [164] wie auch nach Batra [17] aufgezeigt. Inwieweit die Wiederherstellung des Winkels das höchste Ziel der operativen Maßnahme sein sollte, stellt die prospektive Studie von Jenkins [72] dar, die eine Korrelation zwischen einer

Radiusverkürzung um mehr als 4mm zur gesunden Seite und einem anhaltenden Schmerz über durchschnittliche 23 Monate bewies. Im Rahmen der eigenen Studie wurde ebenfalls die Radiushöhe auf eine Korrelation zum Auftreten von Schmerzen überprüft. Allerdings kann man entgegen Jenkins [72] Ergebnissen kein Zusammenhang annehmen. Dagegen stellte Trumble [180] fest, dass eine Verkürzung des Radius signifikant mit dem funktionellen Ergebnis korreliert, wodurch der Wiedererlangung der ursprünglichen Länge die größte Bedeutung für das funktionelle Ergebnis zugeschrieben wird. Dies kann jedoch mit einer nicht signifikanten Korrelation zur Kraft- und Bewegungsausmaßen ebenfalls nicht bestätigt werden. Stattdessen werden mit normwertigen Parameter signifikant bessere DASH Punktzahlen ermittelt, dabei erreichen unter Anwendung der Gartland und Werley Norm [55] 77% des gesamten Patientenkollektivs physiologische Radiushöhen. Allerdings wird in diesem Sinne betont, dass aufgrund der vielfältigen Normvarianten der Radiuslänge bevorzugt ein Vergleich zur Gegenseite statt zur Norm gezogen werden sollte, um ein valideres Ergebnis zu erhalten.

Bei Betrachtung der postoperativen ulnar Varianz fällt auf, dass das eigene Ergebnis minimal von der Sammelstatistik abweicht (Vgl. Abb. 56). Die größte Diskrepanz lässt sich dabei zu den Werten von Wong [190] feststellen. Nichtsdestotrotz befindet sich sowohl das eigene Endergebnis als auch die der verglichenen Studien in der Norm nach Ng [118].

Insgesamt konnten im Patientenkollektiv 20 negative (23%), 48 positive (55%) und 19 neutrale Vorschübe (22%) dokumentiert werden, davon weisen 33% (n=29) einen nicht der Norm entsprechenden Wert auf. Je mehr die ulnar Varianz dabei der anatomischen Norm entspricht, desto eher wird auch ein gleichermaßen positives Ergebnis der Radiushöhe angenommen. Untersucht man, wie Zenke [191], den Zusammenhang zwischen den ulnaren Vorschüben und dem Schmerz, so findet man unter den eigenen Frakturen mit positiven Vorschüben 17 Fälle (22%) mit dokumentiertem Schmerz, während die restlichen 31 Patienten (78%) weder Beschwerden noch weitere Komplikationen aufweisen. Dies bestätigt das Ergebnis des Spearman Tests, nach diesem kein Zusammenhang hinsichtlich der ulnar Varianz und auftretendem Schmerz

anzunehmen ist. Gleiches gilt für das subjektive und funktionelle Ergebnis, während stattdessen zum objektiven Ergebnis eine schwache Korrelation gefunden wurde. Demnach werden mit normentsprechenden ulnar Varianzen bessere Gartland und Werley Punktwerte erreicht.

Allgemein besteht unter allen radiologischen Winkeln insbesondere für die ulnar Varianz die Dringlichkeit einen Vergleich zur Gegenseite zu ziehen, um auch hier eine validere Gegenüberstellung der Ergebnisse zu gewährleisten.

Als der häufigste in Fehlstellung verbleibende radiologische Parameter wird der dorso-palmar Kippwinkel angesehen [99]. Der durch die Fraktur bedingte pathologische präoperative dorsale Kippwinkel von -15° wird mithilfe der Reposition um durchschnittlich 18° korrigiert, wobei insgesamt 73% aller Patienten physiologische dorso-palmar Kippwinkel erreichen (Vgl. Abb. 56). Je mehr der dorso-palmar Kippwinkel der anatomischen Norm entspricht, desto eher wird auch ein gleichermaßen positives Ergebnis der Radiushöhe angenommen. Der korrigierte Kippwinkel ist dabei mit durchschnittlichen 3° eher im sehr niedrigen Bereich des Normintervalls angesiedelt. Ähnliches lässt sich in den Studien von Fowler [53], Meier [110] und Hauk [65] erkennen.

Hinsichtlich des dorso-palmar Winkels beschreiben vielen Autoren einen nicht bestehenden Zusammenhang zum funktionellen Ergebnis [3; 155; 180]. Ähnliches lässt sich durch die eigene Arbeit bestätigen. Darüber hinaus lässt sich auch in Bezug zum objektiven, subjektiven wie auch zum Auftreten von Schmerzen keine Korrelation finden.

Zusammenfassend bestätigen die eigenen Ergebnisse, dass keiner der radiologischen Parameter einen Einfluss auf das funktionelle Ergebnis, auf das Auftreten von Schmerzen, noch auf die auftretenden Komplikationen haben. So beschreibt Anzarut [3] gleichermaßen, dass eine anatomiegerechte Heilung nicht direkt mit einem verbesserten funktionellen Outcome in Verbindung steht, während Fernandez [50] gegenteilige Meinung vertritt und damit eine klare Korrelation zwischen den radiologischen Parametern und den funktionellen wie auch subjektiven Ergebnissen erkennt. Entsprechend gegenteilige Resultate

finden sich im untersuchten Patientenkollektiv, hier lassen sich abgesehen zur Radiushöhe keine weiteren Zusammenhänge zum subjektiven Gesamtergebnis noch zur Gesamtzufriedenheit finden. Ähnliches gilt bezüglich des objektiven Ergebnisses, denn bis auf die ulnar Varianz wurde ebenfalls keine Korrelation gefunden. Gemäß diesen Resultaten kann allein mit den anatomiegerechten Radiushöhen bzw. ulnar Varianzen positive DASH-Ergebnisse bzw. Gartland und Werley Ergebnisse angenommen werden. Andererseits kann in diesem Sinne jedoch auch vermutet werden, dass aufgrund fehlender Fehlstellungen und schlechter Ergebnisse im eigenen Kollektiv ein nur geringer Einfluss der radiologische Parameter ermittelt wurde.

5.4 Ergebnisse der Bewegungsausmaße

Aufgrund unterschiedlich dokumentierter Bewegungsausmaße in den zu vergleichenden Literaturen findet an dieser Stelle eine Zweiteilung der Daten statt. So wird zum einen eine Auswahl an Publikationen dargestellt, die die Beweglichkeit in Grad angibt, wie auch eine, die sie in Prozent zur Gegenseite darstellt.

Hinsichtlich der durchschnittlichen Bewegungsausmaße zeigen sich die eigenen Daten ausnahmslos besser als die der Sammelstatistik. Einzig die Werte von Fowler [53] erscheinen bezüglich ihrer absoluten Extensions- und Flexionsbewegungen geringfügig besser. Nichtsdestotrotz befinden sich alle Werte, wie auch die der anderen Studien, im Normbereich des Gartland und Werley Scores und stellen trotz Streubreiten ein einheitliches Niveau dar (Vgl. Abb. 57). Im Sinne des Gartland und Werley Scores kann bei insgesamt 81% des eigenen Patientenkollektivs ein völlig einwandfreies Gesamtbewegungsausmaß festgestellt werden.

Publikationen	n	DE	PF	RA	UA	SUP	PRON
Fowler (2013)	37	82	82	19	36	87	84
Khatri (2016)	23	77	72	-	-	82	78
Mehling (2007)	55	58	61	20	36	88	89
Kawasaki (2014)	27	75	68	-	-	90	87
Kawasaki (2014)	22	75	66	-	-	88	86
Figl (2009)	80	54	52	26	32	87	86
Rozental (2006)	41	53	52	-	-	71	73
Wong (2009)	35	78	76	34	30	86	86
Hauk (2018)	119	80	69	25	38	89	89
<u>Sammelstatistik</u>	439	70±11,7	66±10,1	25±6,0	34±3,3	85±5,8	84±5,3
Eigene Daten	80	80	72	27	41	90	89

Abb. 57: Bewegungsausmaße in Grad in der Literatur

Die Bewegungsausmaße zeigen verglichen zur Gegenseite ein ebenfalls ausnahmslos gutes Ergebnis, wodurch sie sich mit ca. 3% bis 16% von der Sammelstatistik unterscheiden. Die geringste Abweichung lässt sich zu den Werten von Hauk [65] finden. Nach der statistischen Analyse kann angenommen werden, dass zwischen beiden Gelenkseiten kein Unterschied vorliegt, dabei erreicht die frakturierte Seite durchschnittlich $\geq 98\%$ der Bewegung (Vgl. Abb. 58). Insbesondere die Dorsalextension, Supination, Radial- und Ulnaabduktion, erlangen durchschnittlich $>100\%$ zur gesunden Gegenseite und zeigen hinsichtlich ihrer Bewegungsausmaße keine Einschränkungen auf.

Publikationen	n	DE	PF	RA	UA	SUP	PRON
Fig (2009)	80	79%	79%	89%	89%	93%	93%
Teunis (2015) [176]	66	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Marlow (2012)	65	84%	76%	83%	77%	87%	96%
Mehling (2007)	55	88%	88%	91%	91%	98%	98%
Wong (2009)	35	98%	96%	108%	96%	98%	98%
Hauk (2018)	119	101%	95%	94%	96%	100%	100%
<u>Sammelstatistik</u>	420	90±0,1 %	87±0,1 %	93±0,1%	90±0,1 %	94±0,1 %	96±0,04%
Eigene Daten	80	101%	98%	109%	101%	100%	99%

Abb. 58: Bewegungsausmaße in Prozent in der Literatur.

Weiterhin wurden Zusammenhänge zu Faktoren wie den auftretenden Komplikationen, Schmerzen, Begleitverletzung, objektiven und subjektiven

Ergebnissen oder der Gesamtzufriedenheit untersucht, die in keinem Fall signifikant waren.

Neben der Messung der Bewegungsausmaße gehört auch die Untersuchung des Beuge- und Streckvermögens der Finger zur Routineuntersuchung nach distaler Radiusfraktur. So wird sie jedoch weder im englischsprachigen Raum und kaum in deutschsprachigen Literaturen näher erwähnt. Aufgrund mangelnder Vergleichsliteratur kann somit der Fingernageltischabstand (FNTA) wie auch der Fingerkuppenhohlhandabstand (FKHA) nur zu den Ergebnissen von Hauk [65] untersucht werden. Soweit sich hierzu eine Aussage treffen lässt, ergeben sich relativ einheitliche Ergebnisse, dabei zeigt sich der größte Unterschied unter der Fingerstreckung auf (Vgl. Abb. 59).

Publikationen	n	Vollständiger FKHA		Vollständiger FNTA	
		Frakturierte Seite	Gesunde Seite	Frakturierte Seite	Gesunde Seite
Hauk (2018)	124	91% (n=113)	93% (n=115)	89% (n=110)	85% (n=105)
Eigene Daten	83	90% (n=75)	90% (n=75)	81% (n=67)	88% (n=73)

Abb. 59: FKHA und FNTA in absoluten Zahlen und in Prozent.

5.5 Ergebnisse der Fraktur und Kraftmessung

Im eigenen Kollektiv lagen 2/3 links- und 1/3 rechtsseitige Frakturen vor, aufgrund der vorgenommenen Ausschlusskriterien fanden sich zu 88% Extensionsfrakturen nach Colles und zu 12% Flexionsfrakturen nach Smith. Weder das Ergebnis der eigenen Arbeit noch die der Vergleichsliteratur spiegelt jedoch das in der Regel anzutreffende Verhältnis von 10:1 bzw. 9:1 wider. So berichtet Mehling [109] über 55 Patienten, die zu 84% auf die dorsal extendierte und zu 16% auf die palmar flektierte Hand gestürzt waren, andererseits berichtet Felderhoff [48] über 68% Colles-Frakturen und zu 24% als Smith-Frakturen. Krimmer [88] fand ein Verhältnis von etwa 7:1 von Extensions- zu Flexionsfrakturen.

Die Angaben zur betroffenen dominanten bzw. nicht-dominanten Seite und ihrer prozentualen Häufigkeitsverteilungen sind in einigen Studien in ähnlicher Form nachzulesen. In diesem Zusammenhang lässt sich feststellen, dass keiner der beiden Seiten signifikant häufiger frakturiert. Neben der beschriebenen

Händigkeit ist die Kraft von weiteren persönlichen Faktoren wie dem Geschlecht und dem Alter abhängig. Dabei stellte Petersen [131] die 10% Regel auf, um den Unterschied der Kraft zwischen der dominanten und nicht-dominanten Seite bei Rechtshändern zu beschreiben. In jüngster Zeit wird kontrovers darüber diskutiert, ob die 10% Regelung nicht zu hoch eingeschätzt wäre. Eine Vielzahl von Studien beweisen jedoch, dass dieser Wert heute immer noch seine Richtigkeit hat und zusätzlich für die ebenfalls kontrovers diskutierten Linkshänder hinzugezogen werden kann [5; 66; 131]. Allgemein ist die Frage der Händigkeit besonders für die Interpretation der folgenden Nachuntersuchungsergebnisse relevant. Denn wie Ashe [11] im Rahmen seiner Studie beweist, zeigen besonders die nicht-dominanten-Frakturen die größten Seit-zu-Seit Unterschiede auf, die sich insbesondere im Rahmen der Kraft- und Beweglichkeitsmessung erkennen lassen. Der Grund für die größeren Unterschiede kann darin gesehen werden, dass zum einen die von Natur aus schwächere nicht-dominante Seite zusätzlich durch die Fraktur Kraft- und Beweglichkeitseinbußen aufzeigt. Darüber hinaus wird das betroffene Handgelenk mit der kräftigeren intakten dominanten Gegenseite verglichen. Nach eigener Datenlage besteht bei der Pinchometer-Messung kein Kraftunterschied zwischen der frakturierten dominanten und nicht-dominanten Seite, während sich stattdessen der Unterschied mit aufzuwendender Kraft umso deutlicher zeigt. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass das frakturierte nicht-dominante Handgelenk bis zu einer Dauer von etwa einem Jahr eine solche zusätzliche Einbuße vorweisen kann [90].

