

Aus dem Marienhospital Stuttgart
(Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen)
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. K.-K. Dittel

**Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung
bei distalen Radiusfrakturen
mit und ohne Carpaltunnelspaltung**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Cornelius Kübler
aus Stuttgart
2007**

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. K.-K. Dittel
2. Berichterstatter: PD. Dr. C. Eingartner

Meiner Mutter und meinem Vater in Dankbarkeit und Liebe gewidmet.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung der Arbeit	3
1.2 Epidemiologie	4
1.3 Anatomische Grundlagen	4
1.3.1 Articulatio radiocarpalis	4
1.3.2 Articulatio radioulnaris distalis	7
1.3.3 Canalis carpi	9
1.3.4 Nervus medianus	11
1.4 Frakturmechanismen	14
1.4.1 Brüche mit dorsaler Verschiebung (Typ Colles)	15
1.4.2 Brüche mit volarer Verschiebung (Typ Smith)	17
1.4.3 Vordere und hintere Kantenabbrüche	18
1.4.4 Brüche des Processus styloideus radii und Meißelfrakturen	18
1.4.5 Trümmerbrüche	18
1.5 Frakturreinteilung und Klassifikationen	19
1.6 Diagnostik	23
1.7 Indikationsstellung	24
1.8 Therapie	26
1.8.1 Perkutane Bohrdrahtosteosynthese	26
1.8.2 Plattenosteosynthese	28
1.9 Rehabilitation	34
1.10 Komplikationen	35
2 Patienten, Material und Methoden	39
2.1 Patientenkollektiv	39
2.1.1 Nachuntersuchungszeitraum	40
2.1.2 Alter	40
2.1.3 Geschlecht	40
2.2 Klassifikation der Frakturen	41
2.3 Behandlung	41

2.4	Nachuntersuchung	42
2.4.1	Untersuchungsablauf	43
2.4.2	Anamnese	48
2.4.3	Beschwerdesymptomatik	48
2.4.4	Inspektion und Palpation	49
2.4.5	Funktionelle, objektive und subjektive Bewertung	49
2.4.6	Radiologische Beurteilung	52
2.5	Auswertungsmodus	55
2.6	Patientengruppen	60
2.6.1	Plattenosteosynthese mit Spaltung des Retinaculum flexorum	60
2.6.2	Plattenosteosynthese ohne Spaltung des Retinaculum flexorum	60
2.6.3	Kirschner-Drahtfixation mit Spaltung des Retinaculum flexorum	61
2.6.4	Kirschner-Drahtfixation ohne Spaltung des Retinaculum flexorum	61
3	Kasuistik	62
4	Ergebnisse	66
4.1	Frakturverteilung	66
4.2	Linkshänder und Rechtshänder	66
4.3	Bruchseite	67
4.4	Unfallarten	68
4.5	Schnitt-Naht Zeiten	69
4.6	Komplikationen	70
4.7	Arbeitsunfähigkeitszeiten	71
4.8	Vergleich Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung (CTS)	72
4.9	Vergleich Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung (CTS)	74

4.10	Vergleich Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS	76
4.11	Vergleich Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen	78
5	Diskussion	80
5.1	Schlussfolgerung	101
6	Zusammenfassung	103
7	Literaturverzeichnis	104
8	Danksagung	120
9	Lebenslauf	121

Abbildungsverzeichnis	Seite
<u>Abb. 1:</u> Handgelenke und Zwischenknochenbänder	5
<u>Abb. 2:</u> Neigungswinkel der Gelenkflächen am Radius	5
<u>Abb. 3:</u> Korrespondierende Gelenkflächen der rechten Articulatio radiocarpalis (proximales Handgelenk)	6
<u>Abb. 4:</u> Distaler Carpaltunnel mit Tiefenausdehnung	9
<u>Abb. 5:</u> N. medianus (C5-TH1) an der Hand	11
<u>Abb. 6:</u> Varianten des N. medianus und des Thenarastes (Beispiele) im Bereich des Carpalkanals an der rechten Hand	13
<u>Abb. 7:</u> Extensionsfraktur des distalen Radius	14
<u>Abb. 8:</u> Flexionsfraktur des distalen Radius	14
<u>Abb. 9:</u> Abhängigkeit der Frakturklassifikation vom Winkel zwischen Hand und Unterarm beim Sturz auf die ausgestreckte Hand	16
<u>Abb. 10:</u> AO-Klassifikation	20
<u>Abb. 11:</u> Möglichkeiten der Kirschner-Drahtspickung	28
<u>Abb. 12:</u> Dorsaler Zugang: Hautinzision	29
<u>Abb. 13:</u> Dorsaler Zugang zum Handgelenk zwischen erstem und zweitem Strecksehnenfach für Frakturen des Radiusstyloids	30

<u>Abb. 14:</u> Dorsaler Zugang zum Handgelenk durch das dritte Strecksehnenfach (EPL) für Frakturen des Radiusstyloids	31
<u>Abb. 15:</u> Palmarer Zugang zum Handgelenk (Henry)	32
<u>Abb. 16:</u> Palmarer Zugang zum Handgelenk (S-förmig)	33
<u>Abb. 17:</u> Prozentuale Häufigkeitsverteilung distaler intraartikulärer Radiusfrakturen nach Geschlecht	40
<u>Abb. 18:</u> Prozentuale Häufigkeitsverteilung der nach AO-Klassifikation unterteilten Frakturen des distalen Radius	41
<u>Abb. 19:</u> Prozentuale Häufigkeit des therapeutischen Vorgehens bei distaler intraartikulärer Radiusfraktur	42
<u>Abb. 20:</u> Martin Universal-Radius-Plattensystem nach K.-K. Dittel (2002)	42
<u>Abb. 21:</u> Maßeinheit und Winkelstabilität	43
<u>Abb. 22:</u> Bewegungsmaße nach der Neutral-Null-Methode mit Angabe der Normalwerte	49
<u>Abb. 23:</u> Sensibilität des N. medianus	51
<u>Abb. 24:</u> Tinel-Hoffmann-Zeichen bei Carpaltunnelsyndrom	52
<u>Abb. 25:</u> Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im anterior-posterioren Strahlengang	53

<u>Abb. 26:</u> Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im seitlichen Strahlengang	54
<u>Abb. 27:</u> Kriteriengewichtung in % von 27 Punkten	57
<u>Abb. 28:</u> Kriteriengewichtung in % von 37 Punkten	59
<u>Abb. 29:</u> Patientenzahlen, Gruppenaufteilung und prozentuale Zuordnung	61
<u>Abb. 30:</u> Unfallbild: Extensionsfraktur, AO-Klassifikation 23 C 2.2	63
<u>Abb. 31:</u> Operationsbild	64
<u>Abb. 32:</u> Versorgungsbild: Postoperatives Ergebnis nach zwei Wochen	65
<u>Abb. 33:</u> Nachuntersuchungsaufnahmen: Ergebnis nach acht Monaten	65
<u>Abb. 34:</u> Prozentuale Frakturhäufigkeit	66
<u>Abb. 35:</u> Prozentuale Häufigkeit der Links-/Rechtshänder	67
<u>Abb. 36:</u> Prozentuale Häufigkeit der Bruchseite	67
<u>Abb. 37:</u> Prozentuale Häufigkeit der Unfallursachen	68
<u>Abb. 38:</u> Durchschnitt der Operationszeit	69
<u>Abb. 39:</u> Komplikationen innerhalb der verschiedenen Gruppen	70
<u>Abb. 40:</u> Wochendurchschnitt der Arbeitsunfähigkeitszeiten	71

<u>Abb. 41:</u> Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Castaing“	72
<u>Abb. 42:</u> Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Gartland and Werley“	73
<u>Abb. 43:</u> Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Castaing“	74
<u>Abb. 44:</u> Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Gartland and Werley“	75
<u>Abb. 45:</u> Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS im Verfahrensvergleich nach „Castaing“	76
<u>Abb. 46:</u> Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS im Verfahrensvergleich nach „Gartland and Werley“	77
<u>Abb. 47:</u> Ergebnisse der Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen nach „Castaing“	78
<u>Abb. 48:</u> Ergebnisse der Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen nach „Gartland and Werley“	79

Tabellenverzeichnis	Seite
<i>Tab. 1:</i> Prozentsatz der drei Ulna-Varianten in verschiedenen Zusammenstellungen nach Nigst	8
<i>Tab. 2:</i> Informationsblatt zur Studie	44
<i>Tab. 3:</i> Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie	46
<i>Tab. 4:</i> Nachuntersuchungsbogen	47
<i>Tab. 5:</i> Bewertungskriterien nach „Castaing“ (Punkteverteilung)	55
<i>Tab. 6:</i> Bewertungskriterien nach „Gartland und Werley“ (Punkteverteilung)	57

Verzeichnis der Abkürzungen

A	A.	Arteria
	Abb.	Abbildung
	AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
	a.p.	anterior-posterior
	Aufl.	Auflage
B	Bd.	Band
	bzw.	beziehungsweise
	BV	Bildverstärker
C	ca.	circa
	CRPS	Complex regional pain syndrome
	CT	Computertomographie
	CTS	Carpaltunnelsplattung
D	DRUG	distales Radioulnargelenk
E	EPL	M. Extensor pollicis longus
	et al.	et alii (und Mitarbeiter)
	etc.	et cetera
	evtl.	eventuell
F	FCR	M. Flexor carpi radialis
G	ggf.	gegebenenfalls
H	h	Stunde
	Hrsg.	Herausgeber
K	kp	Kilo-Pascal

Verzeichnis der Abkürzungen

L	Lig.	Ligamentum
M	m	männlich
	M.	Morbus
	M.	Musculus
	mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule (SI-Einheit; Blutdruck)
	MRT	Magnetresonanztomographie
N	n	Anzahl
	N.	Nervus
	Nn.	Nervi
	Nr.	Nummer
O	o.B.	ohne Besonderheit
	o.g.	oben genannt
P	Pa	Pascal (SI-Einheit; Druck, mechanische Spannung)
	Proc.	Processus
R	R.	Ramus
	RUP	Radius-Universal-Platte
S	seitl.	seitlich
T	Tab.	Tabelle
	TFCC	Triangular fibrocartilage complex
U	u.a.	unter anderem
V	vs.	versus
	Vol.	Volume

Verzeichnis der Abkürzungen

W	w	weiblich
Z	z. B.	zum Beispiel
	ZNS	zentrales Nervensystem

1 Einleitung

Die unbestritten am häufigsten auftretende Fraktur im unfallchirurgischen Krankengut ist die distale Radiusfraktur. Sie betrifft ca. 10 bis 25 %, im Mittel 17% aller Frakturen und zu 75% aller Frakturen am Unterarm. In Deutschland treten über 200.000 Frakturen pro Jahr auf und diese Zahl wird in den nächsten Jahren aufgrund der Altersstruktur in den westlichen Ländern weiter ansteigen (Owen et al. 1982, Siebert und Klönz 2005).

Hierbei werden drei Altersgipfel unterschieden (Lenoble 1995):

- Kinder zwischen sechs und zehn Jahren
- Erwachsene zwischen dem 30. und 45. Lebensjahr, hervorgerufen durch Hochrasanztraumen und Sportunfälle.
- Erwachsene ab dem 60. Lebensjahr, wobei Frauen wegen der postmenopausalen Osteoporose dreimal häufiger betroffen sind als Männer.

Insgesamt also betrifft das weibliche Geschlecht zwischen 70-90%, ebenso wird auch eine jahreszeitliche Abhängigkeit beschrieben (Mallmin und Ljunghall 1992, Habernek et al. 1994). Diese Zahlen lassen auf der einen Seite für eine erhebliche volkswirtschaftliche Bedeutung sprechen, als auch auf der anderen Seite die große sozialmedizinische Bedeutung der Behandlung erkennen. Schon vor zehn Jahren wurde von zwei Millionen meldepflichtigen Arbeitsunfällen berichtet, davon alleine rund 15.000 Frakturen der handgelenksnahen Speichenbrüche, Tendenz stetig steigend (Hoffmann et al. 1994).

Bis vor 15 Jahren galt bei fast allen Bruchformen die konservative Therapie noch als Mittel der Wahl, mit häufig nicht zufrieden stellenden Ergebnissen. Die diagnostischen und therapeutischen Erkenntnisse haben sich erheblich gewandelt. Die offenen Repositionen, minimal invasiv mit arthroskopischer Unterstützung und offene Behandlung mit ausgedehntem Zugang

(Plattenosteosynthesen), haben deutlich zugenommen. Bis zu 60% aller distalen Speichenfrakturen werden nun operativ versorgt (Beyermann 2000). Der Trend geht zur Stabilisierung mit kleinen stabilen Implantaten, arthroskopischer Gelenkflächenkontrolle und aktiver schienenfreier Nach- und Weiterbehandlung mit zügiger Mobilisation.

Entgegen früherer Behauptungen steigen die Ansprüche älterer Patienten betreffend einer vollständigen Wiederherstellung sowie einer uneingeschränkten Funktion und Schmerzfreiheit.

Von den Operationen wird vermehrt eine weitgehend anatomische Wiederherstellung und damit bessere funktionelle Ergebnisse erwartet, denn die exakte Reposition der Gelenkfläche ist bedeutend für eine zufriedenstellende Frakturausheilung. Ebenso muss während des Heilungsverlaufes eine sekundäre Dislokation vermieden werden. Instabile Frakturen zeigen eine sehr hohe Inzidenz zu einer Redislokation und sollten deshalb der operativen Therapie zugeführt werden (Fernandez 1993).

Ganz entscheidend für ein solches Umdenken waren die enorm vielen und schwerwiegenden Komplikationsraten, bis zu 30% und somit unbefriedigende Behandlungsergebnisse (Meine 1989, Cooney et al. 1980). Ein funktionelles Defizit nach distaler Radiusfraktur ist nicht nur für den Patient selbst eine erhebliche Belastung, sondern führt auch zu einem wirtschaftlichen Problem zu Lasten der Gesellschaft.

Neben der Ausheilung in Fehlstellung zählt die Irritation des Nervus medianus mit 1 bis 17% zu den häufigsten Komplikationen distaler Radiusfrakturen. Die Irritation im Rahmen einer Fraktur kann akut, subakut und chronisch erfolgen.

Eher selten ist eine direkte Schädigung des N. medianus, als vielmehr die Kompression am Handgelenk und im Carpalkanal, resultierend durch die lokale Weichteilschwellung, Hämatombildung und die Fehlstellung des distalen Radiusfragmentes (Baumgarten 2003).

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse wurde im Rahmen dieser Dissertation eine Nachuntersuchung bei 93 Patienten mit operativ versorgten intraartikulären distalen Radiusfrakturen durchgeführt. Die Nachuntersuchung umfasst mittels Kirschner-Drahtosteosynthese und mit T-Plattenosteosynthese behandelte Patienten mit ausschließlich intraartikulären B- und C-Frakturen nach AO-Klassifikation.

Ziel dieser Arbeit soll sein, die Ergebnisse vorzustellen, mit aktueller Literatur zu vergleichen und konkret auf die folgenden Fragen einzugehen:

- Wie schwerwiegend und wie häufig sind die Auswirkungen der intraartikulären distalen Radiusfrakturen auf den Nervus medianus?
- Kann eine Korrelation zwischen intraartikulären distalen Radiusfrakturen und der Carpaltunnelsymptomatik erkannt werden?
- Ist die additive Spaltung des Retinaculum musculorum flexorum bei operativer Therapie des distalen Radius indiziert?
- In wie weit beeinflusst die Spaltung des Retinaculum musculorum flexorum das Outcome operativ versorgter intraartikulärer distaler Radiusfrakturen?
- Bestehen hier Vorteile der Plattenosteosynthese gegenüber der Bohrdrahtosteosynthese?

1.2 Epidemiologie

Mit 17% ist die distale Radiusfraktur die häufigste Knochenverletzung aller Frakturen am menschlichen Körper. Bei Unterarmfrakturen erreicht sie ca. 75% und bezogen auf Verletzungen der oberen Extremität ca. 14% (Palmer 1988, Owen et al. 1982, Alffram und Bauer 1962).

Um männliche Patienten handelt es sich vornehmlich im jüngeren Lebensalter mit Sport- /Arbeits- und Hochrasanzunfällen. Um weibliche Patienten handelt es sich vornehmlich im höheren Lebensalter, wobei die postmenopausale Osteoporose mit verminderter Knochendichte eine große Rolle spielt. Somit lässt die Geschlechtsverteilung einen biphasischen Verlauf erkennen.

Von der zu erwartenden Entwicklung der Altersstruktur der Bevölkerung mit einem immer wachsenden Anteil an älteren Menschen ist zusätzlich mit einer schnellen Inzidenzzunahme zu rechnen (Petracic 1993, Kaps 1994).

1.3 Anatomische Grundlagen

1.3.1 Articulatio radiocarpalis

Das proximale Handgelenk entspricht einem Eigelenk mit quergestellter Achse und verbindet die proximale Handwurzelreihe (Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum) mit dem Radius. Der Discus articularis tritt anstelle des Ulnarköpfchens mit der proximalen Handwurzelreihe in Verbindung und macht ungefähr ein Viertel der Gelenkpfanne aus (Abb. 1).

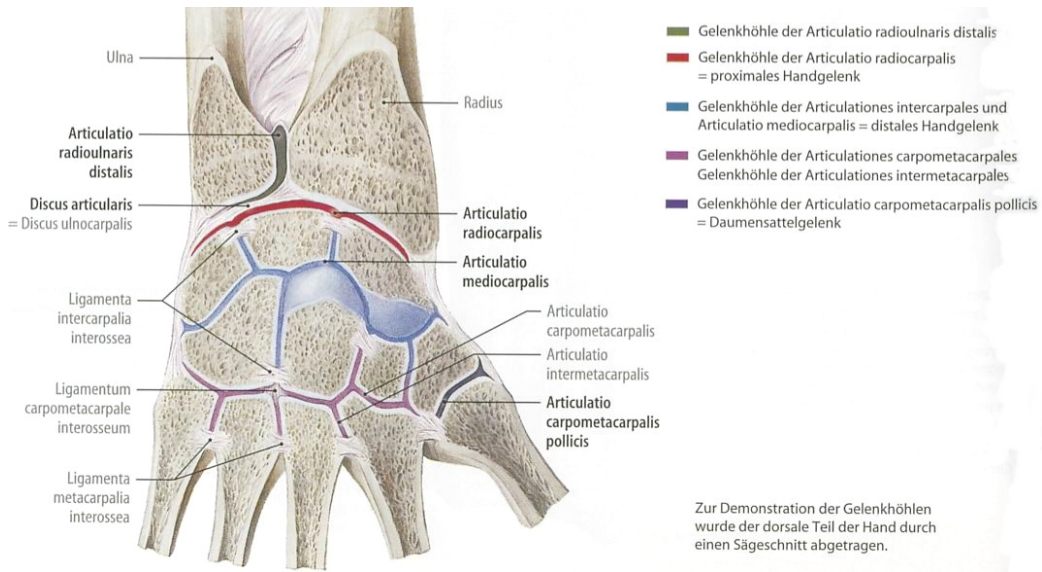


Abbildung 1: Handgelenke und Zwischenknochenbänder der rechten Seite, Ansicht von dorsal (aus Tillmann)

Die Gelenkfläche ist nach ulnar und palmar etwas geneigt, was zur Vergrößerung des Bewegungsumfanges in diesen beiden Richtungen beiträgt (Abb. 2).

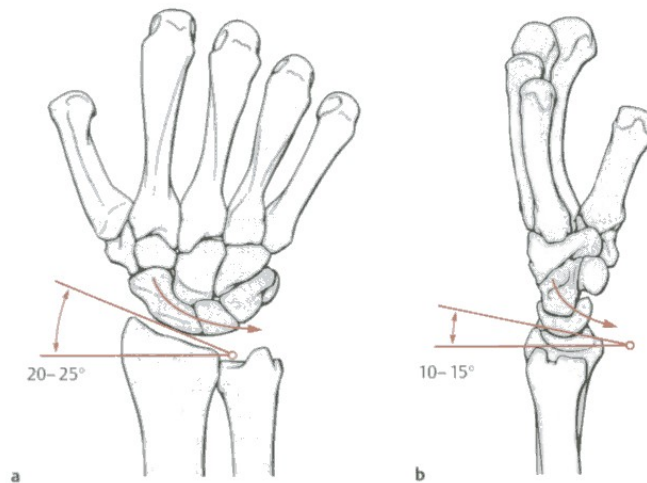


Abbildung 2: Neigungswinkel der Gelenkflächen am Radius: **a)** Radioulnarer Neigungswinkel der Facies articularis carpalis des Radius mit Tendenz des Abgleitens des Karpus nach ulnar (gebogener Pfeil), **b)** Dorsopalmarer Neigungswinkel der Facies articularis carpalis des Radius mit Tendenz des Abgleitens des Karpus nach palmar (gebogener Pfeil) (aus Schmidt und Lanz)

Die Gelenkfläche des Radius ist durch einen dorso-palmaren Knorpelfirst in zwei konkave Felder aufgeteilt, die Fossa scaphoidea und die Fossa lunata. Die fossa lunata liegt in der Normalstellung dem Discus articularis an.

Die Gelenkfläche der Handwurzel (Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum) ist im Verhältnis zur Gelenkpfanne in jeder Richtung größer. In radio-ulnarer Richtung ist der Bogenwert der Pfanne 70° und des Kopfes 110° . In dorso-palmarer Richtung ist der Bogenwert der Pfanne 65° und des Kopfes 120° (Abb. 3).

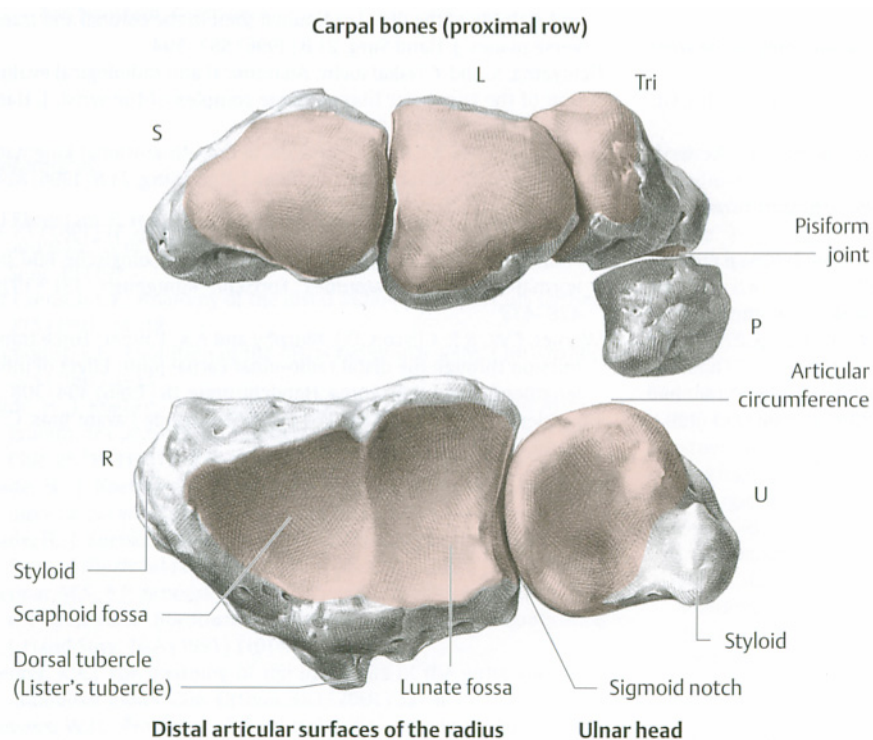


Abbildung 3: Korrespondierende Gelenkflächen der rechten Articulatio radiocarpalis (proximales Handgelenk); Gelenkfläche rosa. Radius (R) und Ulna (U) sind in Neutral-0-Stellung. S - Os scaphoideum, L - Os lunatum, Tri - Os triquetrum, P – Os pisiforme (aus Schmidt und Lanz).

Dieses Missverhältnis wird durch die Verstärkungszüge der Kapsel kompensiert, wobei das Lig. radiocarpeum volare das stärkste Verbindungsband ist. Das Lig. radiocarpeum dorsale ist dünner und es existieren darüber hinaus seitlich zwei Kollateralbänder. Bei starker

Beanspruchung in einer Randstellung können diese Bandstrukturen reißen. Resultierend wirkt sich die Gewalt auf die proximale Handwurzelreihe aus und es kommt so bei Sturz auf die gebeugte Hand in Radialabduktion zu Kahnbeinfrakturen und in Ulnarabduktion zu Mondbeinfrakturen oder Dreieckfrakturen (Waldeyer 1970, Niegst 1979).

Zusammen mit dem Mediocarpalgelenk erlaubt das Radiocarpalgelenk Exkursionen in dorsaler, palmarer, radialer und ulnarer Richtung (Hasse und Müller-Lange 1997):

- Dorsalextension: 35°-60°
- Palmarflexion: 50°-60°
- Radialabduktion 25°-30°
- Ulnarabduktion: 30°-40°

1.3.2 Articulatio radioulnaris distalis

Das distale Radioulnargelenk verbindet das distale Speichenende und Ellenköpfchen miteinander. Die Circumferentia articularis ulnae und die Incisura ulnaris radii stellen die überknorpelten Gelenkflächen dar. Physiologisch reicht das distale Ulnaende genau bis in die Höhe der Radiusgelenkfläche und wird als Nullvariante bezeichnet. Bei der Plusvariante überragt das Ulnaköpfchen die Radiusgelenkfläche und bei der Minusvariante wird sie nicht erreicht (Tab. 1). Bei Reposition einer handgelenksnahen Radiusfraktur ist daher das richtige Längenverhältnis zwischen Radius und Ulna von entscheidender Bedeutung, ebenso ist die Kongruenz der Gelenkflächen ein wesentliches Ziel bei der Rekonstruktion, da andernfalls erhebliche Einschränkungen im funktionellen Ergebnis erwartet werden müssen.

Tabelle 1: Prozentsatz der drei Ulna-Varianten in verschiedenen Zusammenstellungen nach Niegst.

Autor:	Minusvariante	Nullvariante	Plusvariante
Hulten (1928)	23%	61%	16%
Welte (1936)	2,5%	95%	2,5%
Joeck (1937)	6,4%	77%	16,6%
Persson (1945)	39,5%	59,9%	0,9%
Stahl (1947)	44,3%	44,3%	11,3%
Steinhäuser (1970)	16,6%	71%	12,4%

Durch den Discus articularis (syn. Discus ulnocarpalis, Fibrocartilago triangularis) ist das distale Radioulnargelenk vom Radiocarpalgelenk getrennt. Der Discus articularis gehört funktionell zum ulnocarpalen Komplex (Triangular Fibrocartilage Complex, TFCC), entspringt an der ulnaren Begrenzung der Fossa lunaris und erstreckt sich bis zur Basis des Processus styloideus ulnae. Er dehnt sich zum Os metacarpale V, Os triquetrum und Os hamatum aus und ist ein wichtiger Stabilisator für das distale Radioulnargelenk (DRUG). Der ulnocarpale Komplex wiederum setzt sich aus dem Discus articularis, den ligamenta radioulnare palmare et dorsale, dem ligamentum collaterale ulnare sowie der Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris zusammen.

Funktionell bilden das proximale und das distale Radioulnargelenk eine Einheit und ermöglichen damit die Drehbewegung des Unterarmes, Supination und Pronation (Hasse und Müller-Lange 1997):

- Supination: 80°-90°
- Pronation: 80°-90°

1.3.3 Canalis carpi

Die Sehnen aller langen Fingerbeuger und der N. medianus sind in den canalis carpi eingebettet und erfahren dadurch eine Führung vom distalen Unterarm in das mittlere Fach des tiefen Hohlhandbereichs. Einerseits stellt er den Zugangsweg zur Handwurzel und ihren Gelenkstrukturen dar, andererseits kann sich leicht ein Missverhältnis zwischen der Größe des Tunnels und dem Volumen des Inhalts entwickeln.

Der Boden und die seitlichen Wände des osteofibrösen Carpalkanals werden aus den Carpalknochen geformt und das Dach wird durch das Retinaculum flexorum gebildet. Die Größenmerkmale des Carpaltunnels ergeben sich durch die Längen- und Breitenmessungen des Retinaculum flexorum. In Höhe der proximalen Reihe der Carpalknochen liegt der Eingang in den canalis carpi. Sowohl am Eingang, als auch am Ausgang, sind die tiefsten Stellen in der Mitte mit ca. 12 mm und 13 mm. Randständig verjüngt sich der Kanal und seine Tiefenwerte sind jeweils wesentlich kleiner. Die engste Stelle des canalis carpi liegt mit etwa 10 mm medial, genau über der Mitte der distalen Reihe der Carpalknochen und entsteht durch die Vorwölbung des Os capitatum (Abb. 4).

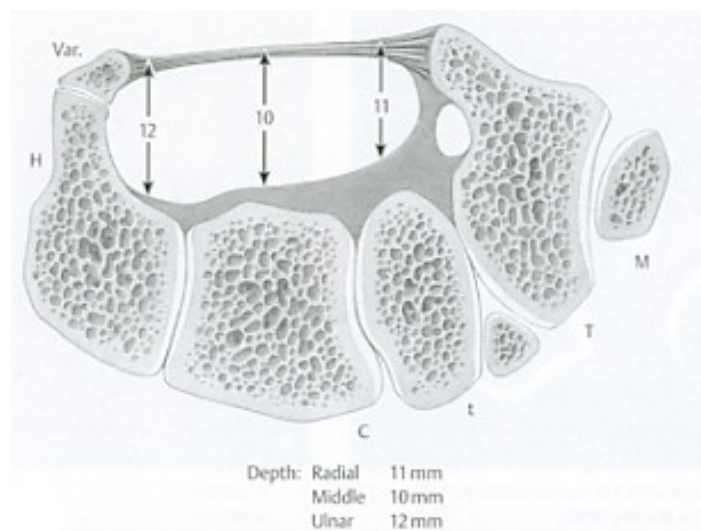


Abbildung 4: Distaler Carpaltunnel mit Tiefenausdehnung. M - Os metacarpale I, T – Os trapezium, t - Os trapezoideum, C - Os capitatum, H - Os hamatum, Var - Os hamati proprium (aus Schmidt und Lanz)

Gerade hierbei ist wichtig anzumerken, dass ebenfalls genau im mittleren Bereich des canalis carpi, das Retinaculum flexorum in ca. 77% seine größte Dicke mit durchschnittlich 0,9 mm (0,4-1,6 mm) aufweist. Proximal und distal weist es im Mittel eine Dicke von 0,6 mm (0,2-1,0 mm) auf. Somit wird der Mittelabschnitt zur engsten Zone und bildet die „Taille des Hohlhandkanals“ (Schmidt und Lanz 2004).

Proximal der palmaren Handwurzelregion geht die Unterarmfaszie kontinuierlich in querverlaufende oberflächliche (Lig. carpi palmare) und tiefe Verstärkungszüge (Retinaculum flexorum) über. Das Retinaculum flexorum wird einerseits durch die Tubercula ossis scaphoidei et trapezii und andererseits durch das Os pisiforme und den Hamulus ossis hamati aufgespannt. Der obere Rand projiziert sich in etwa über die proximale Handwurzelreihe, sein unterer Rand über die Basen der Ossa metacarpalia II-V.

Die Breite des Retinaculum flexorum entspricht also der Länge des Carpalkanals, nimmt von radial nach ulnar minimal zu und liegt im Mittel bei ca. 22 mm. Die Länge des Retinaculum flexorum, entsprechend der Breite des Carpalkanals, beträgt proximal und distal jeweils 26 mm mit einer Dicke von 0,6 mm. Der Bandzug ist über der Mitte, wie oben erwähnt, am stärksten ausgeprägt mit einer Dicke bis zu 1,6 mm. Verstärkt wird er durch das Lig. radiatum, Lig. pisohamatum und Lig. pisometacarpeum und sorgt so für Stabilität, ferner sichert er zugleich die gegenseitige Lage der Carpalknochen untereinander (Schmidt und Lanz 2004). Aufgesplitterte Ursprungs- und Endfasern der Thenar- und Hypothenarmuskeln, des M. palmaris longus und des M. flexor carpi ulnaris durchkreuzen sich und sind im Retinaculum flexorum miteinander verwoben (Henle 1872, De Benoit 1919).