Ein Vergleich der zuletzt postoperativ gemessenen Kräfte ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, denn während einige Literaturquellen ihre Ergebnisse in Prozent zur Gegenseite angeben, dokumentieren wiederum andere Publikationen lediglich den Wert in Kilogramm. Aus diesem Grund findet auch hier eine Zweiteilung der Daten statt, die eine Gegenüberstellung der Werte ermöglicht (Vgl. Abb. 60).

Da mit dem großen Ball des Vigorimeters wie auch dem Dynamometer die größte mögliche Kraft aufgewendet wird, kann aufgrund der signifikanten Ergebnisse angenommen werden, dass es sich besonders hierbei um Kraftmessungen

handelt, die Seitenunterschiede am sensibelsten detektieren können. Allgemein wird in der eigenen Arbeit das Erreichen von physiologischen Kraftausmaßen sowohl von den Begleitverletzungen wie auch den Komplikationen beeinflusst. Andererseits treten mit physiologischen Kraftausmaßen auch weniger Schmerzen auf, während die DASH-Punktzahl sinkt. Zum objektiven Ergebnis lässt sich keine Korrelation ermitteln.

Publikationen	n	Dominante-/ Gegenseite	Kraft (% zur Gegenseite)	Kraft [kg]
Fowler (2016)	37	21/16 (57/43%)	96	-
Khatri (2016)	23	17/6 (74/26%)	95	-
Marlow (2012)	65	16/49 (25/75%)	-	53
Mehling (2007)	55	-	85	-
Meier (2010)	20	12/8 (60/40%)	72	-
Kawasaki (2014)	27	12/15 (44/56%)	97	-
Kawasaki (2014)	22	8/14 (36/64%)	88	-
Teunis (2015) [176]	66	-	87	-
Figl (2009)	80	-	65	-
Jakubietz (2008)	15	8/7 (53/47%)	95	-
Rozental (2006)	41	-	94	-
Tanaka (2016)	32	18/14 (55/45%)	88	-
Tanaka (2016)	32	19/13 (59/41%)	88	-
Wong (2009)	35	19/16 (54/46%)	95	-
Hauk (2018)	138	53/72 (42/58%)	85	27
<u>Sammelstatistik</u>	688	51±13,3% / 49±13,3%	88±9,3	40±18,4
Eigene Daten	79	30/56 (35/65%)	99	29

Abb. 60: Ergebnisse der Dynamometer-Messung in der Literatur.

Die mithilfe des Dynamometers gemessene prozentuelle Kraft zur Gegenseite liegt in der Sammelstatistik mit 88±9,3% vor, womit das Ergebnis der eigenen Arbeit mit 99% einen deutlich besseren Wert erreicht (Vgl. Abb. 60). Stattdessen fällt die durchschnittliche absolute Kraft mit 29kg gegenüber 40±18,4kg deutlich niedriger aus, welches auf den höheren Anteil der Frauen zurückzuführen sein kann. Eine Gegenüberstellung mit anderen Literaturen zeigt ein einheitliches Bild. Lediglich die Ergebnisse von Figl [52] und Meier [110] fallen dabei mit 65% bzw. 72% zur Gegenseite aus diesem Raster, wobei Figl [52] ein Korrekturfaktor von 15% aufgrund der Händigkeit nutzte.

Insgesamt ließ sich zur Patientenzufriedenheit eine höchstsignifikante Korrelation finden, weshalb man annehmen kann, dass mit besseren Kraftausmaßen die Patientenzufriedenheit steigt. Hierbei konnte Chung [32] hinsichtlich der Handdynamometermessung belegen, dass mit Erreichen von 65% der Kraft ein Wendepunkt der Patientenzufrieden besteht

Die Vorteile des Vigorimeters gegenüber dem Dynamometer zeigen sich besonders bei älteren Patienten in den zuverlässigeren Ergebnissen wie auch in der praktischen und einfacheren Nutzung des Geräts [162]. So wurde im Rahmen dieser Arbeit die Untersuchung durch das Vigorimeter und Pinchometer ergänzt, und kann allein mit den Werten von Hauk [65] verglichen werden. Soweit sich hierzu eine Aussage treffen lässt, ergaben sich relativ einheitliche Ergebnisse (Vgl. Abb. 61). Insgesamt erreichten die eigenen Patienten bei den Vigorimeter-Messungen durchschnittlich $\geq 100\%$ zur Gegenseite, während sich bei der Pinchometer-Messung 113% zur intakten Seite feststellen ließ. Dabei sollte insbesondere beim Pinchometer ein Grenzwert von mindestens 87% ermittelt werden, um eine positive Patientenzufriedenheit zu erhalten [32].

Publikationen	N	Vigorimeter [kPa]			Pinchometer [kg]
		Klein	Mittel	Groß	
Hauk (2018)	138	54	59	50	8
Eigene Daten	79	52	59	50	7

Abb. 61: Vigorimeter-Messung zur Gegenseite.

5.6 Ergebnisse der Score-Systeme

In der Literatur finden sich verschiedene Score-Systeme, die sowohl die Effizienz der operativen Maßnahmen, als auch das Outcome nach der Behandlung kritisch beurteilen. Die Ergebnisse dieser Scores korrelieren jedoch nicht immer mit den vom Patienten angegebenen Funktionen, Gesamtergebnissen oder den Schmerzen [101].

Als reliables wie auch valides System rückte der DASH in den letzten Jahren immer mehr in den klinischen Alltag, um die postoperativen körperlichen Einschränkungen und Funktionen zu prüfen [18; 89]. Insgesamt ist das eigene DASH-Ergebnis mit durchschnittlichen $10 \pm 15,6$ Punkten im exzellenten Bereich

angesiedelt und weist mit einer Differenz von 3,9 Punkten einen besseren Wert als die Sammelstatistik auf (Vgl. Abb. 62). Dabei zeigen sich die eigenen Ergebnisse abgesehen zu Fowler [53] als geringfügig besser als die der anderen Literaturen.

Publikationen	N	DASH [Punkte]
Fowler (2013)	37	6
Mehling (2007)	55	14
Hakimi (2010)	20	12,3
Meier (2010)	20	13
Figl (2009)	80	25
Rozental (2006)	41	14
Tanaka (2016)	32	12,8
Hauk (2018)	122	12
<u>Sammelstatistik</u>	423	14±5,3
Eigene Daten	87	10,1

Abb. 62: DASH-Ergebnisse in der Literatur.

Die statistische Auswertung lässt annehmen, dass Faktoren wie Begleitverletzungen, Komplikationen oder auch die Frakturschwere keinen Einfluss auf den DASH-Wert haben. Wohingegen die Befragung nach der Gesamtzufriedenheit mit 98% exzellenten bis guten Beurteilungen das gute DASH-Ergebnis unterstreicht und mitbestimmt. Meier [110] erreichte in seinem untersuchten Kollektiv hingegen nur eine 89%ige Zufriedenheit, während Hakimi [62] in 95% sehr zufriedene bis normal zufriedene und in 5% unzufriedene Patienten hatte.

Insgesamt kann man annehmen, dass der DASH-Score ein gutes Element zur subjektiven Bewertung darstellt. Die mehrfache Bestimmung der DASH-Punktzahl im zeitlichen postoperativen Verlauf, wie sie im Rahmen der Studie von Fowler [53] und Meier [110] vorgenommen wurde, kann dabei Auskunft über eine Veränderung der Handgelenksfunktion geben. Eine Differenzänderung von zehn Punkten kann als wichtig erachtet werden [59].

Nichtsdestotrotz müssen gerade bei den verschiedenen angewandten Score-Systemen die vorgenommenen Ausschlusskriterien der Studien näher untersucht werden. Je spezieller aussortiert wurde, desto wahrscheinlicher wurden

Risikopatienten aus der Arbeit selektiert, hierzu zählen beispielsweise Patienten mit diversen Vorschädigungen an den oberen Extremitäten. Gemäß diesem Score würden diese Patienten bei trotz guter Handgelenksfunktion die Fähigkeit erfragter Handlung schlecht bewerten, da die Funktion der gesamten oberen Extremität bewertet wird und nicht speziell die des Handgelenks.

Die Ergebnisse der freiwillig auszufüllenden Fragen des DASH-Sports und der DASH-Arbeit wurden allein in der Studie von Hauk [65] wie auch in der eigenen näher beurteilt. Inwieweit eine repräsentative Aussage über die Ergebnisse getroffen werden kann, bleibt deshalb unbeantwortet. Dabei fallen die eigenen Ergebnisse im Sportbereich mit 5,3 Punkten gegenüber 9 Punkten etwa zweimal und im Arbeitsbereich mit durchschnittlichen 0,5 Punkten gegenüber 8 Punkten etwa 16-mal besser aus.

Neben dem DASH-Score werden in der Literatur zusätzlich weitere Systeme genutzt, wie beispielsweise der Brigham Score, PRWE Score, Green und O'Brien Score oder auch der Gartland und Werley-Score. Der im Rahmen dieser Untersuchung angewandte Gartland und Werley Score bietet sich als spezielles Instrument für die Beurteilung des objektiven Outcomes an, während der Brigham Score dagegen als Bewertungsmethode vor allem für das Karpaltunnel-Syndrom genutzt werden sollte [59]. Im Rahmen der eigenen Studie wurde mit einem positiven Gartland und Werley Score auch eine gute DASH-Bewertung festgestellt, denn je geringer der Gartland und Werley Punktwert ist, umso geringer ist auch der erreichte DASH Punktzahl.

Dabei stellt der Score nach Gartland und Werley eine Beurteilungsmethode dar, welches die objektiven Ergebnisse näher bewertet. Mit durchschnittlichen $1 \pm 1,9$ Punkten schneidet die eigene Arbeit bei der Gegenüberstellung mit anderen Studien deutlich besser ab, wobei 85% der eigenen Patienten exzellente und 15% gute Werte erreichen (Vgl. Abb. 63).

Publikationen	Gartland & Werley				Punktzahl
	Exzellent	gut	befriedigend	ungenügend	
Khatri (2016)	65%	35%	-	-	-
Jakubietz (2008)	-	-	-	-	1,7 Punkte
Rozental (2006)	66%	34%	-	-	-
Hauk (2018)	72%	26%	3%	-	1,9 Punkte
<u>Sammelstatistik</u>	68±3,8%	32±4,9%	3±0%	-	1,8±0,1 Punkte
Eigene Daten	85%	15%	-	-	1,3 Punkte

Abb. 63: Ergebnisse des Gartland und Werley Scores in der Literatur.

Zusammenfassend ergibt sich für die eigene Datenlage sowohl für den DASH-Score wie auch für den Gartland und Werley Score sehr gute Ergebnisse, wobei der Gartland und Werley Score eine kritischere Beurteilung erlaubt. Wie bereits der DASH-Score reflektiert auch der objektive Gartland und Werley Score die Gesamtzufriedenheit der Patienten mit einer höchstsignifikanten Korrelation ($p < 0,001$; $r = 0,5$). Entgegen den Erwartungen hat die Frakturschwere jedoch keinen Einfluss auf das Gartland und Werley Ergebnis.

5.7 Soong-Klassifikation

Neben den angewendeten Score-Systemen wird zusätzlich die Soong-Klassifikation genutzt, um die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch zu bewerten. Angesichts der wenigen Publikationen zu diesem Thema sollte die Schlussfolgerung jedoch kritisch betrachtet werden.

Da die Sehne des M. flexor pollicis longus erst arrodirt und später rupturiert, liegt das Zeitfenster einer solchen Läsion im Schnitt zwischen zwei Monaten und fünf Jahren [1; 12; 31; 35; 82]. Die von Soong [165] erstmals genutzte radiologische Klassifikation dient als Einteilungssystem, um mit ihrer Hilfe die Wahrscheinlichkeit einer FPL-Sehnenruptur zu erkennen und zu vermeiden. Dabei liegt die inter- und intraobserver Reliabilität bei 0,78 bzw. 0,94 und kann somit als reliables Element zur Beschreibung der palmaren Plattenlage genutzt werden [98].

Entsprechend der Einteilung von Soong [165] wurde die zu untersuchende Rahmenplatte ebenfalls gewertet. Hierfür wurde an den exakt seitlich

eingestellten radiologischen Bildern auf Höhe der Watershed-Line eine Linie parallel zur Radiuschaftachse eingezeichnet. Anhand der Lage des Implantats wird eine Einteilung in die unterschiedlichen Klassen vorgenommen. Die eigene Platte wurde mit 97% als Klasse null und eins bewertet und erzielte damit deutlich bessere Ergebnisse als die Sammelstatistik mit 79% wie auch gegenüber den anderen Literaturen (Vgl. Abb. 64).

Publikationen	n	Implantate	Soong			Follow-Up [Monate]
			Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	
Tanaka (2016)	32	AcuLoc VDR Platte, Acumed	9%	53%	38%	6
Tanaka (2016)	32	VariAx locking Platte, Stryker	25%	72%	3%	6
Soong (2011)	73	AcuLoc VDR Platte, Acumed	19%	18%	63%	13
Soong (2011)	95	DVR Platte, Hand Innovations	49%	51%	0%	15
Hauk (2018)	127	Rahmenplatte, Medartis	67%	29%	4%	31
<u>Sammelstatistik</u>	359	-	34±0,2%	45±0,2%	22±0,3%	14±10,2
Eigene Daten	82	Rahmenplatte, Medartis	52%	45%	2%	57

Abb. 64: Soong-Ergebnisse in der Literatur.