1.3.4 Nervus medianus

Aus dem medialen und lateralen Faszikel des Plexus brachialis wird der N. medianus gebildet und erhält motorische Fasern aus den Wurzeln C6-Th1 und sensible Fasern aus den Wurzeln C6-C8.

Von großer praktischer Bedeutung ist die topographische Lage des N. medianus beim Übergang in die Hand, wobei er proximal vom Handgelenk aus der geschützten Lage zwischen tiefen und oberflächlichen Fingerbeugern an die Oberfläche tritt (Abb. 5), (Mumenthaler et al. 2003).

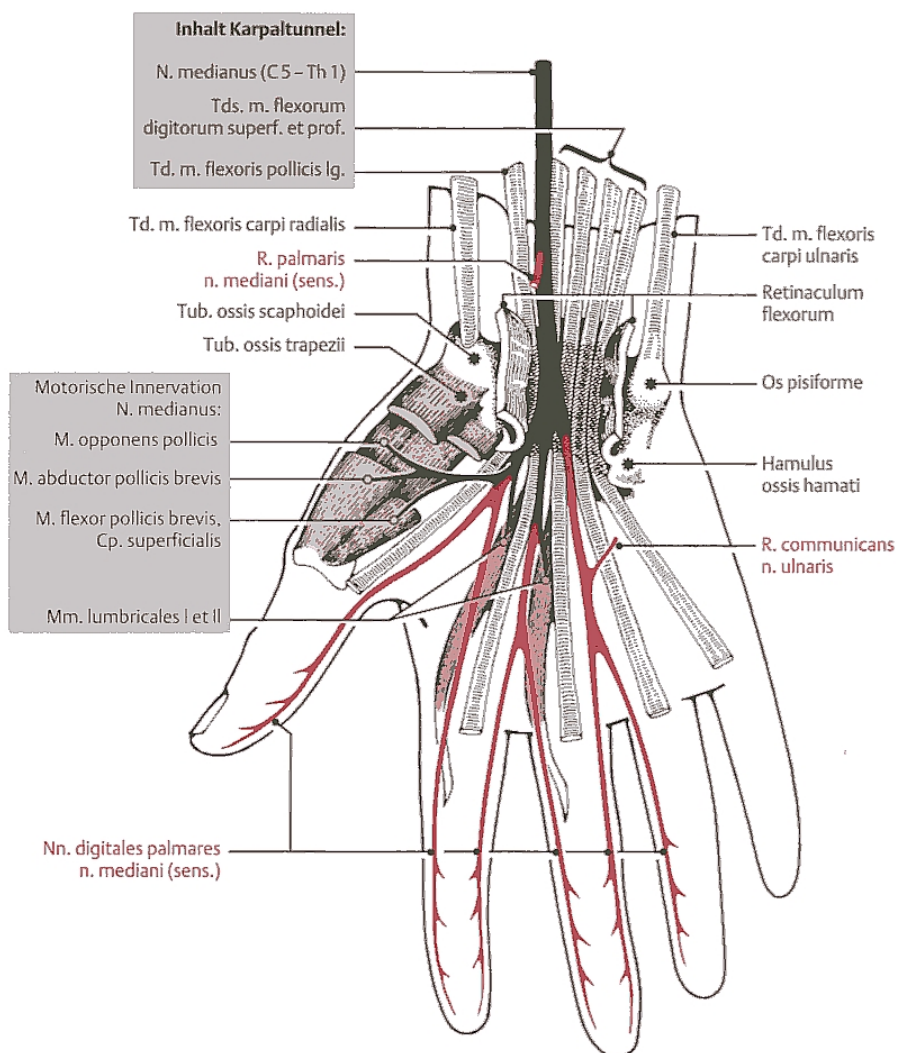


Abbildung 5: N. medianus (C5-TH1) an der Hand (aus Mumenthaler et al.)

Der Ramus palmaris n. mediani wird ca. 5 cm vor Eintritt in den Carpalkanal abgegeben und versorgt sensibel die Haut über dem Thenar und der radialen Seite der Handwurzel und Hohlhand (Kahle 2001).

Der Nerv in seinem Querschnitt betrachtet, wird von proximal gegen den Carpaltunnel hin immerzu mehr plan gedrückt. Er tritt mit einer mittleren Breite von 6,0 mm unter dem Retinaculum flexorum in den Carpaltunnel ein, im mittleren Abschnitt ist er 6,1 mm breit und am distalen Ausgang des Kanals ist der N. medianus auf 7,7 mm breitgedrückt (Schmiedt et al. 1987). Invers verhalten sich dagegen die Werte der Dicke: von proximal (2,1 mm) nach distal (1,9 mm) nimmt der Nerv an Durchmesser geringfügig aber kontinuierlich ab und wird zur Hohlhand hin immer flacher (De Krom et al. 1987). Der Nerv verläuft in 66,7% geradlinig unter dem Retinaculum flexorum im Carpalkanal, zu 43,3% liegt er radial verlagert und zu 1,7% ulnar verlagert. Eine Krümmung nach radial erfolgt in 21,6% und nach ulnar in 11,7% (Schmidt und Lanz 2004).

Nach seinem Durchtritt durch den Carpalkanal teilt sich der N. medianus in einen rein motorischen Ast, den Ramus thenaris und in die Nn. digitales palmaris communes I-III, die eine sensible Versorgung der radialen 3½ Finger und motorische Versorgung der Mm. lumbricales I-II (Beugung im Fingergrundgelenk und Streckung im Interphalangealgelenk) gewährleisten. Der Ramus thenaris versorgt die Mm. abductor pollicis brevis (Abduktion von Daumen senkrecht zur Handfläche), M. opponens pollicis (Opposition von Daumen) und M. flexor pollicis brevis - caput superfiziale (Beugung im Daumengrundgelenk).

Für den chirurgischen Eingriff besonders wichtig sind die Variationen der Abgänge des Ramus thenaris aus dem N. medianus (Abb. 6).

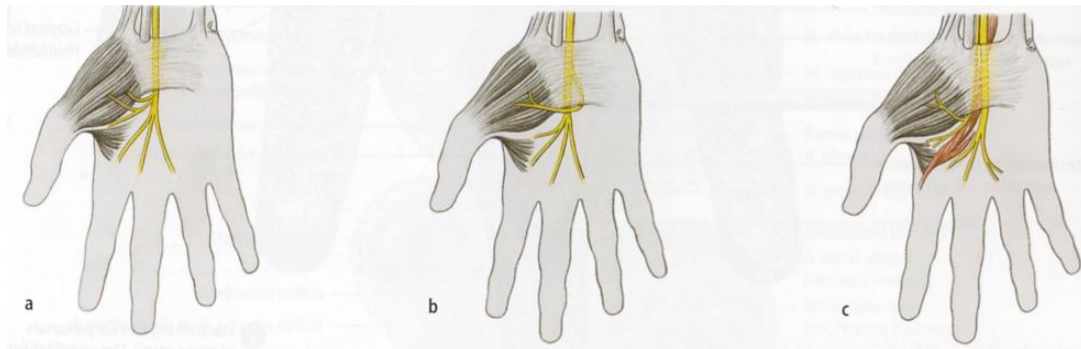


Abbildung 6: Varianten des N. medianus und des Thenarastes (Beispiele) im Bereich des Carpalkanals an der rechten Hand, Ansicht von palmar: a) Außerhalb des Carpalkanals entspringen 2 Thenaräste; b) der Thenarast zweigt im Carpalkanal auf der medialen Seite des N. medianus ab, macht einen Bogen nach ulnar und zieht dann nach lateral in die Thenarmuskeln. Der Thenarast kann in solchen Fällen auch auf dem Retinaculum musculorum flexorum verlaufen; c) hohe Teilung des N. medianus. Aus dem schwachen radialen Teil geht der Thenarast an typischer Stelle ab (hohe Teilung des N. medianus bei gleichzeitig vorliegender A. mediana). Durch den Carpalkanal zieht ein akzessorischer M. lumbricalis (aus Tillmann)

In 46% gibt es einen extraligamentären Ramus thenaris n. mediani zur Thenarmuskulatur, welcher distal vom Retinaculum flexorum entspringt. Eine Abzweigung aus dem ersten gemeinsamen Fingernerven im Carpalkanal erfolgt in 31%. Dieser subligamentäre Ramus muscularis durchläuft selbständig den Canalis carpi und biegt am Ausgang zur Thenarmuskulatur ab. In 23% zieht der Ramus thenaris durch das Retinaculum flexorum sowie die sehnigen Ursprünge der Thenarmuskulatur, um schräg nach distal und radial absteigend die Daumenballenmuskeln zu erlangen und wird als transligamentärer Typ bezeichnet (Poisel 1974, Lanz 1977).

Der Durchtritt des Nerven im Bereich des Retinaculum flexorum erlangt durch eine mögliche Kompression innerhalb der Bandstrukturen deshalb eine wichtige klinische Bedeutung und spielt bei Frakturen des distalen Radius eine bedeutende Rolle (Schmidt und Lanz 1992).

1.4 Frakturmechanismen

Nach dem Unfallmechanismus unterscheidet man zwei große Gruppen (Müller 2003):

- Extensionsfraktur (Colles) mit Dislokation des distalen Frakturfragments nach radial und dorsal, ergibt sich bei Sturz auf die 40-90° dorsalflektierte (extendierte) Hand (Abb. 7).

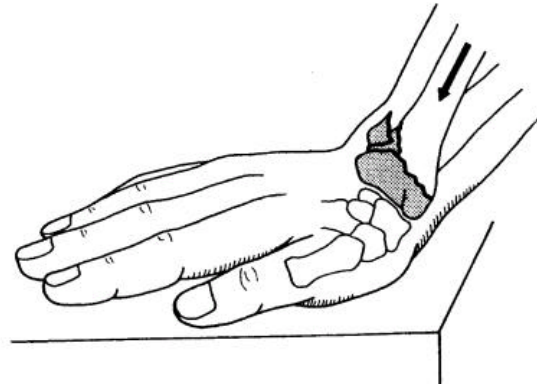


Abbildung 7: Extensionsfraktur des distalen Radius (aus Durst und Rohen).

- Flexionsfraktur (Smith) mit Dislokation des distalen Frakturfragments nach radial und volar, ergibt sich bei Sturz auf die flektierte Hand (Abb. 8).

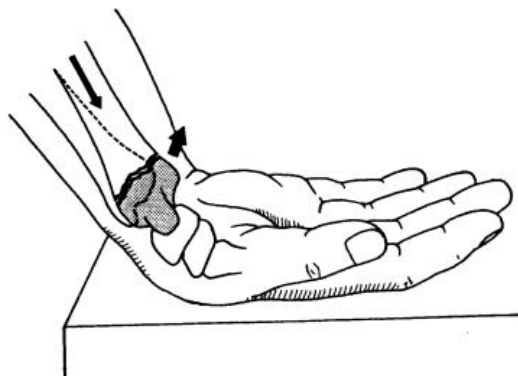


Abbildung 8: Flexionsfraktur des distalen Radius (aus Durst und Rohen).

Abhängig von der einwirkenden Kraft, der Stellung des Handgelenks, der Struktur des Knochens sowie der Festigkeit der Bänder entstehen einfache und mehrfragmentäre Frakturen.

Der Sturz in der Ebene ist hierfür die häufigste Ursache. Die dabei erzeugte Energie führt bei osteoporotisch veränderten Knochen zu ausgiebigen Trümmerzonen und Einsinterungen. Dadurch wird das Überwiegen von älteren Frauen im Krankengut erklärt (Voigt und Rahmanzadeh 1997, Felderhoff et al. 1999).

Durch die Übertragung großer Druckkräfte auf die radiale Gelenkfläche, über das relativ feststehende Os lunatum, lassen sich die intraartikulären Frakturen erklären. Die unterschiedlichen Rotations- und Dislokationsausmaße ergeben sich je nach Kraftausmaß und Krafrichtung (Ruby und Cooney 1988, Melone 1993).

1.4.1 Brüche mit dorsaler Verschiebung (Typ Colles)

Der englische Arzt Abraham Colles hat im Jahre 1814 die erste wissenschaftliche Darstellung veröffentlicht. So trägt diese Bruchform heute noch seinen Namen und stellt den weitaus größten Anteil aller distalen Radiusfrakturen.

Beim Sturz auf die dorsalflektierte Hand in Hyperextensionsstellung entsteht die Fraktur in der Regel als indirekte Überstreckungsfraktur.

Dabei muss das Handgelenk zwischen 40° und 90° dorsalflektiert sein, als auch eine Radial- oder Ulnarabduktion zwischen 0° und 35° aufweisen. Bei geringerer Extension entstehen eher Unterarmbrüche, bei stärkerer Extension Luxationen und Frakturen im Handwurzelbereich (Nigst 1959).

Durch die Winkelstellung der Hand im Augenblick des Traumas, die Richtung und Treffpunkt der Kraft, sowie die Größe der übertragenen Gewalt werden die Form der Fraktur und damit das Spätresultat wesentlich bestimmt (Abb. 9).

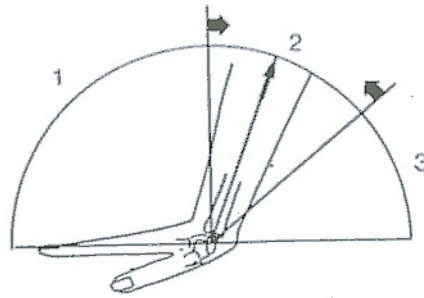


Abbildung 9: Abhängigkeit der Frakturklassifikation vom Winkel zwischen Hand und Unterarm beim Sturz auf die ausgestreckte Hand: Bei einem Winkel von 40 bis 90° (punktierter Bereich) entsteht eine Radiusfraktur loco typico, bei einem Winkel unter 40° (3) eine Unterarmfraktur und bei einem Winkel über 90° (1) eine Fraktur der Handwurzelknochen (aus Nigst)

Die Handwurzel presst sich bei starker Dorsalflexion gegen das breite distale Radiusende, dabei werden das Os naviculare und das Os lunatum mit extrem hohem Druck gegen die Speichenbasis gestemmt während das Lig. carpi volare einen Zug auf das distale volare Radiusende ausübt. Somit lässt sich die distale Radiusfraktur als Folge von Biegungs-, Kompressions- und Zugkräften erkennen (Witt et al. 1965).

Zwischen einer Zone mit noch verdickter Corticalis und jenem Bezirk, in dem sich die Logen für die Strecksehnen befinden, im Bereich der Metaphyse, liegt die Schwachstelle des distalen Radius (Koob 1975).

Sie befindet sich typischerweise 1,5-2 cm proximal der Radiusgelenkfläche und wurde von A. Colles schon vor der Entdeckung der Röntgenstrahlen beschrieben: „This fracture takes place at about an inch and a half above the carpal extremity of the radius“ (Rockwood und Green 1975). Dies erklärt die Tatsache, dass man höchstens von einer typischen Frakturlokalisierung („loco typico“) sprechen kann, nicht aber von einer typischen Frakturform, denn diese unterliegt einer großen Mannigfaltigkeit.

Im Experiment beträgt die Kraft, den Radius an typischer Stelle zu brechen, für das männliche Skelett 285 Kp und für das weibliche Skelett 195 Kp (Frykman 1967).

Die entstehende Bruchlinie verläuft von proximal/dorsal nach distal/volar, eine Kippung und Verschiebung des distalen Fragments findet nach dorsal und radial statt, wobei die radiale Verschiebung meist eine rein seitliche Verschiebung darstellt, die dorsale Kippung dagegen mit einem Achsenknick verbunden ist. Zeitgleich wird die abgebrochene Epiphyse supiniert und im Sinne einer Verkürzung nach proximal eingestaucht. Durch die hauptsächlich dorsalseitige Komprimierung der Spongiosa des Frakturfragments kommt es in diesem Bereich zu Substanzverlust und nach erfolgter Reposition zur Neigung nach dorsal erneut zu dislozieren.

Klinisch imponiert diese Bruchform bei Dislokation nach dorsal als Gabelstellung und bei Dislokation nach radial als Bajonettstellung.

Häufig ist der M. pronator quadratus stark zerrissen und mit einem Hämatom durchsetzt, die Sehnenscheiden der Flexoren von einem prallen Erguss erfüllt, ebenso finden sich Einblutungen in das Meso- und Paratenon der Extensoren und Flexoren (Bette 1958).

1.4.2 Brüche mit volarer Verschiebung (Typ Smith)

Im Jahre 1847 beschrieb Robert William Smith diese Bruchform als erster und diese trägt heute noch seinen Namen. Diese Fraktur entsteht beim Sturz auf die volarflektierte Hand, tritt allgemein sehr viel seltener auf und schwankt in den Literaturangaben zwischen 5-20% aller distaler Radiusfrakturen (Schicker 1982).

Bei dieser Bruchform entsteht eine Bruchlinie, die von distal/dorsal nach proximal/volar verläuft und das Frakturfragment nach volar kippt und nach radial verschiebt.

Somit verhält sich die Smith-Fraktur in Bezug auf Frakturhergang, Bruchlinienverlauf und Fragmentdislokation in etwa spiegelbildlich zur Colles-Fraktur.

1.4.3 Vordere und hintere Kantenabbrüche

John Reah Barton beschrieb 1839 zwei intraartikuläre Bruchformen (De Oliveira 1973):

- Barton Fraktur (intraartikuläre, dorsale Abscherfraktur);
hinteren Kantenabbruch mit Subluxation des distalen Frakturfragments nach dorsal und ins Gelenk reichender Bruchfläche.
- reversed Barton Fraktur (intraartikuläre, palmare Abscherfraktur);
vorderen Kantenabbruch mit Subluxation des volaren Frakturfragments nach palmar und ins Gelenk reichender Bruchfläche.

1.4.4 Brüche des Processus styloideus radii und Meißelfrakturen

Bei ausschließlicher Kraftübertragung beim Sturz auf die radiale Seite, entsteht ein isolierter Abbruch des Processus styloideus radii. Resultierend entsteht eine Gelenkflächenstufe durch Fragmentdislokation nach radial und proximal.

Eine Extremvariante stellt die Meißelfraktur dar, bei der es zu einer ausgeprägten Impression der Gelenkfläche mit Längsspaltung der distalen Radiusepiphyse kommt und nur operativ mit Spongiosaunterfütterung behoben werden kann.

1.4.5 Trümmerbrüche

Bei exorbitanter Krafteinwirkung kommt es neben einer Querfraktur zu einer zusätzlichen Längsfraktur des distalen Frakturfragments und lässt sich als Y- oder T-förmige Bruchlinie unter Röntgenkontrolle darstellen.

Häufig kommt es auch zu einer völligen Zertrümmerung der Gelenkbasis mit kompletter Verwerfung der Gelenkfläche.

1.5 Fraktureinteilung und Klassifikationen

Eine Vielzahl unterschiedlicher Frakturklassifikationen existiert, wobei nur wenige den Ansprüchen gerecht werden, einerseits klare Aussagen über die Form und Schwere der Fraktur zu machen, andererseits Hinweise auf die Art der Behandlung zu geben und eine Prognose abzuleiten.

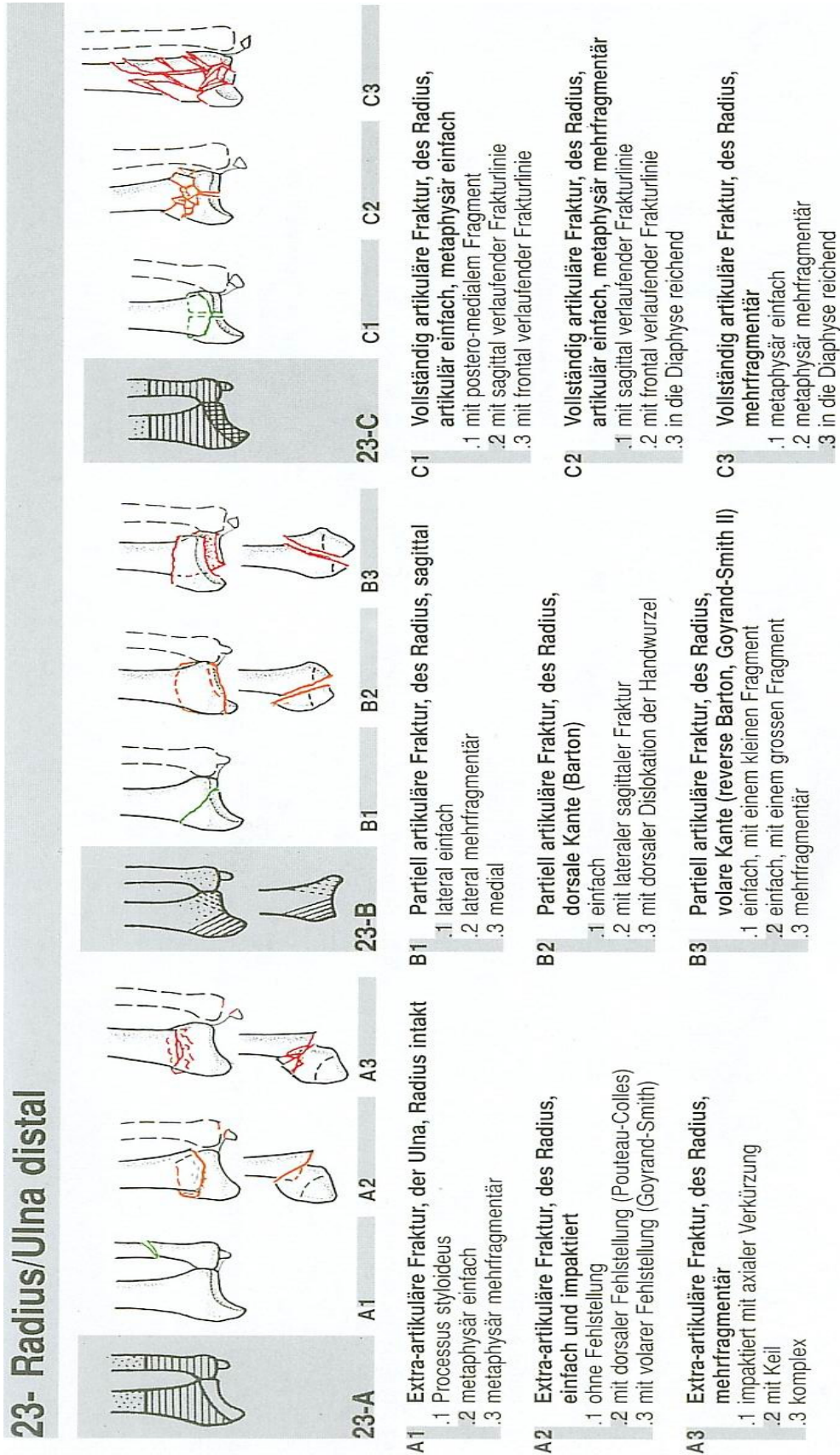
Das Ausmaß der Fehlstellung wird ebenso selten berücksichtigt wie mögliche Begleitverletzungen.

Eine nützliche und brauchbare Klassifikation sollte demgemäß den Schweregrad der Verletzungen einschätzen, mögliche Begleitverletzungen mit einbeziehen, als auch eine Aussage zur Behandlung und Prognose geben.

Die dieser Arbeit zugrunde gelegte AO-Klassifikation geht auf M. E. Müller im Jahre 1987 zurück (Müller et al. 1987). Von der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) wurde dieses sehr umfangreiche Einteilungsschema eruiert, das sowohl Bruchlinienverlauf, Dislokationsrichtung, Therapieform und prognostisch wichtige Begleitverletzungen mit einbezieht.

Die langen Röhrenknochen werden mit Zahlen versehen und nach Segmenten (proximal, diaphysär und distal) aufgeteilt. Nach oben genannter AO-Klassifikation ergibt sich für den distalen Radius die Knochensegmentzahl 23. Des Weiteren werden die Frakturen in drei Typen (A, B und C) aufgeteilt, die das Ausmaß der Gelenkflächenbeteiligung bezeichnen. Jeder Typ besteht aus drei Gruppen (A1, A2, A3 usw.), die wiederum in drei Untergruppen (A1.1, A1.2, A1.3 usw.) aufgeteilt sind. Insgesamt kommt man auf 27 Untergruppen für den distalen Radius.

Die Frakturen sind nach zunehmendem Schweregrad entsprechend ihrer morphologischen Komplexität, dem Schwierigkeitsgrad ihrer Behandlung und ihrer Prognose geordnet (Müller et al. 1990), (Abb. 10).



Die abgebildeten Untergruppen stellen eine Variante innerhalb der Gruppe dar und sind im Text mit hervorgehoben.

Abbildung 10: AO-Klassifikation (nach Müller et al.)

Die Gruppe A1 bildet die isolierten Ulnafrakturen. Die Gruppe A2 bildet die extraartikulären Frakturen des Radius ohne Trümmerzone und die Gruppe A3 die extraartikulären, mehrfragmentären Frakturen mit Trümmerzone.

Die Gruppe B1 teilt partiell artikuläre Gelenkfrakturen mit sagittaler Bruchlinie, die Gruppe B2 die Frakturen mit dorsalen Kantenabbrüchen (z.B. Barton Fraktur) und die Gruppe B3 die mit volaren Kantenbrüchen (z.B. reversed Barton Fraktur) ein.

Die Gruppe C1 beinhaltet die einfachen, artikulären Frakturen mit einfacher, metaphysärer Beteiligung und Gruppe C2 mit metaphysär, mehrfragmentären Frakturen. Gruppe C3 bildet die vollständig artikulären und metaphysären Mehrfragmentfrakturen.

Außerdem können die Untergruppen bei zusätzlicher Verletzung der Ulna nach folgenden Kriterien noch in sechs Subgruppen eingeteilt werden (Schmidt et al. 2003):

- Abrissfraktur des Proc. styloideus ulnae
- Einfache subkapitale Ulnafraktur
- Mehrfragmentfraktur des Ulna-Halses
- Köpfchenfraktur der Ulna
- Ulnaköpfchenfraktur mit subkapitaler Ulnafraktur
- Ulnafraktur proximal des Halses

Kritikpunkte stellen bei der AO-Klassifikation lediglich dar, dass die A-Gruppen nicht auf die ligamentären Begleitverletzungen und die C-Gruppen nicht ausreichend auf die Dislokation der Fragmente eingehen. Eine Klassifikation sollte umfassend, eindeutig, anwendbar, überschaubar sein und eine prognostische Aussage zulassen (Wittner und Holz 1993, Schmidt et al. 2003).

Der Vollständigkeit halber seien andere Einteilungsschemata nur erwähnt:

- 1814 - Colles (Colles 1970)
- 1847 - Smith (Smith 1847)
- 1935 - Ehalt (Ehalt 1935)
- 1951 - Gartland und Werley (Gartland und Werley 1951)
- 1959 - Lidström (Lidström 1959)
- 1965 - Older (Older und Stabler 1965)
- 1967 - Frykman (Frykman 1967)
- 1980 - Poigenfürst (Poigenfürst 1980)
- 1986 - Melone (Melone 1984)
- 1988 - Kuner (Kuner und Schlosser 1988)
- 1990 - Cooney (Cooney 1993)
- 1992 - Missakian (Missakian 1992)
- 1992 - McMurtry und Jupiter (McMurtry und Jupiter 1992)
- 1993 - Pechlaner (Pechlaner 1993)
- 1997 - Fernandez und Jupiter (Jupiter und Fernandez 1997)

1.6 Diagnostik

Bei der klinischen Untersuchung ist besonders auf Weichteilschaden, Wunden im Frakturbereich (offene Fraktur), Fehlstellung, Prellmarke und Hämatome, Druckschmerz, Bewegungsschmerz, Krepitation, aktive Funktion der Fingergelenke, Funktion von Daumenstrecker, Durchblutungsstörung, neurologische Ausfälle und Kompartmentsyndrom zu achten.

Laboruntersuchungen sollten unter Berücksichtigung von Alter und Begleitverletzungen herangezogen werden.

Bei der radiologischen Untersuchung sollte eine Röntgenaufnahme des Handgelenks in zwei Ebenen erfolgen.

Notwendig ist ebenso die Suche nach typischen Begleitverletzungen, wie Frakturen und Luxationen der Handwurzel und des Handgelenks insbesondere Scaphoidfrakturen, Luxationen und Bandzerreißen des distalen radioulnaren Gelenkes und der Handwurzel, Mehrfachverletzungen, Kettenverletzungen, Strecksehnenverletzungen hauptsächlich des Daumens, Nervenverletzungen und Frakturen des Radiusköpfchens.

Fakultativ kann radiologisch auch eine Schrägaufnahme, Vergleichsaufnahme der unverletzten Seite oder ein CT gemacht werden.

Ausnahmsweise kann auch ein MRT, eine Sonographie, Szintigraphie oder Arthrographie gemacht werden.

Von einer rein diagnostischen Arthroskopie ohne rekonstruktive Absicht ist abzusehen.

Differentialdiagnostisch sollte immer an eine Handgelenksarthrose, pathologische Fraktur, Scaphoidfraktur, Instabilität oder Luxation im Handwurzelbereich, Unterarmfraktur, Verletzung des ulnaren Komplexes,

Dissoziation im distalen Radioulnargelenk, angeborene Deformität, alte Fraktur oder eine Tendovaginitis gedacht werden (Stürmer 1999).

1.7 Indikationsstellung

Bis vor einiger Zeit, war die Radiusfraktur unbestritten eine Domäne der konservativen Knochenbruchbehandlung.

Zunehmend wird bei sachgerechter konservativer Therapie von unzureichenden anatomischen und funktionellen Ergebnissen gesprochen (Kwasny et al. 1991, Müntz und Kuner 1994). In ca. 30% verbleibt ein Verheilen in Fehlstellung. Dies führt zu chronischen Schmerzen, Kraftminderung, Bewegungseinschränkung und Arthrose im Handgelenk sowie zu einem möglichen Sudeck'sches Syndrom und einer Kompression des N. medianus (Pettracic 1998). Die Reposition gelingt in der Regel, dennoch stellt die Aufrechterhaltung des Repositionsergebnisses ein ausgesprochen großes Problem dar und ist mit einer hohen Komplikationsrate verbunden (Bishay et al. 1994) und führte zu einem Umdenken bezüglich der Therapie (Wiemer et al. 1999).

Die Basis hierfür bildet eine eindeutig nachgewiesene Korrelation zwischen einer guten anatomischen Stellung und einem guten funktionellen Ergebnis (Rikli und Regazzoni 1999). Bei verbleibenden Gelenkstufen von mehr als 2 mm haben diese in 86% der Fallgruppen zu einer Radiocarpalarthrose geführt (Knirk und Jupiter 1986). Bei einer verbleibenden Dorsalkippung von mehr als 20° hat diese bei 67% der Fallgruppen ebenfalls zu einer Radiocarpalarthrose geführt (Möllenhoff 1992).