Lediglich die im Rahmen von Soong [165] untersuchte DVR Platte der Firma Hand Innovations (n=95) zeigte überhaupt keine Positionierung nach Klasse zwei. Bei einer Follow-Up Zeit von 13 Monaten verzeichnete Soong [165] insgesamt 3 Fälle von FPL-Sehnenrupturen mit der AcuLoc Platte (2x Klasse 2; 1x Klasse 1), gegenüber Tanaka [175], der bei der Untersuchung der gleichen Platte wie auch mit der VariAx Platte keine FPL-Sehnenkomplikationen dokumentierte. Unter der Nutzung der DVR Platte von Hand Innovations erkannte Soong [165] weiterhin eine FPL-Sehnenreizung der Klasse eins. Demgegenüber wurden im eigenen Kollektiv lediglich vier Fälle von Sehnenreizungen festgestellt, die in keinem Fall der Klasse zwei zuzuordnen waren (2x Klasse 0; 2x Klasse 1). Insgesamt ist die Plattenlage nach Klasse eins mit einer Rupturwahrscheinlichkeit von etwa 2% behaftet, dabei verdoppelt sich diese auf 4% mit der Einteilung in die Klasse zwei [94].

Grundsätzlich dient die Soong Klassifikation als Entscheidungshilfe zur Beurteilung der FPL-Sehnengefährdung, doch sollte das Risiko dieser Komplikation nicht nur pauschal von dieser Einteilung abhängig sein. Eine ebenso wichtige Rolle spielen nicht komplett eingeführte Schraubköpfe oder

auch das Plattendesign mit je nach Implantat speziellen prominenten Plattenkanten. Andererseits kann auch die Refixierungen des M. pronator quadratus als möglicher Schutzfaktor für sehnige Strukturen angesehen werden [27; 174].

5.8 Ergebnisse der Komplikationen und Implantatentfernungen

Hinsichtlich der Komplikationsraten wird an dieser Stelle zwischen den Publikationen der ersten und zweiten Generation bis zum Jahr 2005 gegenüber den dritten und vierten Generationen ab dem Jahr 2006 bis heute unterschieden. Diese Einteilung wird vorgenommen, um die Entwicklung der Implantate besser bewerten zu können. Eine Ausnahme stellt die Publikation von Meffert (2006) [108] dar, die aufgrund der verwendeten Implantate zur Plattengruppe der ersten und zweiten Entwicklungsstufe eingeordnet wird.

Die Komplikationen stellen neben den Begleitverletzungen einen wichtigen Prognosefaktor für das Gesamtergebnis dar, dabei liegt die Schwierigkeit insbesondere in der Definition. So wird je nach Literatur unterschiedliches als Komplikation gesehen, sodass zum Teil nur Schwerwiegendere bewertet und die Minimaleren außen vorgelassen werden. Besonders deutlich wird dies bei Fowler [53], der vier Repositionsverluste erwähnt, diese jedoch nicht in die Komplikationsrate miteinberechnet. Darüber hinaus ist die Unterscheidung zwischen einer tatsächlichen Komplikation und einem unerwünschten Ereignis, welches sich unabhängig des operativen Verfahrens ergibt, schwer zu differenzieren. Entsprechend kann das CRPS I sowohl als Folge der Fraktur als auch als Folge der Operation auftreten.

Erschwert wird eine aussagekräftige Gegenüberstellung der Komplikationen darüber hinaus durch angewendete Einschluss- und Ausschlusskriterien. So berücksichtigt Khatri [79] nur Patienten mit geschlossenen nicht pathologischen Frakturen, die weiterhin keine Komorbiditäten oder weitere Verletzungen aufwiesen. Folglich werden offene Frakturen oder Hochrasanztraumata mit einem bekanntermaßen erhöhten Risiko an Infektionen nicht weiter beachtet. Gleiches gilt für Meier [110], der ebenfalls Komorbiditäten, Serienverletzungen

und pathologische Frakturen ausschloss. Auch Tanaka [175] und Wong [190] beschrieben in ihren Arbeiten Kriterien, die offene Frakturen und Begleitverletzungen unberücksichtigt ließen. In der vorliegenden Dissertation wurde mithilfe einer adäquaten Anamnese eine vollständige Komplikationsauflistung vorgenommen, dabei wurde insgesamt zwischen Früh- und Spät komplikationen unterschieden (Vgl. Abb. 65 und 66).

Publikationen bis 2005	n	Blutung	Wundheilung	Infektion	Repositionsverlust (früh)	Andere
Keating (1994)	79	1	-	-	-	2
Drobotz (2003)	50	-	-	1	-	-
Schupp (2003)	37	-	-	2	-	-
Musgrave (2005)	32	-	-	1	-	-
Meffert (2006) [108]	51	-	--	-	-	-
<u>Sammelstatistik</u>	249	1	-	4	-	2

Publikationen ab 2006	n	Blutung	Wundheilung	Infektion	Repositions-verlust (früh)	Andere
Rozenal (2006)	41	-	1	-	1	-
Wong (2009)	35	-	-	-	1	-
Kawasaki (2014)	27	-	-	1	-	-
Khatri (2016)	23	-	-	2	-	-
Hauk (2018)	138	-	-	1	-	-
<u>Sammelstatistik</u>	352	-	1	4	2	-
Eigene Daten	88	-	-	1	-	-

Abb. 65: Anzahl der Frühkomplikationen in Literaturen vor und nach 2005.

Ein Vergleich der Publikationen vor und nach 2005 zeigt hinsichtlich ihrer Frühkomplikationen in beiden Gruppen eine Häufung der Infektionen.

Ein gelungenes Resultat erzielt die eigene Arbeit bei Betrachtung der Spät komplikationen, denn gegenüber anderen Literaturen wurden hier lediglich drei Fälle einer fraglichen intraartikulären Schraubenlage dokumentiert (Vgl. Abb.66).

Publikationen bis 2005	N	Implantat- fehlage	Schrauben bedingt	Weitere Implantat Revisions- gründe	Repositi- ons verlust	Karpal tunnel- -S.	Streck- sehne	Beuge- sehne	CRPS	Nerv	Andere
Keating (1994)	79	1	-	-	-	4	2	-	2	3	-
Dumont (2003)	166	-	3	-	-	-	-	2	8	18	-
Drobetz (2003)	50	-	2	1	-	-	1	7	3	-	-
Sakhaii (2003)	100	-	18	-	-	2	-	-	2	-	4
Thielke (2003)	49	-	3	3	-	-	-	-	2	-	1
Schütz (2003)	24	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Schupp (2003)	37	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1
Krimmer (2004)	62	-	2	-	2	-	-	-	-	-	1
Musgrave(2005)	32	-	-	-	-	1	-	-	2	-	5
Meffert (2006) [108]	51	2	-	-	-	-	3	1	-	-	3
Sammelstatistik	650	3	30	4	2	7	6	10	20	22	15
Publikationen bis 2005	n	Implant- at- fehlage	Schraub- en bedingt	Weitere Implantat Revisions- gründe	Reposition verlust	Karpal tunnel-S.	Streck- sehne	Beuge- sehne	CRPS	Nerv	Andere
Rozenal (2006)	41	-	-	-	3	-	1	2	-	-	-
Mehling (2007)	55	-	4	-	2	1	-	-	1	-	-
Jakubietz (2008)	15	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Hakimi (2010)	20	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Wong (2009)	35	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Figl (2009)	80	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-
Meier (2010)	20	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Marlow (2012)	65	-	-	2	-	1	-	-	2	-	-
Fowler (2013)	37	-	1	-	4	-	1	-	-	-	-
Kawasaki (2014)	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kawasaki (2014)	22	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Khatri (2016)	23	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
Tanaka (2016)	32	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Tanaka (2016)	32	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Hauk (2018)	138	5	2	-	-	-	-	-	1	-	-
Sammelstatistik	730	7	9	2	10	5	4	4	11	0	0
Eigene Daten	88	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-

Abb. 66: Anzahl der Spätkomplikationen in Literaturen vor und nach 2005.

Zu den am häufigsten vorkommenden Ursachen einer Spätkomplikation zählt in der Gruppe der dritt und viert Implantatgenerationen vor allem das CRPS, gefolgt von Repositions- und Retentionsverlusten wie auch schraubenbedingte Komplikationen (Schraubenlockerung, Schraubenfehlage, Verlust des Verblockungsmechanismus). Stattdessen lässt sich bei Implantaten der ersten

und zweiten Entwicklungsstufe vor allem Schraubenbedingte Komplikationen, Nervenverletzungen, Karpaltunnelsyndrome, CRPS, Rupturen der Streck- und Beugesehnen feststellen.

Ein Vergleich der gesamten postoperativen Komplikationen stellt dar, dass das eigene Ergebnis mit 5% eine niedrige Rate gegenüber den anderen Literaturen aufzeigt (Vgl. Abb. 67). Eine Differenz von etwa 4% lässt sich dabei zur Sammelstatistik der neueren Plattengenerationen erkennen. Berücksichtigt man zusätzlich die Follow-Up-Zeiten, so kann man mit einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von ≤ 10 Monaten niedrigere Raten feststellen [52; 70; 110; 158; 175]. Folglich werden die meisten Komplikationen erst verspätet (>10 Monate) erwartet. Andererseits zeigen jedoch einige Literaturen, so wie die von Kawasaki [77] auf, dass trotz durchschnittlicher Follow-Up-Zeit von 20 Monaten das Erreichen einer niedrigen Komplikationsrate von 4% und 5% möglich ist. Gleiches gilt für Hauk [65] wie auch für die eigene Arbeit. So weist die aktuelle Dissertation trotz einer zur Sammelstatistik etwa 4-mal so hoher Follow-Up-Zeit eine vergleichsweise niedrige Komplikationsrate, wodurch das sehr gute Resultat der operativen Maßnahme umso deutlicher wird.

Wie bereits durch andere Studien bewiesen, nehmen die Komplikationen mit der Weiterentwicklung der Implantate ab (Vgl. Abb. 67). Gegenüber der ersten und zweiten Entwicklungsstufe von Platten mit 118 Gesamtkomplikationen ($19 \pm 8,5\%$) ergeben sich nach 2006 bis 2017 lediglich 61 ($10 \pm 5,5\%$), wodurch eine Reduktion von etwa 9% zu verzeichnen ist. Die Sammelstatistik von Meffert [106] zeigt stattdessen bis zum Jahr 2005 eine Rate von 12% gegenüber der dritten Generation von Implantaten (2011-2016) mit 5% bis 7%.

Publikationen bis 2005	Follow-Up [Monate]	Komplikationsrate [%]	Plattenentfernung/ Revisionen [%]
Keating (1994)	24	19	-
Dumont (2003)	24	19	1/ 0
Drobetz (2003)	26	32	-
Sakhaii (2003)	10	26	0 / 3
Thielke (2003)	13	18	0 / 6
Schütz (2003)	6	4	-
Schupp (2003)	11	16	-
Krimmer (2004)	11	8	2 / 2
Musgrave (2005)	13	28	6/ 0
Meffert (2006) [108]	8	18	20/ 2
<u>Sammelstatistik</u>	15±7,3	19±8,5	5±7,8/ 2±2,2

Publikationen ab 2006	Follow-Up [Monate]	Komplikationsrate [%]	Plattenentfernung/ Revisionen [%]
Rozenal (2006)	17	20	7/ 0
Mehling (2007)	10	15	11/0
Jakubietz (2008)	6	7	0/ 0
Hakimi (2010)	12	15	10/ 0
Wong (2009)	10	6	0/ 0
Figl (2009)	7	5	1/ 0
Meier (2010)	6	10	10/ 0
Marlow (2012)	-	8	6/ 0
Fowler (2013)	14	16	3/ 0
Kawasaki (2014)	20	4	100/ 0*
Kawasaki (2014)	20	5	100/ 0*
Khatri (2016)	11	17	-
Tanaka (2016)	6	6	-
Tanaka (2016)	6	3	-
Hauk (2018)	31	7	22/ 2
<u>Sammelstatistik</u>	13±7,3	10±5,5%	7±6,7 / 0,2±0,6
Eigene Daten	57	5	22/ 0

Abb. 67: Follow-Up-Zeit, Komplikationsrate und Plattenentfernung in der Literatur.
*Aus der Bewertung ausgeschlossen.

Hinsichtlich der Implantatentfernung wird insbesondere die Arbeit von Kawasaki [77] aus der Gegenüberstellung ausgeschlossen, da sie aufgrund von Routinemaßnahme alle Osteosynthesen ausnahmslos entfernen ließen und somit keine vergleichbaren Werte darstellen. Im Wesentlichen wurden in der

eigenen Arbeit 22% der Platten entfernt, ähnlich verhielt es sich bei Hauk [65], womit insgesamt in etwa doppelt so hohe Werte erreicht wurden als verglichene Literaturen. Abgesehen von Figl [52] berichten alle Publikationen von indikationsbedingten Plattenentfernungen, während Hauk [65] wie auch die eigene Arbeit ebenso die auf Patientenwunsch erfolgten Entfernungen dokumentierten. Bei alleiniger Betrachtung der indikationsbedingten Entfernungen reduziert sich die Rate von 22% auf 4% bei Hauk und von 22% auf 3% in der eigenen Arbeit, wodurch gleichermaßen vergleichbare Ergebnisse erreicht werden. Darüber hinaus spielt auch der Beobachtungszeitraum eine Rolle, da Literaturen mit einer Follow-Up-Zeit von >10 Monaten mit höheren Raten der Implantatentfernung verbunden sind.

Insgesamt entspricht die Rate der Komplikationen in etwa der der Plattenentfernungen, wodurch man bei den aktuelleren Publikationen mit der Diagnose an Komplikationen bevorzugt eine Entfernung der Platte eingeleitet hat, um bestehenden Beschwerden entgegenzuwirken (Vgl. Abb. 67). Gegenteilige Ergebnisse finden sich dagegen in Publikationen bis 2005. Trotz hoher Komplikationsraten von 19% liegt die Rate an Plattenentfernungen mit 5% vergleichsweise niedrig. Während bis 2005 noch zusätzlich zur Entfernung häufiger Revisionen der Implantate vorgenommen wurden, liegt die Rate dieser Maßnahme bei den aktuelleren Publikationen mit 0,2% deutlich niedriger (Vgl. Abb. 67).

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass eine längere Follow-Up-Zeit zur Ergebnisbeurteilung von Vorteil ist, insbesondere wenn die Faktoren Komplikation und Implantatentfernungen untersucht werden.