Aus diesen Erkenntnissen heraus, ebenso durch Instabilitätskriterien, ist eine genaue Indikationsstellung zur operativen Therapie bedeutend und ist wie folgt anzusehen (Asche 1995, Dreising und Stürmer 1999):

- Radiusfrakturen mit dorsaler Trümmerzone über 20°
 - intra- oder extraartikulär
 - mit oder ohne Repositionsverlust

- Doppelseite Radiusfrakturen
- Frakturen mit zweit- oder drittgradigem Weichteilschaden
- Dislozierte Abscherfrakturen
- Dislozierte intraartikuläre Frakturen
- Sensibilitäts- oder Zirkulationsverletzungen
 - Medianuskompression bzw. traumatisches Carpaltunnelsyndrom
 - Kompartmentsyndrom
 - Nerven- oder Gefäßverletzungen
- Komplexverletzungen von Handgelenk und Handwurzel
- Epiphysenfrakturen Typ Aitken I und II

Instabilitätskriterien (Dreising und Stürmer 1999, Dumont et al. 2003):

- Metaphysäre Trümmerzone
- Initiale Dorsalkippung $> 20^\circ$
- Intraartikuläre Fraktur mit Stufenbildung
- Dorsaler/palmarer Kantenabbruch
- Abriss des proc. styloideus ulnae (ulnare Desinsertion)
- Tendenz zur Redislokation
- Sekundär dislozierte Frakturen
- Verkürzung des Radius durch Trümmerzonen

Des Weiteren sollte eine notfallmäßige Operation erfolgen bei (Dreising und Stürmer 1999):

- Radiusfrakturen mit massivem Weichteilschaden
- Frakturen mit drohendem oder manifestem Kompartmentsyndrom
- Begleitende Nervenläsionen
- Erheblicher nicht reponierbarer Dislokation

1.8 Therapie

Therapieziele für ein gutes funktionelles Endresultat sind eine möglichst anatomische und exakte stufenfreie Reposition, eine sichere und stabile Retention des Bruches sowie die Vermeidung von trophischen Störungen (Langenberg 1987). Die ausschlaggebende Bedeutung für die Spätprognose kommt der primären einwandfreien Einstellung der Fraktur zu (Oestern 1988).

Die Auswahl des adäquaten Operationsverfahrens richtet sich nach der Frakturklassifikation, dem Verletzungsmuster und der Knochenqualität, vorliegenden Instabilitätskriterien mit möglichen Begleitverletzungen, dem Alter und der erforderlichen Compliance des Patienten sowie der Erfahrung des Behandelnden verbunden mit logistischen Voraussetzungen (Ark und Jupiter 1993).

Die am häufigsten angewandten operativen Verfahren sind die perkutane Bohrdrahtfixation, die Schraubenosteosynthese, die Plattenosteosynthese, der Fixateur externe und die Implantatkombination. Außerdem kann zusätzlich eine Spongiosaplastik, Knochenersatzstoffe und Knochenzement, eine Carpaltunnelspaltung oder die Fixation des Proc. styloideus ulnae sowie des TFCC indiziert sein.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit der Gegenüberstellung der Behandlung mittels Kirschner-Drahtosteosynthesen und Plattenosteosynthesen bei distalen intraartikulären Radiusfrakturen. Daher erscheint es mir wichtig, diese Behandlungsformen zu erläutern.

1.8.1 Perkutane Bohrdrahtosteosynthese

Frakturen mit nicht oder nur gering dislozierten Frakturfragmenten stellen eine Indikation für dieses Verfahren dar, welches unter Verwendung von Kirschner-Drähten eine sehr effiziente, einfach zu erlernende und kostengünstige Methode zur Frakturstabilisierung ist (Habernek et al. 1994).

Deutliche Fragmentdislokation und volare Trümmerfrakturen stellen dagegen eher eine Kontraindikation dar (Greatting und Bishop 1993).

Die Kirschner-Drahtspickung kann in Bruchspalt-, Plexus- oder Allgemeinanästhesie durchgeführt werden.

Um eine sekundäre Dislokation der Fraktur zu vermeiden, müssen die Drähte bei überkreuzter Lage sicher in der Gegenkortikalis verankert werden und die Lage mit einem Bildwandler kontrolliert werden (Tscherne und Jähne 1990).

Die Anlage einer volaren Gipsschiene oder eines gespaltenen zirkulären Unterarmgipses erfolgt direkt im Anschluss an die Operation. Eine Fensterung sollte in jedem Falle gemacht werden, um eine unmittelbare Beurteilung und allenfalls eine Behandlung des umliegenden Weichteilgewebes zu ermöglichen.

In der Regel wird die Entfernung der Drähte nach 5-8 Wochen vorgenommen.

Im Anschluss sollte eine krankengymnastische Weiterbehandlung dringend erfolgen, denn dieses Behandlungskonzept stellt keine stabile Osteosynthese dar, sondern es wird lediglich eine Adaption der Frakturfragmente erreicht.

Die einfachen Gelenkfrakturen, welche aus zwei Fragmenten bestehen ohne wesentliche metaphysäre Trümmerzone (Typ C1), können geschlossen oder percutan reponiert werden (Rüedi und Murphy 2003). Bei der Technik kommen zwei oder mehrere kräftige Drähte (1,6-2,0 mm) zur Anwendung. Die Drähte müssen das Hauptfragment fassen und sicher am Radiuschaft fixieren. Um ein Zusammensintern zu verhindern, sollten sich die Drähte in zwei Ebenen überkreuzen, jedoch nicht in der Frakturlinie. Im Falle einer vorliegenden Gelenkstufe kann parallel zur Gelenkfläche ein Kirschnerdraht eingebracht werden (Wiedemann 1988), (Abb. 11).



Abbildung 11: Möglichkeiten der Kirschner-Drahtspickung: **a)** Einbringen der Drähte vom Proc. styloideus radii, **b)** Retention von Gelenkfrakturen durch Spickung von radial und ulnar (aus Wiedemann)

Die gefürchteten Komplikationen, wie z.B. Reflexdystrophien, die vermehrt nach konservativer Therapie zu verzeichnen waren, sind durch die vermehrte Anwendung der percutanen Bohrdrahtosteosynthesen deutlich zurückgegangen (Krettek 1994).

Dennoch stellen die häufig zu beobachtenden Pininfektionen, Läsionen der Strecksehnen und der subkutan verlaufenden Radialisnervenäste, schmerzhafte Steife mit Weichtelschwellung, Druckstellen im Gips, Ausbildung eines Algodystrophiesyndroms als auch sekundäre Dislokationen deutliche Komplikationen dieses Behandlungsverfahrens dar (Habernek et al. 1994).

1.8.2 Plattenosteosynthese

Als offenes Verfahren dient die Plattenosteosynthese zur Versorgung von Frakturen, die gemäß der AO-Klassifikation zu den Gruppen A3, B2, B3, C1 bis C2 gehören (Genelin et al. 1991, Wiemer et al. 1999).

Ziel ist, eine möglichst exakte Reposition und eine uneingeschränkte Gelenkfunktion zu erreichen.

Der Patient wird in Rückenlage gelagert, wobei der Arm im Schultergelenk um 90° abduziert wird und auf einem Zusatztisch aufliegt. Die Operation erfolgt in

aller Regel in Allgemeinnarkose und sollte bei geringem Weichteilschaden in Blutsperre durchgeführt werden.

Der operative Zugang sollte generell erweiterbar sein, in atraumatischer Technik erfolgen und in größtem Respekt für die Weichteile durchgeführt werden. Ziel jeder Operation ist, eine anatomische Reposition und stabile Fixation mit möglichst knapper Freilegung im Bereich von stabilisierenden Ligamenten und unter Erhaltung der Durchblutung der einzelnen Fragmente zu erreichen (Rüedi und Murphy 2003).

Bei ausgeprägter Knochenschädigung und Kompressionsfrakturen ist eine zusätzliche Unterfütterung mit autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm möglich.

1.8.2.1 Dorsale Zugänge zum distalen Radius

Die Inzision, zwischen denen eingegangen werden soll, ist gerade und zentriert über den Strecksehnenfächern (Hastings und Leibovic 1993, Fernandez und Jupiter 1995), (Abb. 12).

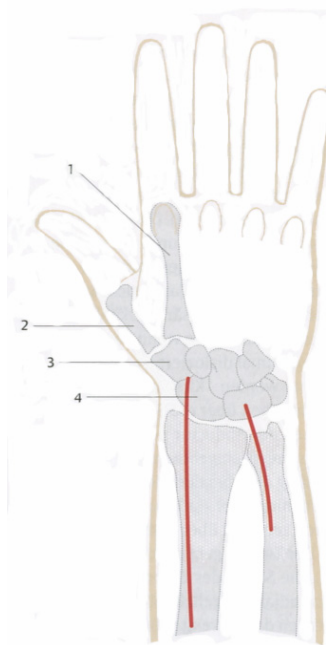


Abbildung 12: Dorsaler Zugang: Hautinzision. Os metacarpale II (1), Os metacarpale I (2), Os trapezium (3), Os scaphoideum (4) (aus Rüedi und Murphy)

- Zwischen erstem und zweitem Strecksehnenfach (Abb. 13):

Es müssen die oberflächlichen sensiblen Äste des N. radialis dargestellt und unnötiger Zug vermieden werden. Weiter muss die A. radialis geschont werden, die um das Radiusstyloid herum in die Tabatière läuft, vor allem wenn die Inzision weiter nach distal verlängert wird.

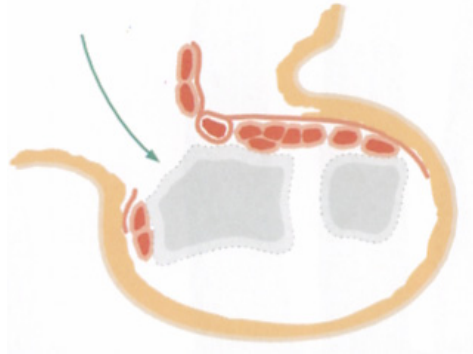


Abbildung 13: Dorsaler Zugang zum Handgelenk zwischen erstem und zweitem Strecksehnenfach für Frakturen des Radiusstyloids (aus Rüedi und Murphy)

- Durch das dritte Strecksehnenfach (Abb. 14):

Die Sehne des M. extensor pollicis longus wird nach radial gehalten, das zweite und vierte Fach werden zunächst streng subperiostal von der Radiuskante abpräpariert. Unmittelbar radial des zweiten Fachs wird für die Platte ein ulnargestielter Flap aus dem Retinaculum präpariert, der nach erfolgter Osteosynthese unter der Sehne des M. extensor pollicis longus durchgezogen wird, sodass die Platte gedeckt ist und die Sehne subcutan ohne direkten Kontakt zum Implantat zu liegen kommt.

Zwischen dem fünften und sechsten Strecksehnenfach muss gegebenenfalls eine zusätzliche Ulnarinzision gemacht werden, wenn eine Refixation des Proc. styloideus ulnae, des TFCC oder des Ulnarköpfchens erforderlich ist. Auf den dorsalen Hautast des N. ulnaris muss geachtet werden, vor allem wenn der Schnitt distal des ulnocarpalen Gelenks auf den Handrücken geführt wird.



Abbildung 14: Dorsaler Zugang zum Handgelenk durch das dritte Strecksehnenfach (EPL) für Frakturen des Radiusstyloids (aus Rüedi und Murphy)

1.8.2.2 Palmare Zugänge zum distalen Radius

Zur Darstellung des distalen Radius von palmar gibt es zwei klassische Zugänge, die additiv eine Dekompression des N. medianus oder eine Fasziotomie der Flexorengruppe zulassen, falls indiziert.

- Henry-Zugang (Abb. 15):

Dieser Zugang wird am häufigsten verwendet und dabei verläuft die Längsinzision unmittelbar radial der Sehne des M. flexor carpi radialis. Zwischen der Sehne und der A. radialis wird auf den M. pronator quadratus eingegangen und vom radialen Rand des distalen Radius gelöst und nach ulnar wegpräpariert.

Um den R. palmaris des N. medianus nicht zu gefährden, sollte bei einer zusätzlich indizierten Dekompression des Carpaltunnels, anstelle einer distalen Erweiterung des Henry-Zugangs eine zusätzliche palmare Inzision gemacht werden.

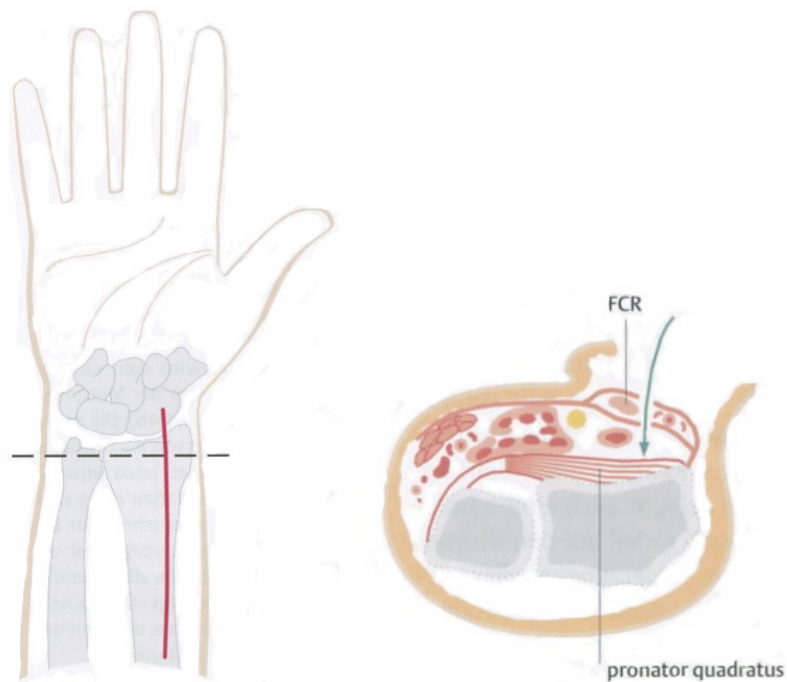


Abbildung 15: Palmarer Zugang zum Handgelenk (Henry). Beachte, dass der Carpaltunnel schwierig zu erreichen ist! (aus Rüedi und Murphy)

- S-förmiger Carpaltunnel-Zugang (Abb. 16):

Dieser Zugang bietet mehr Erweiterungsmöglichkeiten und entspricht im Wesentlichen einer nach proximal gezogener Carpaltunnel-Inzision.

In der Thenarfalte (linea vitalis) beginnt die Hautinzision und wird S-förmig nach ulnar über die Handgelenkfalte geführt und verläuft nach proximal parallel zur radialen Begrenzung, der Sehne des M. flexor carpi ulnaris. Falls unter Umständen der Radiuschaft dargestellt werden muss, kann die Inzision nach radial gewendet werden.

Durch Eröffnen des Carpaltunnels wird der N. medianus und durch Spalten der Guyon-Loge der N. ulnaris entlastet. Das ulnare Gefäß-/Nervenbündel wird nach ulnar, die tiefen Flexoren werden nach radial gehalten und der M. pronator quadratus wird abpräpariert.

Weiter erlaubt dieser Zugang eine schräge Erweiterung von ulnar nach radial auf den distalen Unterarm, bei komplexen Verletzungen. Ebenso kann der Zugang bei massiven Quetschungen bis in die Ellenbeuge erweitert und die Flexorengruppe fasziotomiert werden.

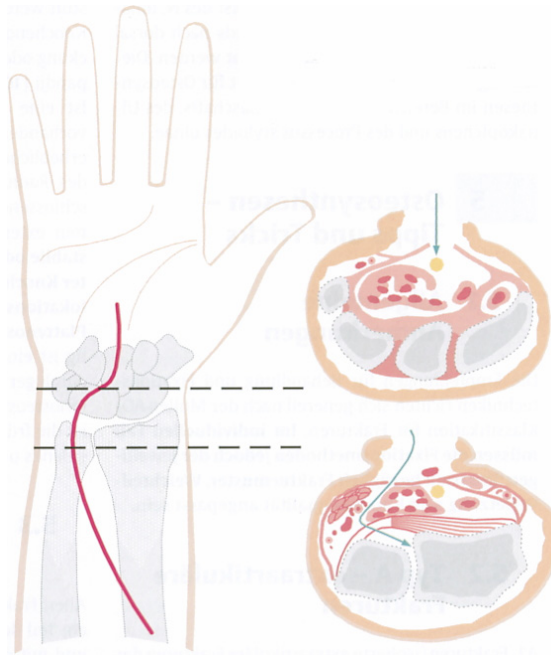


Abbildung 16: Palmarer Zugang zum Handgelenk (S-förmig). Erweiterung nach distal über die Handgelenkbeugefalte. Der Carpalunnel kann sicher gespalten werden (aus Rüedi und Murphy)

Fazit:

Nachteil der dorsalen Plattenanlage ist nach knöcherner Konsolidierung die Notwendigkeit einer baldmöglichen Entfernung, um einer eventuellen Strecksehenschädigung vorzubeugen (Siebert 1997).

Vorteil der palmaren Plattenanlage ist der Ausschluss von Sehnen- und Nervenirritationen durch die geschützte Lage unter dem M. pronator quadratus, außerdem bleibt eine additive Neurolyse des N. medianus möglich.

Der Trend geht zum limitiert offenen Verfahren durch Stabilisierung mit kleinen winkelstabilen Implantaten, evtl. mit arthroskopischer Gelenkflächenkontrolle und aktiver, schienenfreier Nach- und Weiterbehandlung.

1.9 Rehabilitation

Die gelungene konservative oder operative Wiederherstellung der anatomischen Gegebenheiten ist lediglich als Voraussetzung für eine Wiederherstellung der Funktion anzusehen. Physiotherapie und Ergotherapie stellen hierbei integrale Bestandteile der Behandlung nach distalen Radiusfrakturen dar, um eine rasche Rückkehr des Patienten in seinen Alltag zu ermöglichen. Die Selbstaktivität des Patienten muss unterstützt werden und das Therapiekonzept muss möglichst viel Raum für Eigeninitiative bieten.

Ebenso wie Physio- und Ergotherapeuten über die Art und Stabilität einer Osteosynthese in Kenntnis gesetzt sein müssen, so muss der verschreibende Chirurg über den Fortschritt, aber auch über die Stagnation der rezeptierten Behandlungen orientiert sein und es bedarf einer Diskussion bezüglich ihrer Notwendigkeit (Flesch et al. 2003).

- Physiotherapie in der Frühphase:

Im Vordergrund stehen Dystrophieprophylaxe, Schmerzlinderung und Entstauung bei postoperativem oder posttraumatischem Ödem, wobei die Lagerung eine entscheidende Rolle bei der Resorptionsverbesserung spielt. Ebenfalls wird durch Muskelaktivität die Blutzirkulation erhöht und wirkt somit der Schwellung entgegen. Den gleichen Effekt nutzt man auch mit Kurzzeiteisanwendung, bei der es zu reaktiver Mehrdurchblutung nach der Kühlphase kommt.

Bei erreichter Bewegungsstabilität sollte über aktives und assistives Bewegen eine dosierte Bewegungserweiterung erfolgen, um eine übervorsichtige Schonhaltung zu verhindern (Flesch et al. 2003).

- Physio- und Ergotherapie in der Spätphase:

Ist die Fraktur belastungsstabil ausgeheilt, wird die Intensität mit konzentrischen, isometrischen und exzentrischen Muskelarbeitsweisen gesteigert. Mit Geräten (z.B. Theraband, Oberkörperergometer oder Seilzugapparat) wird gezielt ein Aufbautraining angestrebt, die Kraftausdauer gesteigert und als Wichtigstes, der Patient zum Eigentaining angeleitet. Hinzu

kommen Wechselteilbäder, elektrotherapeutische Maßnahmen, Narbenmassagen und manuelle Lymphdrainage evtl. mit einer Kompressionsbehandlung kombiniert (Radlinger et al. 1998).

Somit stellen Physio- und Ergotherapie einen integralen Bestandteil des Therapieplans nach behandelter Radiusfraktur dar, um die Erhaltung und Wiederherstellung sensibler und feinmotorischer Funktionen wesentlich zu unterstützen und zu fördern (Flesch et al. 2003).

1.10 Komplikationen

Neben den Begleitverletzungen nehmen auch die häufig vorkommenden Komplikationen einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Ausheilung.

- Sekundäre Dislokation:

Sehr früh und am häufigsten treten diese Komplikationen bei unzureichender Reposition des distalen Frakturfragments in Erscheinung (Gartland und Werley 1951, Cooney et al. 1980). Klinisch imponieren spontan aufgetretene Funktionseinschränkungen, Schwellungen und Schmerzen, die normalerweise frühzeitig erkannt werden können und müssen. Gerade aus diesem Grund ist postoperativ eine engmaschige und regelmäßige, klinische und radiologische Kontrolle unabdingbar.

Erheblich oft zwingen sie bei initial konservativer Anbehandlung distaler Radiusfrakturen zum Verfahrenswechsel, erfordern eine operative Korrektur und fördern die Genese der sympathischen Reflexdystrophie (Schmalholz 1989).

- Ausheilung der Fraktur in Fehlstellung:

Häufig kommt es zu einer Ausheilung der Fraktur in Fehlstellung nach einer sekundären Dislokation oder wenn sie nicht ausreichend reponiert wurde.

In der Literatur findet sich eine Inzidenz bis zu 20% (Förstner 1990, Möllenhoff et al. 1992).

Bleibende Gelenkstufen, Fehlstellungen oder Knorpeldefekte mit daraus resultierender Überbeanspruchung bestimmter Gelenkabschnitte im Radiocarpalgelenk führen unweigerlich schließlich zu einer Arthrosis deformans.

Leiden der Patienten mit posttraumatischer Fehlstellung sind in der Regel chronische Schwellungs- und Reizzustände mit und ohne Belastung, Kraftverlust mit einhergehender eingeschränkter Beweglichkeit.

Wurde bei einer Kompressionsfraktur die Trümmerzone nicht ausreichend beseitigt und behandelt, so heilt der Bruch mit einer Verkürzung des Radius aus und bedingt eine relative Verlängerung der Ulna im Vergleich zum Radius. Dieser Ulnavorschub bewirkt eine Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk und imponiert klinisch als „vorspringendes Ulnastyloid“. Bei reponierten distalen Radiusfrakturen wurde eine durchschnittliche Verkürzung des Radius um 3,26 mm nachgewiesen (Jenkins 1989). Bei einer bleibenden Stufenbildung von schon über 2 mm konnte eine Arthroseinzidenz bis zu 92% nachgewiesen werden und macht den Zusammenhang zwischen anatomischer Rekonstruktion und resultierender Funktion äußerst handfest (Catalano et al. 1997).

Bei Veränderung der Palmarinklination mit einer Dislokation von 10° nach dorsal kommt es zu Verspannungen der Membrana interossea und sekundären Verziehungen im distalen Radioulnargelenk (Kihara et al. 1996).

Ebenso können nicht versorgte ligamentäre Mitleidenschaften und Verletzungen des Triangulären Fibroartilaginären Komplexes zur Instabilität des Radiocarpalgelenkes führen (Windisch et al. 2001).

Folgen sind einerseits eine ansteigende Gefügestörung der Handwurzel mit Überbelastung des Bandapparates sowie Subluxation mit unphysiologischer axialer Kompression des ulnaren Handgelenksanteils und andererseits Umwandlungen der osteochondralen Gelenkanteile.

Eine resultierende Behinderung mit deutlicher Funktionseinbusse der Pro- und Supination und Ausbildung einer Arthrosis deformans mit Schmerzen sind zu erwarten.

- Sehnenruptur:

Es treten Komplikationen sowohl der Streck- als auch der Beugesehnen auf und manifestieren sich als Verklebungen, Tendinitiden oder Rupturen.

Einige Wochen nach dem Unfall kann es zur Ruptur der Sehne des M. Extensor pollicis longus kommen. Die Sehne rupturiert knapp distal des Retinaculum extensorum und ist Folge eines frakturbegleitenden Hämatoms in der Scheide des 3. Sehnenfaches mit nachfolgender Durchblutungsstörung und aseptischer Nekrose (Wilhelm und Proksch 1979).

Auch nicht korrekt reponierte Knochenfragmente können durch mechanische Alteration zu einer chronischen Destruktion der Sehne führen.

Außerdem werden ein Kompartmentsyndrom, dorsale Osteosyntheseplatten, Schrauben oder Drähte ebenso als Ursachen diskutiert.

- Kompressionsneuropathie:

Eine sehr häufige Spätkomplikation ist das Medianuskompressionssyndrom, das Carpaltunnelsyndrom, mit einer Inzidenz bis zu 31% (Cooney et al. 1980). Im Zusammenhang mit einem Trauma wird es meist durch eine volare Knochenleiste bzw. Einengung durch ein Frakturfragment, Hämatom und Begleitödem verursacht, die zu einem Druck auf den N. medianus im Carpaltunnel führen. Therapie der Wahl ist die Dekompression des Nerven durch Spaltung des Lig. carpi transversum.

Aus diesem Grund wird bei einer operativen Versorgung mit einer palmaren Platte zu einer gleichzeitigen Druckentlastung des Nervus medianus dringlich geraten und muss diskutiert werden (Dresing et al. 1994).

Bei Frühkomplikationen kann durch Umgipsen oder evtl. Nachreposition eine spontane Besserung erreicht werden.

Ebenso kann neben dem N. medianus auch der N. ulnaris betroffen sein.

- Komplexes regionales Schmerzsyndrom:

Eine zu Recht gefürchtete Komplikation ist heute immer noch die Sympathische Reflexdystrophie (M. Sudeck, Komplexes regionales Schmerzsyndrom (CRPS-1), Algodystrophie). Allerdings ist in den letzten 40 Jahren ein deutlicher

Rückgang der Erkrankungshäufigkeit zu verzeichnen, höchst wahrscheinlich als Folge der Änderung in der Verfahrenstherapie, so dass heute die Inzidenz nach distalen Radiusfrakturen zwischen 8% und 25% liegt (Veldman et al. 1993, Atkins et al. 1989). Pathophysiologisch herrscht trotz intensiver Grundlagenforschung nach wie vor Uneinigkeit. Neuere Untersuchungen zeigen in Skelettmuskelbiopsien betroffener Patienten eine Zunahme von Lipofuszinpigment, atrophe Muskelfasern und entzündlich veränderte Kapillargefäße als Zeichen einer oxidativen Stressreaktion (Van der Laan und Goris 1997). Einigkeit besteht jedenfalls darüber, dass es sich um ein multifaktorielles Geschehen handelt und durch eine chronische Reizung die sympathische vasomotorische Reflexantwort ausgelöst wird.

Der Ansicht mancher Autoren nach ist diese Erkrankung eine vermeidbare Behandlungsfolge (Edshage 1975).

Schnürende Verbände, ungenügende Frakturposition, häufige Nachrepositionen, ungenügende Schmerzbehandlung und fehlende oder passive Bewegungsübungen und Massagen sind sicherlich begünstigende Faktoren für ein CRPS-1.

- Chronifizierung:

Eine Unzufriedenheit mit dem Endergebnis korreliert stark mit chronifizierten Schmerzen und entspricht im Wesentlichen den oben genannten Komplikationen, hauptsächlich wie Sympathische Reflexdystrophie, als auch Kompressionsneuropathie, in Fehlstellung verheilte Fraktur, sekundärer Dislokation sowie Sehnenruptur. Ebenso spielen Verletzungen der Arterien und Venen, Tendovaginitiden und Periarthritiden eine Rolle, gehören jedoch allesamt zu den eher seltenen Gründen (Meine 1989, Wiemer et al. 1999).

2 Patienten, Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In der Zeit vom 01.01.1999 bis zum 30.09.2003 wurden in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Marienhospitals Stuttgart insgesamt 217 distale Radiusfrakturen mittels Bohrdrahtosteosynthese oder Plattenosteosynthese versorgt. Hierbei ausgeschlossen wurden konservative Behandlungen, Fixateur externe, Schraubenosteosynthesen und dorsale Plattenosteosynthesen.

Nach der AO-Klassifikation wurde in 45 extraartikuläre Frakturen (AO: 23 A-Frakturen) und 172 intraartikuläre Frakturen (AO: 23 B/C-Frakturen) aufgeteilt (Müller et al. 1987). Ab Februar 2004 wurde versucht mit allen 172 Patienten Kontakt aufzunehmen und einen Nachuntersuchungstermin zu vereinbaren. 6 Patienten waren verstorben, 4 Patienten in das Ausland verzogen, 1 Patient war an den Rollstuhl gebunden, 19 Patienten konnten die Nachuntersuchungstermine nicht wahrnehmen und 40 Patienten wollten sich an der Studie nicht beteiligen oder haben sich nicht gemeldet. 102 Patienten folgten der Einladung und unterzogen sich der Nachuntersuchung. Weitere Ausschlusskriterien waren mangelnde postoperative Bilddokumentation, sodass schließlich insgesamt 93 Patienten in die Auswertung der rein intraartikulären Frakturen (AO: 23 B/C-Frakturen) einbezogen werden konnten.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Bereitschaft der Patienten zur Durchführung einer Röntgenkontrolle aus wissenschaftlichen Gründen ausgesprochen hoch war, so dass wir die zum Teil fehlende externe, postoperative Bilddokumentation nachträglich noch durchführen konnten.

2.1.1 Nachuntersuchungszeitraum

Die älteste Operation war am 08.01.1999 und die jüngste Operation am 29.09.2003. Die erste Nachuntersuchung erfolgte am 02.03.2004.

Die Nachkontrollen fanden somit 5-62 Monate nach Operation statt, was einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 33,5 Monaten entspricht.

2.1.2 Alter

Das Durchschnittsalter der 93 untersuchten Patienten lag bei 64 Jahren (25.05.1941), wobei der älteste Patient 87 Jahre (18.09.1917) und der jüngste Patient 28 Jahre (21.09.1976) war.

2.1.3 Geschlecht

Es handelte sich um 71 Frauen und 22 Männer (Abb. 17).

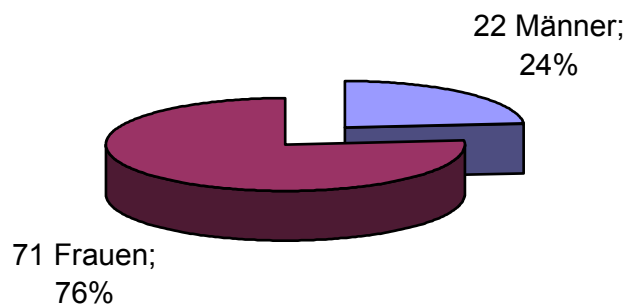


Abbildung 17: Prozentuale Häufigkeitsverteilung distaler intraartikulärer Radiusfrakturen nach Geschlecht

2.2 Klassifikation der Frakturen

Die Fraktуреinteilung erfolgte nach den AO-Kriterien (Müller et al. 1987). Dabei handelte es sich 22-Mal um Frakturen der Gruppe B, entsprechend 24% aller untersuchten Patienten und 71-Mal um Frakturen der Gruppe C mit 76% (Abb. 18).

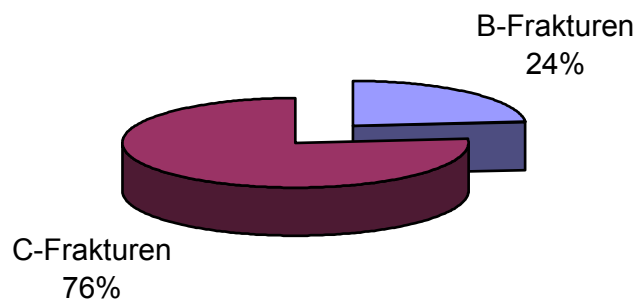


Abbildung 18: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der nach AO-Klassifikation unterteilten Frakturen des distalen Radius

2.3 Behandlung

Die Therapie der 93 nachuntersuchten Patienten teilte sich in 42 versorgte Plattenosteosynthesen und 51 Kirschner-Drahtfixationen auf (Abb. 19).

Bei 3 Patienten wurde wegen sekundärer Dislokation ein Verfahrenswechsel durchgeführt. Vor der Plattenosteosynthese wurden sie mit einer Kirschner-Drahtfixation versorgt.

Ein Patient wurde zur volaren Platte noch zusätzlich mit einer dorsalen Platte versorgt.

Ein Patient wurde zur volaren Platte noch zusätzlich mit einem Kirschner-Draht versorgt.

Ein Patient wurde vor der Plattenosteosynthese mit einem Fixateur externe behandelt.

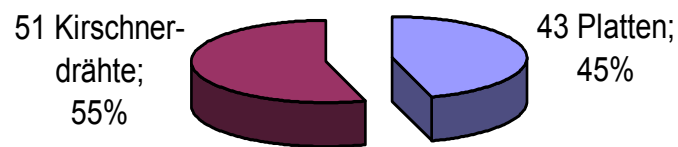


Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit des therapeutischen Vorgehens bei distaler intraartikulärer Radiusfraktur

16 von 43 Patienten mit Plattenosteosynthese wurden mit neuer „Universal-Radius-Platte“ operativ versorgt (Abb. 20). Sie ist eine aktuelle Weiterentwicklung seit 2002 nach K.-K. Dittel.



Abbildung 20: Martin Universal-Radius-Plattensystem nach K.-K. Dittel (2002)

Durch ihre Kombination aus Winkelstabilität, Universalität für Extensions- und Flexionsbrüche, weichteilschonendes Plattendesign (Dicke: 2,0 mm) und bedarfsgerechte, multidirektionale Fixationsmöglichkeit durch laterale Laschen, hat sich die neue Titanplatte als ideales Implantat bewährt (Abb. 21).



Abbildung 21: Maßseinheit und Winkelstabilität

Somit ist eine optimale Rekonstruktion der anatomischen Verhältnisse realisierbar, bei insgesamt vereinfachter Operationstechnik und geringen Komplikationsraten.

2.4 Nachuntersuchung

Durchschnittlich 33,5 Monate nach der Operation wurden die Patienten klinisch als auch radiologisch untersucht.

2.4.1 Untersuchungsablauf

Der Patient wurde ausführlich über die Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie aufgeklärt und es wurde ihm ein Informationsblatt zur Studie ausgehändigt (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Informationsblatt zur Studie

<u>Studienleiter:</u>	Prof. Dr. med. K.-K. Dittel , Ärztlicher Direktor, Klinik für Unfallchirurgie, Marienhospital Stuttgart
<u>Ansprechpartner:</u>	Dr. med. H. Hertl , Klinik für Unfallchirurgie, Marienhospital Stuttgart cand. med. C. Kübler , Universität Tübingen, Doktorand der Klinik für Unfallchirurgie, Tel.: 0179 – 23 73 444, E-Mail: cornelius_kuebler@yahoo.de

Informationsblatt zur Studie

„Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung bei distalen
Radiusfrakturen mit und ohne Carpaltunnelspaltung“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Bei Ihnen wurde eine Operation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur durchgeführt.

Um den Patienten auch in Zukunft die beste Behandlung anbieten zu können, sind wir auf Nachuntersuchungen bisher erfolgter Therapien angewiesen.

Diese Studie dient zur Verbesserung des Kenntnisstandes bezüglich der Operationsverfahren bei distalen Radiusfrakturen, wie sie in Ihrem Fall durchgeführt wurde. Wir versprechen uns davon neue Erkenntnisse im Bereich der Langzeiterfahrung in Bezug auf diese Operationstechnik, so dass wir die Betreuung unserer Patienten in Zukunft noch besser als bisher gestalten können.

Die Teilnahme ist für Sie freiwillig und besteht in einer ambulanten Vorstellung in der Klinik für Unfallchirurgie, bei der wir die Beweglichkeit, die anatomischen Verhältnisse sowie das subjektive Empfinden bezüglich der durchgeführten Operation untersuchen werden.

Grundlage der Untersuchung sind standardisierte Fragebögen, in Absprache auch eine Röntgenkontrolle/ Bildwandlerkontrolle. Hierbei handelt es sich um Verfahren, die keine Schmerzen verursachen.

Die ärztliche Schweigepflicht wird gewahrt. Ihre personenbezogenen Daten werden nicht weitergegeben, kopiert oder missbraucht. Eine Weitergabe von Daten findet ausschließlich in anonymisierter Form statt.

Diese Studie dient ausschließlich nur wissenschaftlichen Zwecken.

Leider haben wir nicht die Möglichkeit die Fahrtkosten zu erstatten.

Sie können Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für die weitere Behandlung widerrufen.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie sich zur Teilnahme entschließen und danken Ihnen schon jetzt für Ihre Mitarbeit.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. med. K.-K. Dittel

Anschließend wurde die Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie unterschrieben und den Akten zur Dokumentation beigelegt (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie

Studienleiter:

Prof. Dr. med. K.-K. Dittel, Ärztlicher Direktor,
Klinik für Unfallchirurgie, Marienhospital Stuttgart

Ansprechpartner:

Dr. med. H. Hertl,
Klinik für Unfallchirurgie, Marienhospital Stuttgart

cand. med. C. Kübler,
Universität Tübingen, Doktorand der Klinik für Unfallchirurgie,
Tel.: 0179 – 23 73 444, E-Mail: cornelius_kuebler@yahoo.de

Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie

„Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung bei distalen
Radiusfrakturen mit und ohne Carpaltunnelspaltung“

Ich wurde über die Ziele, die Dauer und den Nutzen der Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt und erkläre mich damit einverstanden, dass ich

Name, Vorname _____

geb. am _____

an dieser Studie teilnehme.

Ich bin auch darüber informiert, dass die Teilnahme an der Untersuchung und der Studie vollkommen freiwillig ist und dass ich ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile jederzeit meine Einwilligung widerrufen kann.

Ich wurde auch über den Umgang mit personenbezogenen Daten informiert.

Ort/ Datum _____

Unterschrift _____

Daraufhin konnte mit der eigentlichen Nachuntersuchung begonnen werden und die Ergebnisse wurden in einen für die Studie angelegten Fragebogen eingetragen (Tab. 4).

Tab. 4: Nachuntersuchungsbogen

Name, Vorname:

Geb.-Datum:

Op-Datum:

Patientenvorstellung am:

Anamnese

- Bruchseite:
- Metall:
- Unfallunabhängige Gelenkbeschwerden:
- Links-/Rechtshänder:
- Krankenschreibung:
- Sonstiges:

Beschwerdesymptomatik

- Einschränkungen im täglichen Leben:
- Sonstiges:

Inspektion

- Deformation:
- Schwellung:
- Thenar-/Hypothenarmuskulatur:
- Durchblutung (Anämie):
- Hautbeschaffenheit:
- Gelenkumfang (links/rechts):
- Mittelhandumfang (links/rechts):
- Handspanne (Daumen - Kleinfinger):

Untersuchungsbefund

- Handgelenksdruckschmerz (links/rechts):
- Handgelenksbeweglichkeit im Vergleich zur Gegenseite
 - Dorsalextension:
 - Palmarflexion:
 - Radialabduktion:
 - Ulnarabduktion:
 - Pro-, Supination:

- Fingerbeweglichkeit
 - Faustschluss:
 - Fingertippen:
- Nervale Symptomatik
 - Tinel-Hoffman-Zeichen:
 - Medianuslähmung (Zeige-/Mittelfinger):
 - Sensibilitätsstörung (volarseitig am Daumen, Zeige- und Mittelfinger):
- Kraftmessung
 - subjektiv mit Händedruck (links/rechts):
 - objektiv mit Vigorimeter (links/rechts):

Röntgenbefund

- Postoperative Bilddokumentation:

Zur Objektivierung aller Patientenangaben wurde die ehemals verletzte Hand stets im Vergleich zur gesunden Gegenseite klinisch untersucht.

2.4.2 Anamnese

Zuerst wurden die allgemeinen Tatsachen wie Händigkeit, unfallunabhängige Gelenkbeschwerden (z.B. Arthrose, rheumatoide Arthritis, Osteoporose etc.), die Dauer der Krankschreibung, krankengymnastische Nachbehandlung bzw. Rehabilitation und Komplikation erfragt. Der Unfallhergang und Zeitpunkt der Operation als auch Begleitverletzungen wurde nicht außer Acht gelassen.

2.4.3 Beschwerdesymptomatik

Über Aussagen der Bewegungseinschränkung im täglichen Leben und Berufsleben, Gebrauchsfähigkeit, Wetterfähigkeit, Gefühlsstörung sowie detaillierte Schmerzsymptomatik in Ruhe und bei Belastung konnten die Patienten zu einer subjektiven Einschätzung kommen und in ausführlicher Weise dem Therapieergebnis Ausdruck verleihen.

2.4.4 Inspektion und Palpation

Beidseits wurde die Thenarmuskulatur (Mm. abductor pollicis brevis et opponens pollicis) überprüft, Durchblutung, Hautkolorit und Hidrosis inspiziert und vor allem auf eine Deformation und Schwellung (M. Sudeck) im Bereich des Radiocarpalgelenkes und des distalen Radioulnargelenkes geachtet.

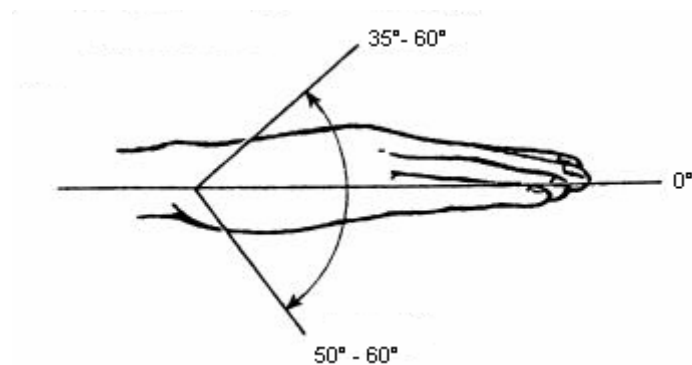
2.4.5 Funktionelle, objektive und subjektive Bewertung

Das Beweglichkeitsausmaß beider Handgelenke wurde gemessen. Die Messung umfasste Dorsalextension und Palmarflexion, Radialabduktion und Ulnarabduktion sowie Pronation und Supination nach der Neutral-Null-Methode mit Winkelmesser und im Seitenvergleich (Abb. 22).

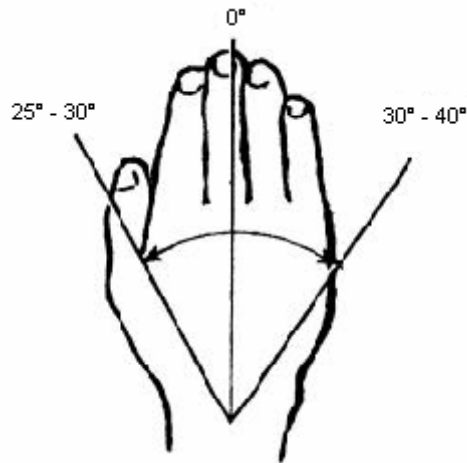
Alle Gelenke sind in Nullstellung/Neutralstellung wenn der Patient in aufrechtem Stand ist, seine Arme hängend mit gestreckten Fingern und nach vorn gerichtetem Daumen, parallel gestellten Füßen und nach vorn gerichtetem Blick hat.

Für jede Bewegung und Gegenbewegung aus dieser Neutral-Null-Stellung wurden die Winkel dokumentiert, wobei die Null für die Neutralposition zwischen beiden Werten steht. Eine Null am Anfang oder Ende hätte somit eine Neutralposition nicht erreicht.

- Dorsalextension/Palmarflexion: 35°-60°/0°/50°-60°



- Radialabduktion/Ulnarabduktion: 25°-30°/0°/30°-40°



- Unterarmdrehung auswärts/einwärts: 80°-90°/0°/80°-90°

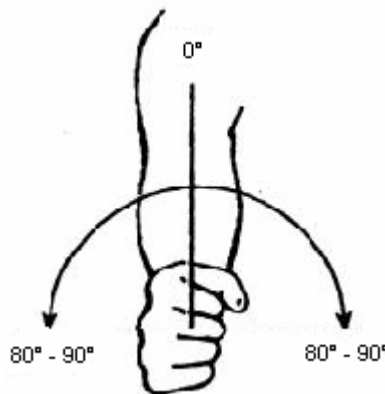


Abbildung 22: Bewegungsmaße nach der Neutral-Null-Methode mit Angabe der Normalwerte (aus Hasse, Müller-Lange)

Die Beweglichkeit der Langfinger und die Daumen-Kleinfinger-Opposition wurden anhand von Fingertippen, Faustschluss, Spitz- und Schlüsselgriff überprüft, um eine Ausfallsymptomatik (d.h. der Faustschluss der drei radialseitigen Finger ist nicht mehr möglich und der Daumen verliert seine Oppositionsfähigkeit) zu erfassen.

Die Druckschmerzhaftigkeit wurde im Gelenkbereich jeweils radial und ulnar provoziert.

Die Kraftmessung wurde subjektiv mit einem beidseitigen Händedruck gemessen. Objektiv wurde die Druckfähigkeit in „Pa“ (Pascal) beider Hände mit einem Vigorimeter erfasst. Jede Messung erfolge dreifach.

Die Umfangsmaße wurden beidseits am Ellenbogengelenk, am mittleren Unterarm (10 cm distal des Epicondylus lateralis), am Handgelenk und der Mittelhand (Metacarpalbereich ohne Daumen) mit einem Bandmaß gemessen, um eine eventuelle Inaktivitätsatrophie zu verifizieren.

Nach Abspreizen des Daumens vom Kleinfinger wurde dieser Abstand als Handspanne vermessen, ebenfalls beidseits.

Sensibilitätsstörungen wurden im Bereich der Finger 1-3 und radialseitig am 4. Finger volar sowie dorsal nur im Bereich der End- und Mittelglieder getestet. (Abb. 23).



Abbildung 23: Sensibilität des N. medianus (aus Niethard, Pfeil)

Als weiterer Hinweis auf eine distale Medianusläsion wurde in leichter Dorsalextension im Handgelenk, bei gestrecktem Ellenbogen, die Klopfschmerzhaftigkeit des Carpal隧nells (Tinel-Hoffmann-Zeichen) getestet (Abb. 24).

Durch das Beklopfen des Retinaculum flexorum tritt ein in die Hand ausstrahlender elektrisierender Schmerz ein (Dysästhesie).

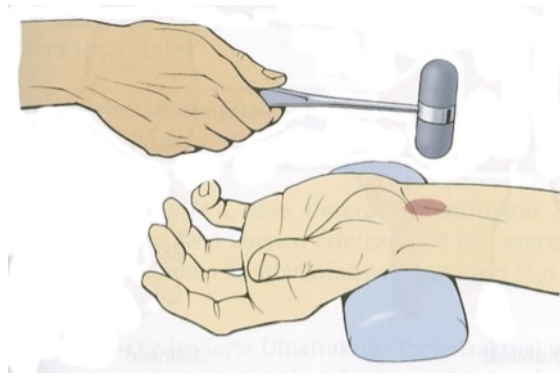


Abbildung 24: Tinel-Hoffmann-Zeichen bei Carpaltunnelsyndrom (aus Niethard, Pfeil)

2.4.6 Radiologische Beurteilung

Zur genauen Beurteilung der anatomischen Verhältnisse und Messung der Radiusgelenkwinkel in beiden Ebenen (Abb. 25 und 26), wurden bei allen Patienten die prä- und direkt postoperativen, sowie die jüngeren postoperativen (Zeitpunkt der letzten radiologischen Kontrolle bzw. Nachuntersuchungszeitpunkt) Standard-Röntgenaufnahmen des Handgelenks im anterior-posterior und streng seitlichen Strahlengang in Neutralstellung benötigt.

- Anterior-Posterior Einstellung:

Der Arm ist im Schultergelenk 90° abduziert, im Ellenbogen 90° gebeugt und liegt flach auf einer festen Unterlage auf. Das Handgelenk befindet sich in Neutralstellung und der 3. Mittelhandknochen in Verlängerung zu der Unterarmachse. Auf das Os capitatum (caput) ist der Zentralstrahl gerichtet.

- Seitliche Einstellung:

Der Oberarm steht senkrecht zu der Röntgenplatte, in Mittelstellung, zwischen Pronation und Supination steht der Unterarm. Das Handgelenk befindet sich in Neutralstellung.

Bei Terminabsprache zur Nachuntersuchung wurden die Patienten direkt gebeten, die im Laufe der Zeit zur Verlaufskontrolle gemachten Röntgenbilder

von den niedergelassenen Ärzten zu organisieren und mit zu bringen. Dadurch konnte man unnötige Strahlenbelastung minimieren.

Bei dennoch mangelnder Bilddokumentation (z.B. zu kurzer Zeitraum nach operativer Versorgung und letzter Röntgenkontrolle, nicht auffindbarer Röntgenbilder, Arztwechsel, mangelnde Kooperation usw.) wurde mittels C-Bogen bei 35 Patienten ein anterior-posteriores und seitliches Bild zur Messung der Radiusgelenkwinkel gemacht (Abb. 25 und 26).

Selbstverständlich aber nur nach Aufklärung und Einverständniserklärung der Patienten.

Somit wurde es möglich, von allen 93 Patienten eine umfassende und aussagekräftige Bilddokumentation zu sammeln um quantitative Informationen über den Verlauf der distalen intraartikulären Radiusfraktur, vom präoperativen Zeitpunkt bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt (Median 33,5 Monate) zu erhalten.

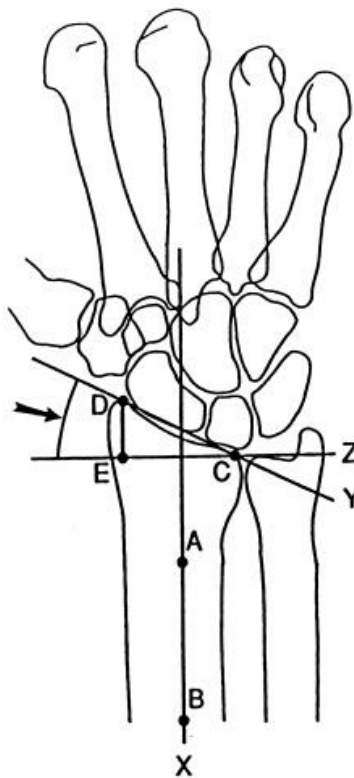


Abbildung 25: Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im anterior-posterioren Strahlengang (aus DiBenedetto et al.)

Parallel zum Radiuschaft wird eine Linie (X), durch die Punkte (A) und (B) gezogen.

Durch den distalen sigmoidalen Knoten (C) und den Processus styloideus radii (D) wird eine Linie (Y) gezogen.

Zu der Linie (X) wird eine orthograde Linie (Z) durch den Punkt (C) gezogen.

Durch die Linien (Z) und (Y) kann der Radiusgelenkwinkel im anterior-posterioren Strahlengang dann bestimmt werden (DiBenedetto et al.).

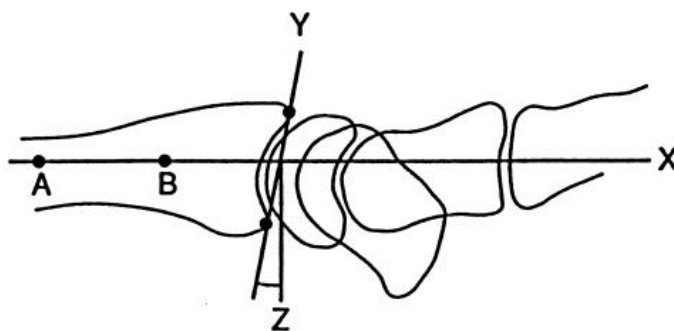


Abbildung 26: Bestimmung des Radiusgelenkwinkels im seitlichen Strahlengang (aus DiBenedetto et al.)

Durch die beiden Punkte (A) und (B) wird wieder eine Radiusachse (X) gezogen. Die Punkte (A) und (B) markieren das Zentrum des Markraums 2 und 5 cm proximal vom Radiocarpalgelenk.

Die Linie (Y) verläuft durch die zwei distalsten Punkte des Radius.

Zur Radiusachse (X) wird eine Orthograde Linie (Z) gezogen.

Der Radiusgelenkwinkel im seitlichen Strahlengang kann so durch die Linien (Y) und (Z) bestimmt werden (DiBenedetto et al.).

Die Aufnahmen wurden nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet:

- Bestimmung des Radiusgelenkwinkels a.p. und seitlich und Vergleich mit dem Durchschnittswert (a.p.: 25° und seitl.: 10°)
- Bestimmung der relativen Ulnarlänge auf der a.p. Aufnahme und Vergleich mit der Nullvariante
- Vorliegen von Stufenbildung in der Gelenkfläche

- Sonstige auffällige Befunde (z.B. Brückencallus)

2.5 Auswertungsmodus

Die gewonnenen Daten wurden alle in das Tabellenkalkulationsprogramm MS-EXCEL übertragen und bearbeitet. Die umfangreiche klinische Untersuchung ermöglichte die Auswertung in verschiedenen Ergebnisscores für distale Radiusfrakturen, Score nach „Castaing“ (Tab. 5 und Abb. 27) und Score nach „Gartland and Werley“ (Tab. 6 und Abb. 28).

Hierbei handelt es sich um Punkteschemata, bei denen sowohl radiologische, funktionelle und subjektive Faktoren als auch Deformitäten und Komplikationen ihre Berücksichtigung finden (Abb. 27 und 28).

Tab. 5: Bewertungskriterien nach „Castaing“ (Punkteverteilung)

Quelle:	www.traumascores.de/ www.traumascores.com	
Spezielle Anwendung:	Radiusfraktur	
Bereich:	Klinischer und radiologischer Score	
Subj./ Obj.:	33% subj./ 57% obj.	
Referenz:	in: Wagner HE und Jakob RP (1985)	
<hr/>		
<u>Subjektive Angaben</u>		
Perfekt	keine Beschwerden	0
Befriedigend	alle Kraftgriffe möglich, selten Beschwerden	1
Genügend	alle Kraftgriffe möglich, oft Beschwerden bei Belastung	2
Ordentlich	gewisse Kraftgriffe unmöglich	4
Ungenügend	mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit eingeschränkt	6
Schlecht	mehrere Kraftgriffe unmöglich, manuelle Tätigkeit sehr reduziert	8

Sehr schlecht	unbrauchbare Hand	9
<u>Funktion</u>		
Normal		0
Dorsalextension	von 45° - 25°	1
	von 25° - 15°	2
	von 15° - 10°	3
Palmarflexion	weniger als 45°	1
Ulnarabduktion	von 30° - 15°	1
	von 15° - 0°	2
Radialabduktion	eingeschränkt	1
Pro-, Supination	zwischen 130° - 90°	1
	unter 90°	2
<u>Röntgenbild [1]</u>		
Normal		0
Dorsalkippung	von 5° - 10°	1
	von 10° - 20°	2
	über 20°	3
Radialkippung	von 10° - 20°	1
	über 20°	2
Arthrosezeichen	+	1
	++	2
Ulnarvorschub	von 2 – 4 mm	1
	über 4 mm	2
<u>Resultat</u>		
Perfekt	0	
Gut	1 - 5	
Genügend	6 - 11	
Mäßig	12 - 15	
Schlecht	16 - 25	

Sehr schlecht > 25

[1] Bewertung Röntgenbild: Bleibender Stellungsverlust im Vergleich zur Gegenseite

- Score nach „Castaing“

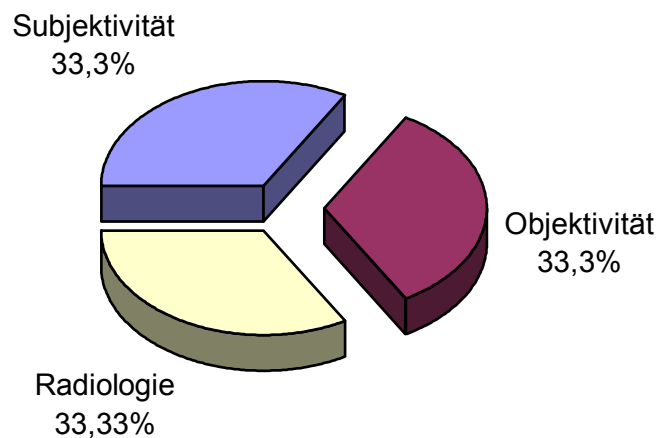


Abbildung 27: Kriteriengewichtung in % von 27 Punkten (aus Wagner, Jakob)

Tab. 6: Bewertungskriterien nach „Gartland und Werley“ (Punkteverteilung)

Quelle:	www.traumascores.de/ www.traumascores.com
Spezielle Anwendung:	Radiusfraktur loco classico
Bereich:	Klinischer und radiologischer Score
Subj./ Obj.:	30% subj./ 70% obj.
Referenz:	in: Gartland JJ und Werley CW (1951)
Anmerkung:	Score vergleicht Hand nicht mit Gegenseite

Residual deformity

Prominent ulnar styloid	1
Residual dorsal tilt	2
Radial deviation of hand	1-3

Subjective evaluation

Excellent: No pain, disability, or limitation of motion	0
Good: Occasional pain, slight limitation of motion, no disability	2
Fair: Occasional pain, some limitation of motion, feeling of weakness in wrist, no particular disability if careful, activities slightly restricted	4
Poor: Pain, limitation of motion, disability, activities more or less markedly restricted	6

Objective evaluation [1]

Loss of dorsiflexion	5
Loss of ulnar deviation	3
Loss of supination	2
Loss of palmar flexion	1
Loss of radial deviation	1
Loss of circumduction	1
Pain in distal radio-ulnar joint	1

Complications

Arthritis change	
Minimal	1
Minimal with pain	3
Moderate	2
Moderate with pain	4
Severe	3
Severe with pain	5

Nerve complications (median)	1-3
Poor finger function due to cast	1-3

Results

Excellent	0 - 2
Good	3 - 8
Fair	9 - 20
Poor	> 20

[1] The objective evaluation is based upon the following ranges of motion as being the minimum for normal function: dorsiflexion 45°; palmar flexion 30°; radial deviation 15°; ulnar deviation 15°; pronation 50°; supination 50°

- Score nach „Gartland and Werley“

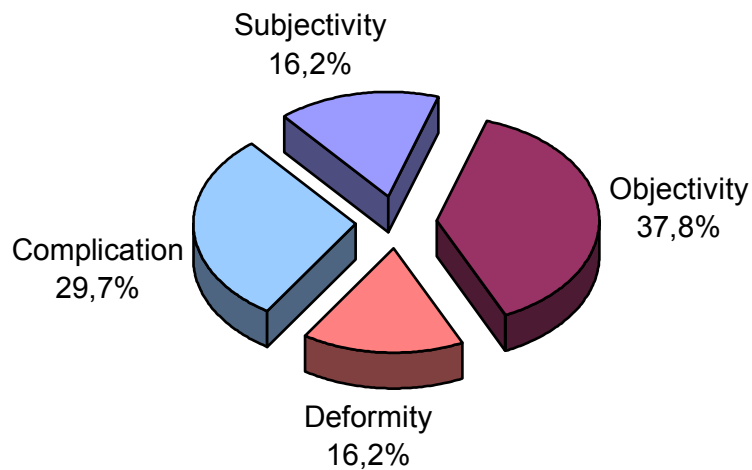


Abbildung 28: Kriteriengewichtung in % von 37 Punkten (aus Gartland, Werley)

Auf dieser Basis konnten die Daten der einzelnen Patienten untereinander sowie gegenüber Literatur, aktuellen Publikationen und systematischen Übersichtsarbeiten oder Reviews (Metaanalysen) verglichen werden und zu qualitativen Ergebnissen und Erkenntnisgewinn kommen.

Die Einschätzung des Erkenntnisgewinns durch die Ergebnisse wird zu diskutieren sein.

Den höchsten Evidenz-Level haben systematische Reviews, Stufe 1a (Studien, die in strukturierter Form auf der Basis methodisch hochwertiger randomisierter kontrollierter Studien erstellt werden).

2.6 Patientengruppen

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf 93 nachuntersuchte Patienten (100%). Dabei wurden die Patienten je nach Art der Osteosynthese und Behandlungsform in vier unterschiedliche Gruppen geordnet (Abb. 29).

2.6.1 Plattenosteosynthese mit Spaltung des Retinaculum flexorum

27 Patienten wurden mit einer volaren, darunter ein Patient zusätzlich mit einer dorsalen T-Platte osteosynthetisch versorgt. Ein Patient wurde mit einer dorsalen T-Platte versorgt.

Dabei wurde zur Druckentlastung des N. medianus die offene Spaltung des Retinaculum flexorum vorgenommen.

2.6.2 Plattenosteosynthese ohne Spaltung des Retinaculum flexorum

Zehn Patienten wurden mit einer dorsalen und vier Patienten mit einer volaren T-Platte osteosynthetisch versorgt.

Hierbei wurde keine Spaltung vorgenommen.

2.6.3 Kirschner-Drahtfixation mit Spaltung des Retinaculum flexorum

24 Patienten wurden mit einer percutanen Kirschner-Drahtspickung und zusätzlichem Spalten des Retinaculum flexorum behandelt.

2.6.4 Kirschner-Drahtfixation ohne Spaltung des Retinaculum flexorum

27 Patienten wurden ebenso mit einer percutanen Kirschner-Drahtspickung, aber ohne zusätzliches Spalten des Retinaculum flexorum behandelt.

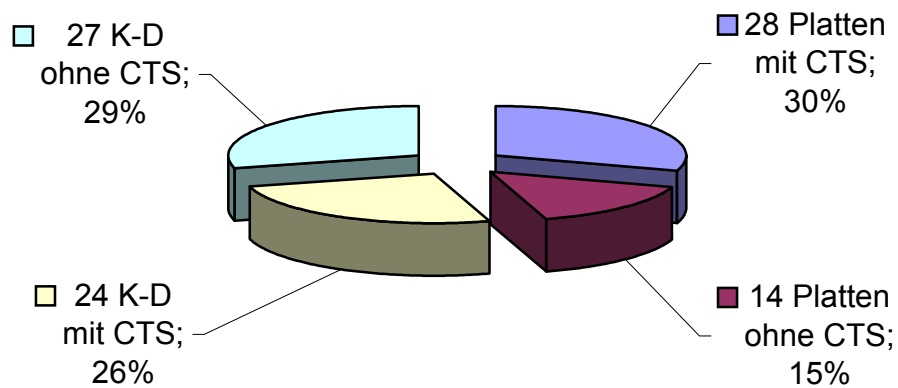


Abbildung 29: Patientenzahlen, Gruppeneinteilung und prozentuale Zuordnung

3 Kasuistik

In diesem Abschnitt der Studie soll ein anschaulicher Eindruck über die Versorgung der Patienten mit dem Martin-Universal-Radius-Plattensystem bei einer distalen intraartikulären Radiusfraktur (Typ 23 C 2.2 nach AO-Klassifikation) mit zusätzlicher Carpaltunnelspaltung zur Druckentlastung des N. medianus vermittelt werden.

Es wird das Unfallbild, das intraoperative Vorgehen, das postoperative Versorgungsbild sowie die Bilder der Nachuntersuchung gezeigt. Alle Röntgenbilder sind im a.-p. Strahlengang abgebildet (Abb. 30, 32 und 33).

Beispielhaft sei hier der Fall einer 46-jährigen Patientin aufgeführt, die sich eine in Abbildung 30 gezeigte Extensionsfraktur zuzog und am 25.09.2003 operativ versorgt wurde (Abb. 31a/b/c/d).

Die Abbildung 32 zeigt die postoperativen Versorgungsaufnahmen vom 10.10.2003 und die Abbildung 33 zeigt die Nachuntersuchungsbilder vom 18.05.2004 bei einer völlig beschwerdefreien Patientin.