6 Schlussfolgerung

Mit der Nachuntersuchung wurde gezeigt, dass unter Verwendung der winkelstabilen polyaxialen Rahmenplatte sehr gute objektive, subjektive, radiologische und funktionelle Behandlungsergebnisse auch für Patienten höheren Alters erreicht werden. Die Ergebnisse der eigenen Studie sind dabei mit der aktuellen Literatur und verschiedenen Plattendesigns vergleichbar, wobei sich insgesamt eine minimal bessere Tendenz im Erfolg der Behandlung ergibt. Hervorzuheben sind in diesem Sinne die niedrige Komplikationsrate, das exzellente funktionelle Ergebnis zur Gegenseite wie auch der sehr gute Gartland und Werley und DASH Score des Gesamtkollektivs.

Mit einer durchschnittlichen Follow-Up-Zeit von 57 Monaten (4,8 Jahre) ergibt sich insbesondere für die eigene Arbeit die Möglichkeit die Langzeitergebnisse der Rahmenplatte näher zu untersuchen. Dabei zeigen die Patienten mit eingesetzter palmarer Rahmenplatte in 80% gute bis exzellente funktionelle Ergebnisse (Bewegungs- und Kraftausmaß) bei einer geringen Komplikationsrate. Insgesamt sollte die abschließende Beurteilung der Gesamtbehandlung mindestens 10 Monate nach operativer Versorgung erfolgen, wodurch sich eine vollständige Erfassung der Komplikationen und der Implantatentfernungen ergibt. Zur einheitlichen Beurteilung ist es dabei von Vorteil die Ursachen einer Metallentfernung aufzugliedern, um zwischen Patientenwunsch und klaren medizinischen Indikationen zu differenzieren. Bei alleiniger Betrachtung der indikationsbedingten Entfernungen reduziert sich die eigene Rate auf 3% bei ursprünglichen 22%, wodurch gleichermaßen vergleichbare Werte zur Literatur erreicht werden.

Zusammenfassend stellt sich die winkelstabile polyaxiale Rahmenplatte als gutes und zuverlässiges Behandlungsverfahren in der Therapie distaler Radiusfrakturen dar, dies wird auch durch Patientenbefragungen weiterhin bestätigt. Trotz der hohen Rate an mehrfragmentierten Trümmerfrakturen (76%) und zusätzlich anfallenden Begleitverletzungen (63%) wurde das Gesamtergebnis sowohl von älteren als auch jüngeren Patienten als gut bis exzellent bewertet. Untermuert wird dieses gute Ergebnis zusätzlich durch den DASH-Score.

Entgegen den Ergebnissen von Fernandez [50] wird bis auf die Radiushöhe keine Korrelation zwischen den subjektiven Ergebnissen und radiologischen Parametern erkannt. Auch zum funktionellen Ergebnis wurde kein Zusammenhang festgestellt. Inwieweit man mithilfe der radiologischen Parameter nun auf das objektive Ergebnis der Patienten schließen kann, ist die Schwierigkeit, mit der sich bereits viele Studien kritisch auseinandergesetzt haben. Dabei ergab der Gartland und Werley Score als Maß zur Beurteilung des objektiven Outcomes ein Ergebnis von gut bis exzellent behandelten Radiusfrakturen. Die Auswertung der Daten zeigt auch in diesem Fall auf, dass anatomiegerechte Parameter, ausgenommen der ulnar Varianz, keinen Rückschluss auf den objektiven Befund erlauben. Der Fokus der korrekten Reposition kann sich somit weitestgehend nach individuellen Anforderungen wie auch nach dem Patientenalter orientieren. Während insbesondere jüngere Patienten eine korrekt anatomiegerechte Heilung erfahren sollten, können ältere Patienten je nach Anforderungen auch mit weniger korrekten Repositionsergebnissen bereits völlig zufrieden sein. Als alternative Therapiemöglichkeit bietet sich besonders der Fixateur externe für ältere Menschen mit osteoporotischen Knochen an. Dabei gilt dieses Verfahren ebenso wenig wie andere als überholt, viel mehr müssen bestimmte Indikationen erfüllt sein, um der Frakturform das ideale Behandlungskonzept zu bieten.

Klare Vorteile unterschiedlicher Implantateigenschaften lassen sich anhand dieser Studie nicht unmittelbar feststellen, doch erschließen sich unter der Rahmenplatte geringfügig positivere Ergebnisse. In der Versorgung zeigt sich insbesondere auch für komplexe und instabile Frakturen eine optimale Behandlung. Dabei stellt die am erfolgreichsten behandelte Fraktur in dieser Studie die A2, B1, B2 und B3 Frakturen mit 100% exzellenten Ergebnissen dar, gefolgt von der A3 Fraktur mit 90%, der C3 Fraktur mit 85%, der C2 Fraktur mit 76% und der C1 Fraktur mit 71% exzellenten Resultaten. Jedoch spielt die Frakturschwere hinsichtlich des objektiven Outcomes der Behandlung wie auch zum subjektiven Ergebnis der Behandlung keine Rolle. Des Weiteren wird lediglich der Schmerz als relevantes Kriterium für das Gesamtergebnis näher evaluiert ($r=0,5$; $p<0,001$), während die Komplikationen aufgrund ihrer geringen

Anzahl keinen Zusammenhang zum Outcome zeigen. Zukünftig durchgeführte Studien mit einem großen Patientenkollektiv können diesbezüglich weitere Erkenntnisse erbringen. Andererseits wäre zur besseren Vergleichbarkeit der Schmerzqualitäten durchgehende VAS-Angabe ebenfalls von Vorteil.

7 Zusammenfassung

Die Behandlung der distalen Radiusfraktur machte mit der Zeit eine zunehmende Entwicklung, sodass sich heute ein eindeutiger Trend zu offenen operativen Verfahren erkennen lässt. Dabei befasst sich die vorliegende Studie vor allem mit der objektiven, subjektiven, funktionellen und radiologischen Bewertung des Behandlungsergebnisses beim Einsatz der palmaren winkelstabilen Aptus 2,5mm Rahmenplatte der Firma Medartis. Es handelt sich hierbei um eine Arbeit, die retrospektiv radiologische Daten der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Würzburg mit prospektiven Daten der klinischen Nachuntersuchung ergänzt.

Abgesehen von einer Galeazzi Fraktur wurden von den dokumentierten 112 distalen Radiusfrakturen (111 Patienten) 88 Brüche (87 Patienten) aus dem untersuchten Zeitraum vom 01.01.2009 bis 31.12.2011 in die Studie aufgenommen. Es fanden sich 65 Frauen (75%; 17-88 Jahre) gegenüber 22 Männern (25%; 16-79 Jahre), wobei das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs bei $58 \pm 17,2$ Jahren lag (Frauen $62 \pm 15,4$; Männer $48 \pm 18,4$ Jahre). Die Nachuntersuchungen fanden im Schnitt $57 \pm 10,9$ Monate (4,8 Jahre) nach der Operation statt (min. 42; max. 79 Monate). Ausnahmslos wurden alle Frakturen nach der AO-Klassifikation eingeteilt, wobei mit 60% die C-Frakturen am häufigsten behandelt wurden, gefolgt von A- (35%) und B-Frakturen (5%). Insgesamt machten dabei 46 der 67 vorkommenden Trümmerfrakturen eine intraartikuläre Fraktur aus. Trotz der hohen Rate an mehrfragmentierten Trümmerfrakturen (76%) und zusätzlich anfallenden Begleitverletzungen (63%) begründet die niedrige Komplikationsrate von 5% (konservativ behandelte Infektion, intraartikuläre Schraubenlage) den Erfolg der Behandlung. In Anbetracht der 18 Implantatentfernungen (22%), die in 3 Fällen auf ärztlichen Rat und in 16 Fällen auf Wunsch des Patienten erfolgten, kann man annehmen, dass es bereits bei minimalen subjektiven Befindlichkeitsstörungen bevorzugt zu Metallentfernungen kommt. Insgesamt kann man neben der initialen Frakturschwere nach AO den Schmerz als Faktor für den objektiven Outcome

annehmen, während die Komplikationen aufgrund ihrer geringen Anzahl lediglich als Faktor evaluiert werden.

Zur validen Beurteilung des objektiven wie auch subjektiven Gesamtergebnisses wurde der Score nach Gartland und Werley und nach DASH erhoben. Demnach zeigten 85% der Patienten ein exzellentes und 15% ein gutes Gartland und Werley Ergebnis mit einer mittleren Punktzahl von 1,3 gegenüber dem DASH-Ergebnis nach dem 93% der Patienten nach eigener Bewertung keine bis geringe Einschränkungen, 6% mäßige Einschränkungen und 1% erhebliche Einschränkungen angaben. Statistisch konnte zwischen beiden Score-Systemen ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden ($r=0,3$; $p=0,05$), sodass mit höherer Gartland und Werley Punktzahl ein ebenfalls hoher DASH Wert zu erwarten ist.

Das Ergebnis der radiologischen Untersuchung zeigt, dass alle präoperativ gemessenen Parameter höchstsignifikante Unterschiede ($p<0,001$) zu postoperativen Verhältnissen aufweisen. Nach radiologischer Sicht zeigen 68% des Patientenkollektivs ein einwandfreies Ergebnis. Zieht man in Betracht, dass aus objektiver Sicht die Frakturen erfolgreich behandelt wurden, wobei allen voran die A2, B1, B2 und B3 Frakturen mit 100% exzellenten Ergebnissen, gefolgt von der A3 Fraktur mit 90%, der C3 Fraktur mit 85%, der C2 Fraktur mit 76% und der C1 Fraktur mit 71% exzellenten Resultaten, kann man annehmen, dass es sich bei den radiologischen Unterschieden um eine Verbesserung handelt. Eine Korrelation zwischen radiologischen Parametern zu subjektiven, objektiven Ergebnissen wie auch zu funktionellen Ergebnissen konnte bis auf wenige Ausnahmen nicht festgestellt werden.

Zur Evaluierung der funktionellen Ergebnisse wurden dabei die Bewegungs- und Kraftmessung hinzugezogen, dabei entsprach die Beweglichkeit des operierten Handgelenks $\geq 98\%$ der Gegenseite, wodurch sich der Seitenunterschied als nicht signifikant erwies und für das gute Ergebnis spricht. Insgesamt wiesen 81% des Patientenkollektivs ein einwandfreies Bewegungsausmaß im Sinne des Gartland und Werley Scores auf. Unterdessen zeigte die Kraftuntersuchung, abgesehen von der großen Vigorimeter- und Dynamometermessung, keinen

signifikanten Seitenunterschied. Der mittlere Prozentwert jeder Kraftmessung lag bei $\geq 99\%$ zur Gegenseite, wobei insgesamt 79% des Kollektivs eine einwandfreie Kraft aufwiesen. Da offensichtlich mit dem großen Vigorimeter wie auch Dynamometer die größte mögliche Kraft aufgewendet wird, kann aufgrund der signifikanten Ergebnisse angenommen werden, dass es sich hierbei um sensiblere Kraftmessungen handelt, die Seitenunterschiede am besten detektieren können. Besonders bei diesen zwei Kraftmessungen lassen sich auch die durchschnittlich größten Unterschiede zwischen einer dominanten und nicht-dominanten Fraktur finden. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Kraft- wie auch der Bewegungsprüfung ergab sich für das untersuchte Kollektiv in 80% ein uneingeschränkter funktioneller Outcome.

Die im Rahmen der eigenen Studie erzielten Ergebnisse befinden sich im internationalen Literaturvergleich mit den modernsten Implantaten auf sehr hohem Niveau. Hervorzuheben sind in diesem Sinne die niedrige Komplikationsrate, der sehr gute Gartland und Werley wie auch DASH Score, das exzellente funktionelle Ergebnis zur Gegenseite und die subjektive Zufriedenheit des Gesamtkollektivs.

8 Literaturverzeichnis

1. Adham M.N., Porembski M., und Adham C.: Flexor tendon problems after volar plate fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg.* 2009, 4(4): S. 406-409.
2. Alffram P.A. und Bauer G.C.: *Epidemiology of fractures of the forearm. A biomechanical investigation of bone strength.* J Bone Joint Surg Am. 1962, **44-A**: S. 105-114.
3. Anzarut A., Johnson J.A., Rowe B.H., Lambert R.G., Blitz S., und Majumdar S.R.: *Radiologic and patient-reported functional outcomes in an elderly cohort with conservatively treated distal radius fractures.* J Hand Surg Am. 2004, **29**(6): S. 1121-7.
4. AO Foundation: *Radiologische Winkel.* 2017; Available from: <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Radius&segment=Distal>. [09.05.2017; 17:27 Uhr] Bildnutzungsrecht erteilt durch Claudia Schneider am 10.07.2017 per Email.
5. Armstrong C.A. und Oldham J.A.: *A comparison of dominant and non-dominant hand strengths.* J Hand Surg Br. 1999, **24**(4): S. 421-5.
6. Aro H., Koivunen T., Katevuo K., Nieminen S., und Aho A.J.: *Late compression neuropathies after Colles' fractures.* Clin Orthop. 1988(233): S. 217-225.
7. Aro H.T. und Koivunen T.: *Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles' fracture treatment.* J Hand Surg Am. 1991, **16**(3): S. 392-398.
8. Arora R., Gabl M., Gschwentner M., Deml C., Krappinger D., und Lutz M.: *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.* J Orthop Trauma. 2009, **23**(4): S. 237-242.
9. Arora R., Lutz M., Hennerbichler A., Krappinger D., Espen D., und Gabl M.: *Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate.* J Orthop Trauma. 2007, **21**(5): S. 316-22.
10. Asche G.: *Dynamic treatment of para-articular wrist and articular radius fractures with a new kind of dynamic fixation.* Aktuelle Traumatol. 1990, **20**(1): S. 6-10.
11. Ashe M.C., Khan K.M., Davis J.C., Guy P., und McKay H.A.: *Hand dominance and bone response after a distal radial fracture: A peripheral QCT study.* J Clin Densitometry. 2007, **10**(1): S. 93-101.
12. Ateschrang A., Eisenbarth I., Schaller H.E., und Weise K.: *Arrosion of flexor tendons after palmar plate osteosynthesis of the distal radius: three case reports.* Handchir Mikrochir Plast Chir. 2007, **39**(6): S. 418-422.
13. Atkins R.M., Duckworth T., und Kanis J.A.: *Features of algodystrophy after Colles' fracture.* J Bone Joint Surg Br. 1990, **72**(1): S. 105-10.
14. axomed Medizintechnik: *Produktinformation Distales Radius-System WINSTA-R Multiaxial Winkelstabil* 2017; Available from: <http://www.axomed.de/de-DE/downloads/>. [09.05.2017 um 19:43 Uhr] Bildnutzungsrecht erteilt durch Timo Dietrich am 21.11.2017 per Email.
15. Baron J.A., Karagas M., Barrett J., Kniffin W., Malenka D., Mayor M., und Keller R.B.: *Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age.* J Epidemiology. 1996, **7**(6): S. 612-618.

16. Bassi R.S., Krishnan K.M., Dhillon S.S., und Deshmukh S.C.: *Palmar cortical angle of the distal radius: A radiological study.* J Hand Surg Br. 2003, **28**(2): S. 163-164.
17. Batra S. und Gupta A.: *The effect of fracture-related factors on the functional outcome at 1 year in distal radius fractures.* J Injury. 2002, **33**(6): S. 499-502.
18. Beaton D.E., Katz J.N., Fossel A.H., Wright J.G., Tarasuk V., und Bombardier C.: *Measuring the whole or the parts? Validity, reliability, and responsiveness of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand outcome measure in different regions of the upper extremity.* J Hand Ther. 2001, **14**(2): S. 128-146.
19. Becker K. und Haensel P.: *The distal radius fracture – an update of the treatment.* Chirurgen Magazin. 2007, **6**: S. 26-34.
20. Benjamin M., Evans E.J., und Pemberton D.J.: *Histological studies on the triangular fibrocartilage complex of the wrist.* J Anat. 1990, **172**: S. 59-67.
21. Benninghoff A. und Drenckhahn D.: *Anatomie - Makroskopische Anatomie Band 1.* 16. Auflage. 2002, München: Urban & Fischer Verlag. Bildnutzungsrecht erteilt durch Cathrin Korz am 13.11.2017 per Email.
22. Blumberg H.: *A new clinical approach for diagnosing reflex sympathetic dystrophy.* Proceedings of the VIth world congress on pain. 1991, New York: Elsevier. 399-407.
23. Blumberg H., Hoffmann U., Mohadjer M., und Scheremet R.: *Clinical phenomenology and mechanisms of reflex sympathetic dystrophy: Emphasis on edema In: Gehart GF, Hammond DL, Jensen TS (eds) Proceedings of the 7th World Congress on Pain Progress in Pain Research and Management. International Association for the Study of Pain, Seattle.* 1994: S. 455.
24. Böhler L.: *Die Technik der Knochenbruchbehandlung.* 19. Auflage. 1953, Wien: Maudrich Verlag.
25. Boszotta H., Helperstorfer W., und Sauer G.: *Indications for surgery in distal radius fractures.* Unfallchirurg. 1991, **94**(8): S. 417-423.
26. Bottcher R., Mutze S., Lautenbach M., und Eisenschenk A.: *Diagnosis of lunotriquetral instability.* Handchir Mikrochir Plast Chir. 2005, **37**(2): S. 131-136.
27. Brown E.N. und Lifchez S.D.: *Flexor pollicis longus tendon rupture after volar plating of a distal radius fracture: pronator quadratus plate coverage may not adequately protect tendons.* Eplasty. 2011, **11**: S. 43.
28. Brug E., Joosten U., und Pullen M.: *Fractures of the distal forearm. Which therapy is indicated when?* Orthopade. 2000, **29**(4): S. 318-326.
29. Brunner U., Habermeyer P., und Schweiberer L.: *Fractures of the distal end of the radius.* Orthopade. 1989, **18**(3): S. 214-24.
30. Buzzell J.E., Weikert D.R., Watson J.T., und Lee D.H.: *Precontoured fixed-angle volar distal radius plates: a comparison of anatomic fit.* J Hand Surg Am. 2008, **33**(7): S. 1144-1152.
31. Cho C.H., Lee K.J., Song K.S., und Bae K.C.: *Delayed rupture of flexor pollicis longus after volar plating for a distal radius fracture.* Clin Orthop Surg. 2012, **4**(4): S. 325-328.

32. Chung K.C. und Haas A.: *Relationship between patient satisfaction and objective functional outcome after surgical treatment for distal radius fractures.* J Hand Ther. 2009, **22**(4): S. 302-8.
33. Cooney W.P., Dobyns J.H., und Linscheid R.L.: *Complications of Colles' fractures.* J Bone Joint Surg Am. 1980, **62**(4): S. 613-619.
34. Crisco J.J., Moore D.C., Marai G.E., Laidlaw D.H., Akelman E., Weiss A.P., und Wolfe S.W.: *Effects of distal radius malunion on distal radioulnar joint mechanics-an in vivo study.* J Orthop Res. 2007, **25**(4): S. 547-55.
35. Cross A.W. und Schmidt C.C.: *Flexor tendon injuries following locked volar plating of distal radius fractures.* J Hand Surg Am. 2008, **33**(2): S. 164-167.
36. Cummings S.R., Kelsey J.L., Nevitt M.C., und O'Dowd K.J.: *Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures.* Epidemiol Rev. 1985, **7**: S. 178-208.
37. Dario P., Matteo G., Carolina C., Marco G., Cristina D., Daniele F., und Andrea F.: *Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures?* Injury. 2014, **45 Suppl 6**: S. S21-6.
38. Dee W., Klein W., und Rieger H.: *Reduction techniques in distal radius fractures.* Injury. 2000, **31 Suppl 1**: S. 48-55.
39. Deshmukh S.C., Shanahan D., und Coulthard D.: *Distal radioulnar joint incongruity after shortening of the ulna.* J Hand Surg Br. 2000, **25**(5): S. 434-8.
40. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV): *Messblatt für obere Gliedmaßen (F 4222).* 2017; Available from: http://www.dguv.de/medien/formtexte/aerzte/f_4222/f4222.pdf. [31.10.2017 um 18:41 Uhr].
41. Dijkstra P.U., Groothoff J.W., ten Duis H.J., und Geertzen J.H.: *Incidence of complex regional pain syndrome type I after fractures of the distal radius.* Eur J Pain. 2003, **7**(5): S. 457-62.
42. Dresing K.: *Leitlinien Unfallchirurgie-Distale Radiusfraktur.* 2014; Available from: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-015l_S2e_Distale_Radiusfraktur_2015-02.pdf. [08.05.2017; 20:07 Uhr].
43. Drobetz H. und Kutscha-Lissberg E.: *Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system.* Int Orthop. 2003, **27**(1): S. 1-6.
44. Dumont C., Fuchs M., Folwaczny E.K., Heuermann C., und Sturmer K.M.: *Results of palmar T-plate osteosynthesis in unstable fractures of the distal radius.* Chirurg. 2003, **74**(9): S. 827-33.
45. Durst J. und Rohen J.W.: *Chirurgische Operationslehre.* 2. Auflage. 1996, Stuttgart: Schattauer Verlag. S. 830-831.
46. Egol K.A., Walsh M., Romo-Cardoso S., Dorsky S., und Paksima N.: *Distal radial fractures in the elderly: Operative compared with nonoperative treatment.* J Bone Joint Surg Am. 2010, **92**(9): S. 1851-1857.
47. Farner S., Malkani A., Lau E., Day J., Ochoa J., und Ong K.: *Outcomes and cost of care for patients with distal radius fractures.* J Orthopedics. 2014, **37**(10): S. 866-878.
48. Felderhoff J., Wiemer P., Dronsella J., und Weber U.: *The operative therapy of distal unstable radius fractures with dorsal and volar plates. A retrospective study with respect to the DASH-score system.* Orthopade. 1999, **28**(10): S. 853-863.

49. Fellingner M., Grechenig W., und Clement H.: *Die operative Behandlung des distalen Radiusbruchs an typischer Stelle* European Surgery. 2002, **34**(3): S. 6-12.
50. Fernandez D.L.: *Should anatomic reduction be pursued in distal radial fractures?* J Hand Surg Br. 2000, **25**(6): S. 523-7.
51. Fernandez D.L. und Jupiter J.B.: *Fractures of the distal radius : A practical approach to management*. 2. Auflage. 2002, Berlin ; London: Springer-Verlag. S. 54-287.
52. Figl M., Weninger P., Liska M., Hofbauer M., und Leixnering M.: *Volar fixed-angle plate osteosynthesis of unstable distal radius fractures: 12 months results*. Arch Orthop Trauma Surg. 2009, **129**(5): S. 661-669.
53. Fowler J.R. und Ilyas A.M.: *Prospective evaluation of distal radius fractures treated with variable-angle volar locking plates*. J Hand Surg Am. 2013, **38**(11): S. 2198-2203.
54. 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 Orthop Scand. 1967, **108**: S. 1-155.
55. Gartland J.J., Jr. und Werley C.W.: *Evaluation of healed Colles' fractures*. J Bone Joint Surg Am. 1951, **33-A**(4): S. 895-907.
56. Gradl G., Steinborn M., Wizgall I., Mittlmeier T., und Schurmann M.: *Acute CRPS I (morbus sudeck) following distal radial fractures-Methods for early diagnosis*. Zentralbl Chir. 2003, **128**(12): S. 1020-1026.
57. Gray D.J. und Gardner E.: *The Innervation of the Joints of the Wrist and Hand*. Anat Rec. 1965, **151**: S. 261-6.
58. Grechenig W., Fellingner W., Seibert F.J., Plecko M., und Peicha G.: *Distal Radius Fractures-The value of wrist Arthroscopy in the acute setting*. Eur. J. Trauma. 2004, **30**(6): S. 353-360.
59. Gummesson C., Atroshi I., und Ekdahl C.: *The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery*. BMC Musculoskelet Disord. 2003, **4**: S. 11.
60. Gupta A.: *The treatment of Colles' fracture. Immobilisation with the wrist dorsiflexed*. J Bone Joint Surg Br. 1991, **73**(2): S. 312-5.
61. Haferkamp H., Krackrügge D., und Schäfer M.: *Flexor tendon ruptures after angle-stable, palmar plate osteosynthesis after distal radius fracture*. Orthop Unfallchir Prax. 2016, **2**: S. 81-87.
62. Hakimi M., Jungbluth P., Gehrman S., Nowak J., Windolf J., und Wild M.: *Unidirektionale vs. multidirektionale palmare winkelstabile Osteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. Vergleichende Analyse mit der 2,4-mm-LDR- vs. 2,7-mm-Matrix-Smartlock-Platte*. Unfallchirurg. 2010, **113**: S. 210-216.
63. Handoll H.H. und Madhok R.: *Surgical interventions for treating distal radial fractures in adults*. Cochrane Database Syst Rev. 2003, **CD003209**.
64. Handoll H.H. und Madhok R.: *The Cochrane Collaboration - Conservative interventions for treating distal radial fractures in adults (Review)*. 2008.

65. Hauk S.: *Die palmare Rahmenplatte zur Versorgung instabiler distaler Radiusfrakturen: Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung mit der Aptus 2,5mm Rahmenplatte-Versorgungszeitraum 2012-2013*. Voraussichtlich 2018.
66. Heggannavar A. und Gupta R.K.: *Study on the applicability of 10% rule of dominance in normal healthy left handed students of KLE university - An observational study*. Romanian J. of Physical therapy 2014, **20**(34).
67. Hepp W.R. und Tiedemann J.: *Behandlungsergebnisse von Radiusfrakturen*. Orthopäd. 1975, **4**(1): S. 38-39.
68. Holz F.: *Anerkannte Indikationen zur konservativen Frakturbehandlung-Distale Radiusfraktur*. Trauma und Berufskrankheit. 2004, **6**(1): S. 71-75.
69. Hotz T.K.: *Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese*. OP J. 2003, **19**(1): S. 21-27.
70. Jakubietz R.G., Gruenert J.G., Kloss D.F., Schindele S., und Jakubietz M.G.: *A randomised clinical study comparing palmar and dorsal fixed-angle plates for the internal fixation of AO C-type fractures of the distal radius in the elderly*. J Hand Surg Eur Vol. 2008, **33**(5): S. 600-4.
71. Jellad A., Salah S., und Ben Salah Frih Z.: *Complex regional pain syndrome type I: Incidence and risk factors in patients with fracture of the distal radius*. Arch Phys Med Rehabil. 2014, **95**(3): S. 487-92.
72. Jenkins N.H. und Mintowt-Czyz W.J.: *Mal-union and dysfunction in Colles' fracture*. J Hand Surg Br. 1988, **13**(3): S. 291-3.
73. Jupiter J.: *Future treatment and research directions in distal radius fracture*. Hand Clin. 2012, **28**(2): S. 245-8.
74. Jupiter J.B.: *Complex Articular Fractures of the Distal Radius: Classification and Management*. J Am Acad Orthop Surg. 1997, **5**(3): S. 119-129.
75. Kamano M., Honda Y., Kazuki K., und Yasuda M.: *Palmar plating for dorsally displaced fractures of the distal radius*. Clin Orthop Relat Res. 2002(397): S. 403-8.
76. Kapandji A.: *Internal fixation by double intrafocal plate. Functional treatment of non articular fractures of the lower end of the radius*. Ann Chir. 1976, **30**(11-12): S. 903-8.
77. Kawasaki K., Nemoto T., Inagaki K., Tomita K., und Ueno Y.: *Variable-angle locking plate with or without double-tiered subchondral support procedure in the treatment of intra-articular distal radius fracture*. J Orthop Traumatol. 2014, **15**(4): S. 271-4.
78. Keating J.F., Court-Brown C.M., und McQueen M.M.: *Internal fixation of volar-displaced distal radial fractures*. J Bone Joint Surg Br. 1994, **76**(3): S. 401-5.
79. Khatri K., Sharma V., Farooque K., und Tiwari V.: *Surgical Treatment of Unstable Distal Radius Fractures With a Volar Variable-Angle Locking Plate: Clinical and Radiological Outcomes*. Arch Trauma Res. 2016, **5**(2): S. e25174.
80. Kihara H., Palmer A.K., Werner F.W., Short W.H., und Fortino M.D.: *The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint congruency and forearm rotation*. J Hand Surg Am. 1996, **21**(1): S. 40-7.
81. Kissing W.: *Calcitonin in der Therapie des Sudeck-Syndrom*. Therapiewoche. 1979, **29**: S. 4771-4774.