- Unfallbilder:



Abbildung 30: Unfallbild: Extensionsfraktur, AO-Klassifikation 23 C 2.2

- Operative Versorgung:



Abbildung 31a: Operationsbild:
Zentraler palmarer Hautschnitt

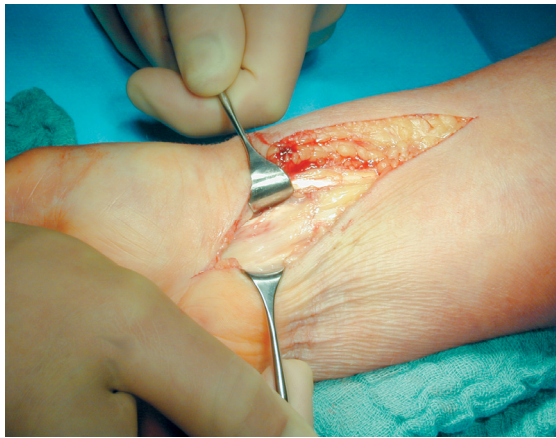


Abbildung 31b: Operationsbild:
Eröffnen des retinaculum flexorum



Abbildung 31c: Operationsbild:
Frakturreduktion

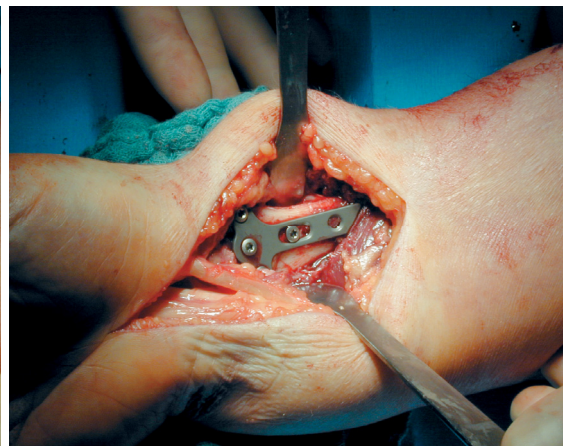


Abbildung 31d: Operationsbild:
Plattenfixation mit winkelstabilen Schrauben
im distalen Bereich (optional)

- Versorgungsaufnahmen:



Abbildung 32: Postoperatives Ergebnis nach zwei Wochen

- Nachuntersuchungsaufnahmen:

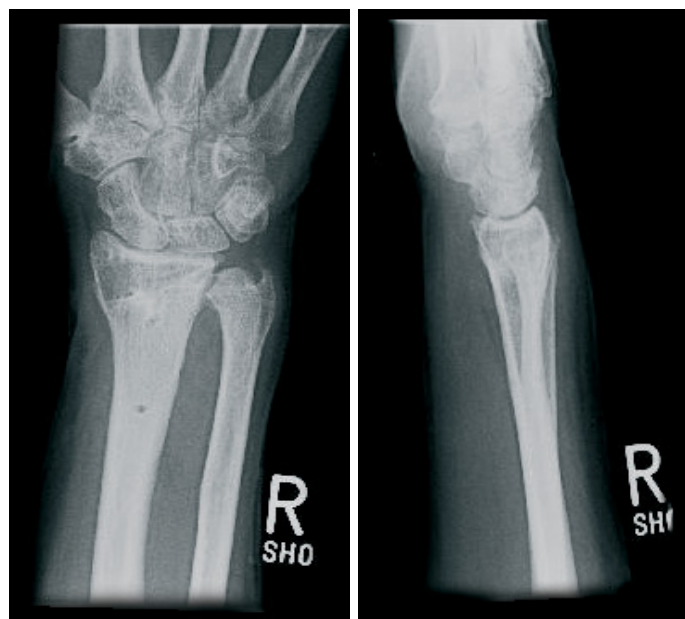


Abbildung 33: Ergebnis nach acht Monaten

4 Ergebnisse

Die Nachuntersuchungsergebnisse wurden anhand der dargestellten Scores, dem Fragebogen und den radiologischen Winkelmessungen (Radiusgelenkwinkel) eruiert. Anhand dieser Ergebnisse sollen Aussagen zur unterschiedlichen operativen Versorgung (Platten vs. Kirschner-Drähte), Heilung und Langzeitergebnissen von rein distalen intraartikulären Radiusfrakturen getroffen werden.

4.1 Frakturverteilung

Bei den 93 nachuntersuchten Patienten handelt es sich um 24 Flexionsfrakturen und 69 Extensionsfrakturen (Abb. 34).

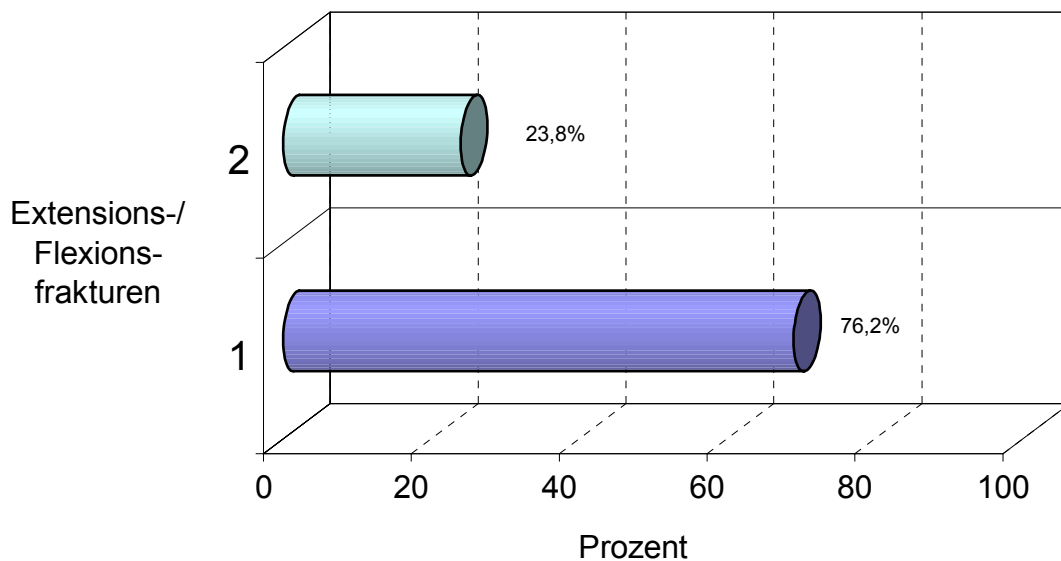


Abbildung 34: Prozentuale Frakturhäufigkeit (n=93; Reihe 1: Extensionsfrakturen; Reihe 2: Flexionsfrakturen)

4.2 Linkshänder und Rechtshänder

Insgesamt waren es nur vier Linkshänder (5%) und 89 Rechtshänder (95%) (Abb. 35).

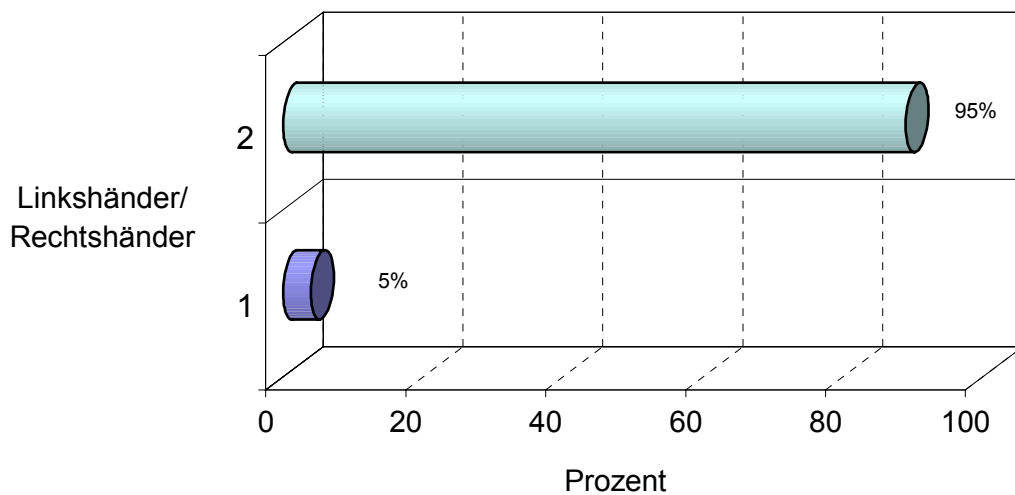


Abbildung 35: Prozentuale Häufigkeit der Links-/Rechtshänder (n=93; Reihe 1: Linkshänder; Reihe 2: Rechtshänder)

4.3 Bruchseite

Die Seitenaufteilung war erstaunlicherweise auf der linken Armseite mit 48 Patienten größer, als auf der rechten Armseite mit 45 Patienten (Abb. 36), bei annähernd normaler Verteilung der Links-/Rechtshänder (Abb. 35).

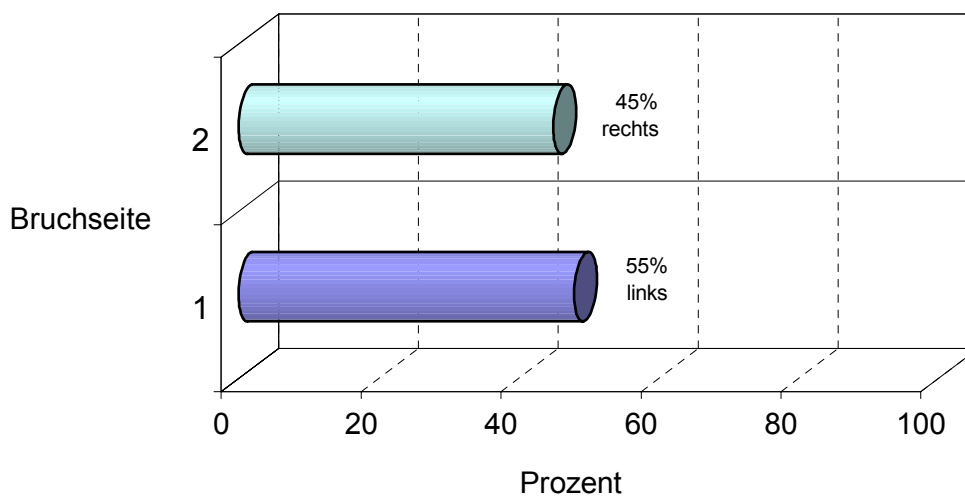


Abbildung 36: Prozentuale Häufigkeit der Bruchseite (n=93; Reihe 1: linker Radius; Reihe 2: rechter Radius)

4.4 Unfallarten

Zu der Unfallursache hatten wir nur bei insgesamt 64 Patienten eine verwertbare Auskunft erhalten. Diese verteilten sich wie folgt: 39 Freizeitunfälle (z.B. im Freien, auf der Straße, auf Schnee und Eis, im Wald stolpern), zehn Hausunfälle (z.B. Ausrutschen, über Stuhl fallen, Treppenstolpern, im Garten, Schneeschippen), neun Sportunfälle (z.B. Radfahren, Laufen, Spaziergehen, Reiten, Wandern, Inline-Skaten), sechs Arbeitsunfälle (z.B. von der Leiter fallen, Ausrutschen, Treppenstolpern).

Der Sturz in der Freizeit lag mit 60% der Häufigkeit weit vor den Haus-, Arbeits- und Sportunfällen (Abb. 37).

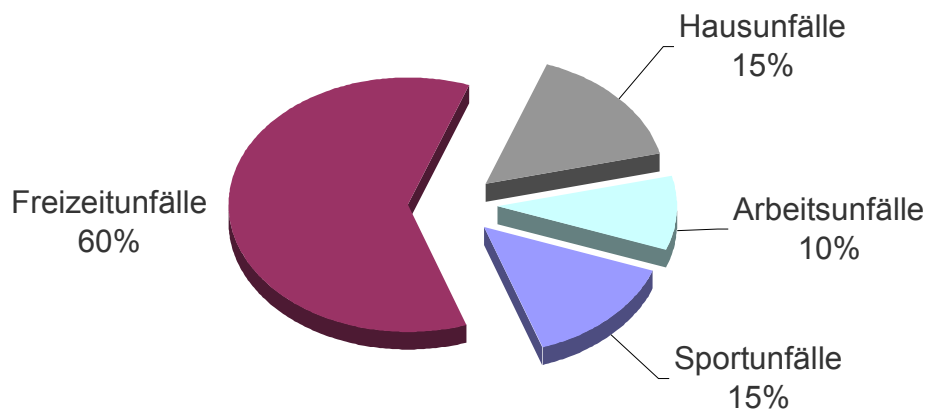


Abbildung 37: Prozentuale Häufigkeit der Unfallursachen

4.5 Schnitt-Naht Zeiten

Bei diesen Ergebnissen handelte es sich um die effektive Operationsdauer, definitionsgemäß die Zeit ab Hautschnitt bis Abschluss der Hautnaht. Leider waren nicht alle Operationsberichte mit den Schnitt-Naht Zeiten versehen, sodass wir nur einen Anhalt dadurch gewinnen können. Dennoch würden sich wahrscheinlich die Durchschnittsergebnisse, gegebenenfalls mit allen Zeiten, nicht groß ändern. In die Gruppe „Platten mit CTS“ werden 12 Operationszeiten einberechnet, in die Gruppe „Platten ohne CTS“ sechs Operationszeiten, in die Gruppe „KD mit CTS“ vier Operationszeiten und in die Gruppe „KD ohne CTS“ werden acht Operationszeiten einberechnet (Abb. 38).

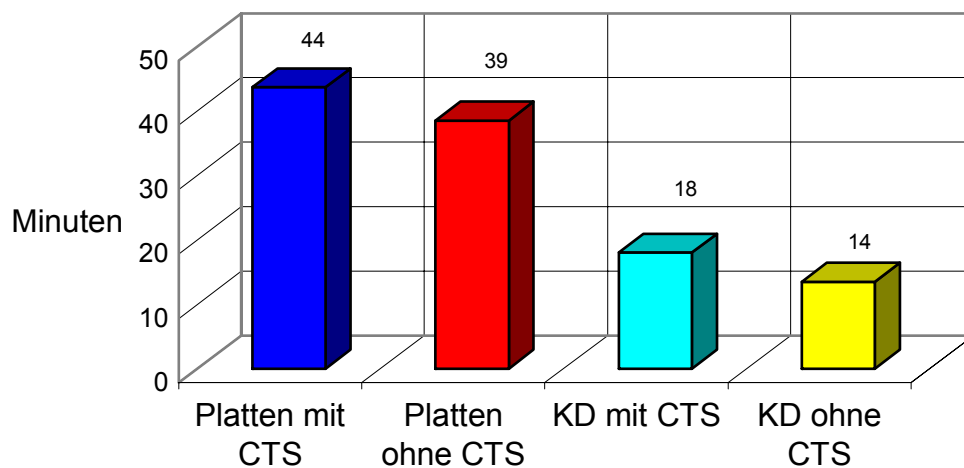


Abbildung 38: Durchschnitt der Operationszeit (n=30)

4.6 Komplikationen

Unter den Komplikationsraten steht die sympathische Reflexdystrophie im Vordergrund. Mit den vorliegenden klinischen Befunden war eine Evaluation möglich und es konnte bei insgesamt 93 nachuntersuchten Patienten, bei sechs Patienten ein Morbus Sudeck diagnostiziert werden oder von Fremd- und Vorbefunden übernommen werden. Eine deutliche Verteilung zugunsten der Versorgungsart mit Carpaltunnelspaltung war zu verzeichnen, ebenso ein signifikanter Unterschied zugunsten der Plattenosteosynthese (n=1) gegenüber der Kirschner-Drahtosteosynthese (n=5), (Abb. 39).

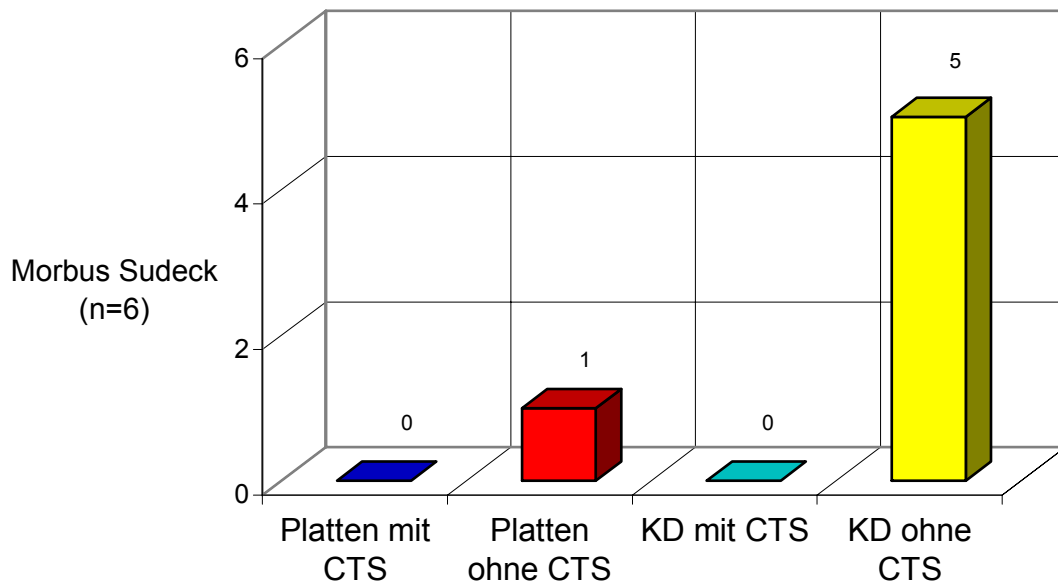


Abbildung 39: Komplikationen (Morbus Sudeck; n=6) innerhalb der verschiedenen Gruppen (n=93)

4.7 Arbeitsunfähigkeitszeiten

Die Dauer der effektiven Arbeitsunfähigkeitszeiten lässt sich nur näherungsweise dokumentieren, da 53 Patienten zum Frakturzeitpunkt bereits berentet waren, drei waren arbeitslos, eine Patientin hatte Erziehungsurlaub, 11 Patienten konnten sich nicht mehr genau erinnern und waren somit nicht verwertbar.

Somit blieben 25 Patienten für dieses Schaubild zur Auswertung übrig.

In die Gruppe „Platten mit CTS“ werden drei Patientenangaben einberechnet, in die Gruppe „Platten ohne CTS“ vier, in die Gruppe „KD mit CTS“ sechs und in die Gruppe „KD ohne CTS“ werden 12 Patientenangaben einberechnet (Abb. 40).

Im Hinblick auf die frühfunktionelle Mobilisation müssen die Ergebnisse der unterschiedlichen Operationsverfahren kritisch hinterfragt werden.

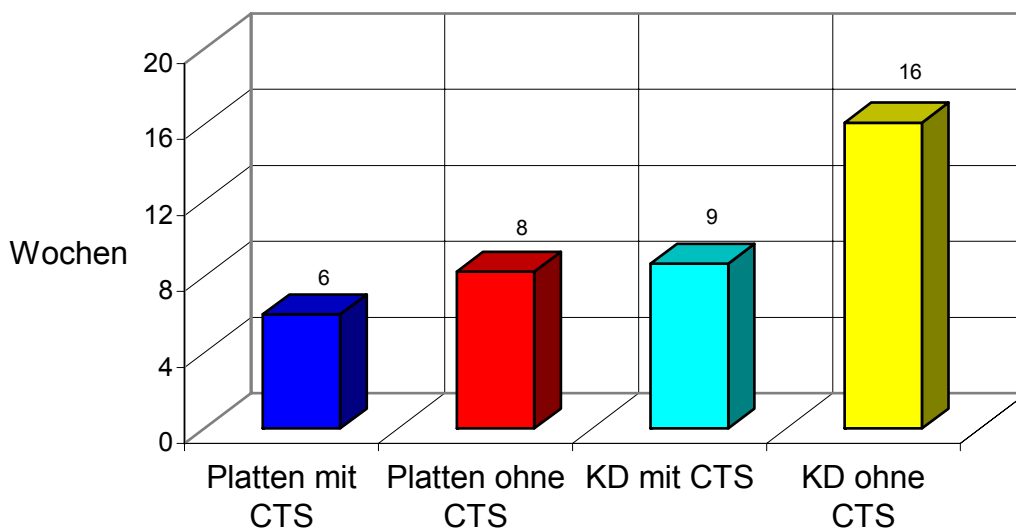


Abbildung 40: Wochendurchschnitt der Arbeitsunfähigkeitszeiten (n=25)

4.8 Vergleich Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung (CTS)

In den nächsten zwei Diagrammen werden die Gruppen mittels Plattenosteosynthese behandelter Patienten mit und ohne Carpaltunnelspaltung gegenübergestellt (Abb. 41 und 42).

- Score nach „Castaing“:

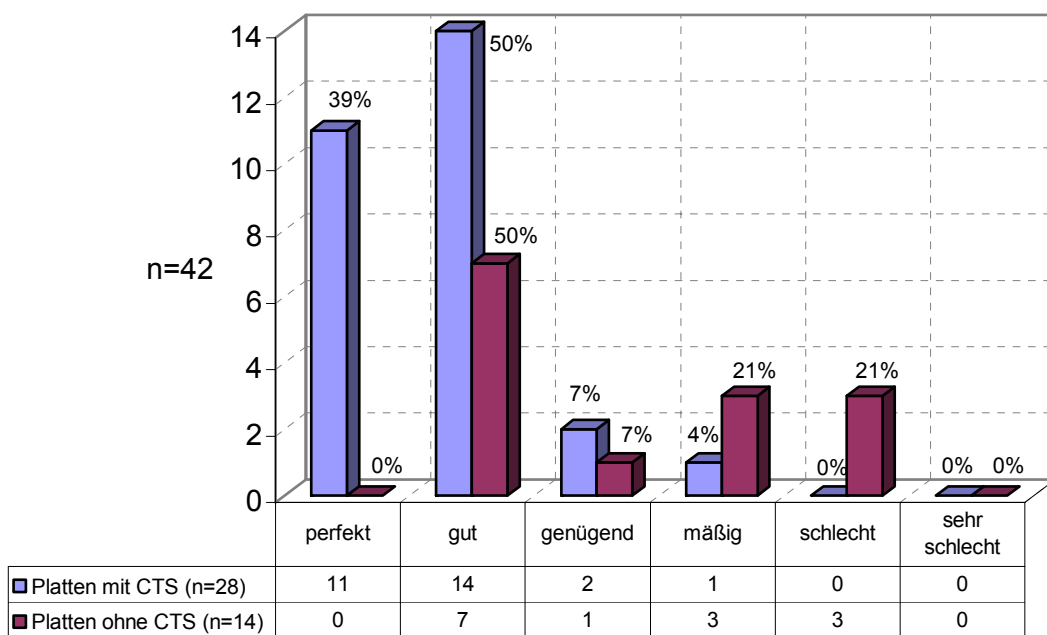


Abbildung 41: Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Castaing“

Es zeigt sich ein deutliches Überwiegen der positiven Ergebnisse im Bereich „perfekt“ und „gut“ mit 89% der Plattenosteosynthesen mit Carpaltunnelspaltung, gegenüber ohne Carpaltunnelspaltung mit 50%.

Ebenfalls markant ist mit 42% das „mäßige“ und „schlechte“ Ergebnis ohne Carpaltunnelspaltung, gegenüber 4% mit Druckentlastung.

- Score nach „Gartland and Werley“:

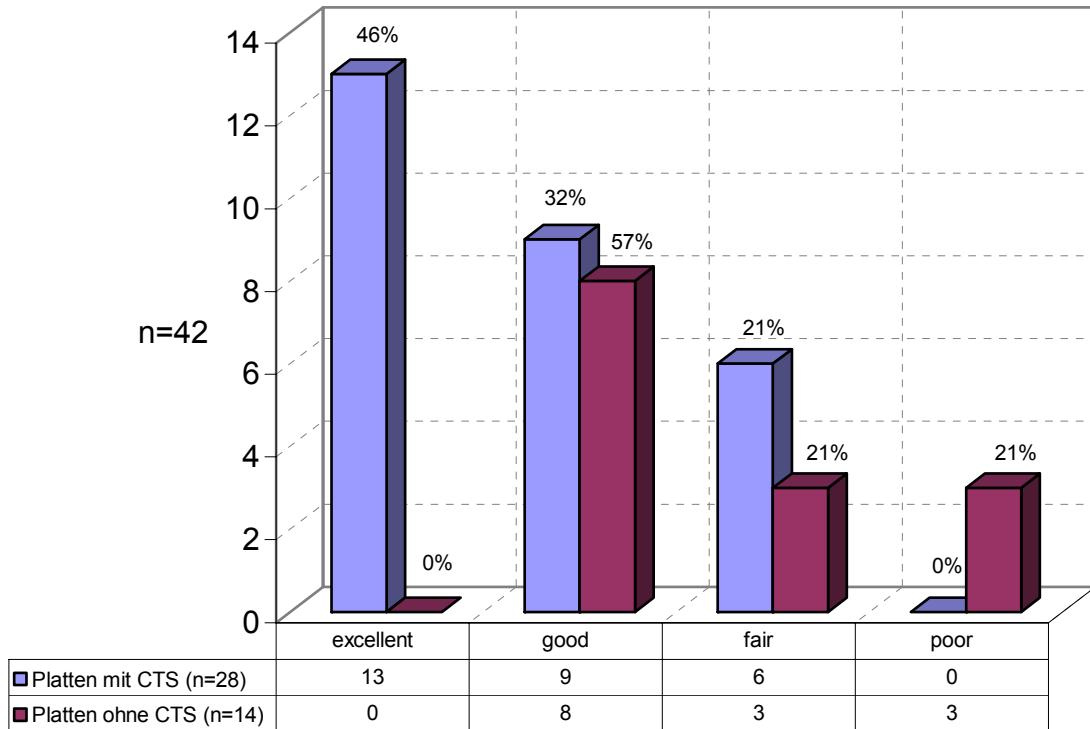


Abbildung 42: Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Gartland and Werley“

Dieses Diagramm zeigt ebenfalls eine deutliche Verteilung der besseren Ergebnisse bei Plattenosteosynthese mit Carpaltunnelspaltung, als die Gruppe der Plattenosteosynthese ohne Carpaltunnelspaltung.

4.9 Vergleich Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung (CTS)

Die nächsten beiden Diagramme geben einen Überblick über die postoperativen Ergebnisse bei distalen intraartikulären Radiusfrakturen mittels Kirschner-Drahtosteosynthese mit und ohne Spaltung des Retinaculum flexorum (Abb. 43 und 44).

Nach Behandlung mit Kirschner-Drähten wurde nach der Spaltung des Retinaculum flexorum unterschieden und mit den zur Verfügung stehenden Scores validiert.

- Score nach „Castaing“:

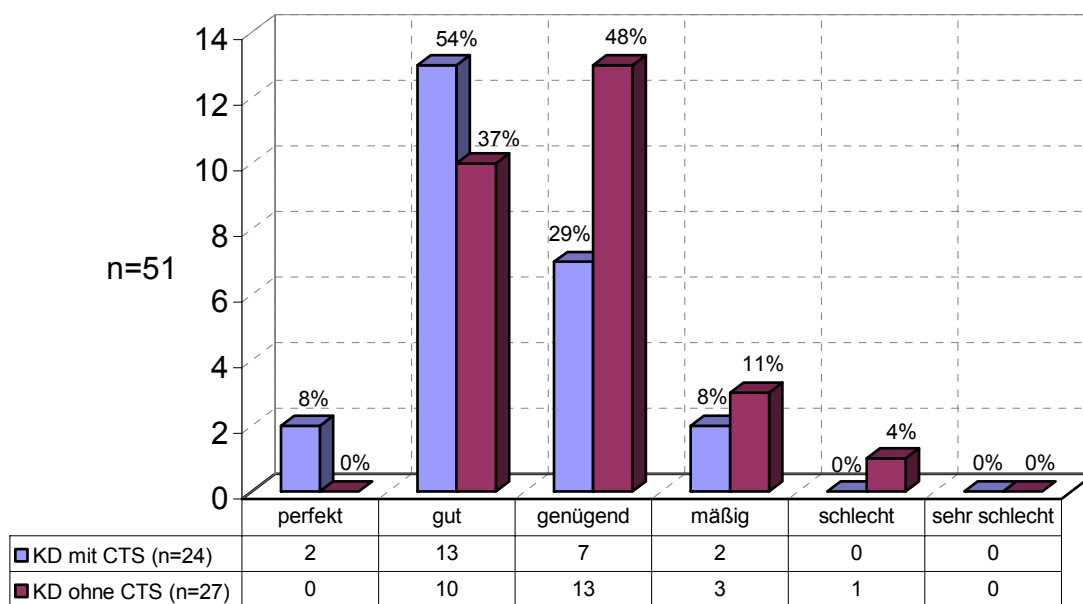


Abbildung 43: Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Castaing“

Es stellt sich eine annähernd gleiche Verteilung im Bereich „gut“ und „genügend“ in diesem Diagramm dar, wobei die Gruppe der Kirschner-Drähte mit Carpaltunnelspaltung etwas bessere Ergebnisse in den „perfekten“, „mäßigen“, „schlechten“ und „sehr schlechten“ Bereichen erreicht hat.

- Score nach „Gartland and Werley“:

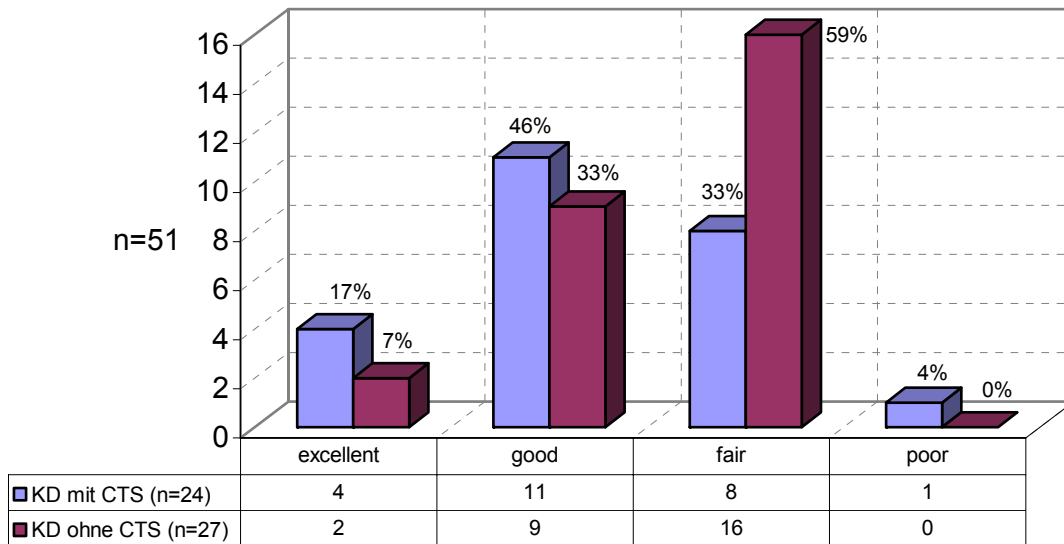


Abbildung 44: Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit und ohne Carpaltunnelspaltung nach „Gartland and Werley“

Bezeichnend ist die große Anzahl mit 59% an „fair“ validierten Ergebnissen der Behandlung mit ausgebliebener Carpaltunnelspaltung.

4.10 Vergleich Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS

Die folgenden Diagramme beziehen sich wieder auf die jeweilige Gesamtpatientenzahl von insgesamt 93 Patienten (Abb. 45 und 46).

An dieser Stelle sollen die verschiedenen Behandlungsverfahren gegenübergestellt werden, da sie bezüglich ihrer Ergebnisse von besonderem Interesse erscheinen. Dies wird in der anschließenden Diskussion ausführlich zu erläutern sein.

- Score nach „Castaing“:

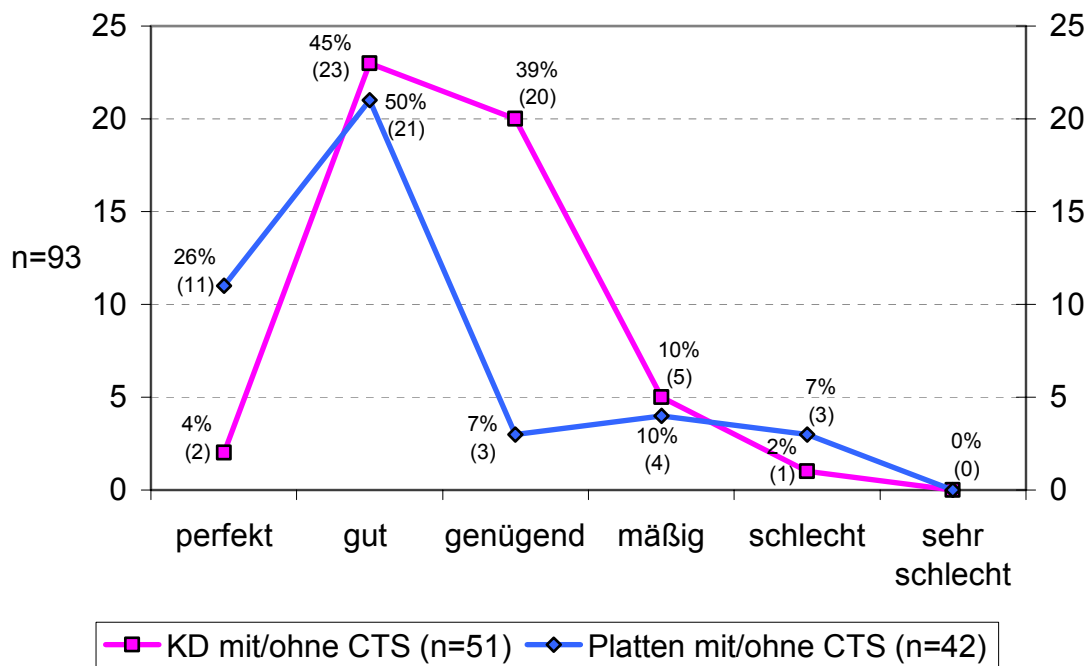


Abbildung 45: Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS im Verfahrenvergleich nach „Castaing“

Das Schaubild zeigt die Verteilung der Ergebnisse anhand des Ergebnisscores nach „Castaing“.

Deutlich die 26% „perfekten“ und nur 7% „genügenden“ postoperativen Ergebnisse der Plattenosteosynthesen, unabhängig von der

Carpaltunnelspaltung, gegenüber der nur 4% „perfekten“ und 39% „genügenden“ postoperativen Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen (Abb. 45).

- Score nach „Gartland and Werley“:

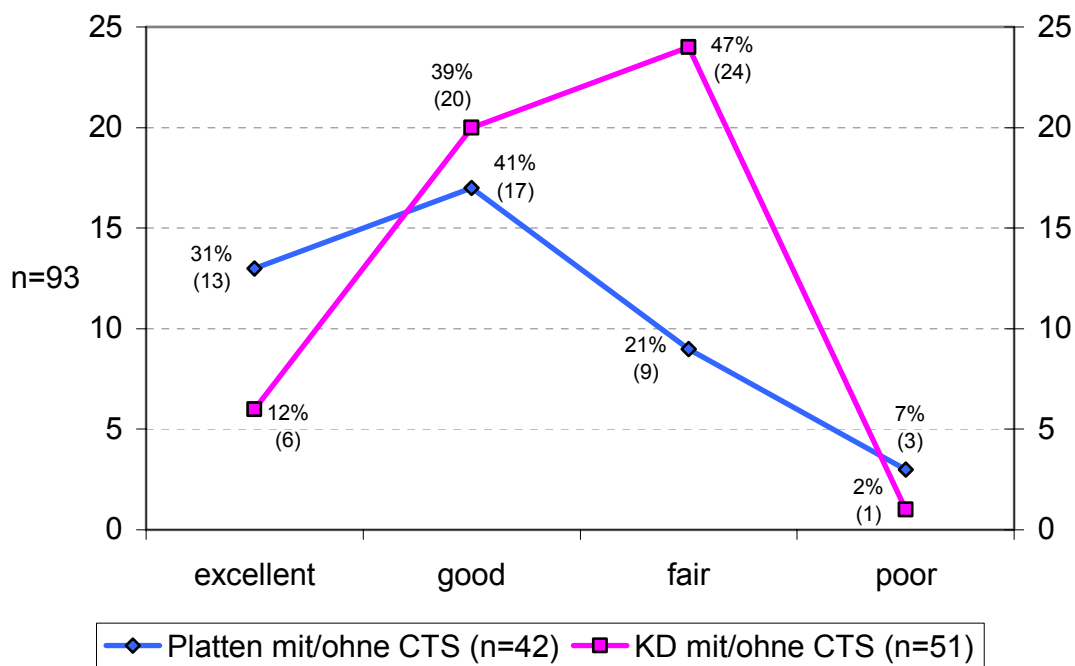


Abbildung 46: Ergebnisse der Plattenosteosynthesen mit/ohne CTS und der Kirschner-Drahtosteosynthesen mit/ohne CTS im Verfahrensvergleich nach „Gartland and Werley“

Unabhängig von der Carpaltunnelspaltung lagen die Ergebnisse der Kirschner-Drahtosteosynthesen im Bereich „good“ und „fair“ mit 86%, während die Ergebnisse der Plattenosteosynthesen im Bereich „good“ und „excellent“ mit 72% lagen (Abb. 46).

Inwieweit die sehr guten Ergebnisse durch die Plattenosteosynthesen mit der durch Kirschner-Drahtosteosynthesen vergleichbar sind, muss diskutiert werden (Abb. 45 und 46).

4.11 Vergleich Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen

In den Abbildungen 47 und 48 wurden die Gruppen ausschließlich hinsichtlich der Spaltung des Retinaculum flexorum verglichen und illustrieren interessante Ergebnisse der ehemals verletzten Hand.

- Score nach „Castaing“:

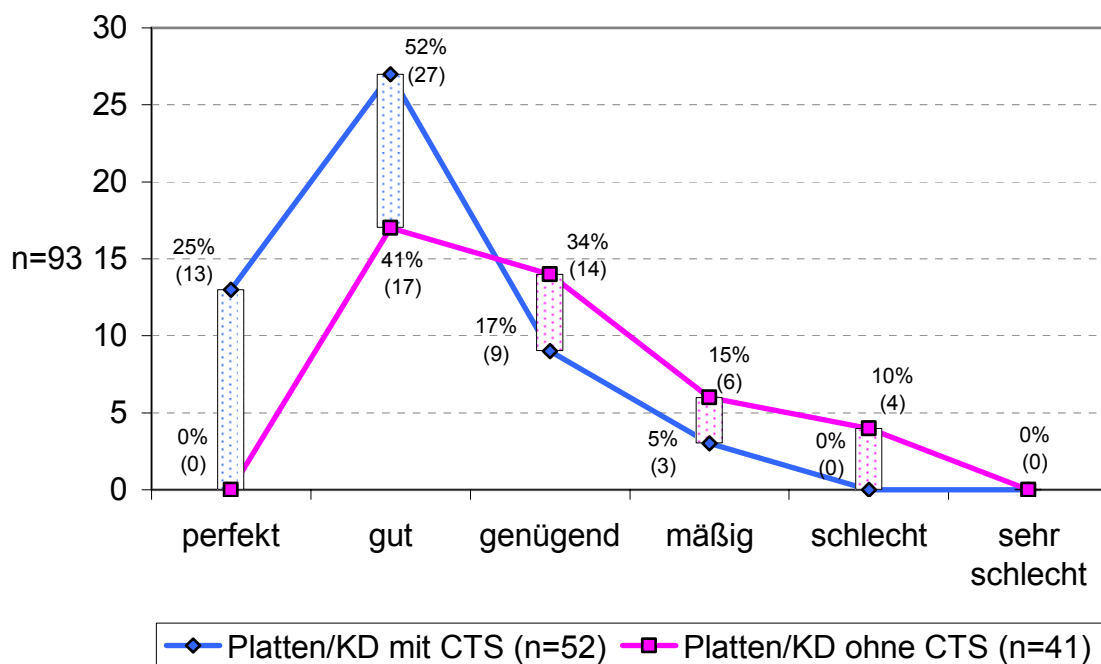


Abbildung 47: Ergebnisse der Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen nach „Castaing“

So wurden 25% „perfekte“ Ergebnisse nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen ausschließlich nur mit Carpaltunnelspaltung gefunden, ebenso vornehmlich bei 52% „gut“, während es keine „schlechten“ und „sehr schlechten“ Ergebnisse gab.

Gegensätzlich lagen überhaupt keine „perfekten“ Ergebnisse bei ausbleibender Carpaltunnelspaltung vor, ebenso nur 41% „gute“ und 25% im Bereich „genügend“, „mäßig“ und „schlecht“ (Abb. 47).

- Score nach „Gartland and Werley“:

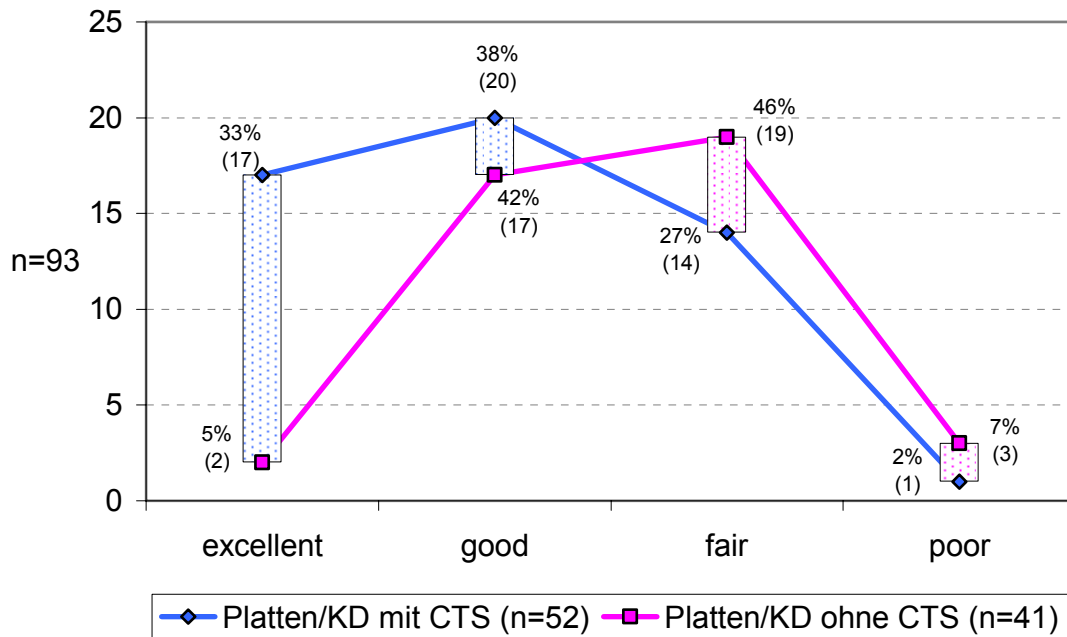


Abbildung 48: Ergebnisse der Carpaltunnelspaltung bei Plattenosteosynthesen und Kirschner-Drahtosteosynthesen nach „Gartland and Werley“

Hinsichtlich der Beobachtung, dass das richtig gewählte Osteosyntheseverfahren eine große Bedeutung beim postoperativen Ergebnis spielt, ist der Spaltung des Retinaculum flexorum, nach den Ergebnissenweisend, rückwirkend eine wesentliche Rolle beizumessen.

So wurden bei einer Spaltung des Retinaculum flexorum 33% mit „excellent“ bewertet, hingegen nur 5% mit „excellent“ ohne eine Spaltung und ergibt somit eine signifikante Differenz von 28%. Ebenso ist ein signifikanter Unterschied mit 19% im Bereich „fair“ zugunsten der additiven Druckentlastung zu verzeichnen. Diese signifikanten Unterschiede sprechen in jedem Falle für eine Carpaltunnelspaltung (Abb. 48).

5 Diskussion

Heutzutage wird der behandelnde Arzt zunehmend mit einem gesteigerten Anspruch von Patienten aller Altersschichten konfrontiert. In Anbetracht der sich ändernden Altersstruktur wird die vollständige Wiederherstellung der Funktion und uneingeschränkte Belastbarkeit zur Beibehaltung der Selbstständigkeit und Mobilität, außerdem die Fortführung der Freizeitaktivitäten insbesondere älterer Patienten immer mehr gefordert. Seinesgleichen steht für junge Patienten die frühfunktionelle Wiederherstellung der Arbeits- und Erwerbsfähigkeit in heutiger Zeit mehr denn je im Vordergrund und stellen neben persönlicher Belastung eine außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung dar (Katavic 2003).

Die besondere Problemkonstellation der distalen intraartikulären Radiusfraktur besteht aus mehreren Aspekten und beeinflussenden Umständen, die bereits eingehend demonstriert wurden. Die Komplikationen in Bezug auf Qualität, Häufigkeit und Intensität sollen in diesem Kapitel der Studie diskutiert werden. Ebenso sollen die bereits anfangs formulierten Ausgangsfragen und Ziele der vorgelegten Studie, wie auch andere Autoren, Berücksichtigung finden.

In den letzten Jahren wurde viel über die Notwendigkeit der operativen Behandlung distaler Radiusfrakturen diskutiert und zahlreiche Autoren plädieren immer mehr zu operativen Osteosynthesen (Petracic 1997).

Mit dieser Arbeit soll die Notwendigkeit der Spaltung des Retinaculum flexorum bei operativer Versorgung intraartikulärer distaler Radiusfrakturen anhand von Nachuntersuchungsergebnissen des Patientengutes der Unfall- und Wiederherstellungschirurgischen Abteilung des Krankenhauses Marienhospital in Stuttgart dargestellt und die Indikationsstellung überprüft werden.

Die Voraussetzung für eine zufrieden stellende Ausheilung ist die exakte Reposition und Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse (Siebert 1997).

Bei den mehrfach komplexen Verletzungen, die einerseits durch die wachsende Anzahl von Rasanztraumen aber andererseits auch durch den osteoporotisch geschwächten Knochen zu erklären sind, kann nur eine interindividuelle Therapieform gute Resultate im Sinne der oben genannten Zielvorstellung,

versprechen. Dafür ist ein einheitliches Klassifizierungsschema der Frakturen als Voraussetzung nötig und scheint durch die AO-Klassifikation, das am meisten genutzte Einteilungsschema, gewährleistet zu sein. Sie ist nach zunehmendem Schweregrad der Fraktur geordnet und erlaubt somit eine Aussage bezüglich der Behandlung und Prognose. Dabei wird die einfachste Fraktur mit der besten Prognose als A1 und die schwierigste mit der schlechtesten Prognose als C3 bezeichnet. In dieser Klassifikation wird Instabilität in ihren Untergruppen und die klinische Problematik am besten wiedergespiegelt. In der Literatur wird sie als umfassend und eindeutig gesehen (Wittner und Holz 1993), als die Zuverlässigste im Vergleich mit anderen Fraktуреinteilungen und sie sehen in ihr die Möglichkeit, variable Therapieentscheidungen zu treffen (Anderson et al 1996). Auf einer Arbeit mit 633 Patienten basierend, beim Vergleich der Einteilung nach Frykman, nach Older und der AO, blieb die AO-Klassifikation die einzige Einteilung, die empfohlen werden kann und einheitlich verwendet werden sollte (Doczi und Fröhlich 1996). Ferner geben Ark und Jupiter der AO-Klassifikation den Vorrang, weil sie die morphologische Komplexität, mögliche Schwierigkeiten bei der Behandlung und die Prognose der Fraktur widerspiegelt (Ark und Jupiter 1993). Die Klassifizierung der Frakturen unseres Patientengutes erfolgte anhand der Unfallröntgenbilder.

An dieser Stelle muss nochmals erwähnt werden, dass sich zum Nachuntersuchungszeitpunkt noch 35 Patienten einer Bildwandlerkontrolle unterzogen hatten, wodurch die radiologischen Komponenten aller Patienten als wichtiges, objektives Kriterium mit in die Auswertung einfließen konnten. Dementsprechend konnten Aussagen zu wesentlichen Komplikationen, dem Verheilen in Fehlstellung und somit begünstigter Arthroseentwicklung gemacht werden.

Einen beachtenswerten Zusammenhang und die Wechselbeziehung zwischen dem radiologischen Endresultat und funktionellen Ergebnis im Fall der distalen Radiusfraktur konnte durch klinische Studien in den letzten Jahren nachgewiesen werden (Aro und Koivunen 1991, Kwasny et al. 1991).

Idealerweise sollten zur anatomischen Beurteilung des postoperativen Ergebnisses Vergleichsaufnahmen des kontralateralen Handgelenks durchgeführt werden, aus ethischen und sozioökonomischen Gründen musste hierauf verzichtet werden.

Nur durch mittel- bis langfristige Nachuntersuchungen kann beurteilt werden, ob und inwiefern intraartikuläre Verletzungen auf Beschwerden, Funktion und Zufriedenheit des Patienten Einfluss haben.

Da die in der Literatur häufig verwendeten Ergebnisscores in sehr unterschiedlichem Ausmaß auf die subjektiven, objektiven, radiologischen, funktionellen und kosmetischen Kriterien eingehen, erschien es uns wichtig, die Bewertungen nicht nur auf einen Score zu stützen. Die variierende Wichtigkeit wurde dadurch beachtet und somit alle aussagekräftigen Kriterien berücksichtigt. Um Vergleiche mit der Literatur zu ermöglichen, wurden die Resultate dieser Nachuntersuchung nach dem von „Gartland und Werley“ und „Castaing“ angegebenen Schema ausgewertet. Die Verwendung beider Schemata hat den Vergleich ermöglicht, in gleicherweise die funktionellen Ergebnisse mit den anatomischen zu machen.

Das „Gartland und Werley“ - Schema kam u.a. in der Arbeit zur Beurteilung nach Behandlung mit offenen Osteosynthesen durch die volare T-Platte von Georgoulis et al. und nach Bohrdrahtosteosynthesen von Kwasny vor (Georgoulis et al. 1992, Kwasny et al. 1990 und 1991). Dieses Schema scheint geeignet, weil es sowohl objektive als auch subjektive Angaben berücksichtigt, außerdem gehen Komplikationen sowie eine verbliebene Deformität ebenso in das Endresultat mit ein.

Parallel betrachtet, der Score nach „Gartland und Werley“ und der Score nach „Castaing“, stellen somit ein effektives Werkzeug dar, das Outcome der Behandlung der distalen Radiusfrakturen zu bestimmen.

Letztendlich gilt, wenn die maximal erreichbare Bewegungsfunktion das oberste Behandlungsgebot darstellt, so ist die Selbsteinschätzung durch die Betroffenen die beste Ergebnisauswertung, denn jede Therapie soll dem Patienten dienen, nicht dem Ergebnisscore (Amadio 1997). Dies unterstreicht die Notwendigkeit

der beidseitigen Untersuchung, um auch subjektive Bewegungseinschränkungen zu erfassen.

Wesentlich entscheidend für den weiteren Heilungsverlauf wie auch für das Langzeitresultat, ist die traumatische und iatrogen bedingte Druckbelastung des N. medianus im Carpalkanal.

Das Carpaltunnelsyndrom ist mit einer Inzidenz von 8% allgemein das am häufigsten auftretende periphere Nervenkompressionssyndrom (Vogt und Stöhr 2001) und in 21,6% liegt ein posttraumatisches Carpaltunnelsyndrom vor (Wilhelm und Hauer 1972).

In einer Arbeit von Cooney et al. wurden bei 31 von 565 untersuchten Patienten mit distalen Radiusfrakturen frühe posttraumatische Irritationen des Nervus medianus und 41 späte Carpaltunnelsyndrome beobachtet. Bei sechs der 31 Patienten konnte man eine palmare Knochenzacke des Radius, bei sieben Patienten eine exzessive palmare Kallusbildung als Ursache für ein spätes Carpaltunnelsyndrom nach Fraktur feststellen und es wurde deshalb eine Dekompression des Carpalkanals vorgenommen (Cooney et al. 1980).

Eine andere Arbeit gibt das Auftreten des Carpaltunnelsyndroms zwischen 0,2-70% an, wobei das späte Auftreten wesentlich häufiger zu verzeichnen war als ein frühes (Kozin und Wood 1993).

Zwischen eineinhalb und sechs Jahren nach einer distalen Radiusfraktur wurde bei 41 von 297 Patienten ein peripheres Nervenengpasssyndrom gefunden, wobei 35-mal ein Carpaltunnelsyndrom diagnostiziert werden konnte (Altissimi et al. 1986).

In einer Studie von Baumgarten konnten bei 19 von 30 Patienten elektrophysiologische Veränderungen des N. medianus nach in Fehlstellung ausgeheilten distalen Radiusfrakturen gezeigt werden, wobei fünf Patienten ein klinisch symptomatisches Carpaltunnelsyndrom entwickelt haben. Diese Häufigkeit der abnormen elektrophysikalischen Befunde muss als Beleg eines Zusammenhangs gewertet werden (Baumgarten 2003).

Bei acht von neun Patienten mit einem spätem Carpaltunnelsyndrom nach distaler Radiusfraktur wurde ein palmar vorstehendes Knochenfragment

gefunden, das den N. medianus gegen den proximalen Rand des Retinaculum flexorum drückte und somit das Syndrom verursachte (Palay und McMurty 1987).

Von Cobb et al. wurden Kernspintomographien durchgeführt, um das Verhältnis von Carpalkanalquerschnitt zu Carpalkanalinhalt zu bestimmen. Bei Patienten ohne Carpaltunnelsyndrom (idiopathisch) war der Verhältniswert bzw. Quotient signifikant größer als bei Patienten mit einem Carpaltunnelsyndrom (Cobb et al. 1997).

Dass Patienten nach Kompressionsentlastung klinisch beschwerdefrei sind, obwohl weiterhin pathologische elektrophysiologische Befunde vorliegen, ist nicht ungewöhnlich. So lagen bei 27,4% der Patienten postoperativ pathologische sensible Nervenleitgeschwindigkeiten vor, die keineswegs immer zur Normalisierung des elektrophysiologischen Befundes nach Dekompression des Carpalkanals führten (Schrader und Melchertsen 1983, Czurda et al. 1975). Hastings und Leibovic empfehlen ebenfalls eine prophylaktische Dekompression bei Patienten mit komplexen artikulären Frakturen (Hastings und Leibovic 1993).

Axelrod und McMurtry empfehlen im Zusammenhang mit distalen intraartikulären Frakturen des Radius eine Carpaltunnelspaltung, legen sich aber nicht auf die Inzidenz von Dysfunktionen des N. medianus bei diesen Patienten fest.

Zusätzlich zu den typischen Symptomen einer Kompression des N. medianus unter dem Lig. carpi transversum [wie vor allem nächtliche, schmerzhaftes Kribbelparästhesien, oft gefolgt von persistierenden Parästhesien und Taubheitsgefühlen im Versorgungsgebiet des N. medianus, die bis zu irreversiblen Paresen und Muskelatrophien führen können (Zachary 1945)] klagten einige Patienten über atypische Beschwerden wie sternokardieähnliche Schmerzen, einseitige Zephalgien, Nacken-/Schulterschmerzen und Schmerzausstrahlung in die Elle, deren Ursache bis heute nicht eindeutig zu eruieren ist. Ziel einer interessanten Studie von Sakhel et al. war es zu untersuchen, ob die Dekompression des N. medianus zu einer Reduktion oder Rückbildung dieser atypischen Symptome führen kann. Prospektiv wurden 378

Patienten mit typischen und atypischen Symptomen klinisch sowie elektroneurographisch untersucht und operativ behandelt. Bei 19% der Patienten mit Carpaltunnelengpasssyndrom konnten zusätzlich zu den typischen Carpaltunnelbeschwerden atypische Symptome festgestellt werden, die bei diesen Patienten im Vordergrund standen. Die Diagnose des Carpaltunnelengpasssyndroms wurde bei diesen Patienten elektroneurographisch und zusätzlich durch Testblockade des N. medianus verifiziert. In 61% der Fälle mit atypischen Beschwerden kam es postoperativ zur vollständigen Rückbildung der präoperativen Symptomatik. Neben der lokalen Störung bzw. Schädigung des N. medianus im Bereich des Lig. carpi transversum wurden auch distal der Einengungsstelle des Nerven sensible Störungen in Form von Dysästhesien und Kribbelparästhesien beobachtet (Gainer und Nugent 1977).

Schlussfolgernd zeigen die Ergebnisse der o.g. Studie, dass bei Patienten mit Carpaltunnelengpasssyndrom auch typische Beschwerden auftreten, die eng mit der Nervenkompression assoziiert sind. Eine Erklärungsmöglichkeit als pathophysiologische Grundlage für die atypischen Schmerzen ist das somato-autonome Reflex-Modell von Sato (Sato 1992), demnach zwischen lokalen und generalisierten Antworten bei der Reizung afferenter Nerven unterschieden wird. Entsprechend kann eine Stimulation, wie sie durch Druckschädigung eines peripheren Nerven verursacht wird, speziell im Zusammenhang mit einer distalen Radiusfraktur, zu einer systemischen Antwort oder lokalen Reaktion führen. Ebenso plausibel scheint eine somato-sensorische Verschaltung als Erklärungsmodell für die Beobachtung dieser Studie. Die Kompression des N. medianus unter dem Lig. carpi transversum führt sowohl zur Schmerzausstrahlung nach distal als auch nach proximal der Kompressionsstelle. Es konnte gezeigt werden, dass es bei Patienten mit atypischen Beschwerden eines Carpaltunnelsyndroms nach Dekompression des N. medianus zu einer signifikanten Rückbildung der Beschwerden kam. Hypothetisch kann eine Übertragung der Schmerzleitung über sympathische oder parasympathische Bahnen zum Rückenmark ähnlich der bekannten

Head'schen Zonen bei visceralen Organen bzw. im Sinne einer cutaneo-visceralen Verschaltung diskutiert werden.

Ein vorangegangenes Trauma ist für die gutachterliche und versicherungstechnische Beurteilung eines Carpaltunnelsyndroms wichtig und wird hauptsächlich mit einer distalen Radiusfraktur in Zusammenhang gebracht. So berichtet Stewart und Mitarbeiter über eine Inzidenz von 17% nach drei Monaten und 12% nach sechs Monaten (Stewart et al. 1985). Scheinbar spielen die Schwere des Weichteiltraumas und der Frakturtyp eine große Rolle, da auch Frykman in seinem Patientenkollektiv immer eine intraartikuläre Fraktur (Typ C nach der AO-Klassifikation) fand (Frykman 1967).

Bei älteren Patienten, bei denen keine anatomische Reposition angestrebt wurde, fanden Stewart et al. vermehrt ein Carpaltunnelsyndrom und folgern, in dieser Hinsicht eine möglichst anatomische Reposition anzustreben (Stewart et al. 1985).

Trotz der oft kontrovers diskutierten Angaben in der Literatur dürfte aber bei komplexeren intraartikulären B-/C-Frakturen wie wir untersucht haben, eine gewisse Prädisposition zu einem Carpaltunnelsyndrom bestehen. Es muss angenommen werden, dass die traumatische und/oder postoperative Schwellung begünstigend auf die Entwicklung einer Druckschädigung des N. medianus wirkt.

Interessante Hinweise ergaben sich durch Druckmessungen im Carpalkanal bei gesunden und kranken Probanden. Beim gesunden Menschen beträgt der normale Gewebedruck im Carpalkanal in Neutralposition unter 5 mmHg und in Dorsalflexion 13 mmHg. Bei Patienten mit Carpaltunnelsyndrom dagegen fand sich ein Druck von 21 mmHg in Neutralposition und bis zu 90 mmHg in Dorsalflexion. In forcierter Dorsalflexion wurden die höchsten Druckwerte gefunden (Rojviroj et al. 1990).

In der Arbeit von Peterson und Mitarbeiter wurde in einer kontrollierten, prospektiven Studie das Druckverhalten im Carpalkanal bei 59 Patienten mit distaler dislozierter Radiusfraktur gemessen. Die Druckmessung wurde mit einem Kompartimentdruckmeßgerät durchgeführt. Zur Druckmessung in Neutralstellung des Handgelenks wurde der Carpaltunnel mit einem

Schlitzkatheter unter konsequent aseptischen Kautelen punktiert. Die Registrierung des Drucks wurde beim Eintreffen des Patienten, direkt nach der Reposition sowie 2, 4, 12 und 24 Stunden (h) nach Reposition vorgenommen. Die Latenzzeit zwischen Unfallereignis und Behandlungsbeginn betrug $6,7 \pm 5,7$ h und bei der ersten Messung fand sich ein Gewebedruck von $23,5 \pm 16$ mmHg. Vor Reposition betrug der Kontrollwert $25,3 \pm 14,5$ mmHg und stieg unter Reposition auf $44,3 \pm 24,2$ mmHg an; Maximalwerte lagen dabei über 90 mmHg, der Minimalwert bei 7 mmHg. 2 h nach erfolgter Reposition lagen die Druckwerte bei $31 \pm 17,3$ mmHg, nach 4h bei $33,5 \pm 17$ mmHg, nach 12 h bei $26,5 \pm 15,2$ und nach 24 h bei $21,9 \pm 22,6$ mmHg. Entsprechend entstand graphisch eine 2-gipflige Druckkurve, wobei sich der erste Gipfel unter Reposition und der zweite 4 Stunden nach Reposition ausprägte. Bemerkenswerterweise stiegen die postoperativ gemessenen Drucke im Carpalkanal nach volarer Plattenosteosynthese mit Spaltung des Carpaltunnels nicht über 30 mmHg (26 ± 6 mmHg) an (Peterson et al. 1993).

Unter dem Kompartmentsyndrom versteht man einen erhöhten Gewebedruck innerhalb eines geschlossenen Raums, der eine Verminderung der Gewebedurchblutung hervorruft, welche ihrerseits zu neuromuskulären Funktions- und Strukturstörungen führt (Tscherne 1982). Durch eine Volumenzunahme in der Loge, z. B. durch Einblutungen oder durch das Wundödem oder durch die Kompression der Loge von außen, z. B. durch einengende Verbände kommt es zur Druckerhöhung in einem Kompartiment (Schmidt et al. 1987, Schmit-Neuerburg 1988).

Die Gewebedruckerhöhungen bei distalen Radiusfrakturen mit Kontusion der Weichteile und Einblutung in die periartikulären Strukturen spiegelt sich bereits klinisch im Bild des geschwollenen Weichteilmantels und manifestiert sich nach den Messungen von Peterson et al. insbesondere im Carpalkanal, der als osteofibröser Kanal bei Kompression von außen oder bei Einblutungen keine Ausweichmöglichkeiten bietet (Wissing und Schmit-Neuerburg 1982, Niegst 1989, Schmidt et al. 1987). Unweigerlich wird dadurch der Druck unmittelbar auf den N. medianus als die empfindlichste Struktur weitergeleitet (Echtermeyer 1985). Der Carpalkanal verhält sich dabei wie ein Kompartiment und

Einzelmessungen zeigen, dass sich die Druckwerte im Carpaltunnel nicht zum Unterarm oder zur Hand fortsetzen, sondern hier wieder abfallen. Resultierend kommt es hier in der Folge zur isolierten Druckbelastung des N. medianus. Mit Aufrichten und Längenausgleich der Fraktur während des Repositionsmanövers kommt es durch das Anspannen der Faszienstrukturen zum weiteren, mitunter drastischen Anstieg der Druckkurve bis hin zum manifesten Kompartmentsyndrom (Naito und Ogata 1989). Dadurch kann das Repositionsmanöver selbst ebenfalls als traumatisierend betrachtet werden und wissentlich begünstigen wiederholte Repositionsmanöver das Auftreten einer Algodystrophie (Meine 1989). Unmittelbar nach Reposition und ggf. vor Spalten des Unterarmgipses finden sich die höchsten Druckwerte. Hierbei addiert sich zur posttraumatischen Gewebedrucksteigerung die äußere Kompression durch Reposition und Druckverband oder Gipsverband. Während für die initiale Drucksteigerung in erster Linie das Wundhämatom evtl. auch eine direkte Kompression durch Knochenfragmente zu verantworten ist, erklärt sich das erneute Ansteigen des Gewebedrucks vier Stunden nach Reposition durch die exsudative Reaktion mit lokaler Hyperämie im Wundbereich. Aufgeschlüsselt nach Frakturtyp lässt sich eine klare Beziehung der erhöhten Druckwerte zur Schwere des Weichteiltraumas zeigen. Die initialen Druckwerte bei intraartikulären Frakturen (Typ C2 nach AO-Klassifikation) liegen im Durchschnitt bei 27,7 mmHg. Dadurch sichert sich die Feststellung von Frykman, dass das posttraumatische Carpaltunnelsyndrom durch erhöhte Druckwerte im Carpaltunnel wesentlich begünstigt wird und vorwiegend nach schwereren, intraartikulären Frakturtypen auftritt (Frykman 1967).