82. Klug R.A., Press C.M., und Gonzalez M.H.: *Rupture of the flexor pollicis longus tendon after volar fixed-angle plating of a distal radius fracture: a case report.* J Hand Surg Am. 2007, **32**(7): S. 984-8.
83. Knirk J.L. und Jupiter J.B.: *Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults.* J Bone Joint Surg Am. 1986, **68**(5): S. 647-59.
84. Königsee Implantate: *Variabel winkelstabile distale Radiusplatten "Classic".* 2017; Available from: http://www.koenigsee-implantate.de/documents/2017-02-09_Produktuebersicht_vws.dist.Radiusplatten_3.5_Classic_DE_58aaf4c8.pdf. [28.11.2017; 15:51 Uhr]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Anne Sprechert am 14.11.2017 per Email.
85. Koval K.J., Harrast J.J., Anglen J.O., und Weinstein J.N.: *Fractures of the distal part of the radius. The evolution of practice over time. Where's the evidence?* J Bone Joint Surg Am. 2008, **90**(9): S. 1855-61.
86. Krämer J. und Grifka J.: *Arm und Hand In: Orthopädie Unfallchirurgie.* 8. Auflage. 2007, Heidelberg: Springer Verlag. S. 217-243.
87. Krämer S., Meyer H., O'Loughlin P.F., Vaske B., Krettek C., und Gaulke R.: *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): S. 710-7.
88. Krimmer H., Pessenlehner C., Hasselbacher K., Meier M., Roth F., und Meier R.: *Palmar fixed angle plating systems for instable distal radius fractures.* Unfallchirurg. 2004, **107**(6): S. 460-7.
89. Kwok I.H., Leung F., und Yuen G.: *Assessing results after distal radius fracture treatment: a comparison of objective and subjective tools.* Geriatr Orthop Surg Rehabil. 2011, **2**(4): S. 155-60.
90. Lagerstrom C., Nordgren B., und Rahme H.: *Recovery of isometric grip strength after Colles' fracture: a prospective two-year study.* Scand J Rehabil Med. 1999, **31**(1): S. 55-62.
91. Lambotte A.: *Chirurgie opératoire des fractures.* Masson, Paris. 1913.
92. Langenberg R.: *Fracture of the ulnar styloid process. Effect on wrist function in the presence of distal radius fracture.* Zentralbl Chir. 1989, **114**(15): S. 1006-11.
93. Letsch R., Schmit-Neuerburg K.P., und Towfigh H.: *[Indications and results of plate osteosynthesis of the distal radius].* Langenbecks Arch Chir. 1984, **364**: S. 363-8.
94. Limthongthang R., Bachoura A., Jacoby S.M., und Osterman A.L.: *Distal radius volar locking plate design and associated vulnerability of the flexor pollicis longus.* J Hand Surg Am. 2014, **39**(5): S. 852-60.
95. Lindau T.R., Aspenberg P., Arner M., Redlundh-Johnell I., und Hagberg L.: *Fractures of the distal forearm in young adults. An epidemiologic description of 341 patients.* Acta Orthop Scand. 1999, **70**(2): S. 124-8.
96. Lippert H. und Deller T.: *Lehrbuch Anatomie.* 8. Auflage. 2011, München: Elsevier, Urban & Fischer Verlag S. 862
97. Luther C., Germann G., Krimmer H., und Sauerbier M.: *Bedeutung des Ellengriffels bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen.* Trauma und Berufskrankheit. 2007, **9**(1): S. 31-37.

98. Lutsky K.F., Jimenez M., Rivlin M., Matzon J.L., Maltenfort M., und Beredjikian P.K.: *Reliability of the Soong Classification for Volar Plate Position.* J Hand Surg Am. 2016, **41**(7): S. 199-202.
99. Lutz M., Arora R., Smekal V., Krappinger D., Gschwentner M., Rieger M., und Pechlaner S.: *Long-term results following ORIF of dorsal dislocated distal intraarticular radius fractures.* Handchir Mikrochir Plast Chir. 2007, **39**(1): S. 54-9.
100. MacDermid J.C., Kramer J.F., Woodbury M.G., McFarlane R.M., und Roth J.H.: *Interrater reliability of pinch and grip strength measurements in patients with cumulative trauma disorders.* J Hand Ther. 1994, **7**(1): S. 10-14.
101. MacDermid J.C., Richards R.S., Donner A., Bellamy N., und Roth J.H.: *Responsiveness of the short form-36, disability of the arm, shoulder, and hand questionnaire, patient-rated wrist evaluation, and physical impairment measurements in evaluating recovery after a distal radius fracture.* J Hand Surg Am. 2000, **25**(2): S. 330-40.
102. MacKay B.J., Montero N., Paksima N., und Egol K.A.: *Outcomes following operative treatment of open fractures of the distal radius: A case control study.* Iowa Orthop J. 2013, **33**: S. 12-8.
103. Marlow W.J., Singhal R., Dheerendra S., Ralte P., Fischer J., und Waseem M.: *Distal radius volar locking plates: Does a variable angle locking system confer a clinical advantage?* Acta Orthop Belg. 2012, **78**(3): S. 309-16.
104. Marzi I. und Frank J.: *Palmare und dorsale Plattenosteosynthese der distalen Radiusfraktur In: Bericht über die Unfallmedizinische Tagung in Mainz am 9./10. November.* Bericht über die Unfallmedizinische Tagung in Mainz am 9./10. November 2002. 2002, **105**: S. 151-161.
105. Medartis: *ADAPTIVE Distales Radius System 2,5 - Produktinformation.* 2017; Available from: http://www.medartis.com/uploads/WRIST-01000001_v4.pdf. [19.11.2017; 21:43 Uhr]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Christine Hasler am 06.07.2017 per Email.
106. Meffert R.H.: *Displaced Distal Radius Fractures.* FESSH Congress in Brasilien, 2016. Bildnutzungsrecht erteilt durch Rainer H. Meffert am 06.07.2017.
107. Meffert R.H., Armsen N., Tüttenberg H.P., und Langer M.: *External fixation of wrist fractures in elderly patient* Osteoporos Int. 2002, **13**(2 Supplement): S. 13.
108. Meffert R.H., Bangen D., Ochman S., Raschke M.J., und Langer M.: *Ist der Fixateur externe überholt? Komplikationen nach palmarer, winkelstabiler Platte bei instabiler, distaler Radiusextensionsfraktur* Chir. Praxis. 2006, **66**: S. 75-91.
109. Mehling I., Meier M., Schlor U., und Krimmer H.: *Multidirectional palmar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fracture.* Handchir Mikrochir Plast Chir. 2007, **39**(1): S. 29-33.
110. Meier R., Krettek C., und Probst C.: *First results with a multidirectional fixed angle implant for internal fixation of distal radius fractures.* Unfallchirurg. 2010, **113**(10): S. 789-95.
111. Melton L.J., 3rd, Amadio P.C., Crowson C.S., und O'Fallon W.M.: *Long-term trends in the incidence of distal forearm fractures.* Osteoporos Int. 1998, **8**(4): S. 341-8.

112. Mentzel M., Hoss H., Ebinger T., Kinzl L., und Wachter N.J.: *Problems of malunited fractures of the distal radius*. Unfallchirurg. 2001, **104**(3): S. 210-4.
113. Merle M., Dautel G., und Rehart S.: *Traumatologie des Handgelenkes In: Chirurgie der Hand - Sekundäre Eingriffe*. 1. Auflage. 1999, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
114. Müntz P. und Kuner E.H.: *Konservative Therapie der distalen Radiusfraktur*. OP J. 1994, **1**: S. 4-20.
115. Musgrave D.S. und Idler R.S.: *Volar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using the 2,4-mm locking compression plates*. J Hand Surg Am. 2005, **30**(4): S. 743-9.
116. Nellans K.W., Kowalski E., und Chung K.C.: *The epidemiology of distal radius fractures*. Hand Clin. 2012, **28**(2): S. 113-25.
117. Neumaier M., Werber K.-D., Freude T., und Stöckle U.: *Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit begleitender Scaphoidfraktur*. In: *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 74. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 96. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 51. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie 2010*. Berlin.
118. Ng C.Y. und McQueen M.M.: *What are the radiological predictors of functional outcome following fractures of the distal radius?* J Bone Joint Surg Br. 2011, **93**(2): S. 145-50.
119. Nigst H.: *Fractures of the distal radius in the adult: Anatomy, trauma mechanisms, fracture types, and typical associated injuries* Unfallheilkunde. 1979, **82**(1): S. 1-6.
120. O'Neill T.W., et al.: *Incidence of distal forearm fracture in British men and women*. Osteoporos Int. 2001, **12**(7): S. 555-8.
121. Obert L., Rey P.B., Uhring J., Gasse N., Rochet S., Lepage D., Serre A., und Garbuio P.: *Fixation of distal radius fractures in adults: A review*. Orthop Traumatol Surg Res. 2013, **99**(2): S. 216-34.
122. Ochman S., Frerichmann U., Armsen N., Raschke M.J., und Meffert R.H.: *Is use of the fixateur externe no longer indicated for the treatment of unstable radial fracture in the elderly?* Unfallchirurg. 2006, **109**(12): S. 1050-7.
123. Oestern H.J.: *Distale Radiusfrakturen. Behandlung distaler Radiusfrakturen. Fehlstellungen*. In: *Tscherne Unfallchirurgie Teil 1 von Schmidt-Neuerburg K.-P., Towfigh H., Letsch R.* . 1. Auflage. 2001, Berlin Heidelberg: Springer Verlag. S. 218-251.
124. Ombredanne L.: *L'osteosynthese temporaire chez les enfants*. Presse med 1929, **52**.
125. Oppermann J., Wacker M., Stein G., Springorum H.P., Neiss W.F., Burkhart K.J., Eysel P., und Dargel J.: *Anatomical fit of seven different palmar distal radius plates*. Arch Orthop Trauma Surg. 2014, **134**(10): S. 1483-9.
126. Orbay J., Shah A., White B.D., Patel A., und Vernon L.: *Volar Plating as a Treatment for Distal Radius Fractures*. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2016, **4**(9): S. e1041.

127. Pace A. und Cresswell T.: *Use of articular wrist views to assess intra-articular screw penetration in surgical fixation of distal radius fractures.* J Hand Surg Am. 2010, **35**(6): S. 1015-8.
128. Patel V.P. und Paksima N.: *Complications of distal radius fracture fixation.* Bull NYU Hosp Jt Dis. 2010, **68**(2): S. 112-8.
129. Paulsen F. und Waschke J.: *Sobotta Atlas der Anatomie.* 24. Auflage. 2017, München: Urban & Fischer Verlag. Bildnutzungsrecht erteilt durch Cathrin Korz am 13.11.2017 und 27.11.2017 per Email.
130. Pennig D. und Gausepohl T.: *External fixation of the wrist.* Injury. 1996, **27**(1): S. 1-15.
131. Petersen P., Petrick M., Connor H., und Conklin D.: *Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule.* Am J Occup Ther. 1989, **43**(7): S. 444-7.
132. Pillukat T., Van Schoonhoven J., und Lanz U.: *Ulnar instability of the carpus.* Orthopade. 2004, **33**(6): S. 676-84.
133. Pilz F., Lindemann-Sperfeld L., Winter S., und Otto W.: *Distale Radiusfrakturen. Trauma und Berufskrankheit.* 2000, **2**(4): S. 313-319.
134. Plant C.E., Hickson C., Hedley H., Parsons N.R., und Costa M.L.: *Is it time to revisit the AO classification of fractures of the distal radius? Inter- and intra-observer reliability of the AO classification.* Bone Joint J. 2015, **97-B**(6): S. 818-23.
135. Porrino J.A., Jr., Maloney E., Scherer K., Mulcahy H., Ha A.S., und Allan C.: *Fracture of the distal radius: Epidemiology and premanagement radiographic characterization.* AJR Am J Roentgenol. 2014, **203**(3): S. 551-9.
136. Rausch S., Hoffmeier K., Gueorguiev B.G., Klos K., Gras F., Hofmann G.O., und Muckley T.: *Comparative study on the strength of different mechanisms of operation of multidirectionally angle-stable distal radius plates.* Z Orthop Unfall. 2011, **149**(6): S. 694-8.
137. Rawlings I.D.: *The management of dislocations of the carpal lunate.* Injury. 1981, **12**(4): S. 319-30.
138. Reichl M., Piatek S., Adolf D., Winckler S., und Westphal T.: *Unrepaired fracture of the styloid process of the ulna: not a bad treatment result at distal radius fracture.* Unfallchirurg. 2011, **114**(12): S. 1099-104.
139. Reill P. und Krufft S.: *Diagnosis and treatment of concomitant injuries and sequelae of distal radius fractures.* Chirurg. 1993, **64**(11): S. 899-906.
140. Rikli D.A., Babst R., und Jupiter J.B.: *Distal radius fractures: New concepts as basis for surgical treatment.* Handchir Mikrochir Plast Chir. 2007, **39**(1): S. 2-8.
141. Rikli D.A. und Regazzoni P.: *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): S. 588-92.
142. Ring D. und Jupiter J.B.: *Treatment of osteoporotic distal radius fractures.* Osteoporos Int. 2005, **16** (2): S. 80-4.
143. Rodriguez-Merchan E.C.: *Management of comminuted fractures of the distal radius in the adult. Conservative or surgical?* Clin Orthop Relat Res. 1998, **353**: S. 53-62.