Wie bereits erwähnt ändert sich der Druck im Carpaltunnel mit der Stellung im Handgelenk und somit kann eine Fehlstellung nach distaler Radiusfraktur per se eine Druckerhöhung mit den daraus folgenden Komplikationen auslösen. Die erhöhten Druckwerte sind infolgedessen geeignet, ein klassisches Kompartment-Syndrom zu verursachen. Die pathophysiologischen Vorgänge werden durch die „arteriovenöse Gradiententheorie“ erklärt, nach der die verminderte arteriovenöse Druckdifferenz für die Minderperfusion der Endstrombahn verantwortlich ist und schließlich den Circulus vitiosus mit dem

kompletten Bild des Kompartmentsyndrom auslöst (Szyszkowitz und Reschauer 1982). Der Abfluss des Blutes aus dem venösen Kapillarschenkel wird durch den erhöhten Gewebedruck gehindert und gleichzeitig wird die Rückresorption der im arteriellen Bereich sequestrierten Flüssigkeit aus dem Interstitium erschwert, wodurch der Gewebedruck zusätzlich gesteigert wird. Auf der Ebene der Präarteriolen eröffnen sich Shunts, sodass es trotz vermehrtem Blutdurchfluss zum ischämischen Gewebeschaden im Kompartiment kommt (Matsen 1975).

Im weiteren Verlauf ist das Ausmaß der Schädigung stark von Grad und Dauer des ischämischen Zustandes als auch von der Vulnerabilität der Strukturen abhängig, wobei die nervalen Störungen den muskulären vorauszu gehen scheinen (Mubarak 1978). Davon abzuleiten ist der Kompartimentschaden Folge eines akuten ischämischen Zustandes im Kapillarbereich, der in der Frühphase zu funktionellen, reversiblen Behinderungen, in der Spätphase hingegen zu strukturellen und irreversiblen Ausfällen führt (Peterson et al. 1993). Oft ist ein Dehnungsschmerz im Carpaltunnel vorhanden, der sich durch passives Strecken der Langfinger auslösen lässt. Klinisch findet sich insbesondere eine deutliche Schmerzsymptomatik mit brennender Schmerzcharakteristik im Versorgungsgebiet des N. medianus und kann sich abhängig von der Kompressionsdauer als Hyp- oder Dysästhesie äußern (Schabus et al. 1987, Schmit-Neuerburg 1988).

Peterson und Mitarbeiter berichten von Patienten in ihrem Kollektiv, die erhöhte Carpaltunneldruckwerte meist über 50 mmHg aufwiesen und im weiteren Behandlungsverlauf eine Sudeck-Dystrophie entwickelten. Auffällig ist, dass die Faktoren, die bekanntermaßen die Ausbildung einer Algodystrophie begünstigen, stets eine Drucksteigerung im Carpalkanal bewirken. Ein kasuistischer Verlauf einer distalen intraartikulären Radiusfraktur (Typ C2 nach AO-Klassifikation) wies über 20 h nach Reposition Druckwerte bis auf 80 mmHg auf, die Einwilligung zur Osteosynthese mit Carpaltunnelspaltung wurde aber primär verneint. Klinisch fanden sich therapieresistente, brennende Schmerzen im medianusversorgten Gebiet der Hand und zunehmende Scherzen zwangen die Verletzte schließlich doch zu einem Umdenken. Im Anschluss an die

vorgenommene Dekompression des N. medianus im Rahmen der volaren Plattenosteosynthese wurde schlagartig Beschwerdefreiheit erreicht. Eine exzellente Funktion im Handgelenk konnte bereits schon eine Woche nach Operation festgestellt werden und bleibende Sensibilitäts- und Durchblutungsstörungen traten nicht auf (Peterson et al. 1993). Somit scheint die traumatische Druckbelastung des N. medianus, der bei posttraumatischen Schwellungszuständen im Carpaltunnel in besonderer Weise gefährdet ist, einen bedeutenden Einfluss auf den weiteren Heilungsverlauf zu haben (Echtermeyer 1985).

Meist kommt es durch das Trauma zu einer Akzentuierung, somit dürften prädisponierende Faktoren wie zum Beispiel ein enger Carpalkanal pathophysiologisch ebenso zu einer traumabedingten Druckerhöhung im Carpaltunnel führen.

Schlussfolgernd zeigte diese Studie eindrucksvoll, dass die distale, dislozierte Radiusfraktur zu einer deutlichen Erhöhung des Kompartimentdrucks im Carpalkanal führt und über 8-12 h anhält. Diese erhöhten Druckwerte scheinen die Entstehung eines Sudeck-Syndroms zu begünstigen. Weiter ist bei starker Frakturfehlstellung, langem Intervall zwischen Unfallereignis und Versorgung, sowie begleitendem Weichteilschaden durch ein ausgedehntes subkutanes Hämatom mit der Entstehung eines Kompartimentsyndroms zu rechnen (Peterson et al. 1993).

Die berichtete Inzidenz des Sudeck-Syndroms nach Extensionsfrakturen beträgt 7 bis 37% (Atkins et al. 1989) und die Entwicklung verläuft bei 10% der Patienten spontan (Veldmann et al. 1993). Bei Patienten mit Sudeck-Syndrom besteht das Risiko einer schweren Behinderung der betroffenen Extremität, die letztendlich zur Arbeitsunfähigkeit führt und somit eine frühzeitige Erkennung und Behandlung notwendig macht (Poplawski et al. 1983). Es ist ein Syndrom, das potentiell zu einer Behinderung führt und meist nach einem Mikrotrauma oder einer Operation in einer Extremität auftritt.

Wilhelm und Scherer berichteten über die vier Haupttheorien für die Ursachen der chronischen Schmerzen und der Funktionseinschränkung beim CRPS und

beziehen sich auf eine ZNS-Fehlfunktion, Fehlfunktion der peripheren Nerven, Fehlfunktion der (mikrovaskulären) Blutversorgung im geschädigten Areal oder eine Hochregulation der α -Adrenorezeptoren für zirkulierende Katecholamine. Begünstigende Faktoren sind Immobilisationsschäden, ischämische Situationen, lokale Entzündungen, Herpes Zoster und Langzeitmedikation mit Tuberkulostatika (Wilhelm und Scherer 2002). Rauchen hat sich ebenfalls als Risikofaktor erwiesen (An et al. 1988).

Ätiologisch gilt die bruske, wiederholte Frakturereposition, besonders bei der Radiusfraktur, als Standardsituation mit dem höchsten Risiko für eine Sudeck-Erkrankung, vor allem bei postklimakterischen Patienten. Posttraumatische Komplikationen finden sich aber auch schon bei Kindern (außer bei Kleinkindern) und jugendlichen Erwachsenen. Die Diagnose beruht ausschließlich auf klinischen Kriterien und fordert nicht mehr den Beweis eines Schadens oder Fehlfunktion im sympathischen Nervensystem (Wilhelm und Scherer 2002). Entgegen einer weit verbreiteten Annahme haben Patienten mit einem CRPS keine spezifische Psychopathologie, wenngleich sich als Reaktion auf chronische Schmerzen sekundär psychische Veränderungen nachweisen lassen (Lynch 1992).

Ein Augenmerk unserer Untersuchung lag außerdem auf der Überprüfung der frühfunktionellen Bewegung im Hinblick auf die Arbeitsfähigkeit. Bei 37% der Radiusfrakturen lässt sich eine milde und kurzdauernde Verlaufsform feststellen und die behandlungsbedürftigen Erkrankungsfälle in Deutschland werden pro Jahr auf 15.000 geschätzt. Entsprechend der Stärke und vor allem der Dauer unterscheidet man drei Stadien. Führt man sich die Krankheitsdauer mit 4-12 Wochen im Stadium I und 2-12 Monaten im Stadium II vor Augen, so ergibt sich ein erheblicher volkswirtschaftlicher Kostenfaktor hinsichtlich einer Langzeitarbeitsunfähigkeit von nicht selten mehr als einem Jahr sowohl auch hinsichtlich der dauerhaften Erwerbsminderung bis hin zur Verrentung. Bei der Diagnosestellung ist der Schaden oft weit fortgeschritten und der Krankheitsverlauf sollte auf jeden Fall vor dem Eintritt in Stadium III (irreversible Defektheilung) unterbrochen werden. Dementsprechend eröffnet nur eine frühe Diagnosesicherung und konsequente Therapie eine relativ gute

Heilungschance. Eine Restitutio ad integrum bleibt die Ausnahme (Wilhelm und Scherer 2002).

Dementsprechend sollte, bei dieser bis heute pathogenetisch nicht vollständig geklärten Erkrankung, in Zusammenhang mit intraartikulären distalen Radiusfrakturen an eine eventuelle protektive Druckentlastung des N. medianus gedacht werden, wie unsere Ergebnisse eindrücklich bestätigen.

Weber et al. gibt bei 145 untersuchten CRPS-Patienten eine Inzidenz von 42% nach Knochenbrüchen an, wobei zu 73% die Hand betroffen ist. Um welche Frakturformen es sich handelt und wie das operative Vorgehen war, wurde leider nicht dargestellt. Aufgrund der Komplexität der Erkrankung muss die optimale Therapie deshalb immer mehrere Ansätze beinhalten und begleitend ist die Physiotherapie von Anfang an indiziert (Weber et al. 2002).

Gradl und Mitarbeiter erfassten prospektiv 158 konsekutive Patienten mit distaler Radiusfraktur und es folgte ein Nachbeobachtungszeitraum von vier Monaten um die Inzidenz der Erkrankung, die Risikofaktoren und die Wertigkeit der klinischen Untersuchung zu prüfen. 18 (11%) von 158 Patienten entwickelten ein CRPS, interessanterweise unabhängig von der Schwere der Fraktur nach AO-Klassifikation mit 55% A-Frakturen und 45% B-/C-Frakturen. Demnach haben 33% ein CRPS nach konservativer Therapie, 11% nach Kirschner-Drahtosteosynthese und nur 6% nach Plattenosteosynthese entwickelt, welches für ein operatives Verfahren, insbesondere das der Plattenosteosynthese spricht. Der externe Fixateur wurde aufgrund der Überdistraktion im Radiocarpalgelenk und der langen Immobilisation in einer Arbeit von Steffen und Mitarbeiter für eine erhöhte Rate von CRPS I verantwortlich gemacht (Steffen et al. 1994). Zusammenfassend wurden 67% der Frakturen, die ein CRPS entwickelten, operativ behandelt, in der Gruppe mit normalem Heilungsverlauf nach distaler Radiusfraktur hingegen wurden 83% operativ versorgt. Das weibliche Geschlecht war mit 17 von 18 Patienten mit CRPS bei weitem am häufigsten betroffen und scheint somit ein deutlicher Risikofaktor darzustellen. Der mittlere Castaing-Score war bei CRPS-Patienten mit $9,8 \pm 4,3$ signifikant schlechter als bei Patienten mit normalem Heilungsverlauf nach distaler Radiusfraktur mit $5,6 \pm 4,2$ und ist zweifellos

durch die allgemein schlechteren Ergebnisse in der Handgelenksfunktion begründet (Gradl et al. 2003). Letztlich postulieren andere Autoren bereits, dass eigentlich jeder Traumapatient für eine kurze Phase einen „CRPS-Zustand“ (mit Spontanschmerz, Ödem, Motorikstörungen, Blutflussveränderungen und Sudomotorikstörungen) durchlebt, aber nur bei wenigen Patienten eine Chronifizierung des Syndroms zu beobachten ist (Atkins et al. 1990 und Schürmann et al. 1999).

Mehrere Arbeiten deuten darauf hin, dass zwischen der Sudeck'schen Dystrophie und dem Carpaltunnelsyndrom aufgrund eines erhöhten Druckes im Carpaltunnel ein Zusammenhang besteht. Aus der Arbeit von Peterson und Mitarbeiter ist deutlich zu erkennen, dass bei Patienten die im weiteren Verlauf der Behandlung eine Algodystrophie entwickelten, meist massiv erhöhte Druckwerte über 40 mmHg im Carpaltunnel bestanden (Peterson et al 1993). Des Weiteren zeigte die Arbeit von Grundberg und Reagen einen Zusammenhang in einem Kollektiv von 93 Patienten mit Sudeck-Dystrophie, wovon 22 Patienten ein Carpaltunnelsyndrom aufwiesen. Nach erfolgter Spaltung des retinaculum flexorum verschwanden bei allen Patienten Nacht- und Bewegungsschmerz, der Ruheschmerz verschwand bei 19 von 22 Patienten (Grundberg und Reagan 1991).

Ebenfalls konnte Sudmann und Sundsfjord nachweisen, dass bei Patienten mit einer Sudeck'schen Dystrophie durch eine Fasziotomie und einer Spaltung des Carpaltunnels innerhalb von kurzer Zeit ein deutlicher Rückgang der Ruheschmerzen zu verzeichnen war (Sudmann und Sundsfjord 1984). Ist demnach ein CRPS eine Indikation zur operativen Dekompression des Carpaltunnels?

Hierbei ist noch mal zu erwähnen, dass gerade eine frühe Diagnosestellung für eine suffiziente Therapie maßgebend ist, diese aber besonders in der Phase der Frakturheilung durch eine Überlagerung posttraumatischer Veränderungen (Schmerz, Ödem, Funktionseinschränkung) äußerst schwer fällt.

Bei sechs Patienten in unserem Patientengut lag nach ausbleibender Carpaltunnelspaltung, gegenüber erfolgter Spaltung, eine Sudeck-Dystrophie vor, womit eine direkte Kausalität diskutiert werden kann.

Entscheidend für das funktionelle Ergebnis ist neben der eigentlichen Wiederherstellung der Gelenkkongruenz, die Ausrichtung der Radiusgelenkfläche in Bezug auf die Inklination. Eine Inkongruenz der Radiusgelenkfläche mit einer Stufe oder Lücke von über zwei Millimeter ging in über 92% der Patienten bei Catalano et al. mit dem Auftreten einer Arthrose einher (Catalano et al. 1997). Nach Knirk und Jupiter war dies ebenfalls in 91% der Fälle zu sehen (Knirk und Jupiter 1986).

Die Problematik bei komplexen Frakturen mit Gelenkbeteiligung, begleitende Osteoporose und häufig erforderliche langfristige Ruhigstellung trotz Osteosynthese stellen weiterhin limitierende Faktoren für ein besseres Langzeitergebnis dar. Hier bietet die winkelstabile Plattenosteosynthese neue Möglichkeiten, insbesondere mit der neuen Radius-Universal-Platte (RUP) von der Firma Gebrüder Martin GmbH & Co. KG nach K.-K. Dittel. Die hierdurch dauerhafte Fixierung des Repositionsergebnisses verhindert sekundäre Korrekturverluste und ermöglicht durch die zügig erreichte Übungsstabilität eine frühfunktionelle Nachbehandlung auch bei komplexer Fraktursituation. Das weichteilschonende Plattendesign eignet sich ebenso für die palmare als auch für die dorsale Plattenanlage, geht mit einer wesentlich geringeren Komplikationsrate einher und bietet eine multidirektionale Fixationsmöglichkeit durch laterale Laschen im Vergleich zur Pi-Platte der AO, die in 23-60% zu Strecksehnenirritationen führt und schwieriger anzupassen ist (Ring et al. 1997, Kambouroglu und Axelrod 1998, Rudin et al. 1998). Dabei werden die Vorzüge der T-Plattenosteosynthese mit der Eigenschaft der Winkelstabilität und der Verringerung der Implantatgröße erfolgreich kombiniert. Durch die winkelstabil eingebrachten Schrauben wird bei dem Martin-Universal-Radius-Plattensystem neben einer volaren auch eine dauerhaft dorsale Fixation des Repositionsergebnisses erreicht und eine Doppelplattenosteosynthese bei mehrfragmentären intraartikulären Radiusfrakturen ist aufgrund der Winkelstabilität nicht mehr erforderlich. Durch dieses System wurde eine weitere Verbesserung in der Therapie komplexer Radiusfrakturen erreicht, neue Möglichkeiten in Versorgung und Nachbehandlung werden geboten. Überdies

sind durch die geringere Implantatgröße und der Verwendung von Titan signifikant bessere Langzeitergebnisse funktionell und bezüglich der Komplikationsrate zu erwarten.

Die Erwartungen in das neue Implantat (RUP) konnten absolut erfüllt werden. Diese Form der Plattenosteosynthese mit Carpaltunnelspaltung stellt eine effektive Therapieform gerade für komplizierte Frakturtypen dar. Die ausgefeilte Form der Radius-Universal-Platten ermöglicht eine diffizile Rekonstruktion und Reposition auch ausgeprägter Trümmerzonen mit kleinen Fragmenten speziell von einem volaren Zugang her mit additiver CTS.

Die dorsalen Zugänge sind wegen der hohen Komplikationen, insbesondere der Beeinträchtigung, Verletzung der Strecksehnen und Sehnenruptur sehr kritisch zu beurteilen (Kambouroglou und Axelrod 1993, Lucas und Feifar 1998).

In einer Studie von Dumont wurden 166 Patienten mit einer palmaren T-Platte (AO-3.5 mm, Titan) bei instabiler distaler Radiusextensionsfraktur behandelt und nachuntersucht, wobei 111 Patienten nach der AO-Klassifikation in B-/C-Frakturen eingeteilt werden konnten. Bei allen Patienten wurde das Retinaculum flexorum konsequent gespalten, die Beugesehnen nach radial verlagert und das radiocarpale Gelenk wurde nicht eröffnet. Die Ergebnisse nach „Gartland und Werley“ decken sich mit unseren Beurteilungen und waren bei „gut“ bis „sehr guten“ Ergebnissen zusammen sogar 90%. Der ulnopalmarer Zugang erleichtert somit die routinemäßige Spaltung des Retinaculum flexorum ulnar des N. medianus, vermeidet so eine Schädigung des Ramus palmaris n. mediani und bietet eine optimale Repositionsmöglichkeit der ulnaren Fragmente sowie des radioulnaren Gelenks. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die palmare T-Platte für Extensionsfrakturen auch in Kombination mit stabilisierenden Kirschner-Drähten geeignet und kann sicher reponiert und vor allem retiniert werden. Der Vorteil liegt darin, dass palmar keine Trümmerzone besteht, weshalb die Kortikalis exakt aufeinander gestellt werden kann und der dorsale Defekt sich anlegt und nicht eröffnet werden muss. Selbst eine dorsale metaphysäre Trümmerzone kann fast immer durch eine palmare Platte eventuell in Kombination mit Kirschner-Drähten abgefangen werden. Die Neigung zu Sekundärdisklokation und Dorsalkippung ist mit durchschnittlich 3%

somit gering gehalten. Wichtig erscheint hier, dass die Platte nicht zu weit distal platziert wird, da nur so die Schraubenrichtung ansteigen kann und die Schrauben unter dem dorsalen Gelenkrand zu liegen kommen (Dumont et al. 2003). Der „Trend von dorsal nach palmar“ ist sehr eindeutig und so wird die dorsale Plattenosteosynthese nicht mehr bei frischen Radiusfrakturen eingesetzt, sondern nur noch bei Korrekturosteotomien (Genelin et al. 1991, Dumont et al. 2003).

Sakhaii et al. beschreiben in einer prospektiven Studie die Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte (Fa. Synthes, Schweiz) bei 100 distalen Radiusfrakturen. Hierbei handelt es sich um 10-mal A-, 6-mal B- und 84-mal C-Frakturen, die mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von zehn Monaten klinisch und radiologisch nachuntersucht werden konnten. Somit zeigt die Verteilung der operativ behandelten Frakturtypen mit 84% eine Dominanz der intraartikulären C-Frakturen, meist mit metaphysärer Trümmerzone (C2), teils auch mit zusätzlicher komplexer Verletzung der Gelenkfläche (C3). Hierdurch ist der direkte Vergleich mit unserem plattenosteosynthetisch versorgten Patientengut mit reinen B- und C-Frakturen möglich. Der palmare Zugang ermöglichte in Kombination mit Durchleuchtung (BV) eine gute Übersicht über die Fraktursituation. Eine Sehnenverletzung oder Nervenschädigung durch den Zugang wurde nicht beobachtet und eine gute, spannungsfreie Weichteildeckung war meist möglich. Der überragende Vorteil beim palmaren Zugang ist die bedarfsgerechte Erweiterung des Zugangs, um eine Entlastung des N. medianus durch Carpaltunnelspaltung zu erreichen. Durch die anatomische Reposition wird die Wiederherstellung der ursprünglichen Länge gewährleistet, insbesondere für Extensionsfrakturen, da hier beugeseitig meist keine Trümmerzone vorliegt und die Frakturlinien gut erkennbar sind. Auf diese Weise lässt sich demgemäß häufig eine stabile Osteosynthese erreichen, sodass bei entsprechender Compliance des Patienten eine frühfunktionelle Weiterbehandlung nach Abschluss der Wundheilung möglich ist. Die Studienergebnisse von Sakhaii et al. haben weiter ermutigt, insbesondere bei jungen Patienten, noch häufiger mit frühzeitigen Bewegungsübungen zu beginnen. Die radiologischen Ergebnisse

der Patienten zeigten, dass die durch winkelstabile Plattenosteosynthese erreichte Reposition erhalten und die Kongruenz der Gelenkfläche in den meisten Fällen ohne wesentliche Stufe oder Lücke wiederhergestellt werden konnte. In dieser Studie wurden ebenso, wie in der hier vorliegenden Studie, mehrere Bewertungsscores zur Anwendung gebracht, um sie mit anderen Studien zu vergleichen. Zusammenfassend zu dieser Studie lässt sich sagen, dass der postoperative sekundäre Korrekturverlust und die Rate an sekundären Fragmentdislokationen durch die winkelstabile Platte vermindert werden kann (Sakhaii et al. 2003).

In einer vergleichenden Studie von Felderhoff et al. wurden insgesamt 147 Radiusfrakturen, davon 109 C-Frakturen, mit einer konventionellen T-Platte versorgt. Nach einem Nachbeobachtungszeitraum mit 3,4 Jahren wurde das radiologische und funktionelle Ergebnis als überwiegend gut bewertet. Nach Ausheilung betrug der radioulnare Neigungswinkel im Durchschnitt 20° und der palmare Neigungswinkel 2° . Eine Sekundärdislokation trat in nur 6% auf, jedoch kam es bei 4,1% zur Sudeck-Erkrankung und insgesamt war die Rate der Komplikationen mit 30% relativ hoch, gegebenenfalls in Zusammenhang mit der ausbleibenden Carpaltunnelspaltung (Felderhoff et al. 1999).

Eine interessante prospektive Studie mit 169 Radiusextensionsfrakturen von Uzdil et al. stellte eine Patientengruppe (28 A3-Frakturen und 43 C-Frakturen) mit winkelstabiler Verplattung einer vergleichbaren Gruppe (49 A3-Frakturen und 49 C-Frakturen) mit konventioneller T-Platte gegenüber. Das funktionelle Outcome war mit 86% „gute“ bis „sehr gute“ Ergebnisse bei den winkelstabilen Implantaten deutlich besser, als bei der Gruppe mit konventioneller T-Platte mit nur 60%. Aus radiologischer Sicht wurde die winkelstabile Gruppe mit 68% gelungenen Resultaten gegenüber 31% der konventionellen Gruppe als wesentlich besser beurteilt, ebenso verhielten sich die Komplikationen mit nur 7% bei der winkelstabilen Plattenosteosynthese gegenüber 12% der konventionellen T-Platten (Uzdil et al. 2001).

Neuere Untersuchungen über die Plattenosteosynthese zeigen in ca. 90% klinisch exzellente und gute Ergebnisse, radiologische in 76% (Beyermann 2000).

Rikli und Regazzoni sehen ebenso bei intraartikulären Frakturen eine deutliche Überlegenheit offener operativen Verfahren, insbesondere mit neuartigen Plattensystemen, die die Häufigkeit der Komplikationen deutlich zu senken scheint und die Ergebnisse speziell funktioneller Art noch verbessern (Rikli und Regazzoni 2000).

Die Kirschner-Drahtosteosynthese mit ihren Variationen wird in der Tendenz nur noch bei extraartikulären Extensionsfrakturen oder als zusätzlich-unterstützendes Verfahren gesehen. In unserem Patientengut konnten wir deutlich zeigen, dass die alleinige Kirschner-Drahtosteosynthese, mit oder ohne Spaltung des Retinaculum flexorum, komplexer intraartikulärer Radiusfrakturen im Schnitt nur 49% „gute“ bis „perfekte“ Ergebnisse nach „Castaing“ und ebenfalls nur 51% „good“ bis „excellent“ Ergebnisse nach „Gartland und „Werley“ erreichen konnten.

Bei Kirschner-Drahtosteosynthese von intraartikulären Frakturen waren die Ergebnisse nach dem Score von Gartland und Werley in nur 57,1% sehr gut und gut (Thielke 2001). Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen, wobei bei der Gruppe mit CTS wenigstens 62,5% erreicht werden konnten und bei der Gruppe ohne CTS nur 40,7%.

Die hohen Komplikationsraten zwangen zu einem Umdenken bezüglich der Therapiestrategien hin zur operativen Versorgung.

Eine weitere, oft beobachtete Entgleisung der Therapie bei intraartikulären distalen Radiusfrakturen ist die Fixierung der Fragmente trotz ungenügender Reposition, insbesondere bei Bohrdrahtosteosynthesen. Dies wiederum hat für das spätere Ergebnis durch die Ausheilung in Fehlstellung verheerende Folgen.

Anlehnend an eine Arbeit zur Ermittlung der Ergebnisse winkelstabiler Osteosynthesen mit 2.4 mm Formplatten und Komplikationen bei Versorgung älterer Patienten mit Osteoporose und dem damit verbundenen Aufwand im Verfahrensvergleich mit Kostenanalyse, zeigte der Vergleich der realen Eingriffskosten gegenüber Kirschner-Drahtosteosynthesen einen Mehraufwand, demgegenüber erreichten aber die Resultate winkelstabiler Plattenimplantate in

über 80% „gute“ bis „sehr gute“ Ergebnisse. Von Personalkosten abgesehen, erreichten die Sachkosten bei Kirschner-Drahtspickung 130,00 € und bei Versorgung mit einer 2.4 mm LCP-Platte 555,00 €, wobei die LCP-Platte einen Nettopreis von 178,52 € hat. Im Vergleich mit der Radius-Universal-Platte, Nettopreis 158,92 €, liegen die reinen Sachkosten bei nur 535,40 €, also ca. 5% günstiger, welches zusätzlich für das bessere Outcome des neuen Martin-Universal-Radius-Plattensystems spricht. Das Ergebnis dieser Studie bestätigt die von anderen Untersuchern erhobenen guten radiologischen, funktionellen und subjektiven Ergebnissen mit neuen Implantaten. Auch bei komplexen Verletzungsmustern und zusätzlich osteoporotischer Knochenqualität kann eine übungsstabile Plattenosteosynthese mit niedriger Komplikationsrate erfolgreich angewendet werden und wird trotz höherem materiellen Aufwand zur Behandlung der dislozierten instabilen intraartikulären Frakturtypen empfohlen (Schupp et al. 2003).

Wegen des geringeren operativen Aufwandes der Kirschner-Drahtfixation sollte dennoch in Bezug auf die Redislokationsrate und das daraus resultierende funktionelle Outcome die Plattenosteosynthese favorisiert werden. Auch das hierbei wesentlich früher einsetzbare physiotherapeutische Behandlungsregime scheint eindeutige Besserungen herbeizuführen.

Die distale intraartikuläre Radiusfraktur führt zu einer komplexen Verletzung des Handgelenks und erfordert deshalb ein differenziertes Behandlungskonzept auf der Basis einer therapeutisch und prognostisch sinnvollen Klassifikation. Eine möglichst akkurate Wiederherstellung der Anatomie des Knochens, insbesondere Radiuslänge, Radiusgelenkwinkel und Gelenkfläche muss angestrebt werden, denn das funktionelle Ergebnis korreliert eng mit der Kongruenz der Gelenkflächen (Zanotti und Louis 1997).

Ein entscheidendes Anliegen dieser Arbeit ist der Vergleich von additiver CTS in Anwendung bei KD und Platten bei intraartikulären Frakturen untereinander. Es zeigen sich bei der Aufteilung des Krankengutes nach Behandlungsform wesentlich signifikante Unterschiede im Therapieoutcome der einzelnen

Methoden. Ebenso stellen sich signifikante Differenzen im Bewegungsausmaß und der Kraft, subjektiv wie objektiv, sowie der subjektiven Bewertung dar. In allen Patientengruppen wurden bessere subjektive und objektive Ergebnisse mit Vorteilen für die CTS erreicht. Die Patienten mit CTS scheinen deutliche Vorteile gegenüber den anderen Patienten zu haben. Ebenso zeigen die Plattenosteosynthesen im Outcome deutliche Verbesserungen gegenüber den KD.

Uzdil et al. stellten im Jahr 2001 die Frage, ob durch neue winkelstabile palmare Platten der jetzt schon geringe sekundäre Winkelverlust noch weiter gesenkt und durch weitere Studien belegt werden kann (Uzdil et al. 2001). Wir sind der Ansicht, die Antwort auf diese Frage mit der neuen Radius-Universal-Platte gefunden zu haben. Die vorliegenden Ergebnisse sind äußerst ermutigend und bestätigen unser Therapiekonzept der additiven Carpaltunnelspaltung mit palmarer RUP für distale intraartikuläre Radiusfrakturen.

5.1 Schlussfolgerung

Der optimale Algorithmus und das bestmögliche Behandlungskonzept der intraartikulären distalen Radiusfraktur ist weiterhin Gegenstand lebhafter Diskussionen.

Höchste Endziele sind das Erreichen von Schmerzfreiheit und einer maximalen Bewegungsfunktion im Vergleich zur unverletzten Hand. Die Retention eines einwandfreien Repositionsergebnisses bei instabilen intraartikulären distalen Radiusfrakturen ist der entscheidende Faktor jeder operativen Bemühung.

Ebenso wichtig ist, dass bei der Ergebnisbeurteilung nicht nur das funktionelle Resultat zu berücksichtigen ist sondern ebenfalls auch das subjektive Ergebnis, da man durch das operative Verfahren ja primär eine möglichst exakte, anatomische Wiederherstellung anstrebt, wobei man selbstverständlich voraussetzt, dass dies die beste Grundlage auch für ein gutes funktionelles Ergebnis darstellt. Desgleichen zeigen unsere Untersuchungen auch, auf dieser Voraussetzung basierend, dass bei schlechtem anatomischem Resultat nicht zwangsläufig auch eine Funktionsminderung damit verbunden sein muss und umgekehrt. Aus diesem Grund sollte man den Gesichtspunkt der einwandfreien anatomischen Wiederherstellung auch bei der Ergebnisfeststellung nicht völlig außer Acht lassen.

Die hier vorliegende Arbeit kann durchaus als Anregung zu verstehen sein, die vorgestellten Ergebnisse anzunehmen und in die zukünftige Frakturbehandlung mit einzubeziehen.

- Die häufige und extrem hohe, posttraumatische Druckbelastung bei intraartikulären distalen Radiusfrakturen hat einen bedeutenden Einfluss auf den N. medianus.

- Scheinbar spielen die Schwere des Weichteiltraumas als auch der Frakturtyp eine große Rolle und es konnte ein direkter Bezug zur Carpaltunnelsymptomatik erkannt werden.
- Bei volarer Plattenosteosynthese als auch bei der Kirschner-Drahtosteosynthese kann eine routinemäßige Dekompression des N. medianus durch Spaltung des Retinaculum flexorum dringend empfohlen werden.
- Der mit Abstand insgesamt hohe Anteil an sehr guten Ergebnissen bei additiver Spaltung des Retinaculum musculorum flexorum konnte den Zusammenhang des Verfahren mit dem Outcome bestätigen.
- Hier bestehen nicht nur Vorteile der Plattenosteosynthese gegenüber der Bohrdrahtosteosynthese, sondern auch interindividuelle Unterschiede sind zu verzeichnen. Die neue Radius-Universal-Platte kann das bestehende Implantatangebot nicht nur sinnvoll ergänzen, sondern eine weitere Verbesserung in der Therapie komplexer Radiusfrakturen mit Bezug auf operative Versorgung, Komplikationsrate, Langzeitergebnisse und Implantatgröße wurde erreicht.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertationsarbeit über die distale intraartikuläre Radiusfraktur basiert auf dem klinischen Dokumentationsmaterial der Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Marienhospitals Stuttgart. Retrospektiv wurden 217 distale Radiusfrakturen aus den Jahren 01.01.1999 bis 30.09.2003 erfasst, wobei es sich in 172 Fällen um 23 B/C Frakturen nach der AO-Klassifikation handelte. In die Auswertung konnten 93 Patienten aufgenommen werden. Die Gruppengrößen wurden so gewählt, dass eine statistisch aussagekräftige Auswertung erfolgen konnte.

Es konnte nach einem medianen Nachuntersuchungszeitraum von 33,5 Monaten abschließend gezeigt werden, dass durch optimierte Behandlungskonzepte (Plattenosteosynthese bzw. Kirschner-Drahtosteosynthese jeweils mit Spaltung des Retinaculum musculorum flexorum) die postoperativen Komplikationsraten sowie aus wirtschaftlicher Sichtweise die Arbeitsunfähigkeitszeiten deutlich gesenkt werden konnten.

Im Kollektiv der additiven CTS (Carpaltunnelspaltung) konnten bei „perfekten“ und „guten“ Ergebnissen nach „Castaing“ 77% erreicht werden, hingegen nur 41% im Kollektiv ohne CTS. Ebenso konnte bei „excellent“ und „good“ nach „Gartland und Werley“ 71% zu 47% erreicht werden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass durch die dargestellten operativen Techniken die Behandlungsform gerade der prognostisch ungünstigeren distalen intraartikulären Radiusfrakturen durch die zusätzliche Carpaltunnelspaltung unbestritten verbessert werden konnten.

Daraus resultierend ist die Weiterentwicklung der Plattenosteosynthese in der modernen Unfallchirurgie nicht mehr wegzudenken. Alle Erwartungen in die neuen Implantate, das Martin-Universal-Radius-Plattensystem, konnten uneingeschränkt erfüllt werden.

7 Literaturverzeichnis

1. *Alfframn PA, Bauer GCH:*
Epidemiology of fractures of the forearm: A biomechanical investigation of bone strength.
J Bone Joint Surg **1962**; 44a: 105-114
2. *Altissimi M, Antenucci R, Fiacca C, Mancini GB:*
Long-term results of conservative treatment of fractures of the distal radius.
Clin Orthop **1986**; 206: 202-210
3. *Amadio PC:*
Outcomes assessment in hand surgery – what’s new?
Clinics in Plastic Surg **1997**; 24: 191-194
4. *An HS, Hawthorne KB, Jackson WT:*
Reflex sympathetic dystrophy and cigarette smoking.
J Hand Surg (Am) **1988**; 13: 458-460
5. *Anderson DJ, Blair WF, Steyers CM, Adams BD, El-Khoury GY, Bransder EA:*
Classification of distal radius fractures: An analysis of interobserver reliability and intraobserver reproducibility.
J Hand Surg (Am) **1996**; 21: 574-582
6. *Ark J, Jupiter JB:*
The rationale for precise management of distal radius fractures.
Orthop Clin of North Am **1993**; 25(4): 205-210
7. *Aro HAT, Koivunen T:*
Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles’ fracture treatment.
J Hand Surg (Am) **1991**; 16: 392-398
8. *Asche G:*
Die Behandlung von Speichenbrüchen mit einem neu entwickelten Bewegungsfixateur.
Zentralblatt für Chirurgie **1995**; 120: 952-958
9. *Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA:*
Algodystrophy following Colles’ fracture.
J Hand Surg (Br) **1989**; 14: 161-164

10. *Atkins RM, Duckworth T, Kanis JA:*
Features of algodystrophy after Colles' fracture.
J Bone Joint Surg (Br) **1990**; 72: 105-110
11. *Axelrod Ts, McMurtry RY:*
Open reduction and Internal fixation of communitated intraarticular fractures of the distal radius.
J Hand Surg (Am) **1990**; 15: 1-11
12. *Baumgarten A:*
Auswirkungen der fehlverheilten distalen Radiusfraktur auf den Nervus medianus.
Dissertation **2003**; Universitätsklinik Würzburg
13. *Bette H:*
Über die traumatische Luxation im distalen Radioulnargelenk.
Z Orthop **1958**; 89: 497
14. *Beyermann K:*
Die gleichzeitige Versorgung mehrfragmentärer distaler Radiusfrakturen von einem palmaren und dorsalem Zugang.
Handchir Mikrochir Plast Chir **2000**; 32: 404-410
15. *Bishay M, Aguilera X, Grant J, Dunkerley DR:*
The results of external Fixation of the radius in the treatment of the communitated fractures of the distal end .
J Hand Surg (Br) **1994**; 19: 387-383
16. *Castaing J:*
Les fractures récentes de l'extrémité inférieure du radius chez l'adulte .
Rev Chir Orthop **1964**; 50: 581-696
17. *Catalano LW, Cole RJ, Gelbermann RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borrelli J:*
Displaced intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Long-term results in young adults after open reduction and internal fixation.
J Bone Joint Surg (Am) **1997**; 79: 1290-1302
18. *Cobb TK, Bond JR, Cooney WP, Metclaff BJ:*
Assessment of the ratio of carpal contents to carpal tunnel volume in patients with carpal tunnel syndrome: A preliminary report.
J Hand Surg (Am) **1997**; 22: 635-639
19. *Colles A:*
Historical paper of the carpal extremity of the radius (1814).
Injury **1970**; 2: 48-50

20. *Cooney WP, Dobyys JH, Linscheid RL:*
Complications of Colles' fractures.
J Bone Joint Surg (Am) **1980** ;62: 613-619
21. *Cooney WP:*
Fractures of the distal radius – a modern treatment-based classification.
Orthop Clin North Am **199**; 24: 211-216
22. *Czurda R, Schwägerl W, Müller M:*
Das Carpaltunnelsyndrom – Indikation und Ergebnisse der operativen Therapie.
Orthop Praxis **1975**; 8: 580-586
23. *De Benoit P:*
Über den M. Palmaris brevis, das Ligamentum carpi transversum und die Retinacula cutis hypothenaris.
Gegenbaurs morph **1919**; Jahrbuch 50: 531-549
24. *De Krom MCTFM, Rensema JW, Lataster LMA, Drukker J :*
The connective tissue apparatus in the region of the carpal tunnel
Verh Anat Ges **1987**; 81: 335-336
25. *De Oliveira JC:*
Barton's Fractures.
J Bone Joint Surg (Am) **1973**; 55: 586-594
26. *Di DiBenedetto MR, Lubbers LM, Ruff ME, Nappi JF, Coleman CR:*
Quantification of error in measurements of radial inclination and radiocarpal distance.
J Hand Surg (Am) **1991**; 16: 399-400
27. *Doczi J, Fröhlich P:*
Die Einteilung der distalen Radiusfrakturen und ihr diagnostischer Wert.
Unfallchirurg **1996**; 323-326
28. *Dreising K, Stürmer KM:*
Leitlinien Unfallchirurgie – Distale Radiusfraktur.
AWMF-online **1999**; Stand März
29. *Dresing K, Peterson T, Schmidt-Neuerburg KP.*
Compartment pressure in the carpal tunnel in distal fractures of the radius. A prospective study.
Arch Orthop Trauma Surg **1994**; 113: 285-289
30. *Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Stürmer KM:*
Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen.
Chirurg **2003**; 74: 827-833

31. *Durst J, Rohen JW:*
Chirurgische Operationslehre.
Schattauer Verlag Stuttgart, New York: **1994**; 830
32. *Echtermeyer V:*
Das Kompartmentsyndrom.
Unfallheilkd **1985**; 169
33. *Edshage S:*
Komplikationen des handgelenksnahen Speichenbruches und deren
Behandlung.
Orthopäde **1975**; 4: 36-37
34. *Ehalt W:*
Die Bruchformen am unteren Ende der Speiche und Elle.
Arch Orthop Unfall-Chir **1935**; 35: 397-442
35. *Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U:*
Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit
dorsaler/palmaren Abstützplatte.
Orthopäde **1999**; 28: 853-863
36. *Fernandez DL:*
Fractures of the distal radius: Operative treatment.
In: Heckmann JD, editor. Instructional Course Lectures:
Am Acad Orthop Surg **1993**; 42: 73-88
37. *Fenandez DL, Jupiter JB:*
Fractures of the Distal Radius.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York **1995**
38. *Flesch I, Pfister C, Weise K:*
Physio- und Ergotherapie bei distalen Radiusfrakturen.
OP-Journal **2003**; Nr. 1/Jahrg. 19/April: 66-96
39. *Frank J, Pralle H, Marzi I:*
Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Handgelenks und distalen
Radioulnargelenkes.
OP-Journal **2003**; Nr. 1/Jahrg. 19/April: 4-9
40. *Förstner H:*
Morphology of the distal radio-ulnar joint. Surgical orthopedic
consequences.
Handchir Mikrochir Plast Chir **1990**; 22: 296-303

41. *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 Suppl **1967**; 108

42. *Gainer JR JV, Nugent GR:*
Carpal tunnel syndrome: Report of 430 operations.
South Med J **1977**; 70: 325-328

43. *Gartland JJ, Werley CW:*
Evaluation of healed Colles' fractures.
J Bone Joint Surg (Am) **1951**; 33: 395-807+895-907

44. *Georgoulis A, Lais E, Bernard M, Hertel P:*
Die volare Plattenosteosynthese bei der typischen und atypischen distalen Radiusfraktur.
Akt Traumatol **1992**; 22: 9-14

45. *Genelin F, Gasperschitz F, Helmberger R, Kröpfel A, Mossmüller W:*
Stellenwert der Plattenosteosynthese in der Behandlung von Radiusfrakturen an typischer Stelle.
Handchir Mikrochir Plast Chir **1991**; 23: 245-248

46. *Gradl G, Steinborn M, Wizgall I, Mittelmeier T, Schürmann M:*
Das akute CRPS I (Morbus Sudeck) nach distaler Radiusfraktur – Methoden der Frühdiagnostik.
Zentralbl Chir **2003**; 128: 1020-1026

47. *Greatting MD, Bishop AT:*
Infrafocal (Kapandji) pinning of unstable fractures of the distal radius.
Orthopedic Clinics of North America **1993**; Vol.24, Nr.2; 301-307

48. *Grundberg AB, Reagan DS:*
Compression syndromes in reflex sympathetic dystrophy.
J Hand Surg (Am) **1991**; 16 (4): 731-736

49. *Habernek H, Weinstable R, Schmid L:*
Anatomische Studien zur percutanen Bohrdrahtosteosynthese an der distalen Speiche.
Unfallchirurgie **1993**; 19: 49-53

50. *Habernek H, Weinstable R, Fialka C, Schmid L:*
Unstable distal radius fractures treated by modified Kirschner wire pinning: anatomic considerations, technique and results.
J Trauma **1994**; Vol.36, No.1: 83-86

51. *Hasse FM, Müller-Lange P:*
Klinikleitfaden Chirurgie 2. Auflage.
Gustav Fischer Verlag Ulm, Stuttgart, Jena, Lübeck **1997**; 144
52. *Hastings H-II, Leibovic SJ:*
Indications and techniques of open reduction in complex volar fractures.
Internal fixation of distal radius fractures.
Orthop Clin North Am **1993**; 24 (2): 304-327
53. *Henle J:*
Handbuch der Bänderlehre des Menschen.
Vieweg-Braunschweig **1872**; 2. Auflage
54. *Hoffmann TF, Ruppert R, Rennekerb D:*
Behandlungsergebnisse nach operativer Therapie distaler
Radiusfrakturen.
Unfallchirurg **1994**; 97: 472-477
55. *Jenkins NH:*
The unstable Colles' fracture.
J Hand Surg (Br) **1989**; 14 (2): 149-154
56. *Jupiter JB, Fernandez DL:*
Comparative classification for fractures of the distal end of radius.
Hand Surg **1997**; 22: 263-517
57. *Kahle W:*
Taschenatlas der Anatomie.
Georg Thieme Verlag-Stuttgart, New-York **2001**: 76-77
58. *Kambouroglou Gk, Axelrod TS:*
Complications of the AO/ASIF titanium distal radius plate system (Pi-
plate) in internal fixation of the distal radius.
J Hand Surg **1993**; 23: 737-741
59. *Kaps HP:*
Wann konservativ, wann operativ, wie akut, wie langfristig behandeln?
Krankenhausarzt **1994**; 67: 405-414
60. *Katavic J:*
Problematik in der Fehlstellung ausgeheilten distalen Radiusfraktur.
Dissertation **2003**; Universitätsklinik Ulm
61. *Kihara H, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD:*
The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal
radioulnar joint congruency and forearm rotation.
J Hand Surg (Am) **1996**; 21 (1): 40-47

62. *Knirk JL, Jupiter JB:*
Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults.
J Bone Surg (Am) **1986**; 5: 647-659
63. *Koob E:*
Der handgelenknahe Speichenbruch im Erwachsenenalter.
Orthopäde **1975**; 4: 14-18
64. *Kozin SH, Wood MB:*
Early soft-tissue complications after fractures of the distal part of the radius.
J Bone Joint Surg (Am) **1993**; 75: 144-153
65. *Krettek C, Becker T, Tscherne H:*
Distale Radiusfraktur: Die Osteosynthese mit Bohrdrähten aus Metall oder resorbierbaren Stiften.
In: OP-Journal **1994**; Nr. 1/Jahrg. 10/April: 22-30
66. *Kuner EH, Schlosser V:*
Traumatologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart **1988**
67. *Kwasny O, Barisani GR, Schabus R, Hertz H:*
Ergebnisse und Analyse von Misserfolgen der konservativen Therapie bei distaler Radiusfraktur.
Handchir Mikrochir Plast Chir **1991**; 23: 240-244
68. *Kwasny O, Ortner F, Hertz H:*
Die Transfixation zur Behandlung von Trümmerbrüchen am distalen Speichenbruch.
Akt Traumatol **1990**; 20: 115-119
69. *Langenberg R:*
Die Therapie der distalen Radiusfraktur.
Beitr Orthop Traumatol **1987**; 34: 571-578
70. *Lanz U:*
Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel.
J Hand Surg **1977**; 2: 44-53
71. *Lenoble E:*
Fracture of the distal radius.
J Bone Surgery (Br) **1995**; 77: 562-567
72. *Lidström A:*
Classification of end results of fractures of distal end of the radius.
Acta Orthop Scand **1959**; 41: 58-60

73. *Lucas GL, Feifar ST:*
Complications in internal fixation of the distal radius.
J Bone Joint Surg (Am) **1998**; 23: 11-17
74. *Lynch ME:*
Psychological aspects of reflex sympathetic dystrophy: a review of adult and pediatric literature.
Pain **1992**; 49: 337-347
75. *Mallmin H, Ljunghall S:*
Incidence of Colles' fracture in Uppsala.
A prospective study of a quarter- million population.
Acta Orthop Scand **1992**; 63 (2): 213-215
76. *Matsen FA:*
Compartmental syndrome: A unified concept.
Clin Orthop **1975**; 113: 8
77. *McMurtry RY, Jupiter JB:*
Fractures of the distal radius. In: B.D. Browner, J.B.L.M. Jupiter, P.T. Trafton (eds.): Skeletal Trauma: Fractures Dislocations, Ligamentous Injuries.
WB Saunders, Philadelphia **1992**; 1063-1094
78. *Meine J:*
Die Früh- und Spät komplikationen der Radiusfraktur loco classico.
Z Unfallchir Versicherungsmed Berufserkr **1989**; 82: 25-32
79. *Melone CP:*
Articular fractures of the distal radius.
Orthop Clin North Am **1984**; 15: 217-236
80. *Melone CP:*
Distal radius fractures - patterns of articular fragmentation.
Orthop Clin of North Am **1993**; 24: 239-253
81. *Missakian ML:*
Open reduction and internal fixation for distal radius fractures.
J Hand Surg (Am) **1992**; 17: 745-755
82. *Möllenhoff G:*
In Fehlstellung verheilte distaler Speichenbruch, Indikation, Technik und Zeitpunkt der Korrektur.
Handch Mikroch Plast Chir **1992**; 24: 145-150
83. *Möllenhoff G, Walz M, Sistermann R:*
Posttraumatische Korrekturosteotomien am distalen Unterarm.
Handch Mikroch Plast Chir **1992**; 24 (3): 145-150

84. *Mubarak SJ:*
Acute compartment syndrome: diagnosis and treatment with the aid of the wick catheter.
J Bone Joint Surg (Am) **1978**; 60: 1091
85. *Mumenthaler M, Stöhr M, Müller-Vahl H:*
Kompendium der Läsionen des peripheren Nervensystems.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York **2003**; 120-133
86. *Müller M:*
Chirurgie.
Medizinische Verlags- und Informationsdienste **2003**; 356-357
87. *Müller ME, Nazarian S, Koch P:*
Classification AO des fractures 1: Les Os Longs
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York **1987**
88. *Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J:*
The Comprehensive Classification of Fractures of the Long Bones.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York **1990**
89. *Münst P, Kuner EH:*
Konservative Therapie der distalen Radiusfraktur.
In: OP-Journal Nr. 1/Jahrg. 10/April **1994**; 14-20
90. *Naito M, Ogata K:*
Acute Volar compartment syndrome during skeletal traction in distal radius fracture.
Clin Orthop **1989**; 241: 234
91. *Niethard FU, Pfeil J:*
Orthopädie, 4., komplett überarbeitete Auflage.
Georg Thieme Verlag-Stuttgart **2003**; 441-443
92. *Nigst H:*
Kompressions-Syndrom der Nn. medianus und ulnaris am Handgelenk.
Chir Praxis **1959**; 197
93. *Nigst H:*
Handgelenknahe Speichenbrüche des Erwachsenen. Anatomie, Unfallmechanismus, Frakturformen, typische Begleitverletzungen.
Unfallheilkunde **1979**; 82: 1-6
94. *Nigst H:*
Die Operation des Carpaltunnelsyndroms.
Operat Orthop Traumatol **1989**; 1: 17

95. *Oestern HJ:*
Distale Radiusfraktur.
Orthopäde **1988**; 17: 52-63
96. *Older TM, Stabler EV:*
Colles' fracture: evaluation and selection of therapy.
J Trauma **1965**; 5; 469-476
97. *Owen RA, Melton LJ, Johnson KA, Istrup DM, Riggs BL:*
Incidence of Colles' fracture in a North American community.
Am J Public Health **1982**; 72: 605-607
98. *Palay D, McMurty RY:*
Median nerve compression by volarly displaced fragments of the distal radius.
Clin Orthop **1987**; 215: 139-147
99. *Palmer AK:*
Fractures of the distal radius.
In: Green D., Operative Hand Surgery.
Churchill-Livingstone, New York **1988**; 991-1026
100. *Pechlaner S:*
Distale intraartikuläre Radiusfrakturen – Indikation und Technik der offenen Reposition und Plattenosteosynthese.
Orthopäde **1993**; 22: 46-51
101. *Peterson T, Dresing K, Schmidt G:*
Druckmessung im Karpalkanal bei distaler Radiusfraktur
Unfallchirurg **1993**; 96: 217-223
102. *Petracic B:*
Treatment of the distal multi-fragment joint fractures of the radius.
Indications, technique and results.
Chirurg **1993**; 64: 894-898
103. *Petracic B:*
Indikationen zur Behandlung der distalen Radiusfrakturen bei Erwachsenen.
Akt Traumatol **1997**; 27: 2-6
104. *Petracic B:*
Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfrakturen bei Erwachsenen und Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses.
Trauma Berufskrankheit **1998**; 1: 33-39

105. *Poigenfürst J:*
Brüche am distalen Unterarmende - Einteilung der Bruchform und Indikation.
Unfallheilkunde **1980**; 148: 53-59
106. *Poisel S:*
Ursprung und Verlauf des Ramus muskularis des Nervus digitalis palmaris communis I (N. medianus).
Chir Praxis **1974**; 18: 471-474
107. *Poplawski ZJ, Wiley AM, Murray JF:*
Post-traumatic dystrophy of the extremities.
J Bone Joint Surg **1983**; 65: 642-655
108. *Radlinger L, Bachmann W, Homburg J, Lenenberger U, Thaddy G:*
Rehabilitatives Krafttraining.
Georg Thieme Verlag-Stuttgart **1998**
109. *Rikli DA, Regazzoni P:*
Distale Radiusfrakturen.
Schweiz Mediz Wochenschr **1999**; 129: 776-785
110. *Rikli DA, Regazzoni P:*
Comparison of three different plating techniques for the dorsum of the distal radius: a biochemical study.
J Hand Surg (Am) **2000**; 25: 29-33
111. *Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, Büchler U, Hastings H:*
Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures.
J Trauma **1998**; 44 (6): 970
112. *Rockwood CHA jr., Green DP:*
Fractures.
J. B. Lippincott Co., Philadelphia-Toronto **1975**; Vol. 1
113. *Rojviroj S, Sirichativapee W, Kowsuwon W, Wongwiwattanon J, Tamnanthong N, Jeeravipoolvarn P:*
Pressures in the carpal tunnel. A comparison between patients with carpal tunnel syndrome and normal subjects.
J Bone Joint Surg (Br) **1990**; 72: 516-518
114. *Ruby LK, Cooney WP:*
Relative motion of selected carpal bones: a kinematic analysis of the normal wrist.
J Hand Surg (Am) **1988**; 13: 1-10

115. *Rudin M, Hotz T, Fricker R, Käch K:*
Erste Erfahrungen mit der neuen dorsalen Radiusplatte der AO (Pi-Platte) zur Versorgung von distalen intraartikulären Radiusfrakturen. Presented at the Annual Congress of the Swiss Surgical Society, Lausanne **1998**
116. *Rüedi TP, Murphy WM, Colton CL, Fernandez Dell'Oca A, Holz U, Kellam JF, Ochsner PE:*
AO Prinzipien des Frakturmanagements.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York **2003**; 260-381
117. *Sakhaii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H:*
Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen. Eine prospektive Studie.
Unfallchirurg **2003**; 106: 272-280
118. *Sato A:*
The reflex effects of spinal somatic nerve stimulation on visceral function.
J Manipulative Physiol Ther Jan **1992**; 15 (1): 57-61
119. *Schabus R, Kwasny O, Wagner M, Piza H:*
Differenzierte Behandlung des posttraumatischen Carpaltunnelsyndrom.
Handchirurgie **1987**; 19: 217
120. *Schicker N:*
Zur Behandlung distaler Radiusfrakturen.
Akt Traumatol **1982**; 12; 129-133
121. *Schmalholz A:*
Closed reduction of axial compression in Colles' fracture is hardly possible.
Acta Orthop Scand **1989**; 60 (1), 57-59
122. *Schmidt HM, Moser T, Lucas D:*
Klinisch-anatomische Untersuchungen des Karpaltunnels der menschlichen Hand.
Handchirurgie **1987**; 19: 145-152
123. *Schmidt HM, Lanz U:*
Chirurgische Anatomie der Hand.
Hippokrates Verlag-Stuttgart **1992**; 35-77
124. *Schmidt HM, Lanz U:*
Surgical Anatomy of the Hand.
Georg Thieme Verlag-Stuttgart, New York **2004**; 29-79

125. *Schmidt S, Heinz T, Dávid A:*
Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur.
OP-Journal **2003**; Nr. 1/Jahrg. 19/April: 10-15
126. *Schmit-Neuerburg KP:*
Das Compartment-Syndrom als Traumafolge.
Chirurg **1988**; 59: 713
127. *Schrader M, Melchertsen K:*
Carpaltunnelsyndrom: Auswertung der prä- und postoperativen
klinischen und elektrophysiologischen Befunde von 56 Patienten.
Handchirurgie **1983**; 15 (Supplement): 23-28
128. *Schupp A, Tuttlies C, Möhlig T, Siebert HR:*
Der distale Speichenbruch. Winkelstabile Osteosynthese mit 2.4 mm
Formplatten. Ist der Aufwand gerechtfertigt?
Der Chirurg **2003**; 74: 1009-1017
129. *Schürmann M, Gradl G, Andreass HJ, Furst H, Schildberg FW:*
Assessment of peripheral Sympathetic nervous function for diagnosing
early post-traumatic complex regional pain syndrome type I.
Pain **1999**; 80: 149-159
130. *Siebert HR:*
Distale Radiusfrakturen an typischer Stelle - Behandlungsverfahren.
Aktuelle Traumatologie **1997**; 27: 7-15
131. *Siebert HR, Klonz A:*
Distale Radiusfraktur.
Der Unfallchirurg **2005**; 108: 135-153
132. *Smith RW:*
A treatise on fractures in the vicinity of the joints and on certain forms of
accidental and congenital dislocations.
Hodges and Smith-Dublin **1847**
133. *Steffen T, Eugster T, Jakob RP:*
Twelve years follow-up of fractures of the distal radius treated with the
AO external fixator.
Injury **1994**; 25 (Suppl 4): 54
134. *Stewart HD, Innes AR, Burke FD:*
The hand complications of Colles' fractures.
J Hand Surg **1985**; 10-B (1): 103-106
135. *Stürmer KM:*
Leitlinien Unfallchirurgie.
Georg Thieme Verlag-Stuttgart, New York **1999**; 2: 84-97

136. *Sudmann E, Sundfjord JA:*
Relief from pain in Sudeck's posttraumatic syndrome by fasciotomy. A clinical, radiographic and scintigraphic study.
Arch Orthop Trauma Surg **1984**; 103: 185-189
137. *Szyszkowitz R, Reschauer R:*
Ätiologie, Pathophysiologie und anatomische Lokalisation des Kompartmentsyndroms.
Langenbecks Arch Chir **1982**; 358: 215
138. *Thielke KH:*
Amb. KD Stiftung distaler Radiusfrakturen: Outcome – Beurteilung im Vergleich verschiedener Scoring – Systeme.
Akt Traumatologie **2001**; 31: 256-260
139. *Tillmann BN:*
Atlas der Anatomie des Menschen.
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New-York **2005**; 460
140. *Tscherne H:*
Das Kompartmentsyndrom.
Langenbecks Arch Chir **1982**; 358: 214
141. *Tscherne H, Jähne J:*
Aktueller Stand der Therapie der distalen Radiusfraktur.
Unfallchirurg **1990**; 93: 157-164
142. *Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, Winker KH:*
Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen.
Akt Traumatol **2001**; 31: 141-148
143. *Van der Laan L, Goris RJ:*
Reflex sympathetic dystrophy. An exaggerated regional inflammatory response?
Hand Clin **1997**; 13: 373-385
144. *Veldman PH, Reynen HM, Arntz IE, Goris RJ:*
Signs and symptoms of reflex sympathetic dystrophy: prospective study of 829 patients.
Lancet **1993**; 342: 1012-1016
145. *Vogt TH, Stöhr M:*
Therapie des Karpaltunnelsyndroms.
Akt Neurol **2001**; 28: 273-277

146. *Voigt C, Rahmazzadeh R:*
Verletzungen des Handgelenks einschließlich der Handwurzel.
Unfallchirurg **1997**; 99: 1-13
147. *Wagner HE, Jakob RP:*
Operative Behandlung der distalen Radiusfraktur mit Fixateur externe.
Unfallchirurg 88: 473-480 (1985)
148. *Waldeyer A:*
Anatomie des Menschen.
Walter de Gruyter & Co. Berlin **1970**
149. *Weber M, Neundörfer B, Birklein F:*
Morbus Sudeck – Pathophysiologie und Therapie eines komplexen
Schmerzsyndroms .
Dtsch Med Wochenschr **2002**; 127: 384-389
150. *Wiedemann M:*
Verletzungen der Handwurzel.
BDC Akademie **1988**; 2: 1-6
151. *Wiemer P, Köster G, Felderhoff J, Weber U:*
Frakturen am distalen Radius – Wandel der therapeutischen Strategien.
Orthopäde **1999**; 28(10): 846-852
152. *Wilhelm K, Hauer G:*
Das Karpaltunnel-Syndrom.
Handchirurgie **1972**; 4: 49-56
153. *Wilhelm K, Proksch J:*
Das Verhalten der langen Daumenstrecksehne im Experiment.
Handchirurgie **1979**; 11: 205-206
154. *Wilhelm KH, Scherer MA:*
100 Jahre Sudeck-Syndrom.
Chirurg **2002**; 73: 582-584
155. *Windisch G, Weiglein A, Grechenig W, Peicha G:*
Anatomy of the distal radioulnar joint (DRUJ) and the ulno-carpal
complex.
European Journal of Trauma, E-Suppl. **2001**; 1: 169-174
156. *Wissing H, Schmit-Neuerburg KP:*
Diagnose und Differentialdiagnose des Kompartmentsyndrom.
Unfallheilkunde **1982**; 85: 133

157. *Witt AN, Cotta H, Mittelmeier H:*
In: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde.
Hrsg.: Bürkle de da Camp H, Schwaiger M.
Ferdinand Enke Verlag **1965**; Bd.3, 3. Aufl.
158. *Wittner B, Holz U:*
Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und des
extraartikulären distalen Radiusfrakturen (Type A2 and A3).
Chirurg **1993**; 64: 880-888
159. *Zachary RM:*
Thenar palsy due to compression of the median nerve in carpal tunnel.
Surg Gynecol Obstet **1945**; 81: 213-217
160. *Zanotti RM, Louis DS:*
Intra-articular fractures of the distal end of the radius treated with an
adjustable fixatorsystem.
J Hand Surg **1997**; 22-A, 428-440
161. *www.traumascores.de*
162. *www.traumascores.com*

8 Danksagung

Einige Worte des Dankes seien dieser Arbeit hintangestellt, die sich in erster Linie an Herrn Prof. Dr. med. Dittel zu richten haben. Ich möchte mich an dieser Stelle bei Ihm sehr herzlich für die Überlassung des Promotionsthemas, für sein stetes Interesse am Fortgang dieser Arbeit als auch die geduldige Betreuung und Beratung zu allen Zeiten bedanken. Dies erlaubte mir eine kontinuierliche und intensive Bearbeitung als auch Abfassung der Dissertation.

Besonders danken möchte ich Frau Dr. med. Wenz für die engagierte wissenschaftliche und schnelle konstruktive Korrektur meiner Arbeit.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Hertl für die zahlreichen Anregungen, Ratschläge und Unterstützung bei der Durchführung der Nachuntersuchung bedanken.

Ganz herzlich möchte ich Frau Dr. med. Kaupp für das prompte und wertvolle Korrekturlesen danken.

Eine ganz besondere Danksagung gebührt meinen Eltern. Sie halfen mir stets Probleme zu lösen, haben mir durch Ihre fortwährende Unterstützung und das in mich gesetzte Vertrauen dieses Studium und die Erlangung des Doktorgrades erst ermöglicht.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinem Bruder Marcus, meiner Freundin Anita und guten Freunden bedanken, ganz besonders Florian, Fabian und Frank, für die wertvolle und unentbehrliche Unterstützung während der gesamten Zeit sowie die computertechnische Hilfe.

Letztlich gilt mein Dank allen Patienten für Ihre Geduld und Zeit während der Nachuntersuchung.

9 Lebenslauf

Persönliche Daten	Name:	Cornelius Kübler
	Geburtsdatum:	30.06.1975
	Geburtsort:	Stuttgart
Schulausbildung	1982-1986	Fuchsrainschule Stuttgart
	1986-1993	Ev. Heidehofgymnasium Stuttgart
	1993-1996	Merz-Schule Stuttgart, Abitur
Wehrdienst	1996-1997	5. Fallschirmjägerbataillon 261 Lebach, Saarland
Studium	1998-2000	Studium der Betriebswirtschaft an der Universität in Mannheim
	2000-2002	Vorklinisches Medizinstudium an der Semmelweis Universität in Budapest, Ungarn
	08/2002	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Ärztliche Vorprüfung)
	2002-2006	Klinisches Medizinstudium an der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen
	2005-2006	Praktisches Jahr (PJ): 1. Innere Medizin Universitätsspital Zürich, Schweiz 2. Chirurgie King Edward Memorial Hospital Bombay, Indien 3. Plastische Chirurgie Marienhospital Stuttgart
	17.11.2006	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (ÄAppO 2002)