144. Rozentel T.D. und Blazar P.E.: *Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius.* J Hand Surg Am. 2006, **31**(3): S. 359-65.
145. Rudigier J.: *Luxationen-Bandverletzungen In: Kurzgefasste Handchirurgie - Klinik und Praxis.* 5. Auflage. 2006, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. S. 123-125.
146. Ruggaber M. und Menke H.: *Der chronische Handgelenksschmerz-Diagnostik und Möglichkeiten der Therapie.* Hessisches Ärzteblatt. 2008, **2**: S. 92-95.
147. Saka H.: *Innervation of the periosteum and capsular ligament of the upper extremity in humans.* Okajimas Folia Anat Jpn. 1957, **30**(5): S. 291-321.
148. Sakhaii M., Groenewold U., Klonz A., und Reilmann H.: *Results after palmar plate-osteosynthesis with angularly stable T-plate in 100 distal radius fractures: A prospective study.* Unfallchirurg. 2003, **106**(4): S. 272-80.
149. Schierz A. und Meier C.: *Die konzeptionelle und technische Entwicklung der Frakturversorgung am Beispiel der distalen Radiusfraktur.* Schweiz Med Forum. 2010, **10**(18): S. 325-329.
150. Schmidt H.-M. und Lanz U.: *Chirurgische Anatomie der Hand.* 2. Auflage. 2003, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
151. Schmidt H.M.: *The anatomy of the ulnocarpal complex.* Orthopade. 2004, **33**(6): S. 628-37. Bildnutzungsrecht erteilt durch Barbara Elias am 23.11.2017 per Email und RightsLink Printable License vom 20.11.2017.
152. Schmidt R.T. und Toews J.V.: *Grip strength as measured by the Jamar dynamometer.* Arch Phys Med Rehabil. 1970, **51**(6): S. 321-7.
153. Schmidt S., Heinz T., und Dàvid A.: *Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur.* OP J. 2003, **19**(1): S. 10-15.
154. Schmit-Neuerburg K.-P., Towfigh H., und Letsch R.: *Tscherne Unfallchirurgie - Ellenbogen, Unterarm, Hand.* 2. Auflage. 2001, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. S. 450-502.
155. Schneiders W., Biewener A., Rammelt S., Rein S., Zwipp H., und Amlang M.: *Distal radius fracture. Correlation between radiological and functional results.* Unfallchirurg. 2006, **109**(10): S. 837-44.
156. Schünke M., Schulte E., und Schumacher U.: *Prometheus Lernatlas der Anatomie - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.* 3. Auflage. 2011, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. S. 368-372.
157. Schurmann M., Vogel T., Gartner A., Andress H.J., und Gradl G.: *Experiences with calcitonin treatment of patients with type I complex regional pain syndrome (CRPS I-Sudeck disease).* Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2001, **139**(5): S. 452-7.
158. Schutz M., Kolbeck S., Spranger A., Arndt-Kolbeck M., und Haas N.P.: *Palmar plating with the locking compression plate for dorsally displaced fractures of the distal radius-First clinical experiences.* Zentralbl Chir. 2003, **128**(12): S. 997-1002.
159. Sennwald G.: *Das Handgelenk.* 1987, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
160. Shih J.T., Lee H.M., Hou Y.T., und Tan C.M.: *Arthroscopically-assisted reduction of intra-articular fractures and soft tissue management of distal radius.* Hand Surg. 2001, **6**(2): S. 127-35.
161. Siebert H.R. und Klonz A.: *Fracture of the distal radius.* Unfallchirurg. 2005, **108**(2): S. 135-53.

162. Sipers W.M., Verdijk L.B., Sipers S.J., Schols J.M., und van Loon L.J.: *The Martin Vigorimeter Represents a Reliable and More Practical Tool Than the Jamar Dynamometer to Assess Handgrip Strength in the Geriatric Patient.* J Am Med Dir Assoc. 2016, **17**(5).
163. Slutsky D.J. und Osterman A.L.: *Arthroscopic Aided Treatment of Distal Radius Fractures.* in *In: Fractures and Injuries of the Distal Radius and Carpus: The cutting Edge.* 2008, Saunders Elsevier: Philadelphia/Pennsylvania. 209-217.
164. Solgaard S.: *Classification of distal radius fractures.* Acta Orthop Scand. 1985, **56**(3): S. 249-52.
165. Soong M., Earp B.E., Bishop G., Leung A., und Blazar P.: *Volar locking plate implant prominence and flexor tendon rupture.* J Bone Joint Surg Am. 2011, **93**(4): S. 328-35.
166. Soong M., Got C., Katarincic J., und Akelman E.: *Fluoroscopic evaluation of intra-articular screw placement during locked volar plating of the distal radius: a cadaveric study.* J Hand Surg Am. 2008, **33**(10): S. 1720-3.
167. Stoffelen D., De Mulder K., und Broos P.: *The clinical importance of carpal instabilities following distal radial fractures.* J Hand Surg Br. 1998, **23**(4): S. 512-6.
168. Stryker: *VariAx 2 Distal Radius Locking Plate System - Operative Technique.* 2015; Available from: http://az621074.vo.msecnd.net/syk-mobile-content-cdn/global-content-system/SYKGCSDOC-2-41936/MiwrOf1DglqrzHsYU8LSop34J0O2GQ/VAX_ST_4.pdf. [28.11.2017; 16:01 Uhr]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Nina Busse am 21.11.2017 per Email.
169. Synn A.J., Makhni E.C., Makhni M.C., Rozental T.D., und Day C.S.: *Distal radius fractures in older patients: is anatomic reduction necessary?* Clin Orthop Relat Res. 2009, **467**(6): S. 1612-20.
170. Synthes DVRA Anatomic Plate. 2017; [27.11.2017]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Vitus Fässler am 27.11.2017 per Email.
171. Synthes Palmar not locking T-plate: Synthes Plate Conversion Chart - Quick Reference for LCP. 2017; [27.11.2017]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Vitus Fässler am 27.11.2017 per Email.
172. Synthes Variable Angle LCP Two-Column Volar Distal Radius Plate 2.4. For fragment-specific fracture fixation with variable angle locking technology. 2015; [19.11.2017; 21:45 Uhr]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Vitus Fässler am 27.11.2017 per Email.
173. Synthes: *LCP Distales Radiussystem 2.4. - Dorsale und volare Platten für Frakturen und Osteotomien des distalen Radius* 2006; Available from: http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/INT%20Mobile/Synthes%20International/Product%20Support%20Material/legacy_Synthes_PDF/016.000.131.pdf. [19.11.2017; 21:42 Uhr]. Bildnutzungsrecht erteilt durch Vitus Fässler am 27.11.2017 per Email.
174. Tahririan M.A., Javdan M., und Motifard M.: *Results of pronator quadratus repair in distal radius fractures to prevent tendon ruptures.* Indian J Orthop. 2014, **48**(4): S. 399-403.

175. Tanaka H., Hatta T., Sasajima K., Itoi E., und Aizawa T.: *Comparative study of treatment for distal radius fractures with two different palmar locking plates.* J Hand Surg Eur Vol. 2016, **41**(5): S. 536-42.
176. Teunis T., Joeris A., Rikli D., und Jupiter J.: *Evaluation of Radiographic Alignment, Function and Complications of a New Variable-Angle Locking Volar Distal Radius Plate - A Prospective Multicenter Case Series.* J Wrist Surg. 2015, **4**.
177. Thielke K.H., Wagner T., Bartsch S., und Echtermeyer V.: *Angularly stable radius plate: progress in treatment of problematic distal radius fracture?* Chirurg. 2003, **74**(11): S. 1057-63.
178. Thompson P.W., Taylor J., und Dawson A.: *The annual incidence and seasonal variation of fractures of the distal radius in men and women over 25 years in Dorset, UK.* Injury. 2004, **35**(5): S. 462-6.
179. Towfigh H., Hierner R., Langer M., und Friedel R.: *Handchirurgie 2011*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
180. Trumble T.E., Schmitt S.R., und Vedder N.B.: *Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures.* J Hand Surg Am. 1994, **19**(2): S. 325-40.
181. Uzdil T. und Winker K.H.: *Distale Radiusfrakturen.* Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. 2007, **2**(1): S. 1-20.
182. van Lanz T. und Wachsmuth W.: *Praktische Anatomie.* 2. Auflage. 2004, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. S. 175-222.
183. Werner F.W., Murphy D.J., und Palmer A.K.: *Pressures in the distal radioulnar joint: effect of surgical procedures used for Kienbock's disease.* J Orthop Res. 1989, **7**(3): S. 445-50.
184. Werner F.W., Palmer A.K., Fortino M.D., und Short W.H.: *Force transmission through the distal ulna: effect of ulnar variance, lunate fossa angulation, and radial and palmar tilt of the distal radius.* J Hand Surg Am. 1992, **17**(3): S. 423-8.
185. Wich M., Sixto R., und Spranger N.: *Design of distal radius volar locking plates : Anatomical, surgical and biomechanical aspects.* Unfallchirurg. 2016, **119**(9): S. 742-6.
186. Wilcke M.K., Abbaszadegan H., und Adolphson P.Y.: *Patient-perceived outcome after displaced distal radius fractures. A comparison between radiological parameters, objective physical variables, and the DASH score.* J Hand Ther. 2007, **20**(4): S. 290-299.
187. Wilhelm A.: *Innervation of the joints of the upper extremity.* Anat Entwicklungsgesch. 1958, **120**(5): S. 331-71.
188. Witzel K., Raschka C., Schiffhauer S., und Koch H.J.: *Epidemiology and chronoepidemiology of distal radius fractures.* Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2001, **139**(3): S. 252-5.
189. Wolters R. und Krimmer H.: *Die distale Radiusfraktur -Pathomechanismus, Klassifikation und therapeutisches Vorgehen.* Handchir Scan. 2016, **5**(3): S. 227-241.
190. Wong T.C., Yeung C.C., Chiu Y., Yeung S.H., und Ip F.K.: *Palmar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using locking plates with Smartlock locking screws.* J Hand Surg Eur Vol. 2009, **34**(2): S. 173-8.

191. Zenke Y., Sakai A., Oshige T., Moritani S., und Nakamura T.: *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): S. 102-7.

9 Anhang

Universitätsklinikum Würzburg

Zentrum Operative Medizin

Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Rainer H. Meffert



Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie
Oberdürrbacher Str. 6 · 97080 Würzburg

Herrn/Frau
Patient

Ihre Nachricht vom: _____
Ihr Zeichen: _____
Fallnummer: Fall _____

Bitte bei Antwort angeben:
Unser Zeichen: _____
Telefon: (09 31) 2 01 37001
Telefax: (09 31) 2 01 37009
neumann_j@chirurgie.uni-wuerzburg.de

Würzburg,

„Klinische Nachuntersuchung nach distaler Radiusfraktur (Vers. 1)“

Sehr geehrte(r).....

Sie wurden aufgrund eines Handgelenkbruches (distale Radiusfraktur) vor einiger Zeit in unserer Klinik mit einem modernen Titanimplantat bei uns operiert. Wir haben bisher sehr gute Erfahrungen damit gesammelt, was allerdings wissenschaftlich bisher nicht belegt ist. Um den Erfolg neuer Behandlungstechniken auch in Zukunft sicherzustellen, würden wir Sie sehr gerne zu einer Nachuntersuchung einladen.

Wir wollen Ihre Einschätzung zur Funktion kennenlernen und ein paar Messungen der Beweglichkeit und Kraft vornehmen. Sollten Einschränkungen oder Probleme vorliegen, beraten wir Sie gerne. Die knapp 30-minütige Untersuchung wird für Sie ohne Wartezeiten am vereinbarten Termin umgehend stattfinden.

Wir erlauben uns, Sie in den nächsten Tagen telefonisch zu kontaktieren, um das weitere Vorgehen zu besprechen und um einen Termin mit Ihnen zu vereinbaren. Falls Sie die Untersuchung ablehnen, können Sie uns dies direkt am Telefon mitteilen.

Bis dahin verbleiben wir mit dem besten Dank für Ihre Bereitschaft.

Mit freundlichen Grüßen

Univ. Prof. Dr. med. R. Meffert
Direktor der Klinik

cand. med. C. Sönmez
Doktorandin der Klinik

Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-,
Plastische und Wiederherstellungschirurgie
Oberdürrbacher Str. 6 Haus A1/A2
97080 Würzburg
Anstalt des öffentlichen Rechts

Tel.: (09 31) 2 01 0
Fax: (09 31) 2 01 55779
www.chirurgie.uni-wuerzburg.de
www.klinik.uni-wuerzburg.de

Das Klinikum ist mit der Straßenbahn, Linie 1 und 5 (Grombühl), Haltestelle Pestalozzistr. (Uniklinikum A), und Shuttlebus zu erreichen.

Privatsprechstunde
Prof. Dr. R. Meffert
(Vorzimmer: Fr. Riechwald)
Montag und Donnerstag
Anmeldung unter
Tel.: (0931) 2 01-37001
Fax.: (0931) 2 01-37009

Plastisch-ästhetische Chirurgie
Kooperationspartner
Brustzentrum
Sektionsleiter: Dr. K. Schmidt
Montag und Donnerstag
Anmeldung unter
Tel.: (0931) 201-37032

Allgemeine Poliklinik
Täglich, Anmeldung unter
Tel.: (0931) 201-37501

Notfälle: 0931-20137501

Spezialsprechstunden
Anmeldung unter
Tel.: (0931) 201-37501

Handsprechstunde:
Montag und Donnerstag

Arbeitsunfälle (BG)
Dienstag 8.00-14.00 Uhr
Mittwoch 8.00-14.00 Uhr

Sportunfälle - Arthroskopie
Knie: Di 08.00-12.00 Uhr
Schulter: Fr 08.00-12.00 Uhr

Endoprothetik - Fußchirurgie
Mittwoch 8.00-12.00 Uhr

**Wirbelsäule - Becken-
Problemfrakturen**
Freitag 10.00-14.00 Uhr

Gutachtenstelle:
Fr. Seufert/Fr. Riechwald
Tel.: 0931-201-37190
Fax: 0931-201-37199

Stationen:
Station O 13
Tel.: (0931) 201-38400
Station O 14
Tel.: (0931) 201-38500



Anhang 1: Einladungsschreiben.

Patienteninformation zur Studie "Klinische Nachuntersuchung nach distalen Radiusfrakturen"

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie sind eingeladen, an einer klinischen Nachuntersuchung teilzunehmen. Diese Nachuntersuchung wird durchgeführt, um weitere Erkenntnisse über die bestmögliche Behandlungsform bei einer solch schweren Verletzung wie der Ihrigen zu erhalten. Das bedeutet, dass diese Nachuntersuchung der klinisch-medizinischen Forschung dient. Im Folgenden möchten wir Sie über die Ziele und den Verlauf der Nachuntersuchung informieren, Ihnen Informationen über den Ablauf geben und erklären, warum Ihre Mitarbeit wichtig ist. Wir bitten Sie, diese Information sorgfältig zu lesen und anschließend zu entscheiden, ob Sie an dieser Nachuntersuchung – auf rein freiwilliger Basis – teilnehmen möchten. Für weitere Fragen stehen wir Ihnen selbstverständlich zur Verfügung.

1. Über Ihre Verletzung

Sie hatten sich vor einiger Zeit einen schweren Bruch der Speiche (Radius) zugezogen. Diese Verletzung hinterlässt häufig "Spuren", die zu Gelenkverschleiß, Bewegungseinschränkungen, Kraftminderung, Beschwerden im Alltag und eingeschränkter Lebensqualität führen können.

2. Ziel der klinischen Prüfung

Wir möchten durch diese Nachuntersuchung gerne genauer die Dauerfolgen Ihrer Verletzung kennenlernen. Wir bemühen uns als Universitätsklinikum – insbesondere aber als Ärzte – darum, den Patienten die bestmögliche Behandlungsmethode zukommen zu lassen und den Patienten auch eine reelle und frühzeitige Prognose über den weiteren Behandlungsverlauf und das zu erwartende Behandlungsergebnis zu geben. Dies ist nur dann möglich, wenn eine entsprechende Datengrundlage von möglichst vielen Patienten vorhanden ist. Dafür sind klinische Nachuntersuchungen wie diese notwendig.

3. Teilnahme an der Nachuntersuchung

Die Teilnahme an der Nachuntersuchung ist auf rein freiwilliger Basis. Sie behalten sich immer das Recht vor, die freiwillige Mitwirkung jederzeit und ohne Angabe von Gründen zu beenden, ohne dass Ihnen daraus Nachteile für eine weitere medizinische Betreuung entstehen!



4. Ablauf der Nachuntersuchung

Sie werden von uns telefonisch kontaktiert, ob Sie an der Nachuntersuchung teilnehmen möchten. Falls dies der Fall ist, wird mit Ihnen ein Termin in unserer Ambulanz vereinbart. Es erfolgt eine klinische Untersuchung mit Messung der Beweglichkeit beider Arme und eine Kraftmessung. Sie erhalten Fragebögen zu den Verletzungsfolgen und Einschränkungen im täglichen Leben aufgrund der Verletzung. Die Untersuchung dauert ca. 30 Minuten, das Ausfüllen der Fragebögen ca. 15 Minuten. Auf Wunsch können Sie die Fragebögen auch mit nachhause nehmen und uns anschließend zuschicken.

Wir bieten Ihnen – sofern Sie dies wünschen – anschließend noch ein ärztliches Beratungsgespräch an. Falls dabei die Durchführung von weitergehenden Untersuchungen (z.B. Röntgen, CT oder MRT) empfohlen wird, ist dafür eine Überweisung vom Hausarzt hilfreich, diese während Ihres Termins durchzuführen oder zu veranlassen. Diese Untersuchungen sind allerdings nicht Bestandteil dieser Studie.

5. Datenverwaltung/ Datenschutz

Während der Nachuntersuchung werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und niedergeschrieben. Die Aufzeichnung der im Rahmen dieser klinischen Prüfung erhobenen Daten erfolgt zunächst in der Klinik-EDV. Für ambulante Krankenhausunterlagen besteht eine generelle gesetzliche Aufbewahrungsfrist von 10 Jahren. Sofern gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, oder Sie es explizit selber wünschen (z.B. als Brief an Ihren Hausarzt) haben nur die Ärzte und deren Mitarbeiter Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht. Die für die Studie wichtigen Daten werden zur Auswertung zusätzlich pseudonymisiert in einen gesonderten Dokumentationsbogen eingetragen. Pseudonymisiert bedeutet, dass die Angaben zur Identität (Name, Adresse, Geburtsdatum u.ä.) durch einen Code ersetzt werden. Nur Ihrem Prüfarzt ist es möglich, eine Zuordnung der Daten zu der entsprechenden Person vorzunehmen. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser klinischen Studie werden Sie nicht namentlich genannt. Beim Umgang mit den Daten werden die aktuellen Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet. Bei Widerruf der Teilnahme werden Ihre persönlichen Daten sowie der Code für die Pseudonymisierung gelöscht.

6. Ethische und gesetzliche Grundlagen

Diese klinische Prüfung wird unter Berücksichtigung der Richtlinien der Deklaration von Helsinki zur biomedizinischen Forschung am Menschen in der derzeit gültigen Fassung durchgeführt. Die Studie wurde vor Studienbeginn einer unabhängigen Ethikkommission zur Begutachtung vorgelegt und von dieser genehmigt.

7. Aufwandsentschädigung / Erstattung der Fahrtkosten

Durch die Teilnahme an der klinischen Prüfung werden Ihnen keine zusätzlichen Kosten entstehen. Allerdings können wir Ihnen für die Teilnahme an der Nachuntersuchung leider keine Fahrtkosten erstatten, da wir keine finanziellen Mittel für diese Studie erhalten.

8. Ansprechpartner:

Sollten Sie Rückfragen haben, so sind wir unter der Telefonnummer: 0931-201-37001 für Sie erreichbar.

Cagla Sönmez
Doktorandin

Prof. Dr. med. Rainer H. Meffert
Chefarzt der Klinik



**Einverständnis zur Teilnahme an der klinischen Nachuntersuchung
nach distalen Radiusfrakturen**

Name, Vorname:

Geb.-Datum:

Anschrift:

—

Ich erkläre mich bereit, an der wissenschaftlichen Studie
"Klinische Nachuntersuchung nach distalen Radiusfrakturen" teilzunehmen.

Ich bin von Herrn / Frau _____ ausführlich und verständlich über
mögliche Belastungen und Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der
Studie und sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich
habe darüber hinaus das Informationsschreiben gelesen. Aufgetretene Fragen wurden
mir vom Studienleiter oder von seinen Assistenten verständlich und genügend
beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine
weiteren Fragen mehr.

—

Ich behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit und ohne
Angaben von Gründen zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile für meine weitere
medizinische Betreuung entstehen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser
Nachuntersuchung ermittelten Daten aufgezeichnet werden. Beim Umgang mit den
Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet.

—

Würzburg, den _____

(Unterschrift Patient)

(Unterschrift Studienarzt)

Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie
(Chirurgische Klinik II)
Oberdürrbacher Str. 6 · Haus A1/A2
97080 Würzburg

Tel.: (09 31) 2 01 – 55777
Fax: (09 31) 2 01 – 55779
www.unfallchirurgie.uni-wuerzburg.de
www.klinik.uni-wuerzburg.de



Das Zentrum Operative Medizin ist mit Straßenbahn, Linie 1 und 5 (Grombühl), Haltestelle Pestalozzistr. (Uniklinikum A) und Shuttlebus zu erreichen.

Anhang 2: Einverständniserklärung.

Klinische Nachuntersuchung nach distalen Radiusfrakturen

1 / 4

Fallnummer: _____

Untersuchungsdatum:

Vom Patient auszufüllen

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 Unfall Sonstige: _____

Unfallhergang: Beruf Freizeit Haushalt Sport Verkehr

Anhang 3: Nachuntersuchungsbogen.

Vom Arzt auszufüllen

Inspektion

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

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

Vom Arzt auszufüllen

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		

Vom Arzt auszufüllen

Gartland and Werley

Restdeformitäten	Prominenz Processus styloideus	1
	Residuelle Dorsalneigung (dorsal tilt)	2
	Radiale Deviation (17° - 13° = 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

Anhang 4: Gartland und Werley Score.

DER

DASH-Fragebogen

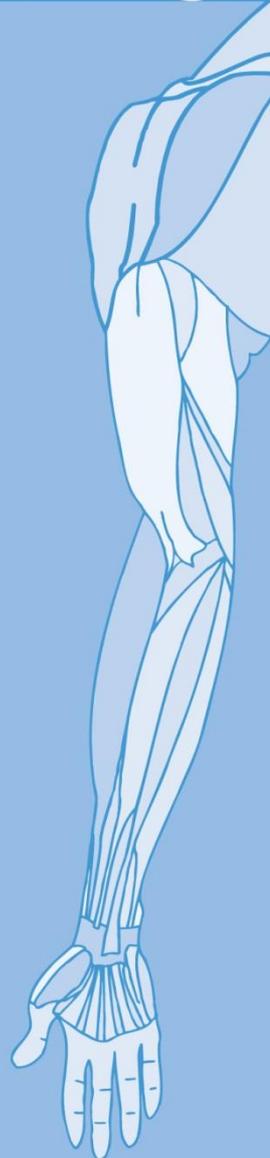
ANLEITUNG

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.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

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

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden 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.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems 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 Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems 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.



Telefonprotokoll - Distale Radiusfraktur

- 1) Probleme/Einschränkungen allgemein? Zufriedenheit?
- 2) Frakturen/Verletzungen/Erkrankungen bereits davor gehabt?
- 3) Taubheit, Kribbeln?
- 4) Schwellung, Deformitäten, Schmerzen?
- 5) Narbenverhältnisse (Rötung, Schmerz, Empfindlichkeit, Verschieblichkeit, ungefähre Länge)
- 6) Implantatentfernung: nein / ja (Grund?)
- 7) Bewegung: Einschränkungen?
 - a. Dorsalextension, Palmarflexion
 - b. Supination, Pronation
 - c. Radialduktion, Ulnarduktion
 - d. Rotation
 - e. Fingerkuppenhohlhandabstand, Fingernageltischabstand
- 8) Kraft: Einschränkungen?
 - a. Pinch-o-Meter: Daumen-Zeigefinger Druck
 - b. Vigorimeter: Druck Faustschluss
 - c. Dynamometer: Kraft Handgelenk
- 9) Aktivitäten im Alltag (Bsp: Küche, Haushalt, waschen, ankleiden, Einkaufstaschen tragen)
- 10) Sport & Freizeitaktivitäten? Vorher / nachher

Anhang 6: Telefonprotokoll.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Rainer H. Meffert für die freundliche Überlassung des Themas, die hervorragende Betreuung und Beratung sowie die Korrektur des Manuskriptes.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei meiner Familie für die moralische Unterstützung, das in mich gesetzte grenzenlose Vertrauen und die wertvollen Korrekturvorschläge.

Mein Dank gilt auch meiner Freundin Saskia für die vielen gemeinsamen Stunden in der Klinik.

Letztlich gilt mein Dank auch dem Springer Verlag, dem Elsevier Urban & Fischer Verlag, der AO Foundation, der Firmen DePuy Synthes, Medartis AG, Stryker GmbH & Co. KG, axomed GmbH und Königsee Implantate GmbH für die freundliche Abdruckgenehmigung ihrer Abbildungen.

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die Dissertation selbständig 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.

Würzburg, 29.01.2018

Ort, Fertigstellungsdatum

Unterschrift

LEBENS LAUF

Persönliche Angaben

Name Cagla Sönmez
Geburtsort Augsburg

Promotion

2015 - heute „Die palmare Rahmenplatte zur Versorgung instabiler distaler Radiusfrakturen: Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung mit der Aptus 2,5 mm Rahmenplatte im Versorgungs-zeitraum 2009 bis 2011.“
Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universität Würzburg
Doktorvater: Prof. Dr. med. R. Meffert

Akademischer Werdegang

06.2019 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

12.2018 - 04.2019 Drittes Tertial des praktischen Jahres am Klinikum Ingolstadt: Innere Medizin

09.2018 - 12.2018 Zweites Tertial des praktischen Jahres am Klinikum Memmingen: Chirurgie

05.2018 - 09.2018 Erstes Tertial des praktischen Jahres am Klinikum Aschaffenburg-Alzenau: Gynäkologie und Geburtshilfe

04.2018 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

08.2016 Famulatur: Kardiologische Praxis, Dr. Potolidis, Augsburg

02.2016 Famulatur: Handchirurgie, Universitätsklinikum Augsburg

02.2015 Famulatur: Allgemeinmedizinische Praxis Dr. Duschek/ Dr. Skowronek, Augsburg

09.2014 Famulatur: Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum Augsburg

03.2014 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung

10.2011 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg

Beruflicher Werdegang

04.2017 - 04.2018 Schlaflabor Dr. Roth/ Dr. Stelzer, Würzburg

09.2011 - 12.2011 Ausbildung als medizinische Fachangestellte in der gefäßchirurgischen Praxis Dr. Tsantilas, Augsburg

Schulischer Werdegang

2008 - 2011 Holbein Gymnasium, Augsburg

2002 - 2008 Sankt Ursula Realschule, Augsburg

2001 - 2002 Elias-Holl Hauptschule, Augsburg

1997 - 2001 Elias-Holl Grundschule, Augsburg

Zusätzliche Qualifikationen

Sprachkenntnisse Englisch: verhandlungssicher
Französisch: Schulkenntnisse
Türkisch: Muttersprache

EDV-Kenntnisse Windows
Microsoft-Office

Stipendium

2006 - 2011 Stipendium „Talent im Land Bayern“ vergeben von der Robert Bosch Stiftung und Stiftung Bildungspaket Bayern

Würzburg, den, 29.01.2018